



ANDERSON CONDE DA SILVA

**BIOFORTIFICAÇÃO COM ZINCO EM FLORES COMESTÍVEIS
DE *BEGONIA SEMPERFLORES* VAR. *NIGHTLIFE PELL RED***

**LAVRAS – MG
2025**

ANDERSON CONDE DA SILVA

**BIOFORTIFICAÇÃO COM ZINCO EM FLORES COMESTÍVEIS DE *BEGONIA*
SEMPERFLORENS VAR. *NIGHTILIFE PELL RED***

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre.

Prof.^a Dra. Patrícia Duarte de Oliveira Paiva
Orientadora

Prof.^a Dra. Maria Lígia de Souza Silva
Coorientadora

**LAVRAS – MG
2025**

**Ficha Catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração
de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com
dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Silva, Anderson Conde da.

Biofortificação com zinco em flores comestíveis de *Begonia semperflorens*
var. *Nightlife Pell Red* / Anderson Conde da Silva. - 2025.
37 p. : il.

Orientadora: Patrícia Duarte de Oliveira Paiva
Coorientadora: Maria Lígia de Souza Silva

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2025.
Bibliografia.

1. Nutrição mineral. 2. Enriquecimento nutricional. 3. Produtividade. 4.
Biofortificação agrônômica. I. Paiva, Patrícia Duarte de Oliveira . II. Silva, Maria Lígia
de Souza. III. Universidade Federal de Lavras. IV. Título.

ANDERSON CONDE DA SILVA

**BIOFORTIFICAÇÃO COM ZINCO EM FLORES COMESTÍVEIS DE *BEGONIA*
SEMPERFLORENS VAR. *NIGHTILIFE PELL RED***

**ZINC BIOFORTIFICATION IN EDIBLE FLOWERS OF *BEGONIA SEMPERFLORENS*
VAR. *NIGHTILIFE PELL RED***

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre.

APROVADA, em 05 de agosto de 2025.

Dra. Maria Lígia de Souza Silva – UFLA

Dra. Simone Novaes Reis – EPAMIG

Dr. Paulo Roberto Correa Landgraf – UNIFENAS

Prof.^a Dra. Patrícia Duarte de Oliveira Paiva
Orientadora

Prof.^a Dra. Maria Lígia de Souza Silva
Coorientadora

**LAVRAS – MG
2025**

AGRADECIMENTOS

“O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001”

À Deus, por me conceder força, sabedoria e saúde durante todos os momentos desta jornada acadêmica. Pela luz nos dias difíceis e pela paz nos dias de conquista, minha eterna gratidão.

Ao meu pai (*in memoriam*), por suas palavras de incentivo, por ser sempre minha fonte de inspiração.

À minha mãe, cuja presença constante, mesmo à distância, por sua contribuição. Sou imensamente grato por todo apoio, incentivo e carinho durante essa jornada.

À Universidade Federal de Lavras – UFLA, pelo ambiente de crescimento intelectual e humano que me proporcionou. A todos os professores e funcionários que, de alguma forma, contribuíram para minha formação, meu muito obrigado.

À minha orientadora, Prof.^a Dra. Patrícia Duarte de Oliveira Paiva, e coorientadora Prof.^a Dra. Maria Lígia de Souza Silva por todo apoio, paciência e dedicação.

Ao Núcleo de Estudos em Paisagismo e Floricultura (NEPAFLOR) pela acolhida durante todo o tempo do curso de mestrado, pela troca de experiências e parcerias.

Aos Departamentos de Agricultura, Solos e de Química e aos setores de Botânica e Olericultura.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, pelo suporte acadêmico, pela oportunidade de crescimento científico e profissional ao longo deste período.

Aos amigos que caminharam comigo durante essa trajetória, seja dentro ou fora da universidade, obrigado pelas palavras de apoio, pelas conversas que aliviaram o peso da caminhada e pelas risadas que tornaram o percurso mais leve.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pelo apoio financeiro e por possibilitar a continuidade dos meus estudos por meio da bolsa de pesquisa, que foi fundamental para a realização deste trabalho.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para esta conquista, meu sincero agradecimento.

