



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA**  
**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**EMANUEL MAGALHÃES DA COSTA**

**POTENCIAL DE VARIEDADES DE FEIJÃO-CAUPI DO BAG-UFC PARA USO**  
**NA PRODUÇÃO DE MICROVERDES**

**Fortaleza - CE**

**2023**

EMANUEL MAGALHÃES DA COSTA

**POTENCIAL DE VARIEDADES DE FEIJÃO-CAUPI DO BAG-UFC PARA USO  
NA PRODUÇÃO DE MICROVERDES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dra. Cândida Hermínia Campos de Magalhães.

Coorientador Dra. Caris dos Santos Viana.

FORTALEZA-CE

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

C871p Costa, Emanuel Magalhães da.  
Potencial de variedades de feijão-caupi do BAG-UFC para uso na produção de microverdes / Emanuel Magalhães da Costa. – 2023.  
55 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Agronomia, Fortaleza, 2023.

Orientação: Profa. Dra. Cândida Hermínia Campos de Magalhães.  
Coorientação: Profa. Dra. Caris dos Santos Viana.

1. *Vigna unguiculata* (L.) Walp. 2. Microverdes. 3. Danio rerio. I. Título.

CDD 630

---

EMANUEL MAGALHÃES DA COSTA

**POTENCIAL DE VARIEDADES DE FEIJÃO-CAUPI DO BAG-UFC PARA USO  
NA PRODUÇÃO DE MICROVERDES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Aprovada em: 03/julho/2023.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dra. Cândida Hermínia Campos de Magalhães (Orientadora)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Dra. Eveline Nogueira Lima  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Dra. Haynna Fernandes Abud  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Msc. Andreza de Melo Mendonça  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos meus pais, meus irmãos e amigos.

## AGRADECIMENTOS

Deixo meus agradecimentos primeiramente a Deus por sua infinita bondade, por me ajudar a trilhar esse caminho e me guiar em meio a tantas dificuldades.

A minha família que me apoiou e auxiliou em toda essa jornada.

À Universidade Federal do Ceará e seus docentes.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) com o apoio financeiro e manutenção da bolsa PIBIC.

Ao Programa de Educação Tutorial (PET) e seus membros pelo desenvolvimento profissional e pessoal, e em especial para a tutora professora Dra. Rosilene Oliveira pelos ensinamentos e exemplo pessoal e profissional.

À professora Dra. Cândida Hermínia pela orientação, conselhos e paciência infinita, em todo tempo que tive o prazer de ser seu orientado.

Aos membros da banca examinadora pelas contribuições e tempo.

À Dra. Caris dos Santos pela orientação, conselhos e inúmeras contribuições.

Ào professor Dr. Marcelo de Almeida pela orientação e apoio desse trabalho desde sua concepção.

Ao Rafael Souza e a professora Dra. Larissa Morais, que tanto me ajudaram nas avaliações envolvendo o *zebrafish*.

A Image Pesquisa que abriu as portas para a realização dos meus ensaios.

Ao professor Paulo Henrique por todas as contribuições.

Aos funcionários da UFC que tanto me ajudaram na elaboração de tantos trabalhos Ana Kelly, Robson, Narciso, Tomil Ricardo, Maycon, Rubens e o Paulo.

A Ângela Pessoa por tantos ensinamentos, seu tempo e sua amizade.

Ao meu grande amigo Luís Davi por sempre se disponibilizar em todos os momentos que precisei de sua ajuda e por sua amizade.

Ao meu amigo e irmão Claudio Santos por todos os conselhos, companheirismo incondicional e seu apoio.

A meus amigos, sendo muito grato por tudo que me permitiu tê-los em minha vida. Em especial para: Isadora Portelinha, Leonardo Cantudo, Ramony Kelly, Jair Roberto, Érika Beatriz, Leslyene Freitas, Italo Magalhães, Daniel Bezerra, Ivan Martins, Raul Felipe, Israel Oliveira, Davi Guilherme, Felipe Maxwell, Darlan Alexandrino, Terezinha Beatriz, Jonathas Eugênio, Paulo Marcelo, Marcela Rodrigues, Matheus Medeiros, Renan Gomes, Raylson Melo, Ana Kelly, Natanael Pacheco, Davi Queiroz,

Caio Victor, Diogo Sales, Eduardo Carvalho, Tatiane Maria, Pedro Américo, Cesar Vinicius, Bianca Alves, Rosana de Paula, Otaviano Aguiar, Gabriel Greca, Ivo Rodrigues.

“É justo que muito custe o que muito vale” (Santa Teresa D’Ávila).

## RESUMO

A cultura do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) é de grande importância socioeconômica em todo o mundo. Essa cultura pode ser explorada de diferentes formas, como grãos secos, verdes, vagem e brotos, sendo pouco explorado seu consumo na forma de microverdes, que são muito apreciados por sua aparência atraente, sabor intenso e alta concentração de nutrientes, além de requererem menos espaço, água e tempo para se desenvolver. O feijão-caupi apresenta antinutrientes em sua composição, que afetam negativamente a digestão além de causar flatulências, sendo que não existem estudos que avaliem esses efeitos quando consumido na forma de microverdes. Estudos relacionados a toxidez de substâncias e alimentos podem ser realizados de diversas formas. O zebrafish (*Danio rerio*) vem se destacando para testes toxicológicos por seu rápido desenvolvimento e fisiologia semelhante ao do ser humano. O presente trabalho objetivou avaliar o potencial de variedades de feijão-caupi do banco ativo de germoplasma da Universidade Federal do Ceará (BAG-UFC) para a produção de microverdes e se o feijão-caupi consumido como microverde possui algum efeito negativo no organismo. Foram realizados três experimentos: o primeiro no Laboratório de Microbiologia da Engenharia de Alimentos, com o objetivo de avaliar mudança da atividade locomotora do zebrafish (*Danio rerio*) e a toxicidade aguda por meio do teste de campo aberto e teste de toxicidade; o segundo ensaio foi realizado na empresa Image Pesquisas, em que foram feitos testes de qualidade de sementes para avaliar quais as variedades mais vigorosas, tais como, teste de germinação, primeira contagem, teste de emergência, índice de velocidade de emergência e condutividade elétrica; e o terceiro experimento, o qual foi realizado no laboratório de Olericultura do Departamento de Fitotecnia da UFC, com o objetivo de avaliar as características biométricas e de rendimento das variedades. As variedades não apresentaram toxidez e nem causaram mudança de comportamento no zebrafish. O tratamento 2 (CE-092) foi o que melhor se saiu nos testes de sementes apresentando maior taxa de germinação e potencial fisiológico, também se sobressaiu em relação aos outros tratamentos nas avaliações biométricas e rendimento de microverdes.

**Palavras-chave:** *Vigna unguiculata* (L.) Walp; microverdes; *Danio rerio*.

## ABSTRACT

The cowpea culture (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) is of great socio-economic importance worldwide. This crop can be explored in different ways, such as dried beans, green beans, pods, and sprouts. However, its consumption in the form of microgreens is not widely explored, even though they are highly appreciated for their attractive appearance, intense flavor, high nutrient concentration, and the fact that they require less space, water, and time to develop. Cowpea contains antinutrients in its composition, which negatively affect digestion and can cause flatulence. There are no studies evaluating these effects when consumed in the form of microgreens. Studies related to the toxicity of substances and foods can be conducted in various ways. Zebrafish (*Danio rerio*) has been highlighted for toxicological tests due to its rapid development and physiology, which is similar to that of humans. This study aimed to evaluate the potential of cowpea varieties from the active germplasm bank of the Federal University of Ceará (BAG-UFC) for microgreens production and to determine if consuming cowpea as microgreens has any negative effects on the body. Three experiments were conducted: the first in the Food Engineering Microbiology Laboratory, aiming to evaluate changes in locomotor activity of zebrafish (*Danio rerio*) and acute toxicity through open field testing and toxicity testing. The second assay was conducted at Image Pesquisas company, where seed tests were performed to assess the most vigorous varieties, including first count, germination test, emergence test, emergence speed index, and electrical conductivity. The third experiment was carried out in the Vegetable Crops Laboratory of the Department of Plant Science at UFC, aiming to evaluate the biometric and yield characteristics of the varieties. The varieties did not show toxicity or cause behavioral changes in zebrafish. Treatment 2 (CE-092) performed the best in the seed tests, showing higher germination rate and physiological potential. Treatment 2 (CE-092) also outperformed the other treatments in biometric evaluations and microgreens yield.

**Keywords:** *Vigna unguiculata* (L.) Walp; microgreens; *Danio rerio*

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 – Cruzamento de linhas referentes aos extratos dos genótipos CE 92, 189, 276, 248, 262, 366, 472, 542, em 100 ppm, 500 ppm e 1000 ppm ..... | 33 |
|--|----|

## LISTA DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1 – Genótipos avaliados do BAG Caupi-UFC, informações gerais .....   | 25 |
| Tabela 2 – Mortalidade por dose analisada para o teste de toxicidade aguda das amostras 92, 189, 276, 248, 262, 366, 472, 542 no zebrafish adulto .....   | 36 |
| Tabela 3 – Qualidade dos genótipos de feijão-caupi ( <i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp.) .....   | 38 |
| Tabela 4 – Teste de comparação de médias para: comprimento da planta (CP); diâmetro do hipocótilo (DH); comprimento da raiz (CR); área foliar (AF) e número de folhas (NF). Fortaleza, 2023 ..... | 40 |
| Tabela 5 – Massa fresca e seca da parte aérea e parte de raiz de 10 plantas e rendimento dos microverdes de feijão-caupi .....  | 41 |

## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>   | <b>14</b> |
| <b>2 OBJETIVOS .....</b>  | <b>16</b> |
| <b>2.1 Objetivo Geral.....</b>  | <b>16</b> |
| <b>2.1.2 Objetivos Específicos.....</b>   | <b>16</b> |
| <b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>  | <b>17</b> |
| <b>2.1 Origem e importância do feijão-caupi .....</b>   | <b>17</b> |
| <b>2.2 Características botânicas e morfológicas.....</b>  | <b>18</b> |
| <b>2.3 Microverdes .....</b>  | <b>19</b> |
| <b>2.3.1 Produção de microverdes .....</b>  | <b>20</b> |
| <b>2.3.2 Mercado consumidor dos microverdes .....</b>   | <b>21</b> |
| <b>2.4 Leguminosas como microverdes .....</b>   | <b>22</b> |
| <b>2.5 Teste de toxidez com zebra fish .....</b>  | <b>23</b> |
| <b>3 MATERIAL E METODOS .....</b>   | <b>25</b> |
| <b>3.1 Atividade locomotora (Teste de Campo Aberto) e Teste de toxicidade aguda<br/>    96 h das formulações selecionadas .....</b> | <b>25</b> |
| <b>3.2 Cultivo em campo e multiplicação das sementes .....</b>  | <b>27</b> |
| <b>3.2.1 Análise de sementes.....</b>   | <b>28</b> |
| <b>2.4 Análises das Microverdes .....</b>   | <b>29</b> |
| <b>2.4.1 Condições de crescimento .....</b>   | <b>29</b> |
| <b>2.4.2 Avaliações biométricas e rendimento .....</b>  | <b>30</b> |
| <b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>   | <b>32</b> |
| <b>4.1 Atividade locomotora (Teste de Campo Aberto) .....</b>   | <b>32</b> |
| <b>4.1.2 Teste de toxicidade aguda 96h das formulações selecionadas .....</b>   | <b>35</b> |
| <b>4.2 Análises de sementes .....</b>   | <b>37</b> |
| <b>4.3 Avaliações biométricas e de rendimento.....</b>  | <b>40</b> |
| <b>5. CONCLUSÃO.....</b>  | <b>43</b> |
| <b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>   | <b>44</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

No Nordeste, é consenso que o feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), conhecido também por macassar ou feijão-de-corda, está sempre presente na dieta da população por vários fatores, entre estes, suas propriedades organolépticas, fonte nutritiva apresentando alto teor em proteína vegetal e elevado valor energético (FREIRE FILHO *et al.*, 2011). É uma cultura de muita relevância socioeconômica, principalmente para os sistemas agrícolas familiares, com grandes áreas plantadas anualmente (MARINHO *et al.*, 2017), demonstrando assim que essa cultura possui um grande potencial de exploração.

No entanto, o feijão-caupi não serve apenas como forma de segurança alimentar na agricultura familiar, e pode ser produzida de forma mais intensiva, tanto que a exploração dessa leguminosa tem se expandido das regiões Nordeste e Norte para a região Centro-Oeste, para servir como cultura de safrinha e de terceira safra (FREIRE FILHO, 2011; CAMARA *et al.*, 2018).