RESUMO

As flores comestíveis, além de constituírem uma novidade relevante no mercado da horticultura, apresentam significativa importância nutricional, pois podem apresentar maiores teores de compostos antioxidantes em comparação com vegetais e frutas, além de serem ricos em compostos fenólicos. Associado a isso, têm grande potencial para biofortificação, pois já apresentam compostos bioativos benéficos à saúde. Nesse contexto, o objetivo foi avaliar a eficácia da biofortificação agrônômica com Zn, utilizando a var. *Nightlife Pell Red*. com finalidade de uso alimentício, utilizando fertilizante à base zinco, aplicado por via foliar e via solo. Para isso, foram testadas cinco doses de zinco (0-controle; 0,14; 0,28; 0,56 e 1,12 g L⁻¹) em plantas de begônia cultivadas em vasos contendo um substrato composto por duas partes de solo, uma parte de esterco bovino curtido e uma parte de areia fina. Os vasos foram mantidos com umidade na capacidade do vaso e receberam a aplicação de 250 mL de solução de água com fertilizante por planta contendo as respectivas doses de cada tratamento, sendo a metade da solução aplicada via foliar e o restante via solo, com repetições a cada 30 dias, durante quatro meses, utilizando como fonte o fertilizante mineral misto *Stoller Zinco*. As características agrônômicas do desenvolvimento das plantas foram avaliadas quinzenalmente. A produção acumulada de flores foi determinada mensalmente, com coletas realizadas a cada dois dias. As flores colhidas foram secas em estufa a 65 °C para posterior digestão ácida das amostras e leitura por espectrofotometria de absorção atômica. Ao final do ciclo, foram realizadas análises fitotécnicas de massa seca da parte aérea, separando-se caules, folhas e flores para quantificação do teor de zinco. As doses aplicadas, bem como o intervalo entre aplicações, influenciaram o crescimento e desenvolvimento das begônias. Entretanto, recomenda-se aplicação de doses mais espaçadas para evitar possíveis efeitos na redução de produção. A aplicação de zinco demonstrou-se eficaz na biofortificação das flores, promovendo maior acúmulo do micronutriente. Contudo, doses mais baixas são recomendadas para garantir o equilíbrio entre crescimento, produção e teor nutricional.

Palavras-chave: Nutrição mineral; enriquecimento nutricional; produtividade; biofortificação agrônômica.

ABSTRACT

Edible flowers, besides being a relevant novelty in the horticulture market, have significant nutritional importance, as they can have higher levels of antioxidant compounds compared to vegetables and fruits, in addition to being rich in phenolic compounds. Associated with this, they have great potential for biofortification, as they already contain bioactive compounds that are beneficial to health. In this context, the objective was to evaluate the effectiveness of agronomic biofortification with Zn, using the var. *Nightlife Pell Red* for food purposes, through the application of zinc-based fertilizer via foliar spray and soil. For this purpose, five zinc doses (0–control; 0.14; 0.28; 0.56; and 1.12 g L⁻¹) were tested in begonia plants grown in pots containing a substrate composed of two parts soil, one part well-composted cattle manure, and one part fine sand. The pots were kept at pot capacity moisture and received an application of 250 mL of a water-fertilizer solution per plant, containing the respective doses of each treatment. Half of the solution was applied via the leaves (foliar) and the rest via the soil, with repetitions every 30 days for four months, using the mixed mineral fertilizer Stoller Zinco as the source. The agronomic characteristics of plant development were evaluated every two weeks. The accumulated flower production was determined monthly, with collections made every two days. The harvested flowers were dried in an oven at 65 °C for subsequent acid digestion of the samples and analysis by atomic absorption spectrophotometry. At the end of the cycle, phytotechnical analyses of the shoot dry mass were performed, separating stems, leaves, and flowers to quantify the zinc content. The applied doses, as well as the interval between applications, influenced the growth and development of the begonias. However, it is recommended to apply the doses more spaced out to avoid possible effects on production reduction. The application of zinc proved to be effective in the biofortification of the flowers, promoting a greater accumulation of the micronutrient. However, lower doses are recommended to ensure a balance between growth, production, and nutritional content.

Keywords: Mineral nutrition; nutritional enrichment; productivity; agronomic biofortification.

INDICADORES DE IMPACTO

A pesquisa sobre a biofortificação com zinco em flores comestíveis está diretamente ligada aos diversos impactos sociais, tecnológicos, econômicos e culturais. No aspecto social, busca-se oferecer uma alternativa alimentar que contribua para a diversificação culinária e nutricional, principalmente voltada a populações vulneráveis. No impacto tecnológico, essa prática de novas culturas passíveis de biofortificação pode promover parcerias com empresas e trocas de conhecimentos. Do ponto de vista econômico, essa prática representa uma oportunidade para a diversificação agrícola, trazendo novas alternativas especialmente para produtores. Na ótica cultural, a produção de flores comestíveis biofortificadas pode se reforçar como uma alternativa viável alimentar em regiões com deficiência de micronutrientes, como o zinco. Esta pesquisa mantém um caráter extensionista, envolvendo diretamente estudantes de diferentes áreas, níveis de formação e departamentos da UFLA, além de colaboradores externos. A iniciativa se enquadra em diversas áreas previstas na Política Nacional de Extensão, como cultura, ao considerar o uso de flores típicas de determinadas regiões ou com valor cultural, que podem ser biofortificadas; saúde, por abordar o zinco, um micronutriente essencial para nutrição humana em escala global; e tecnologia, produção e trabalho, ao englobar o desenvolvimento de soluções tecnológicas voltadas à produção eficiente de flores biofortificadas, bem como à identificação de estratégias para otimizar essa produção. Além disso, a pesquisa apresenta potencial para gerar oportunidades de trabalho, beneficiando desde produtores até indústrias e profissionais da área da saúde. Esta pesquisa está alinhada a diversos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS, destacando-se o compromisso com a erradicação da fome e a promoção de uma agricultura sustentável, por meio da busca por alternativas de biofortificação com nutrientes essenciais à saúde da população. Também contribui para os objetivos relacionados à saúde e bem-estar, ao propor alternativas alimentares mais saudáveis; e a educação, especialmente no que diz respeito à conscientização sobre a importância de uma alimentação rica, equilibrada e nutritiva. Além disso, a pesquisa promove o crescimento econômico ao oferecer uma fonte alternativa de incrementação de renda para agricultores familiares, valorizando e diversificando a culinária local a global. Por fim, entre os objetivos da ODS voltados à indústria, inovação e infraestrutura, ao incentivar o desenvolvimento de novos produtos à base de flores comestíveis reforça a importância das parcerias entre instituições de pesquisa, setores produtivos e comerciais, no intuito de buscar

soluções mais sustentáveis, produtivas e economicamente viáveis para a produção diversificada de alimentos biofortificados.

IMPACT INDICATORS

Research on zinc biofortification in edible flowers is directly connected to various social, technological, economic, and cultural impacts. From a social perspective, it aims to offer a dietary alternative that contributes to culinary and nutritional diversification, particularly targeting vulnerable populations. Regarding technological impact, this practice of cultivating new crops suitable for biofortification can foster partnerships with companies and promote knowledge exchange. From an economic point of view, this practice represents an opportunity for agricultural diversification, bringing new alternatives especially for farmers. From a cultural standpoint, the production of biofortified edible flowers may be strengthened as a viable food alternative in regions with micronutrient deficiencies, such as zinc. This research maintains an extension-oriented character, directly involving students from different fields, educational levels, and departments at UFLA, as well as external collaborators. The initiative fits into several areas outlined in the National Extension Policy, such as: culture, by considering the use of flowers typical of certain regions or with cultural value that can be biofortified; health, by addressing zinc, an essential micronutrient for human nutrition on a global scale; technology, production, and labor, by encompassing the development of technological solutions aimed at efficient production of biofortified flowers, as well as the identification of strategies to optimize this production. Additionally, the research has the potential to generate job opportunities, benefiting everyone from producers to industries and health professionals. This research aligns with several Sustainable Development Goals (SDGs), particularly highlighting the commitment to eradicating hunger and promoting sustainable agriculture through the pursuit of biofortification alternatives with nutrients essential to public health. It also contributes to goals related to health and well-being, by offering healthier food alternatives, and to education, especially by raising awareness about the importance of a rich, balanced, and nutritious diet. Moreover, the research promotes economic growth by providing an alternative source of income for family farmers, enhancing and diversifying both local and global cuisine. Finally, among the SDGs related to industry, innovation, and infrastructure, it encourages the development of new products based on edible flowers, reinforcing the importance of partnerships between research institutions and productive and commercial sectors in seeking more sustainable, productive, and economically viable solutions for the diversified production of biofortified foods.