O feijão-caupi é uma cultura muito versátil que pode ser consumida de diferentes formas, como grãos secos (consumo principal), vagens, grãos imaturos (feijão-verde) e farinha, sendo que seus grãos são fontes de proteínas, carboidratos, vitaminas, fibras e minerais (GOMES *et al.*, 2021).

Atualmente, existe um grande apelo para o uso de sistemas mais eficientes de produção, que visam otimizar o uso da mão de obra e dos recursos, além dos consumidores que estão cada vez mais exigentes quanto às questões de qualidade, aparência, sabor, valor nutritivo, inocuidade e certificação (ZHANG *et al.*, 2021). Além disso, pelo menos dois bilhões de pessoas no mundo sofrem da fome oculta, que é a deficiência crônica de minerais e vitaminas essenciais (WHO, 2009). Um alimento que pode ser uma solução para essas questões são os microverdes.

Os microverdes podem ser definidos como plantas de colheita jovem com os cotilédones desenvolvidos com uma grande quantidade de nutrientes e vitaminas (FREITAS, 2020). Os microverdes de hortaliças, leguminosas e ervas aromáticas são plantas na sua fase imatura, com poucos dias após a emergência, que são colhidas quando as folhas cotiledonares estão totalmente expandidas, com ou sem o primeiro par de folhas verdadeiras (XIAO *et al.*, 2015). Possuem teores elevados de vitaminas, minerais (Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Se e Mo), fitonutrientes (ácido ascórbico,  $\gamma$ -caroteno,  $\gamma$ -tocoferol e filoquinona) e antioxidantes. Com isso, desempenham um papel importante para a saúde, além de serem considerados uma boa fonte de compostos nutritivos e bioativos que podem prevenir a desnutrição e doenças crônicas (PARASCHIVU *et al.*, 2021).

As culturas mais exploradas como microverdes pertencem às famílias Brassicaceae, Asteraceae, Chenopodiaceae, Lamiaceae, Apiaceae, Amarillydaceae, Amaranthaceae e Cucurbitaceae (XIAO *et al.*, 2015).

São produzidos geralmente em ambientes protegidos, que não requer muito espaço e insumos, proporcionando produções até em centros urbanos. Em ambientes como esse é possível produzir com fotoperíodo de 16 a 24 horas, com intensidade luminosa controlada ( $150$  a  $450 \mu\text{mols.m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ), temperatura em torno de  $21 \text{ }^\circ\text{C}$  e umidade relativa do ar de 40 a 60% (BONATO *et al.*, 2022), ou seja, um ambiente ideal para produção, isso em pequenos espaços. Este tipo de produção chamou a atenção de pesquisadores da nutrição humana e das ciências agrárias, já que são facilmente cultivadas e possuem pequeno porte (FREITAS, 2020). Com isso, os microverdes vem ganhando espaço para suprir essa demanda do mercado de alimentos funcionais.

As folhas jovens presentes em plântulas concentram maiores teores de fitonutrientes e compostos bioativos do que folhas maduras (LESTER; HALLMAN; PÉREZ, 2010; OH; CAREY; RAJASHEKAR, 2010; XIAO *et al.*, 2015). No entanto, os microverdes podem ser considerados recentes, então são poucos os dados científicos sobre eles.

Estudos recentes têm explorado o potencial do feijão-caupi como microverdes destacando os trabalhos de Eswaranpillai *et al.*, 2023; Altuner *et al.*, 2022; Abraham *et al.*, 2022. Esses estudos revelaram que o feijão-caupi tem um potencial para esse tipo de produção, mas ainda são poucos devido ao fato do consumo de microverdes ser algo recente. No entanto, o feijão-caupi possui em seus grãos antinutrientes, que podem afetar negativamente a digestão de quem consome (KHATTAB; ARNTFIELD, 2009), não existindo estudos relacionados a esses efeitos quando consumido na forma de microverdes.

A avaliação de toxidez ou fatores negativos em alimentos pode ser realizada por meio de várias análises. O zebrafish tem-se destacado como um importante modelo para estudos toxicológicos por ser um animal suscetível à intoxicação por agentes tóxicos (MARTINS *et al.*, 2020). Testes como o teste de toxidez aguda (MAGALHÃES *et al.*, 2017) e o teste de campo aberto (AHMAD; RICHARDSON, 2013) são importantes para avaliar a viabilidade de alimentos e substância para o consumo humano.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

- Avaliar o potencial de variedades de feijão-caupi do banco ativo de germoplasma da UFC (BAG-UFC) para a produção de microverdes.

#### ***2.1.2 Objetivos Específicos***

- Avaliar se o feijão-caupi consumido na forma de microverdes apresenta alguma toxidez ou efeito negativo para o organismo humano.
- Avaliar a germinação e o vigor das sementes das variedades para a seleção das melhores.
- Verificar as características biométricas e o rendimento do feijão-caupi na forma de microverdes e identificar os melhores genótipos com maior potencial produtivo e características desejáveis para a produção de microverdes.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Origem e importância do feijão-caupi

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), é uma planta leguminosa cultivada principalmente por pequenos produtores nordestinos (SOUZA *et al.*, 2021) e tem como centro de origem, a África (FREIRE FILHO, 2011). Sua introdução nas américas ocorreu provavelmente no século XVII com a colonização dos portugueses e espanhóis, sendo introduzido no Brasil, por meio do estado da Bahia (FREIRE FILHO, 2011).

Essa cultura, é uma leguminosa dotada de elevado valor proteico e menos exigente em nutrientes se comparado ao feijão comum (SAMPAIO e BRASIL, 2009). A espécie é comumente mais cultivada na região Nordeste do Brasil, composta principalmente por variedades crioulas, provenientes da agricultura familiar local, constituindo-se como componente principal na alimentação da população, além de gerar emprego e renda no campo, exibindo múltiplas vantagens (FREIRE FILHO *et al.*, 2011).

O teor médio de proteínas encontrado no feijão-caupi é de 23%, com variação de 11% a 32% dependendo da cultivar. Apresenta um conteúdo médio de carboidratos de 64% destacando-se pelo alto teor de fibras alimentares, com conteúdo médio de 5%, e altos teores de vitaminas e minerais, além de possuir baixa quantidade de lipídios que, em média é de 1,7% (ROCHA, 2021).

É uma planta com características rústicas, sendo bem aceita por apresentar ciclo curto, e ser resistente a estresse hídrico (SANTOS *et al.*, 2019; FRANCELENO *et al.*, 2011) quando comparada a outras culturas agrícolas. No Brasil a maioria das produções de feijão-caupi se concentram no Norte e Nordeste, sendo cultivadas por pequenos agricultores (FREIRE FILHO, 2011). No entanto, essa cultura vem se expandido para as regiões Centro Oeste e Sudeste do Brasil com o surgimento de cultivares mais produtivas (SILVA *et al.*, 2012).

A produção de feijão-caupi no Brasil em 2022 segundo o 12º levantamento da CONAB (2022), foi de aproximadamente 414,1 mil toneladas, produzidas em 1049,8 mil hectares, com uma produtividade média de 395 kg ha<sup>-1</sup>. Sendo as três maiores regiões produtoras de feijão-caupi, região Nordeste com produção de 414,1 mil toneladas, região Centro-Oeste com produção de 83,9 mil toneladas e região Norte com produção de 123,6 mil toneladas (CONAB, 2022).

## 2.2 Características botânicas e morfológicas

O feijão-caupi é uma planta dicotiledônea, que pertence à ordem Fabales, família Fabaceae, subfamília Faboideae, tribo Phaseoleae, subtribo Phaseolina, gênero *Vigna*, secção Catiang, espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walp. e subesp. *Unguiculata* (FREIRE FILHO *et al.*, 2005). Todo o feijão-caupi cultivado pertence à subespécie *unguiculata*. WESTPHAL, apud por FREIRE FILHO (2005), MARÉCHAL *et al.* (1978) e NG & MARÉCHAL (1985), dividiu a subespécie *unguiculata* em quatro cultigrupos: *Unguiculata*, *Sesquipedalis*, *Biflora* e *Textilis*. PADULOSI & NG (1997) descrevem que desde que essa classificação foi adotada, cessaram as discussões sobre ela. No Brasil, somente são cultivados os cultigrupos *Unguiculata*, abrangendo a quase totalidade das cultivares locais e melhoradas, e o *Sesquipedalis*, comumente conhecido como “feijão-de-metro” (FREIRE FILHO, 2005).

A germinação ocorre de 2 a 3 dias após a semeadura, em condições de 28 °C e profundidade de 2 a 3 cm. Cinco dias após a germinação, ocorre a abscisão dos cotilédones, cujas reservas são translocadas para os órgãos em formação (VALE; BERTINI; BOREM, 2017). Apresenta uma germinação relativamente rápida quando comparado com outras culturas.

Existem vários formatos de sementes, tais como alongadas, ovoides, elípticas e cilíndricas. Elas possuem um revestimento exterior duro e coriáceo, com uma ampla gama de cores que vão do branco-creme ao castanho-purpúreo. A superfície das sementes é lisa ou levemente áspera, podendo apresentar uma sutileza rugosidade transversal. Além disso, as sementes podem ter um leve brilho (LORENZI, 2000).

Os consumidores de feijão-caupi no Brasil em geral têm uma preferência por grãos maiores com tegumento branco e textura enrugada (MARTINS *et al.*, 2023), porém essa preferência muda de acordo com a região. No entanto, existem grãos de diversos tamanhos que podem ser divididos por classe de tamanho para determinação da qualidade fisiológica através de teste de germinação e vigor, que buscam encontrar a classe ideal para multiplicação das diversas espécies vegetais (FERREIRA & TORRES, 2000).

Para a produção de microverdes as sementes menores são mais interessantes para os produtores devido a possibilidade de uma maior densidade de semeadura (PRITI *et al.*, 2022). E essa densidade é diretamente proporcional ao rendimento (PRITI *et al.*, 2022).

### 2.3 Microverdes

Assim como muitas outras culturas, o feijão-caupi pode ser consumido de diversas maneiras e utilizado em diferentes tipos de produção. É comercializado principalmente como grão seco, sendo esse o mercado principal. Além disso, o feijão-caupi também pode ser consumido na forma de grão imaturo, conhecido como feijão verde, e pode ser utilizado na produção de farinha para uso em pratos locais (GOMES *et al.*, 2021). Essa variedade de opções de consumo e produção do feijão-caupi permite uma ampla utilização desse alimento em diferentes contextos culinários e mercados. A maioria da produção está em torno da produção de grãos secos ou imaturos (GOMES *et al.*, 2021). No entanto, ainda há outras formas de consumo, como os brotos de feijão, conhecidos como feijão Moyashi, que possuem um grande potencial devido ao seu valor nutricional. Sendo rico em proteínas, fibras dietéticas, minerais, aminoácidos livres, carboidratos e compostos bioativos que são aumentados após a germinação (SEHRAWAT *et al.*, 2020).

O cultivo de microverdes vem crescendo, sendo uma nova forma de cultivo de vegetais. Podem ser definidos como vegetais imaturos tenros, que precisam de luz para a fotossíntese, substrato (solo, meio de solução nutritiva, fibra de coco e vermiculita), e um ciclo de 7 a 28 dias produzidos a partir de sementes de espécies silvestres, leguminosas, ervas e aromáticas, compreendendo duas folhas cotiledonares completamente expandidas com ou sem o primeiro par de folhas verdadeiras (GUPTA *et al.*, 2023).

Os microverdes, assim como os brotos são consumidos de forma tenra e imatura, porém não podem ser definidos como a mesma coisa (TREADWELL *et al.*, 2010). Os brotos são produzidos geralmente em ambientes escuros e úmidos, que favorecem o surgimento de fungos e outros microrganismos, o que pode causar intoxicação alimentar, enquanto os microverdes são cultivados em substrato e sob luz, o que diminui o risco de proliferação microbiana (EBERT, 2012). Além disso, diferente dos brotos, os microverdes possuem uma grande variedade de cores, folhas, formas e variedades (EBERT, 2012). Além de possuírem essas características vantajosas, os microverdes podem ser uma ótima fonte de vitaminas e nutrientes (Sun *et al.*, 2013. Xiao *et al.*, 2012). No entanto, os microverdes rápida senescência e com isso curto período de prateleira, o que pode limitar sua expansão comercial (CHANDRA; KIM; KIM, 2012; KOU *et al.*, 2013).

A história de produção de microverdes começou na década de 80, quando apareceu pela primeira vez no cardápio de chefs em São Francisco, Califórnia (USDA,

2014). Com isso, sua popularidade foi crescendo, e seu cultivo se espalhou na parte sul da Califórnia na década de 90, de modo que agora os microverdes são considerados “alimentos funcionais” ou “superalimentos” (GUPTA *et al.*, 2023).