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1	Alturas das plantas de begônia cultivadas em vasos, em função das doses de zinco (0, 14 g L ⁻¹ , 0,28 g L ⁻¹ , 0, 56 g L ⁻¹ e 1,12 g L ⁻¹) e dos intervalos de aplicação A) 30 dias; B) 60 dias; C) 90 dias e D) 120 dias..	22
Figura 4.2	Número total de flores <i>Begonia semperflorens</i> var. <i>Nightlife Pell Red</i> cultivadas em vasos em função das doses aplicadas de Zinco (g L ⁻¹) durante o período de avaliação. A) 30 dias; B) 60 dias; C) 90 dias e D) 120 dias.....	23
Figura 4.3	Número médio de produção de flores de <i>Begonia semperflorens</i> var. <i>Nightlife Pell Red</i> cultivadas em vasos em função do tempo (Dias).....	25
Figura 4.4	Massa fresca de flores de <i>Begonia semperflorens</i> var. <i>Nightlife Pell Red</i> cultivadas em vasos em função do tempo (Dias).....	26
Figura 4.5	Folhas e flores de <i>Begonia semperflorens</i> var. <i>Nightlife Pell Red</i> com necroses e encarquilhamento ocasionados por alterações ambientais (temperatura elevada).....	27
Figura 4.6	Teor Zn nas flores de <i>Begonia semperflorens</i> var. <i>Nightlife Pell Red</i> em função das doses de zinco aplicadas (0, 14 g L ⁻¹ , 0,28 g L ⁻¹ , 0,56 g L ⁻¹ e 1,12 g L ⁻¹) nas plantas cultivadas em vasos.....	28
Figura 4.7	Teor Zn no caule e folha de <i>Begonia semperflorens</i> var. <i>Nightlife Pell Red</i> em função das doses de zinco aplicadas (0, 14 g L ⁻¹ , 0,28 g L ⁻¹ , 0,56 g L ⁻¹ e 1,12 g L ⁻¹) nas plantas cultivadas em vasos.....	29
Figura 4.8	Acúmulo Zn/flor de begônia cultivada em vasos em função dos períodos de aplicação e das doses.....	30
Figura 4.9	Acúmulo Zn no caule e folha de begônia cultivada em vasos em função dos períodos de aplicação e das doses.....	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1	Análise Química do Substrato – Begônia	18
------------	--	----

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	12
2.	REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1.	Flores comestíveis	14
2.2.	Begônia	14
2.3.	Biofortificação	15
2.3.1.	<i>Biofortificação agrônômica com Zn e nutrição humana</i>	16
2.3.2.	<i>Biofortificação de flores comestíveis</i>	17
3.	MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1.	Delineamento experimental	20
3.2.	Avaliações	20
3.2.1.	Avaliações agrônômicas de crescimento e produção	20
3.2.2.	Análises químicas a biofortificação	20
3.2.3.	Processamento dos dados e análises estatísticas	21
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
4.1.	Análises agrônômicas de crescimento e produção	21
4.2.	Produção de flores	23
4.3.	Análises químicas	28
5.	CONCLUSÕES	32
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	32
7.	REFERÊNCIAS	33

1. INTRODUÇÃO

O segmento de flores comestíveis vem crescendo no mercado de horticultura, sobretudo nos anos mais recentes (Fernandes et al., 2020). Há uma estimativa de que até 2030, este setor represente a geração de US\$ 504 milhões na economia mundial, crescimento este atribuído aos benefícios do consumo das flores para a saúde (Araújo, 2020).

Um dos importantes atributos das flores comestíveis constitui suas propriedades nutraceuticas, podendo apresentar até dez vezes mais teores de produtos antioxidantes quando comparadas a outros vegetais e frutas (Kwon et al., 2019). As flores comestíveis também possuem uma diversidade de compostos bioativos benéficos à saúde, como minerais, vitaminas, além de antioxidantes.

O uso para fins gastronômicos pode contribuir e ampliar a qualidade nutricional das refeições, além de algumas destas espécies também apresentarem propriedades medicinais (Zhang et al., 2023; Sood et al., 2024). Entretanto, apesar do crescimento no mercado e de suas propriedades nutraceuticas, ainda há escassez de tecnologias de produção, conservação pós-colheita e na comercialização (Fernandes et al., 2020).