A procura por produtos saudáveis, aliado ao alto valor agregado de mercado, pouco espaço necessário para a produção e seu ciclo curto, atrai pessoas com interesse em cultivá-los. Além disso, estudos demonstram que as folhas presentes em plântulas concentram teores mais elevados de fitonutrientes e compostos bioativos do que folhas maduras quando comparadas (LESTER; HALLMAN; PÉREZ, 2010; OH; CAREY; RAJASHEKAR, 2010; XIAO *et al.*, 2015)

### **2.3.1 Produção de microverdes**

O cultivo de microverdes é geralmente indoor, que são ambientes conhecidos como fábricas de plantas ou fazendas verticais, os ambientes internos controlados tem sido a melhor opção para a produção de vegetais folhosos em grandes centros urbanos. São uma opção para evitar os problemas com perdas e custos na pós-colheita com o transporte e dificuldade de armazenamento, no trajeto dos produtos do campo até a mesa (HE, *et al.*, 2020; DIEKMANN; GRAY; BAKER, 2020).

O cultivo indoor também pode ser feito em escala maior, é chamado de *urbanfarm* ou *verticalfarm*, possui muitas vantagens quando comparada com o sistema convencional de produção: redução no uso de recursos naturais, maior produtividade e menor perda no pós-colheita, seguindo os objetivos da “agenda 30”, que estabeleceu metas de desenvolvimento sustentável que devem ser cumpridas nas próximas décadas (DESPOMMIER, 2010).

Nesse tipo de produção, os diodos emissores de luz (LEDs) vêm ganhando espaço como a principal fonte de iluminação artificial, já que são compactos, apresentam alta eficiência no uso de eletricidade, baixa temperatura de operação e são acessíveis (KOZAI *et al.*, 2019).

O uso de iluminação artificial afeta diretamente a qualidade do espectro luminoso, que é algo muito importante para as plantas, já que está relacionada com a fotossíntese, que é essencial para o metabolismo e desenvolvimento das plantas (FAN *et al.*, 2013). Além disso, o espectro luminoso pode afetar a síntese de pigmentos, principalmente em espécies que produzem muitas antocianinas, como o repolho-roxo, manjericão-roxo, rabanete, entre outros (YING *et al.*, 2020). Foi observado que diferentes proporções de

luzes vermelhas e azuis podem interferir na coloração das plântulas, afetando sua aparência, desenvolvimento, morfologia, sabor e nutrição (YING *et al.*, 2020).

Os microverdes geralmente são cultivados em substratos de manejo fácil, já que são de pequeno porte e fácil cultivo. Os substratos mais utilizados são o húmus de minhoca, fibra de coco, compostagem de matéria orgânica e casca de arroz carbonizada (BONATO *et al.*, 2022). No Brasil são poucas as pesquisas sobre microverdes, incluindo os estudos sobre os meios de cultivo. As avaliações feitas por Wieth *et al.* (2019) indicam que o substrato comercial Carolina Soil ® foi o que proporcionou maior produtividade na cultura da rúcula (*Eruca sativa*).

Na produção de microverdes é importante que sejam realizadas etapas que garantam alta porcentagem e taxa de germinação, aliado ao bom rendimento e qualidade dos brotos, já que uma baixa germinação implica em baixa produção (GALIENI *et al.*, 2020).

O tamanho das sementes é um parâmetro importante já que está diretamente relacionado com o rendimento e densidade de semeadura (PRITI *et al.*, 2022). A densidade de semeadura ideal é muito específica para cada cultura e geralmente está relacionada com o peso médio das sementes e em sua germinação (%) (DI GIOIA *et al.*, 2017). No estudo de Priti *et al.* (2022) a densidade de semeadura de três sementes/cm<sup>2</sup> foi classificada como ótima para lentilha e feijão-mungo.

A colheita dos microverdes é feita quando alcançam de 5 a 10 cm de altura e os cotilédones estão completamente expandidos e túrgidos, com ou sem as primeiras folhas verdadeiras (KYRIACOU *et al.*, 2016), e isso acontece de 7 a 28 dias dependendo da germinação da espécie trabalhada (FRASZCZAK e KLEIBER, 2022).

As microverdes são colhidas cortando-se acima da região do colo (ZANZINI *et al.*, 2020; SHIBAEVA *et al.*, 2022), tendo de 3 a 9 cm de altura e com os cotilédones expandidos presentes. Sua porção comestível é constituída pelo hipocótilo, cotilédones e, frequentemente, pelas primeiras folhas, em alguns casos, os tegumentos das sementes permanecem aderidos aos cotilédones (DI GIOIA *et al.*, 2017).

### **2.3.2 Mercado consumidor dos microverdes**

Esses microvegetais vêm suprir uma demanda crescente por alimentos frescos, funcionais e nutracêuticos, devido ao interesse cada vez maior da sociedade em se alimentar de forma saudável (EBERT, 2012).

As várias características vantajosas dos microverdes como o ciclo curto, produção rápida, fácil e os altos teores de nutrientes (SUN *et al.*, 2013. XIAO *et al.*, 2012). E seu alto valor de mercado, se tornou uma forma de produção atrativa para produtores em sistemas de estufa, fazendas urbanas e periurbanas (KYRIACOU *et al.*, 2016).

Os microgreens têm um alto valor de mercado, de US\$ 40 a US\$ 60 o quilo (JUNG, 2023). Sendo valores bem atrativos para os produtores, devido a alta rentabilidade dessa forma de cultivo em ascensão.

## **2.4 Leguminosas como microverdes**

As leguminosas são um grupo diversificado de plantas que inclui feijão, lentilha, grão-de-bico, ervilha e várias outras espécies. São alimentos cada vez mais essenciais na dieta humana e animal e são produzidos praticamente em todo o mundo.

Os microverdes de leguminosas também são uma excelente fonte de proteína vegetal, conforme destacado por pesquisadores do International Journal of Molecular Sciences. O valor nutricional é o que há de mais estimado nesse grupo de culturas, já que apresentam alto teor de proteínas, fibra alimentar, vitaminas, minerais e baixo teor de gorduras quando comparadas aos principais cereais (FAO, 2016. RAWAL *et al.*, 2019). Isso faz com que os microverdes de leguminosas sejam uma opção nutritiva para vegetarianos e veganos.

Além dos benefícios nutricionais, os microverdes de leguminosas também adicionam um sabor característico aos pratos. Um estudo de Oh *et al.*, (2022) avaliou sete leguminosas consumidas na Coreia, e destaca que cada uma possui seu próprio perfil de sabor único, que pode variar de suave e doce a amargo e adstringente. Essa variedade de sabores permite a criação de pratos interessantes e deliciosos.

As leguminosas já são muito utilizadas como microverdes (JUNIOR *et al.*, 2022). O trabalho de Eswaranpillai (2023) avaliou o desenvolvimento de microverdes sob diferentes substratos e entre seus seis tratamentos avaliou duas leguminosas: feijão mungo e feijão-caupi, que apresentaram os teores mais elevados de carboidratos, o feijão mungo apresentou o maior teor de proteínas, enquanto o feijão-caupi ficou em quarto das variedades avaliadas.

Trabalhos como o de Kurian & Megha, (2020) provaram que microverdes de feijão-mungo (*Vigna radiata*), contêm maiores concentrações de vitaminas e alta

atividade antioxidante em comparação com as sementes cruas. Com isso os microverdes nesse sentido podem ser uma melhor opção para o consumo.

No trabalho de Altuner *et al.*, (2022) objetivou-se determinar o teor de antioxidantes e algumas substâncias bioativas em algumas espécies, em que o trevo vermelho (*Trifolium pratense* L.) apresentou maior atividade antioxidante total e conteúdo fenólico junto com o milho, já o feijão mungo apresentou baixos teores de clorofila total, clorofila a e b e carotenoides, enquanto o feijão-caupi apresentou o menor teor e atividade antioxidante total, fenólicos totais e flavonoides.

Por existir uma grande variedade de genótipos dentro de cada espécie pode haver alterações na composição nutricional dentro da mesma espécie. Priti *et al.*, (2021) avaliou 20 genótipos de feijão mungo e lentilha em diferentes ambientes e identificou uma grande variedade na composição fitoquímica, capacidade antioxidante e teores de nutrientes entre os genótipos das duas culturas. Isso mostra que uma cultura não pode ser descartada para o consumo na forma de microverdes apenas baseado em testes com uma única variedade.

## **2.5 Teste de toxidez com zebra fish**

O consumo do feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) como microverdes ainda é muito recente e existem poucas pesquisas sobre o uso deles como alimentos, assim como para o uso de feijão-caupi como microverdes. Sendo que as leguminosas, como o feijão-caupi, não são consumidas cruas devido a fatores antinutricionais, como taninos, ácido fítico e oligossacarídeos que causam flatulência e isso afeta negativamente a digestão (KHATTAB; ARNTFIELD, 2009). O cozimento é um processo que pode reduzir esses fatores negativos (VASHISHTH *et al.*, 2021). No entanto, pode afetar outros compostos como os polifenóis que podem ter suas concentrações reduzidas no cozimento (BARROS *et al.*, 2017; BARROS *et al.*, 2021).

Para avaliar se um alimento/produto é tóxico existem diversas análises de toxicidade. O teste de campo aberto (AHMAD & RICHARDSON, 2013) tem como intuito avaliar mudanças na coordenação motora de animais como o zebrafish (*Danio rerio*), seja por sedação e/ou relaxamento muscular. A análise de toxicidade aguda consiste em tratar os animais modelo com alguma substância ou alimento para avaliar a mortalidade após 96 horas (MAGALHÃES *et al.*, 2017).

O peixe da espécie *Danio rerio*, conhecido como zebrafish, por suas listras no corpo. Possui muita semelhança fisiológica com os seres humanos, apresenta respostas comportamentais robustas e possui o genoma completamente sequenciado e caracterizado (CACHAT *et al.*, 2013).

O zebrafish adulto vem sendo usado como modelo animal complementar ao uso de ratos em testes toxicológicos, genéticos, biologia do desenvolvimento e neurobiológicos, já que possui baixo custo, adaptabilidade, ciclo curto, alta fecundidade e embriões transparentes (BICHARA *et al.*, 2014; RESENDE & SOCCOL, 2015). Além disso, seu diminuto tamanho possibilita o uso de reagentes, materiais e substâncias a serem testadas em poucas quantidades, proporcionando uma economia (HILL *et al.*, 2005).

Lemos *et al.* (2021) avaliaram a atividade locomotora do zebrafish e toxicidade aguda quando em contato com o eugenol. Por meio do teste de campo aberto e o de toxicidade aguda concluíram ausência de toxicidade e mostraram alteração no sistema locomotor do zebrafish e com isso deram continuidade nos testes para investigar possíveis efeitos ansiolíticos e anticonvulsivante, usando roedores.

No trabalho de Bezerra (2020) foi avaliado a segurança não clínica do triterpeno AAA isolado da raiz de *Croton zehntneri* utilizando o zebrafish (*D. rerio*) como modelo animal e as amostras testadas não foram tóxicas e não reduziram a atividade locomotora do animal, tendo uma possível ação antinociceptiva.

### 3 MATERIAL E METODOS

Foram utilizadas sementes de feijão-caupi de oito genótipos: CE 248, 92, 366, 262, 276, 542, 472 e 189 (Tabela 1.), do banco Banco Ativo de Germoplasma de feijão-caupi da UFC (BAG Caupi-UFC). As sementes foram selecionadas de acordo com o tamanho, sendo escolhidas apenas sementes de tamanho pequeno conforme o peso de 100 sementes. Foram conduzidos três ensaios, o primeiro, visando avaliar se o feijão na forma de microverde não apresentava substâncias tóxicas ou danosas; o segundo, buscando avaliar o vigor e viabilidade das sementes; e o terceiro, com o objetivo de avaliar as condições de crescimento, caracteres biométricos e o rendimento das microverdes produzidas.

Tabela 1. Genótipos avaliados do BAG Caupi-UFC, informações gerais.

| Registro | Nome do acesso  | CARACTERÍSTICAS BOTÂNICAS |       |             |       |                  |                 |                      |
|----------|-----------------|---------------------------|-------|-------------|-------|------------------|-----------------|----------------------|
|          |                 | Floração Inicial          | Ciclo | Cor da Flor | Porte | Forma do Foliolo | Pos. das Vagens | Peso de 100 sementes |
| CE-92    | Dixiecream      | 43                        | 53    | Br          | Ser   | La               | Af e Nf         | 12,96                |
| CE-189   | Costa rica v-10 | 55                        | 83    | Vi          | Ser   | La               | Nf e Df         | 6,78                 |
| CE-248   | Tvu 91          | 36                        | -     | Vi          | Ser   | Rb               | -               | 7,21                 |
| CE-262   | Tvu 381         | 48                        | 73    | Vi          | Spr   | La               | Nf              | 9,97                 |
| CE-276   | Tvu 662-P1      | 42                        | 56    | Vic         | Spr   | La               | Nf              | 10,57                |
| CE-366   | Tvu 662         | 40                        | 60    | Vi          | Ser   | La               | Af e Nf         | 10,26                |
| CE-472   | Tvu 3552        | 48                        | 75    | Vic         | Ser   | La               | Af e Df         | 11,13                |
| CE-542   | ER-7            | 48                        | 68    | Vic         | Spr   | Gl               | Nf              | 9,12                 |

\*Br = Branco; Vi = Violeta; Vic = Violeta claro; Ser = Semi ereto; Spr = Semi prostado; La = Lanceolada; Rb = Romboide; Gl = Globosa; Af = Altura da folhagem; Nf = Nível da Folhagem; Df = Dentro da folhagem.

Fonte: BAG UFC, 2023.

#### 3.1 Atividade locomotora (Teste de Campo Aberto) e Teste de toxicidade aguda 96 h das formulações selecionadas

Os experimentos com zebrafish foram realizados no Laboratório de Microbiologia da Engenharia de Alimentos Na análise de toxicidade, foram usados zebrafish (*Danio rerio*) adulto (ZFa), selvagens, de ambos os sexos com idade de 60-90 dias, e tamanhos de  $3,5 \pm 0,5$  cm e peso  $0,4 \pm 0,1$  g, adquiridos na Agroquímica: Comércio de Produtos Veterinários LTDA, fornecedor localizado na cidade de Fortaleza (Ceará, Brasil). Um grupo de 156 peixes foram aclimatados por 24 hrs em aquários de vidro (40 x 20 x 25 cm), com água desclorada (anticloro *ProtecPlus*®) e bombas de ar com filtros submersos, a 25 °C e pH 7,0. Os peixes foram alimentados com ração (*Spirulina*®) 24 hrs antes dos experimentos.

O teste de campo aberto (AHMAD & RICHARDSON, 2013) foi feito com o objetivo de avaliar se houve alteração ou não da coordenação motora dos peixes, seja por relaxamento muscular e/ou sedação.

Foram avaliados seis genótipos de feijão-caupi, dos quais foram produzidos microverdes. Inicialmente foram preparadas soluções com água destilada a partir do extrato vegetal dos microverdes de feijão-caupi estudadas, em três concentrações 100 ppm, 500 ppm e 1000 ppm. Para o teste de campo aberto, um grupo de animais sem tratamentos foi incluído (Naive) e o grupo controle, tratado com água destilada estéril, totalizando 26 tratamentos.

Os animais eram selecionados aleatoriamente e transferidos para uma esponja úmida e tratados com as soluções, que eram administradas via oral com um auxílio de uma pipeta eletrônica (COLLYMORE, RASMUSSEN, TOLWANI, 2013). Após 30 min dos tratamentos, os animais foram colocados em placas de Petri de vidro (10 x 15 cm), com a mesma água do aquário, marcadas com quadrantes e realizada a contagem do número de cruzamento de linhas (CL) dos quadrantes para analisar a locomoção dos animais. O valor de CL do grupo Naive foi tomado como linha de base (100%) e foi calculado a porcentagem de atividade locomotora (AL%) individualmente durante 0-5 minutos.

Com o término do teste de campo, foi realizado a análise de toxicidade pela metodologia proposta por Magalhães *et al.* (2017). Os animais foram transferidos para potes plásticos (500 mL) com a água do mesmo aquário para o repouso. O grupo tratado com água destilada estéril foi usado como controle. Após 96 horas da aplicação dos tratamentos, foi anotado a quantidade de peixes mortos em cada grupo e assim foi determinado a concentração letal capaz de matar 50% dos animais (CL<sub>50</sub>) através do

método matemático Trimmed Spearman-Kärber com intervalo de confiança de 95% (ARELLANO-AGUILAR *et al.*, 2015).

Após o fim dos experimentos, os peixes foram sacrificados com água gelada (2-4°C), foram imersos por um período de 10 minutos, até que perdessem a mobilidade opercular (CONCEA, 2018). Todos os procedimentos experimentais foram aprovados pelo Comitê de Ética do Uso de Animais da Universidade Federal do Ceará (CEAUA-UFC), sob protocolo nº 1806202101.

### **3.2 Cultivo em campo e multiplicação das sementes**

Com o teste de toxidez realizado foi feita a multiplicação das sementes no setor de horticultura do Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Ceará (UFC) em Fortaleza-CE no primeiro semestre de 2022. As coordenadas geográficas locais estão entre as coordenadas geográficas: 3° 44' 24.7'' de latitude sul e 38° 34' 34.9'' de longitude Oeste com altitude de 19,5 metros. O clima do município é do tipo: As (Tropical semiúmido), segundo a classificação de Köppen.

A multiplicação foi realizada em canteiros 10 x 1 m com duas fileiras com espaçamento de 0,5 x 0,5 m proporcionando 40 plantas por canteiro, com densidade de 2 plantas por metro. A semeadura foi manual com 3 sementes por cova. Realizou-se o desbaste aos 7 dias após a semeadura (DAS), deixando-se apenas duas plantas por cova.

No preparo do solo, foi realizado inicialmente a limpeza dos canteiros, logo após foi feita a adição de 50 L de composto orgânico a base de esterco de coelho que foi incorporado ao solo nas linhas de plantio após a limpeza do local (Lima, 2020).

O sistema de irrigação utilizado foi o de gotejamento, utilizou-se a fita de gotejo AZUD LINE com vazão de 1,6 L/h com 30 cm de espaçamento. A irrigação era realizada duas vezes ao dia para manter o solo entre 70 e 80% da capacidade de campo.

Para o controle de pragas realizou-se pulverizações com pulverizador costal e a catação manual e destruição. Foi aplicado o produto comercial DECIS® 25 EC® para lagarta-rosca (*Agrotis ipsilon*), vaquinha-preta-e-amarela (*Cerotoma arcuatus*) e pulgão-das-inflorescências (*Aphis gossypii*). No decorrer do plantio foi utilizado sal ao redor dos canteiros para o controle de caramujos que causaram a morte de várias plantas no decorrer do ciclo, também foi feita a catação manual e destruição deles.

Foram realizadas a adubação de plantio com superfosfato simples (125 g por linha) e cloreto de potássio (16,5 g por linha) e adubação de cobertura aos 15 DAS com ureia (24 g por linha) (AQUINO *et al.*, 1993).

A colheita foi realizada manualmente entre 80 e 100 dias após a semeadura com o auxílio de sacos de papel que eram colocados em uma secadora de circulação fechada do laboratório de análise de sementes da UFC (LAS-UFC).

### **3.2.1 Análise de sementes**

As sementes obtidas no cultivo em campo foram avaliadas na empresa Image Pesquisas, que se encontra no Parque de Desenvolvimento Tecnológico (PADETEC), localizado junto a Universidade Federal do Ceará e no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Fitotecnia da UFC, Fortaleza-CE. Foram utilizados oito lotes de sementes de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), de oito variedades diferentes, com quatro repetições cada. Em todo o período experimental, as sementes foram armazenadas em condições de câmara fria (10 °C e 60% UR), em embalagens de plástico.

A **umidade** foi realizada no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Fitotecnia da UFC, Fortaleza-CE. Foi utilizado o método da estufa a 105 °C em que os recipientes foram secos por 30 minutos em estufa a 105 °C, e então os recipientes e sua tampa foram pesados. Em seguida as sementes foram colocadas no interior dos recipientes e foi realizada a pesagem novamente, logo após, os recipientes são colocados novamente na estufa e pesados ao fim da secagem. Em seguida, foi calculado o teor de umidade (BRASIL, 2009):

As avaliações da qualidade das sementes foram realizadas por meio dos seguintes testes: **germinação** – foram usadas quatro repetições de 50 sementes, semeadas em rolos de papel toalha, tipo Germitest, umedecidos com água destilada o equivalente a 2,5 vezes o peso do substrato seco e colocado para germinar a 25 °C com 8 h de luz. As avaliações foram feitas aos cinco e oito dias após a semeadura (BRASIL, 2009);

A **primeira contagem de germinação** – conduzido juntamente com o teste de germinação, computando-se a porcentagem de plântulas normais, aos cinco dias após a semeadura. (Brasil, 2009).

A **emergência de plântulas** – utilizaram-se quatro repetições de 50 sementes distribuídas em canteiro (3 m x 0,75 m) com areia como substrato (Figura 2). O teste foi avaliado do plantio a dez DAP (dias após ao plantio), em que se realizou o cálculo da

porcentagem de plântulas normais. Foram feitas contagens das plântulas emergidas a partir da instalação do teste de emergência de plântulas e a cada 24 horas, até o seu término (Nakagawa, 1999). Foram consideradas como emergidas as plântulas cujos cotilédones afloraram à superfície da areia e para o cálculo utilizou-se a fórmula proposta por Maguire (1962).

O **índice de velocidade de emergência** – a partir dos dados obtidos na emergência de plântulas realizou-se o índice de velocidade de emergência. A fórmula usada para o cálculo do IVE foi proposta por Maguire (1962), a qual é apresentada a seguir:  $IVE = (G1/N1) + (G2/N2) + \dots + (Gn/Nn)$ , em que: IVE = índice de velocidade de emergência; G = número de plântulas normais computadas nas contagens; N = número de dias da semeadura à 1ª, 2ª... 10ª avaliação.

O **teste de condutividade elétrica (CE)** – O teste foi conduzido pelo método de massa, com quatro subamostras de 50 sementes fisicamente puras, as quais foram pesadas com precisão de três casas decimais (0,000 g) e colocadas para embeber em copo plástico (200 mL) (Figura 3.), sendo mantidas em câmara de germinação, tipo BOD, durante cada período de embebição com temperatura de 25°C. Após o período de condicionamento de 24 h, a CE da solução foi medida por meio de leituras em um condutivímetro Q405M, calibrado para  $74 \text{ uS cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ , com resultados expressos em  $\text{uS cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$  de semente. A leitura de cada subamostra foi realizada logo após a retirada do material da BOD, agitando-se, cuidadosamente, cada recipiente, com o objetivo de uniformizar os eletrólitos lixiviados na solução (HAMPTON & TEKRONY, 1995, VIEIRA & KRZYZANOWSKI, 1999). Os dados foram avaliados pelo delineamento inteiramente casualizado. A comparação das médias foi realizada pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade (BANZATTO & KRONKA, 1992).

## **2.4 Análises das Microverdes**

### **2.4.1 Condições de crescimento**

As sementes com os melhores resultados nas análises de sementes foram avaliadas como microverdes. O experimento foi realizado na sala de crescimento de plantas do laboratório de Olericultura do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará-UFC, Campus Professor Prisco Bezerra, em Fortaleza-CE. Durante todo o experimento o ambiente foi mantido controlado. A temperatura ficou ajustada em  $20 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  e a umidade relativa entre 60-70%.

As plantas foram cultivadas em bandejas, em estantes de metal, cujos compartimentos foram isolados com placas de isopor, com 1,5 cm de espessura, para evitar a interferência da luz nas parcelas vizinhas e ficaram sob iluminação artificial com diodos emissores de luz (LED), modelo 5050, com 60 LEDs m<sup>-1</sup> na proporção de 5:1, ou seja, 5 LEDs vermelhos para um azul, com densidade de fluxo de fótons fotossintéticos (PPFD) de 13,8  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , medido na altura do dossel das plantas (30 cm) com um medidor de Radiação Fotossinteticamente Ativa (PAR) modelo “SPECTRUM SPEC-3415A”. A exposição a luz ocorreu desde a sementeira, com fotoperíodo de 16 horas de luz/08 horas de escuro, automatizado por meio de um temporizador analógico (Golden cabo®).

O experimento foi realizado em blocos casualizados, cada estante representou um bloco, sendo as microverdes cultivadas em 4 blocos/estantes. Foram avaliadas 8 variedades, divididas em 8 tratamentos com 8 repetições cada, totalizando 64 parcelas.