Dentre as flores comestíveis, a *Begonia semperflorens*, Begoniaceae, está entre as mais produzidas (Fallá et al., 2020), possuindo elevado rendimento e durabilidade pós-colheita de até cinco dias (Friedman et al., 2007). As pétalas são perfumadas e apresentam sabor suave, picante e ácido, se assemelhando ao suco de limão (Benvenuti; Mazzoncini, 2021). Na gastronomia, há diversas formas de uso como em caldas para sorvetes, tortas, bolos, geleias, entre outros (Alves; Biondo; Sant'Anna, 2023).

Em relação à qualidade nutricional, apresenta vários compostos fenólicos como tocoferóis, carotenóides, flavonóides e antioxidantes (malvinidina), sendo este último, o principal encontrado em begônia de coloração vermelha (Alves; Biondo; Sant'Anna, 2023). Em função de suas características e possibilidade de uso alimentício, esta espécie demonstra ser uma boa fonte para implementação de biofortificação com minerais.

A biofortificação agrônômica consiste em concentrar determinado nutriente na planta de forma que os alimentos tenham níveis mais elevados destes, podendo este processo ser feito com o uso de fertilizantes (Figueiredo et al., 2022). O objetivo desta técnica é a produção de alimentos

complementares mais nutritivos e de baixo custo para a população, auxiliando no combate, principalmente, da desnutrição (Nutti, 2021).

Essa técnica vem sendo utilizada em diferentes países, sobretudo aqueles em desenvolvimento, favorecendo milhões de indivíduos que consomem alimentos biofortificados rotineiramente (Bouis; Saltzman, 2017). Por exemplo, a técnica de biofortificação agrônômica vem sendo aplicada com sucesso em culturas como trigo (Kachinski et al., 2020), segundo cereal mais consumido mundialmente (Delaqua et al., 2021).

Também há resultados que demonstram sucesso desta técnica para alface (Sousa et al., 2023), cenoura (Oliveira et al., 2018), morangueiro (Santiago et al., 2018), alho (Pérez et al., 2019), arroz (Boldrin et al., 2012; Possamai et al., 2022), microverdes de beterraba, repolho roxo e manjerição (Dias et al., 2023), entre outras culturas agrônômicas. Considerando as flores comestíveis, têm-se resultados para capuchinha (Costa et al., 2024; Lara et al., 2025).

Dentre os nutrientes utilizados para a biofortificação, tem-se selênio, ferro e o zinco – Zn. O Zn consiste num importante micronutriente para saúde humana, devido às suas funções catalíticas, estruturais e propriedades antivirais. Contribui positivamente com o sistema imunológico reduzindo patologias como câncer, doenças autoimunes e problemas neurológicos (Dias et al., 2023). Considerado como essencial para os seres humanos, recomenda-se a ingestão diária de 8 mg dia⁻¹ de Zn para homens, 11 mg dia⁻¹ para mulheres e 5 mg dia⁻¹ para crianças (National Institutes of Health, 2022; Souza et al., 2024).

Há uma estimativa de que um terço da população mundial ainda tenha deficiência deste mineral, o que pode ocasionar problemas no desenvolvimento cerebral, redução da produtividade e desempenho nas atividades físicas, entre outros (Souza et al., 2024). Entretanto, a ingestão em excesso, ou seja, acima do recomendado pode ter efeitos colaterais como vômitos, necessitando de cautela com a suplementação (Costa et al., 2024).

Considerando as plantas, este nutriente importante na síntese de fitohormônios como auxina principalmente e síntese de proteínas, lipídeos e ácidos nucleicos (Souza et al., 2024). Assim, diante da importância do Zn na nutrição humana e escassez de informações relativas ao uso da biofortificação em flores comestíveis, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a eficácia da biofortificação agrônômica com Zn, com foco em avaliar a aplicação de doses de Zn para promover o acúmulo deste nutriente em flores comestíveis de *Begônia semperflorens* var. *Nightlife Pell Red*.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Flores comestíveis

As flores comestíveis consistem em órgãos florais das plantas os quais podem ser consumidos inteiros ou particionado sendo consideradas parte da gastronomia (Zhang et al., 2023). O mercado mundial de flores comestíveis tem relevante importância na economia, gerando em 2018, o valor de US\$ 265 milhões, com a uma estimativa de US\$ 504 milhões até 2030, crescimento este resultado da conscientização sobre os benefícios das flores comestíveis para saúde, diversidades de usos e sabores proporcionados (Araújo, 2020).