Foram utilizadas bandejas de polipropileno com dimensões de 18 x 10 x 4,5 cm (comprimento, largura, altura). O substrato utilizado foi uma mistura de pó de côco, previamente lavado, misturado com vermiculita na proporção de 5:1 (v/v). O volume de substrato utilizado foi de 180 cm<sup>3</sup>, cerca de 60 g (peso seco). O pH e a condutividade elétrica do substrato foram medidos em uma solução preparada a partir da mistura de substrato: água destilada na proporção 1:2,5, respectivamente (KYRIACOU *et al.*, 2020). Um medidor de condutividade elétrica de bancada (Marconi mCa -150®) e um medidor de pH (Mettler Toledo®) foram utilizados para essas medições. Os valores de pH e a condutividade elétrica do substrato foram 6,1 e 0,04 dS m<sup>-1</sup>, respectivamente.

Após o preenchimento das bandejas com o substrato, as sementes foram acomodadas homogeneamente em toda a superfície com uma taxa de sementeira de três sementes por cm<sup>2</sup> (PRITI *et al.*, 2021), sendo adicionada uma cobertura com cerca de 32 g (substrato-semente-substrato - SSS), com espessura de, aproximadamente, 1 cm de altura acima das sementes.

As bandejas foram giradas aleatoriamente, em ângulo de 90°, a cada 24 h para melhorar a distribuição da intensidade da luz em nível do dossel das plantas (KYRIACOU *et al.*, 2020; PANNICO *et al.*, 2020; ORLANDO *et al.*, 2022).

#### **2.4.2 Avaliações biométricas e rendimento**

Aos seis dias após a sementeira, com a identificação do ponto ideal de colheita, foram coletadas 10 microverdes de cada tratamento e repetição, para as avaliações

biométricas e de rendimento (JONES-BAUMGARDT *et al.*, 2019). As plantas foram retiradas cuidadosamente com porção de substrato, lavadas em água e secas em papel toalha.

As características avaliadas foram: comprimento total da plântula; diâmetro do hipocótilo; comprimento da raiz; área foliar ( $\text{cm}^2$ ); área foliar específica ( $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ ); peso fresco e seco da parte aérea e da raiz (g) e rendimento ( $\text{kg m}^{-2}$ ). A área foliar e os pesos fresco e seco foram avaliados para 10 plantas, já que seus valores individuais foram muito baixos.

O comprimento do hipocótilo foi medido do colo da plântula ao ponto de inserção dos cotilédones e o diâmetro do hipocótilo foi medido em sua região média, com auxílio de paquímetro digital (Digimess®).

A área foliar foi medida por método direto com um integrador de área foliar LICOR®, modelo LI 3100 e a área foliar específica obtida pela relação da área foliar com o peso seco de parte aérea (FAN *et al.*, 2013).

O peso fresco foi medido com pesagem em balança analítica e o material vegetal fresco colocado em sacos de papel e levados para estufa com circulação forçada de ar a uma temperatura de  $65\text{ }^\circ\text{C}$  por 48 horas. Após, determinou-se o peso seco com pesagem em balança analítica.

O rendimento (produção por área) foi calculado pesando-se a parte aérea (hipocótilos e cotilédones) de todas as plantas por bandeja ( $144\text{ cm}^2$ ), de cada tratamento e repetição. Seus resultados foram expressos em  $1\text{ m}^2$  (MORARU, ROSU e MINTAS, 2022).

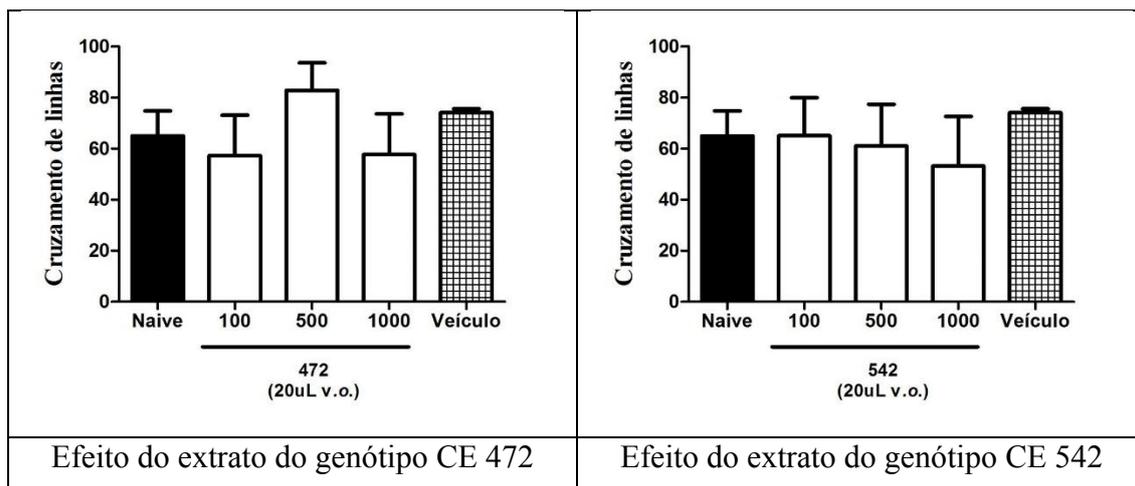
## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Atividade locomotora (Teste de Campo Aberto)**

Nas figuras 4, 5 e 6, pode-se observar os resultados para o teste de campo aberto dos extratos de microverdes das diferentes variedades de feijão-caupi para avaliar se as variedades apresentam substâncias tóxicas para a alimentação. Como resultado, observou-se que os extratos para todas as variedades não ocasionaram efeitos significativos na capacidade motora do zebrafish, onde não houve grandes mudanças no número de cruzamento de linhas na placa de petri pelos animais, demonstrado pela pouca diferença em relação ao grupo naïve e o grupo veículo. Com isso, os extratos não apresentam substâncias tóxicas e/ou que altere a fisiologia dos animais.

Figura 1. Cruzamento de linhas referentes aos extratos dos genótipos.

|  |  |
|--|--|
| <p>Cruzamento de linhas</p> <p>Naive 100 500 1000 Veículo</p> <p>92<br/>(20uL v.o.)</p>  | <p>Cruzamento de linhas</p> <p>Naive 100 500 1000 Veículo</p> <p>189<br/>(20uL v.o.)</p> |
| <p>Efeito do extrato do genótipo CE 92</p>   | <p>Efeito do extrato do genótipo CE 189</p>  |
| <p>Cruzamento de linhas</p> <p>Naive 100 500 1000 Veículo</p> <p>276<br/>(20uL v.o.)</p> | <p>Cruzamento de linhas</p> <p>Naive 100 500 1000 Veículo</p> <p>248<br/>(20uL v.o.)</p> |
| <p>Efeito do extrato do genótipo CE 276</p>  | <p>Efeito do extrato do genótipo CE 248</p>  |
| <p>Cruzamento de linhas</p> <p>Naive 100 500 1000 Veículo</p> <p>262<br/>(20uL v.o.)</p> | <p>Cruzamento de linhas</p> <p>Naive 100 500 1000 Veículo</p> <p>366<br/>(20uL v.o.)</p> |
| <p>Efeito do extrato do genótipo CE 262</p>  | <p>Efeito do extrato do genótipo CE 366</p>  |



Efeito do extrato dos genótipos de feijão-caupi na atividade locomotora de zebrafish adulto, analisado individualmente por 0-5 min por meio do teste de campo aberto. Naive – animais não tratados; v.o – administração via oral do extrato. Veículo – água destilada estéril (20 $\mu$ L; v.o.). Os valores representam a média  $\pm$  desvio padrão da média para 6 animais/grupo; ANOVA seguida de Tukey.

Um dos parâmetros usados para estudos relacionados ao comportamento de larvas e animais adultos é a avaliação da atividade locomotora pela exploração de um campo aberto (BICHARA *et al.*, 2014; FERREIRA *et al.*, 2020).

A atividade locomotora é um dos parâmetros de análise comportamental mais usados atualmente para avaliar possíveis efeitos de determinadas substâncias sob o sistema nervoso do zebrafish (*D. rerio*) adulto, sendo possível detectar se estão causando alguma alteração na locomoção dos animais (TAYLOR *et al.*, 2017).

Os efeitos na capacidade locomotora dos animais são observados com o aumento ou diminuição da natação, demonstrando assim que existe algum fator extressante ou relaxante (TAYLOR *et al.*, 2017; LEMOS *et al.*, 2021).

Em outros estudos é possível observar os efeitos das substâncias testadas nas capacidades locomotoras em zebrafish adulto, tais como ocorrem pelos benzodiazepínicos (drogas ansiolíticas), que diminuem a atividade locomotora (mobilidade) do zebrafish (*D. rerio*) adulto em campo aberto (BENNEH *et al.*, 2017; GUPTA *et al.*, 2019). Demonstrando, desta forma que existe uma mudança de comportamento dependendo da substância estudada, o que não foi observado no presente estudo.

Rashidian *et al.* (2021) demonstraram que o extrato de orégano (*Origanum*

*vulgare*) apresentou efeito positivo no desenvolvimento dos zebrafish, os autores observaram a diminuição do estresse oxidativo e outras respostas, além de sugerirem o zebrafish como modelo para trabalhos posteriores do uso potencial de extrato de plantas e outras substâncias na aquicultura, evidenciando que extratos de planta podem ter uma ação positiva.

Ahmadifar *et al.* (2019) avaliou os parâmetros de crescimento do zebrafish (*D. rerio*) alimentados com extrato de gengibre por oito semanas e não encontraram nenhuma notável melhoria no desenvolvimento dos animais. Porém, extratos de plantas já são usados em aquicultura já que são econômicas e não causam impacto ambiental (JIAN, J., WU, Z., 2003; CITARASU, T., 2010).

Thiel *et al.* (2018) realizou o teste do tanque novo, que se trata de um análogo conceitual ao teste de campo aberto (CACHAT *et al.*, 2010, 2011; KYSIL *et al.*, 2017). Em que os animais são avaliados quanto à distância total percorrida, velocidade média, velocidade máxima, número de entradas e tempo gasto nas zonas do aparato (superior, intermediária e inferior). Em seu trabalho Thiel *et al.*, (2018) constataram um aumento na distância percorrida e velocidade média de zebrafish expostos a altas concentrações de 2,4-D, no entanto não foi identificado resultados significativos para os outros parâmetros.

Isso demonstra que por mais que existam vários estudos utilizando o teste de campo aberto para avaliar o comportamento do zebrafish, pode ser que ele não seja capaz de identificar determinadas alterações nos animais. Existem testes que avaliam mais a fundo os efeitos na fisiologia como os teste realizados por (RASHIDIAN *et al.*, 2021) e no comportamento dos animais, como o teste do tanque novo (THIEL *et al.*, 2018).

#### **4.1.2 Teste de toxicidade aguda 96h das formulações selecionadas**

Na tabela 2 pode-se observar que para todas as amostras avaliadas não foi identificado nenhuma mortalidade após 96h, com valores  $CL_{50} > 0,25$  mg/mL, para todas as amostras testadas. Dessa forma, o extrato de microverdes se mostra seguro para o consumo humano, não demonstrado toxicidade.

Tabela 2. Mortalidade por dose analisada para o teste de toxicidade aguda.

| Mortalidade do Zebrafish Adulto |    |    |    |    |    | 96h              |
|---------------------------------|----|----|----|----|----|------------------|
| Amostra                         | CN | C1 | C2 | C3 | CV | CL <sub>50</sub> |
|                                 |    |    |    |    |    | (mg/mL) /<br>IV  |
| CE 92                           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | >0,25            |
| CE 189                          | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | >0,25            |
| CE 276                          | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | >0,25            |
| CE 248                          | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | >0,25            |
| CE 262                          | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | >0,25            |
| CE 366                          | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | >0,25            |
| CE 472                          | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | >0,25            |
| CE 542                          | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | >0,25            |

Fonte: Autor, 2022. CN: Grupo controle negativo - água destilada estéril; 92: Extrato de microverdes da variedade CE-092; 189: Extrato de microverdes da variedade CE-189; 276: Extrato de microverdes da variedade CE-276; 248: Extrato de microverdes da variedade CE-248; 262: Extrato de microverdes da variedade CE-262; 366: Extrato de microverdes da variedade CE-366; 472: Extrato de microverdes da variedade CE-472; 542: Extrato de microverdes da variedade CE-542; C1: concentração 1 (100 ppm); C2: concentração 2 (500 ppm); C3 – concentração 3 (1000 ppm); CL50: concentração letal para matar 50% dos Zebrafish adulto; IV – intervalo de confiança.

A toxicologia estuda os efeitos nocivos de substâncias químicas sobre seres humanos, animais e plantas, podendo ter efeitos tóxicos leves ou permanentes. Os testes de toxicidade são muito importantes para o registro e a permissão de produtos químicos, fito-farmacêuticos, veterinários e aditivos alimentares (BRAUNBECK *et al.*, 2015).

As diferentes concentrações de eugenol avaliados por Lemos *et al.* (2021) também não apresentaram toxicidade quando administradas em zebrafish. No entanto houve alteração na locomoção dos animais no teste de campo aberto, e com isso seriam realizados testes posteriores com roedores para identificar se há efeitos ansiolíticos e anticonvulsivante, o que não foi o caso do presente estudo, em que os zebrafish também não apresentaram alteração em seu comportamento.

Bezerra (2020) avaliando a segurança não clínica do triterpeno AAA isolado da raiz de *Croton zehntneri* utilizando o zebrafish verificou que as amostras testadas também

não foram tóxicas e não reduziram a atividade locomotora do animal, tendo uma possível ação antinociceptiva.

Além dos testes de campo aberto e toxicidade aguda 96 horas depois da aplicação existem outros parâmetros que podem ser avaliados usando o zebrafish, tais como, parâmetros imunológicos e bioquímicos (RASHIDIAN *et al.*, 2021). No trabalho de Rashidian *et al.*, (2021), o extrato de *Origanum vulgare* pode ter diminuído o estresse oxidativo e aumentado as respostas imunes séricas e mucosas em peixes tratados com seu extrato, com isso houve um efeito positivo.

Dessa forma em estudos mais aprofundados é importante a realização de outros testes aliados ao teste de toxicidade aguda para identificar possíveis efeitos positivos que não podem ser detectados, como efeitos positivos em sua fisiologia (RASHIDIAN *et al.*, 2021; AHMADIFAR *et al.* 2019).

#### **4.2 Análises de sementes**

Os dados submetidos à análise de variância (ANOVA) demonstraram haver significância ( $p < 0,05$ ) para as variáveis umidade, primeira contagem, germinação, IVE (índice de velocidade de emergência) e condutividade elétrica. Na tabela 3 pode-se observar as características biométricas dos microverdes de variedades de feijão-caupi.

Tabela 3. Qualidade dos genótipos de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.).

| Trat. <sup>1</sup> | Umidade (%) | Primeira contagem (%) | Germinação (%) | Emergência (%) | IVE      | Condução elétrica (uS/g) |
|--------------------|-------------|-----------------------|----------------|----------------|----------|--------------------------|
| CE 248             | 87,9 a      | 92 a                  | 95,5 a         | 100 a          | 26,39 c  | 523,87 a                 |
| CE 092             | 82,57 c     | 80,5 a                | 86,5 a         | 100 a          | 30,75 ab | 417,27 ab                |
| CE 366             | 84,68 bc    | 39,5 c                | 55 b           | 100 a          | 31,49 ab | 322,22 bc                |
| CE 262             | 84,62 bc    | 90,5 a                | 93 a           | 100 a          | 29,95 bc | 302,92 bcd               |
| CE 276             | 84,69 bc    | 68,5 b                | 76,5 a         | 100 a          | 32,06 ab | 259,45 cd                |
| CE 542             | 83,75 bc    | 83 ab                 | 89,75 a        | 100 a          | 34,32 a  | 359,32 bc                |
| CE 472             | 82,7 c      | 70,5 bc               | 82,5 a         | 100 a          | 26,07 c  | 270,98 cd                |
| CE 189             | 86,56 ab    | 18 c                  | 21,5 c         | 59 b           | 8,87 d   | 205,41 d                 |
| C.V. (%)           | 1,55        | 5,25                  | 8,85           | 10,44          | 35,27    | 14,55                    |

Fonte: elaborada pelo autor.

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Os dados de primeira contagem (Tabela 3) demonstraram que os tratamentos CE 248, CE 092, CE 262, CE 542 foram os que apresentaram maior porcentagem de germinação em relação aos outros tratamentos. Sendo que na produção de microverdes, a porcentagem de germinação, juntamente com rendimento e qualidade dos brotos deve ser elevada para uma boa produção (GALIENI *et al.*, 2020).

A germinação apresentou (Tabela 3) resultados similares aos da primeira contagem, em que os tratamentos CE 248, CE 092, CE 262, CE 276, CE 542 e CE 472 apresentaram melhores resultados de germinação (Tabela 3), demonstrando uma melhor capacidade das sementes em produzir plântulas normais em condições favoráveis (Carvalho & Nakagawa, 2000).

Para a emergência é possível observar que apenas o tratamento CE 189 não obteve 100% de germinação ao fim dos dez dias de avaliação, demonstrando um baixo vigor dessa variedade (ÁVILA *et al.*, 2005).

No índice de velocidade de emergência (Tabela 3) o CE 542 foi o genótipo que obteve o maior número médio de plântulas normais emergidas por dia e os resultados

obtidos com o teste de condutividade elétrica permitiu verificar que os tratamentos CE 248 e CE 092 foram os que apresentaram a melhor qualidade fisiológica.

Dessa forma, essas análises indicaram os tratamentos CE 248 e CE 092 como os mais vigorosos. Por outro lado, o tratamento CE 189, foi considerado o pior devido os resultados no teste de germinação e emergência. O tratamento CE 092, foi classificado como sendo o de melhor potencial fisiológico a partir dos testes de germinação, primeira contagem de germinação e do índice de velocidade de emergência. Nos testes de CE, o tratamento CE 092, não diferiu significativamente do tratamento CE 248 que foi o que obteve o melhor desempenho, com isso o tratamento CE 092 pode ser indicado com o de mais alto vigor dentre as variedades avaliadas. Dutra *et al.* (2006) concluíram que o teste de condutividade elétrica é eficiente para a avaliação do vigor das sementes de feijão-caupi.

Segundo Neto *et al.* (2014), o tamanho das sementes em muitas espécies é indicativo de sua qualidade fisiológica, pois dentro de um mesmo lote, a germinação e o vigor das sementes pequenas são menores que as de tamanho médio e grande. Porém Vanzolini & Nakagawa (2007), descreveram que na maioria das vezes as sementes menores germinam mais rapidamente, sendo uma característica interessante para a produção de microverdes. Sendo essa forma de consumo uma opção para a exploração de variedades com sementes menores que não são tão atrativas para o consumo como grãos.

No trabalho de Priti *et al.* (2022) foi observado que o tamanho da semente teve alta correlação com o rendimento geral em feijão mungo (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) e lentilha (*Lens culinaris* Medikus subsp. *culinaris*), que possuem tamanho de semente similar as utilizadas no trabalho, além de serem leguminosas, enquanto para a mostarda indiana não foi encontrada essa relação (*Brassica juncea* (L.) Czern & Coss).

Existem grãos de diversos tamanhos de feijão-caupi que podem ser divididos por classe de tamanho para determinação da qualidade fisiológica através de teste de germinação e vigor, que buscam encontrar a classe ideal para multiplicação das diversas espécies vegetais (FERREIRA & TORRES, 2000). Segundo Santos *et al.* (1997), o feijão-caupi possui ampla variabilidade genética para praticamente todos os caracteres de interesse agrônomo.

Os testes de vigor são extremamente importantes para monitorar a qualidade das sementes, especialmente quando estão entrando na fase de maturidade, uma vez que a diminuição do vigor ocorre antes da perda da capacidade de germinação (DIAS,

MARCOS FILHO, 1995). A qualidade dos microverdes está diretamente relacionada ao vigor das plantas. Plantas vigorosas proporciona folhas mais viçosas, cores vibrantes e texturas atraentes (DI GIOIA *et al*, 2017). Isso resulta em um maior rendimento de microverdes, ou seja, mas plantas saudáveis e produtivas por unidade de área (VERLINDEN, 2020).

### 4.3 Avaliações biométricas e de rendimento

Os dados submetidos à análise de variância (ANOVA) demonstraram haver significância ( $p < 0,05$ ) para as variáveis comprimento da planta (CP) e diâmetro do hipocótilo (DH), mas já para as variáveis comprimento da raiz (CR); área foliar (AF); número de folhas (NF) não houve diferença significativa ( $P > 0,05$ ). Na (Tabela 4) pode-se observar que o tratamento 092 se sobressaiu em relação aos outros.

Tabela 4. Teste de comparação de médias para: comprimento da planta (CP); diâmetro do hipocótilo (DH); comprimento da raiz (CR); área foliar (AF) e número de folhas (NF). Fortaleza, 2023.

| Trat <sup>1</sup> | CP<br>(cm) | DH<br>(cm) | CR<br>(CM) | AF<br>(cm) | NF   |
|-------------------|------------|------------|------------|------------|------|
| CE 248            | 13,150 bc  | 1,842 bc   | 10,105 a   | 111,775 a  | 2 a  |
| CE 092            | 14,962 ab  | 2,210 a    | 11,177 a   | 107,325 a  | 2 a  |
| CE 366            | 14,92 ab   | 1,962 bc   | 10,497 a   | 143,175 a  | 2 a  |
| CE 276            | 15,87 a    | 1,765 c    | 10,800 a   | 139,725 a  | 2 a  |
| CE 542            | 12,212 c   | 2,077 ab   | 11,620 a   | 112,720 a  | 2 a  |
| CE 472            | 11,547 c   | 2,262 a    | 10,512 a   | 145,187 a  | 2 a  |
| C.V.<br>(%)       | 6.16       | 5.25       | 8.85       | 29.45      | 0.00 |

Fonte: elaborada pelo autor.

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Para a variável comprimento da planta os tratamentos 276 (15,87 cm), 092 (14,96 cm) e 262 (14,92 cm) foram os que apresentaram maiores valores com apenas seis dias após a semeadura. No trabalho de Eswaranpillai *et al.*, (2023) foram avaliados o feijão-caupi, feijão-mungo, feno-grego, grama-cavalo, trigo e sorgo em diferentes substratos e dias para colheitas e todas essas espécies apresentaram comprimento da

planta inferior ao das variáveis avaliadas neste trabalho, independente do tratamento, demonstrando que as variedades avaliadas têm potencial para o consumo como microverdes.

Para o diâmetro do hipocótilo os tratamentos 092, 472 e 542 apresentaram os maiores diâmetros (Tabela 4). A barreira física do substrato sobre as sementes pode causar limitações no crescimento das plantas, ao passar essa barreira o hipocótilo deve crescer em comprimento e em diâmetro, o que dá força e resistência para superar a resistência do substrato e o peso dos cotilédones (COSTA *et al.*, 1999). Então, quanto maior o hipocótilo mais força a planta terá para se desenvolver.

Os dados submetidos à análise de variância (ANOVA) demonstraram haver significância ( $p < 0,05$ ) para as variáveis massa fresca da parte aérea (MFPA); massa fresca de raiz (MFR); massa seca da parte aérea (MSPA); massa seca de raiz (MSR), e não houve diferença significativa para o rendimento (Rend.). Na tabela 4 podemos observar a comparação entre as variedades para as variáveis massa fresca e seca e rendimento.

Tabela 5. Massa fresca e seca da parte aérea e parte de raiz de 10 plantas e rendimento dos microverdes de feijão-caupi.

| Trat        | MFPA<br>(g) | MFR<br>(g) | MSPA<br>(g) | MSR<br>(g) | Rend.<br>(cm g <sup>-2</sup> ) |
|-------------|-------------|------------|-------------|------------|--------------------------------|
| 248         | 5,237 d     | 0,615 d    | 0,410 d     | 0,075 b    | 10,587 a                       |
| 092         | 8,985 a     | 1,515 a    | 0,717 a     | 0,115 a    | 12,255 a                       |
| 262         | 6,865 c     | 0,837 bc   | 0,557 c     | 0,072 b    | 9,652 a                        |
| 276         | 6,592 c     | 0,802 bc   | 0,507 c     | 0,07 b     | 11,77 a                        |
| 542         | 6,740 c     | 1,395 ab   | 0,642 b     | 0,097 a    | 10,902 a                       |
| 472         | 7,977 b     | 1,262 ab   | 0,655 ab    | 0,105 a    | 11,460 a                       |
| C.V.<br>(%) | 5.41        | 25.82      | 5.45        | 10.44      | 12.29                          |

Fonte: elaborada pelo autor.

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Na tabela 5, observa-se que o 092 foi o que obteve os maiores valores de massa fresca e seca da parte aérea e de raiz, sendo assim a variedade com maior biomassa para o consumo, e em seguida o 542, podendo ser bons candidatos para a produção de microverdes quando avaliados caracteres agronômicos.

No trabalho de Eswaranpillai *et al.*, (2023) o peso fresco e seco dos microverdes de feijão-caupi foi inferior quando comparado com todos os tratamentos, o que pode demonstrar uma superioridade dos genótipos utilizados para a produção de microverdes nesse sentido.

Existem poucos trabalhos com microverdes de feijão-caupi, mas no trabalho de Dos Santos *et al.*, (2020), foi avaliado diferentes substratos no desenvolvimento e na pós-colheita de microverdes de beterraba (*Beta vulgaris* L.) e as variedades de feijão-caupi obtiveram valores superiores, em que o tratamento com maior peso de massa fresca (2,65 g) e seca de beterraba ainda foi inferior ao com menor peso de feijão-caupi (5,23 g).

Junior *et al.*, (2022) avaliou diferentes microverdes com diferentes suplementações luminosa e substratos e o manjeriço roxo, branco e repolho roxo foram as espécies que apresentaram os melhores resultados com a massa fresca colhida de uma área de 165 cm<sup>2</sup> de área, com os valores de 23,02; 14,57 e 24,99 g e os valores com apenas 10 plantas de feijão-caupi não foram tão inferiores a estes proporcionalmente.

## 5. CONCLUSÃO

Conclui-se que o feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp) tem potencial para a produção de microverdes.

- O feijão-caupi consumido na forma de microverdes não apresenta toxidez ou efeito negativo para o organismo;
- A variedade CE – 092 se sobressaiu em relação as outras variedades nos testes de sementes;
- A variedade CE – 092 obteve os melhores resultados para as avaliações biométricas e rendimento de microverdes;

## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Recomenda-se realizar novos experimentos para avaliar a composição química, teor de proteínas e minerais do feijão-caupi, já que o alto teor de nutrientes é uma das principais características dos microverdes (FREITAS, 2020). Ademais, o feijão-caupi apresenta teores elevados de nutrientes tendo um papel de destaque na segurança alimentar da população (GOMES *et al.*, 2021). Além disso, é necessária a realização de uma análise sensorial para avaliar a aceitação dos microverdes de feijão-caupi no mercado consumidor.

## REFERÊNCIAS:

ABRAHAM, Leah Anna; VIJAYAN, Kavitha. Preparation of Ready-To-Serve Chutney Powder using Various Dried Microgreens, Its Organoleptic, **Experimental and Shelf Life Analysis**. 2022.

AHMAD, F.; RICHARDSON, M. K. Exploratory behaviour in the open field test adapted for larval zebrafish: impact of environmental complexity. **Behavioural processes**, v. 92, p. 88-98, 2013.

AHMADIFAR, E.; SHEIKHZADEH, N.; ROSHANAEL, K.; DARGAHI, N.; FAGGIO, C. Can dietary ginger (*Zingiber officinale*) alter biochemical and immunological parameters and gene expression related to growth, immunity and antioxidant system in zebrafish (*Danio rerio*). **Aquaculture** 2019, 507, 341–348.

ALTUNER, F. *et al.* DETERMINATION OF THE CONTENT OF ANTIOXIDANTS AND THE BIOCHEMICAL COMPOSITION OF LEGUME MICROGREENS. **Journal of Elementology**, v. 1, n. 2022, 2022.

AQUINO, AB de *et al.* Recomendações de adubação e calagem para o estado do Ceará. Fortaleza: UFC, p. 248, 1993.

ARELLANO-AGUILAR, O. *et al.* Uso do teste de toxicidade embrionário do peixe-zebra para fins de avaliação de risco: estudo de caso. **Revista de Ciências da Pesca**, v. 9, n. 4, pág. 52, 2015.

ÁVILA, M. R. *et al.* Testes de laboratório em sementes de canola e a correlação com a emergência das plântulas em campo. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 27, n. 1, p. 62-70, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbs/v27n1/25182.pdf>>. Acesso em: 12 de jul. de 2012.

BANZATTO, D.A.; KRONKA, S.N. Experimentação agrícola. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 1992. 247p.

BARROS, N. V. DOS A. *et al.* Bioacessibilidade in vitro de compostos fenólicos e atividade antioxidante em cultivares biofortificadas de feijão-caupi. **Revista Ciência Agronômica**, v. 52, n. 1, p. 1–9, 2021.

BARROS, N. V. DOS A. *et al.* Effect of cooking on the bioactive compounds and antioxidant activity in grains cowpea cultivars. **Revista Ciencia Agronomica**, v. 48, n. 5, p. 824–831, 2017.

BENNEH, C. K. *et al.* Maerua angolensis stem bark extract reverses anxiety and related behaviours in zebrafish—Involvement of GABAergic and 5-HT systems. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 207, p. 129-145, 2017.

BEZERRA, A. J. N. *et al.* Avaliação da segurança não clínica do triterpeno ácido acetil aleurítico (AAA) isolado de Croton zehntneri em zebrafish (Danio rerio) adulto. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 8, p. 55932-55940, 2020.

BICHARA, D. *et al.* Set-up of an infrared fast behavioral assay using zebrafish (Danio rerio) larvae, and its application in compound biotoxicity screening. **Journal of Applied Toxicology**, 2014.

BONATO, A. *et al.* Substratos e qualidade de luz na produção de microverdes. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 13, p. e239111335448-e239111335448, 2022.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Regras para análise de sementes. Brasília: SNAD/DNDV/CLAV, 1992. 365p.

BRAUNBECK, T. *et al.* The fish embryo test (FET): origin, applications, and future. **Environmental Science and Pollution Research International**, [s. l.], v. 22, n. 21, p. 16247- 16261, 2015.

CACHAT, J. *et al.* Measuring behavioral and endocrine responses to novelty stress in adult zebrafish. **Nature Protocols**, Louisiana, v. 5, n. 11, p. 1786–1799, 2010.

CACHAT, J. *et al.* Three-dimensional neurophenotyping of adult zebrafish behavior. **PLoS ONE**, Louisiana, v. 6, n. 3, 2011.

CACHAT, J. *et al.* Unique and potent effects of acute ibogaine on zebrafish: the developing utility of novel aquatic models for hallucinogenic drug research. **Behavioural Brain Research**, [s. l.], v. 236, p. 258-269, 2013.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2000. 424p.

CHANDRA, D.; KIM, J. G.; KIM, Y. P. Changes in microbial population and quality of microgreens treated with diferente sanitizers and packaging films. **Horticulture Environment and Biotechnonology**, v. 53, n. 1, p. 32-40, 2012.

CITARASU, T. Herbal biomedicines: A new opportunity for aquaculture industry. *Aquac. Int.* 2010, 18, 403–414.

COLLYMORE, C.; RASMUSSEN, S.; TOLWANI, R. J. Gavaging peixe-zebra adulto. **Jornal de experimentos visualizados: JoVE**, n. 78, 2013.

CONAB. **Boletim da Safra de Grãos**. Brasília-DF. Brasil. Disponível em:<<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos?limitstart=0>>. Acesso em: 11/05/2023.

CONCEA-CONSELHO NACIONAL DE CONTROLE DE EXPERIMENTAÇÃO ANIMAL. Resolução Normativa n. 37 de 15 de fevereiro de 2018. Diretrizes da prática de eutanásia. 2018.

COSTA, J. A. et al. Comprimento e índice de expansão radial do hipocótilo de cultivares de soja. **Ciência Rural**, Santa Maria v. 29, n. 4, p. 609-612, 1999. DOI 10.1590/S0103-84781999000400006 Disponível em:  
<https://www.scielo.br/j/cr/a/LjFLqbHW4RmLVMJRRMkMg4R/abstract/?lang=pt>.  
Acesso em: 3 dez. 2022.

DESPOMMIER, D. The vertical farm: feeding the world in the 21st century. New York: St. **Martin's Press**, 2010.

DI GIOIA F, Mininni C, Santamaria P Como cultivar microvegetais. In Di Gioia F., Santamaria P. (Eds.), *Microgreens: Microgreens: Novos alimentos frescos e funcionais para explorar todo o valor da biodiversidade* (pp. 51–79). Itália: **ECO-logicasrl Bari**, 2015.

DI GIOIA, F.; RENNA, M.; SANTAMARIA, P. Sprouts, microgreens and “baby leaf” vegetables. **Minimally processed refrigerated fruits and vegetables**, p. 403-432, 2017.

DIEKMANN, L. O.; GRAY, L. C.; BAKER, G. A. Growing ‘good food’: Urban gardens, culturally acceptable produce and food security. **Renewable Agriculture and Food Systems**, v. 35, n. 2, p. 169-181, 2020.

DOS SANTOS, F. L.; DA COSTA, E. S.; LIMA, C. S. M. Diferentes substratos no desenvolvimento e na pós-colheita de microverdes de beterraba (*Beta vulgaris* L.). **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, v. 21, n. 2, 2020.

DUTRA, A. S.; MEDEIROS FILHO, S.; TEÓFILO, E. M. Condutividade elétrica em sementes de feijão caupi. **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, n. 2, p. 166-170, 2006.

EBERT, A. W. Sprouts, microgreens, and edible Flowers: the potential for high value specialty produce in Asia. **SEAVEG2012 Regional Symposium: High Value Vegetables in Southeast Asia: Production, Supply and Demand**. Anais...Taiwan: 2012.

ESWARANPILLAI, U.; MURUGESAN, P.; KARUPPIAH, P. Assess the impact of cultivation substrates for growing sprouts and microgreens of selected four legumes and two grains and evaluation of its nutritional properties. **Plant Science Today**, 2023.

FAN, X., XU, Z., LIU, X., TANG, C., WANG, L., HAN, X. Effects of light intensity on

the growth and leaf development of young tomato plants grown under a combination of red and blue light. **Scientia Horticulturae** 153: 50–55, 2013.

FERREIRA, M. G. R.; TORRES, S. B. Influência do tamanho das sementes na germinação e no vigor de plântulas de *Acacia Senegal* (L.) Willd. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 271-275, 2000.

FERREIRA, M. K. A. *et al.* Anxiolytic-like effect of chalcone N-{4'[(2E)-3-(3-nitrophenyl)-1-(phenyl)prop-2-en-1-one]} acetamide on adult zebrafish (*Danio rerio*): Involvement of the 5-HT system. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v. 526, n. 2, 2020.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **Pulses: Nutritious seeds for a sustainable future**. Rome, 2016. 189p.

FRANCELINO, F. M. A. *et al.* Avaliação de linhagens de feijão-de-vagem para as regiões Norte e Noroeste Fluminense. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, p. 554-562, 2011.

FRAŹSZCZAK, B.; KLEIBER, T. Microgreens Biometric and Fluorescence Response to Iron (Fe) Biofortification. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 23, n. 23, p. 14553, 2022.

FREIRE FILHO, F. R., *et al.* **FEIJÃO-CAUPI Avanços tecnológicos**. Brasília, DF: Embrapa informação Tecnológica, 2005.

FREIRE FILHO, F.R.; RIBEIRO V. Q.; ROCHA, M.M.; SILVA, K. J. D.; NOGUEIRA, M. S. R.; RODRIGUES, E. V. Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios. **Embrapa Meio-Norte**, 2011. 84 p.

FREIRE FILHO, F.R.; RIBEIRO, V.Q.; ROCHA, M.M.; SILVA, K.J.D.; NOGUEIRA, M.S.R. *et al* Feijão-caupi no Brasil: Produção, melhoramento genético, avanços e desafios 1.ed. Teresina: **Embrapa Meio-Norte**, 2011, 84 p.

FREIRE FILHO, F. R. Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios. **Embrapa Meio-Norte-Livro científico (ALICE)**, 2011.

FREITAS, I. S. Suplementação Luminosa com Lâmpadas LED na produção de microverdes em ambiente protegido. [**Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo –Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**], 48p, 2020.

GALIENI, A, et al. Sprouts and microgreens: Trends, opportunities, and horizons for novel research. **Agronomy**, v. 10, n. 9, p. 1424, 2020.

GOMES, F. de O. *et al.* Composição química e valor energético total de grãos imaturos de linhagens e cultivares de feijão caupi. 2021.

GUPTA, A. *et al.* 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.

GUPTA, R. K.; ARYA, M.; KUMAR, A.; KUMARI, P. Study on Genetic Variability in Cowpea [*Vigna unguiculata*(L.) Walp]. **Current Journal of Applied Science and Technology**, v. 33, n. 2, p. 1-8, 2019.

HAMPTON, J. G.; TEKRONY, D. M. Handbook of vigour test methods. **The International Seed Testing Association**, Zurich (Switzerland)., 1995.

HE, W.; MIAO, C.; YOU, J.; XU, Z.G. Effects of Red and Blue Light with Supplemental White Light on Growth, Carbohydrate Metabolism, and Yield of VirusFree Potato in Plant Factories. **American Journal of Potato Research**, v. 97, n. 6, p. 554-564, 2020.

HILL, A. J. *et al.* O peixe-zebra como vertebrado modelo para investigação de toxicidade química. **Ciências toxicológicas**, v. 86, n. 1, p. 6-19, 2005.

JIAN, J.; WU, Z. Effects of traditional Chinese medicine on nonspecific immunity and disease resistance of large yellow croaker, *Pseudosciaena crocea* (Richardson). **Aquaculture** 2003, 218, 1–9.

JONES–BAUMGARDT, C., LLEWELLYN, D., YING, Q., ZHENG, Y. Intensity of sole-source light emitting diodes affects growth, yield, and quality of Brassicaceae microgreens. **HortScience** 54(7): 1168–1174, 2019.

JUNIOR, R. O. M. *et al.* Produção de microverdes com suplementação luminosa e diferentes substratos. **15ª Jornada científica e tecnológica e 12º simpósio de pós-graduação do ifsuldeminas**, v. 14, n. 1, 2022.

KHATTAB, R. Y.; ARNTFIELD, S. D. Nutritional quality of legume seeds as affected by some physical treatments 2. Antinutritional factors. **LWT - Food Science and Technology**, v. 42, n. 6, p. 1113–1118, 2009.

KOZAI, T.; NIU, G.; TAKAGAKI, M. Plant factory: an indoor vertical farming system for efficient quality food production. **Academic Press**. 1(1), 423, 2019.

KURIAN. M. S.; MEGHA, P. R. **Assessment of variation in nutrient concentration and antioxidant activity of raw seeds, sprouts and microgreens of Vigna radiata (L.) Wilczek and Cicer arietinum L.** AIP Conference Proceedings 2263, 2020.

KYRIACOU, M. C. *et al.* Micro-scale vegetable production and the rise of microgreens. **Trends in Food Science and Technology**, v. 57, p. 103-115, 2016.

KYRIACOU, M.C., El-Nakhel, C., Pannico, A., Graziani, G., Soteriou, G.A., Giordano, M., P., M., Ritieni, A., De Pascale, S., Roupael, Y. Phenolic constitution, phytochemical and macronutrient content in three species of microverdes as modulated by natural fiber and synthetic substrates. **Antioxidants** 9(3): 252, 2020.

KYSIL, E. V. *et al.* Comparative analyses of zebrafish anxiety-like behavior using conflict-based novelty tests. **Zebrafish**, v. 14, n. 3, p. 197-208, 2017.

LEMOS, C. G. *et al.* Avaliação da atividade locomotora e teste de toxicidade do eugenol utilizando zebrafish (danio rerio) adulto. **Ambiente: Gestão e Desenvolvimento**, 2021.

LESTER, G.E.; HALLMAN, G. J.; PÉREZ, J. A. y-Irradiation dose: Effects on baby-leaf spinach ascorbic acid, carotenoids, folate,  $\alpha$ -tocopherol, and phyloquinone concentrations. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.58, n. 8, p. 4901-4906, 2010.

LIMA FILHO, M. R. **Comportamento de variedades de feijão de vagem em relação ao acúmulo de graus dia em Fortaleza-CE**. 2020. 33f. Monografia – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Ceará, Ceará.

LORENZI, H. Plantas daninhas do Brasil, terrestres, aquáticas e tóxicas. 3. ed. São Paulo: **Plantarum**, 2000.

MAGALHÃES, F. E. A. *et al.* Peixe-zebra adulto (*Danio rerio*): um modelo comportamental alternativo de nocicepção induzida por formalina. **Peixe-zebra**, v. 14, n. 5, p. 422-429, 2017.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v.2, n. 1, p.176-177, 1962.

MARÉCHAL, R.; MASCHERPA, J.M.; STAINIER, F. Étude taxonomique d'un groupe complexe d'espèces de genres *Phaseolus* et *Vigna* (Papilionaceae) sur la base de données morphologiques et polliniques, traitées par l'analyse informatique. **Boissiera**, Genebra, n. 28, p. 1-273, 1978.

MARINHO, R. D. C. N.; FERREIRA, L. D. V. M.; SILVA, A. F. D.; MARTINS, L. M. V.; NÓBREGA, R. S. A.; FERNANDES-JÚNIOR, P. I. Symbiotic and agronomic efficiency of new cowpea rhizobia. **Brazilian Semi-Arid.Bragantia**, v. 76, n. 2, p. 273-281, 2017.

MARTINS, I. C.; CADENA, P. G. ANTIPILEPTIC DRUGS CAUSE LETHAL, SUBLETHAL, TERATOGENIC EFFECTS AND MORPHOMETRIC PARAMETERS ON EMBRYOS AND LARVAE OF ZEBRAFISH (*DANIO RERIO*): doi.org/10.51891/rease.v6i12.663. **Revista Ibero-Americana de Humanidades**, Ciências e Educação, v. 6, n. 12, p. 485-504, 2020.

MARTINS, M. do PSC et al. Caracterização de cultivares de feijão-caupi para tamanho, cor e biofortificação de grão. **Revista Caatinga**, v. 36, p. 207-214, 2023.

MEIO-NORTE, Embrapa. Cultivo do Feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). **Teresina: Embrapa**, 2002. 108 p. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/80707/1/sistemaproducao-2.PDF>>. Acesso em: 21 maio 2019.

MORARU, P.I., RUSU, T., MINTAS, O.S. Trial protocol for evaluating platforms for growing microgreens in hydroponic conditions. **Foods** 11(9): 1327, 2022.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. cap.2, p.2.1-2.24.

NETO, A. C. A. et al. Germinação e vigor de sementes de feijão-caupi, *Vigna unguiculata* L. Walp., de diferentes tamanhos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 2, p. 13, 2014.

NG, N.Q.; MARÉCHAL, R. Cowpea taxonomy, origin. Germ plasm. Em: SINCH, S.R.; RACHIE, K.O. (Ed.). **Cowpea research, production and utilization**. Chichester: John Wiley, 1985. p. 11-21.

OH, H.; JO, Y.; KIM, M. K. Descriptive Analysis of Seven Leguminous Plants in Korea. **Preventive Nutrition and Food Science**, v. 27, n. 2, p. 241, 2022.

OH, M.; CAREY, E.E.; RAJASHEKAR, C. B. Regulated Water Deficits Improve Phytochemical Concentration in Lettuce. **Jornal of american Society of horticultural science**, v. 135, n.3, p.223-229, 2010.

ORLANDO, M., TRIVELLINI, A., INCROCCI, L., FERRANTE, A., MENSUALI, A. The inclusion of green light in a background of red and blue light affects the growth and functional quality of plant and flower microgreen species. **Horticulturae** 8(3): 217, 2022.

PANNICO, A., GRAZIANI, G., EL-NAKHEL, C., GIORDANO, M., RITIENI, A., KYRIACOU, M.C, ROUPHAEL, Y. Nutritional stress suppresses nitrate content and positively impacts ascorbic acid concentration and phenolic acids profile of lettuce microgreens. **ItalusHortus** 27 (3): 41-52, 2020.

PARASCHIVU, M. *et al.* Microgreens-current status, global market trends and forward statements. **Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development**, v. 21, n. 3, p. 633-639, 2021.

PRITI *et al.* Yield optimization, microbial load analysis, and sensory evaluation of mungbean (*Vigna radiata* L.), lentil (*Lens culinaris* subsp. *culinaris*), and Indian mustard (*Brassica juncea* L.) microgreens grown under greenhouse conditions. **Plos one**, v. 17, n. 5, p. e0268085, 2022.

PRITI, G. P. M.; DIKSHIT, H. K.; VINUTHA, T.; TONTANG, M. T.; STOB DAN. T.; SANGWAN. S.; ASKI, M.; SINGH, A.; KUMAR, R. R.; TRIPATHI, K.; KUMAR, S.; NAIR, R. M.; PRAVEEN. S. Diversity in Phytochemical Composition. Antioxidant Capacities, and Nutrient Contents Among Mungbean and Lentil Microgreens When Grown at Plain-Altitude Region (Delhi) and High-Altitude Region (Leh-Ladakh). **India Frontiers in Plant Science**, v. 12, p. 1-21, 2021.

RASHIDIAN, Ghasem *et al.* Oregano (*Origanum vulgare*) extract enhances zebrafish (*Danio rerio*) growth performance, serum and mucus innate immune responses and resistance against *Aeromonas hydrophila* challenge. **Animals**, v. 11, n. 2, p. 299, 2021.

RAWAL, V.; CHARRONDIERE, R.; XIPSITI, M.; GRANDE, F. Benefits and consumption patterns. In: RAWAL, V.; NAVARRO, D. K. (eds.). **The Global Economy of Pulses**. Rome: FAO, 2019.

RESENDE, R. R.; SOCCOL, C. R. Biotecnologia aplicada à saúde: fundamentos e aplicações. Vol. 1, São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda., 2015.

ROCHA, M.M. **EMBRAPA. Embrapa Meio-Norte, Brasil (2021)**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/feijao-caupi/pos-producao/qualidade-tecnologica-dos-graos>> Acesso em: 10/05/2023.

SAMPAIO, L. S.; BRASIL E. C. **Exigência nutricional do feijão-caupi**. Belém (PA): II Congresso nacional de Feijão-caupi, 2009, Anais do II Congresso Nacional de Feijão Caupi II CONAC. Belém (PA): Embrapa Amazônia Oriental, 2009. v. 1. p. 197-203.

SANTOS C.A.F., MENEZES E.A. & ARAUJO F.P. Divergência genética de feijão-decorda avaliados em dois ambientes. *Viçosa*, 44:35-42, 1997.

SEHRAWAT, N.; YADAV, M.; KUMAR, S.; UPADHYAY, S.K.; SINGH, M.; SHARMA, A. K. Review on health promoting biological activities of mungbean: A potent functional food of medicinal importance. **Plant Archives**, v. 20, n. 2, p. 2969-2975, 2020.

SHIBAEVA, T. G. et al. Continuous LED lighting enhances yield and nutritional value of four genotypes of Brassicaceae microgreens. *Plants*, v. 11, n. 2, p. 176, 2022.

SUN, J. *et al.* Profiling polyphenols in five brassica species microgreens by UHPLC-PDA-ESI/HRMSn. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 61, n. 46, p. 10980 – 10970, 2013.

TAYLOR, J. C. *et al.* A novel zebrafish-based model of nociception. **Physiology & Behavior**, [s. l.], v. 174, p. 83-88, 2017.

THIEL, N. A. et al. Efeitos da exposição ao herbicida ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) sobre parâmetros comportamentais em peixes-zebra. Unochapecó. **8º SIEPE - seminário integrado de ensino, pesquisa e extensão**, Santa Catarina, v. 8, p. 1–2, 2018.

USDA. United States Department of Agriculture (2014). **Specialty greens pack a nutritionalpunch, AgResearch Magazine**. Disponível em: <<http://agresearchmag.ars.usda.gov/2014/jan/greens.>>. Acesso em: 15/04/2023.

VALE, J.C. do; BERTINI, C.; BOREM, A. Feijão-caupi: do plantio a colheita. 1. ed. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2017. 267 p.

VANZOLINI, S.; NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho de plântulas. **Informativo ABRATES**, Brasília, v. 17, n. 1-3, p. 76-83, 2007.

VASHISHTH, R. *et al.* Influence of cooking methods on antinutritional factors, oligosaccharides and protein quality of underutilized legume *Macrotyloma uniflorum*. **Food Research International**, v. 143, p. 110299, 2021.

VERLINDEN, S. Microgreens: Definitions, Product Types, and Production Practices. **Horticultural Reviews**, 47, 85-124, 2020.

VIEIRA, R.D.; KRZYZANOWSKI, F.C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. cap.4, p.1-26.

WHO. WORLD HEALTH ORGANIZATION. Global prevalence of vitamin A deficiency in populations at risk 1995-2005. **WHO global database on vitamin A deficiency**, p. 55, 2009.

XIAO, Z., LESTER, G. E., PARK, E, SAFTNER, R. A., LUO, Y., & WANG, Q. (2015). Evaluation and correlation of sensory attributes and chemical compositions of emerging fresh produce: Microgreens. **Postharvest Biology and Technology**, 110, 140-148.

YING, Q. *et al.* Response of yield and appearance quality of four Brassicaceae microgreens to varied blue light proportion in red and blue light-emitting diodes lighting. **Scientia Horticulturae**, v. 259, p. 1-8, 3 jan. 2020.

ZANZINI, A. P. *et al.* Compostos bioativos presentes em couve-manteiga (*Brassica oleracea* L.) em três estádios de desenvolvimento e comparação das suas capacidades antioxidantes. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, p. e391974242-e391974242, 2020.

ZHANG, Y. et al. Nutritional quality and health benefits of microgreens, a crop of modern agriculture. **Journal of Future Foods**, v. 1, n. 1, p. 58-66, 2021.