França, Espanha e Portugal se destacam na produção de flores comestíveis (Araújo, 2020; Santos; Reis, 2021; Yamamoto; Kono, 2018). No Brasil, o estado de São Paulo está entre os que mais se destacam, seguido por Minas Gerais e Santa Catarina. Nos dados mais recentes disponíveis, estima-se que o mercado nacional de flores comestíveis possua uma área plantada de 1,2 mil hectares respondendo por 1,0% das flores tradicionais comercializadas (Araújo, 2020).

Algumas flores comestíveis vêm sendo consumidas por diversos países há muitos anos; (Demasi et al., 2021; Santos; Reis, 2021; Costa et al., 2022), como o amor-perfeito (Ponce et al., 2020), rosa (Moreira et al., 2020), cravo (Guiné et al., 2022), centáurea (Pires et al., 2018), capuchinha (Ebert et al., 2021), begônia (Falla et al., 2020) e *Dália spp.* (Costa et al., 2022).

Podem ser consumidas de diversas formas como *in natura*, molhos, geleias, sorvetes, decoração de pratos, bebidas, doces diversos e entre outros. Apesar da importância das flores comestíveis, ainda há escassez de informações dos processos produtivos para essas espécies (Fernandes et al., 2020).

Dentre as espécies de flores comestíveis, a begônia apresenta grande destaque em função da sua diversidade de usos gastronômicos (Falla et al., 2020).

2.2. Begônia

A família Begoniaceae é composta pelos gêneros *Hillebrandia* Oliv., exclusivo do Havaí e *Begonia* L., que possui mais de 1500 espécies, das quais aproximadamente 240 são nativas do Brasil. Dentre estas, em torno de 160 são originárias da região sudeste (Delfini; Souza, 2016). A

espécie *Begonia semperflorens* é uma das mais comuns no mercado de flores, apresentando crescimento vigoroso, produção de flores constante durante todo o ano e boa adaptação ao meio ambiente (Hirutani et al., 2020).

A begônia é uma planta cultivada mundialmente e, além da produção comercial como flores envasadas e mudas para jardim (Velasco Martínez et al., 2018), também possui flores, folhas e caules comestíveis (Chensom; Okumura; Mishima, 2019; Purohit et al., 2021; Marchioni et al., 2022; Alves; Biondo; Sant'Anna, 2023). Destaca-se por apresentar uma grande versatilidade gastronômica, sendo as folhas consumidas na forma de salada ou sucos, enquanto as flores, na forma de geleias, sorvetes e sucos ou ainda, em saladas (Alves; Biondo; Sant'Anna, 2023).

Para o cultivo, as begônias são propagadas principalmente por via sexuada e assexuada, entretanto, estes métodos podem favorecer a rápida disseminação de patologias, assim, métodos de propagação *in vitro* vêm sendo testados (Velasco Martínez et al., 2018).

A produção e qualidade das flores de begônia podem ser influenciadas por vários fatores como altas temperaturas, frio, seca, doenças, entre outras. É uma planta que se desenvolve melhor em climas amenos (Li et al., 2019). Requer diferentes temperaturas, no plantio da semente entre 20 a 25 °C; após a germinação até o transplantio, são de 22 °C durante o dia e 18 °C durante a noite, devendo serem reduzidas para 19 °C durante o dia e 16 °C à noite após transplantio (Davitkovska et al., 2022).

Há poucos estudos sobre adubação para esta cultura, mas a aplicação do fertilizante líquido mineral NPK 12-5-7 e micronutrientes na concentração de 0,4%, proporciona melhor qualidade de inflorescências de *Begonia semperflorens* Link. et Otto., (Davitkovska et al., 2022).

2.3. Biofortificação

A biofortificação visa a produção de alimentos mais nutritivos com intuito de ajudar a combater a desnutrição (Nutti, 2021), com impactos positivos na saúde pública. Alimentos biofortificados podem alcançar populações mais vulneráveis, sendo uma ferramenta de combate à desnutrição infantil e à fome oculta, dois grandes problemas globais, bastante evidente nos países em desenvolvimento e desenvolvidos (Ofori et al., 2022).

A fome oculta é um problema que afeta aproximadamente dois bilhões de pessoas no mundo, sendo causado principalmente por dietas pobres em micronutrientes essenciais (Lima et

al., 2021). No Brasil, a produção de alimentos biofortificados tem sido pauta para o enfrentamento da fome oculta (Lima et al., 2021). A biofortificação agrônômica tem sido realizada com sucesso para diversas culturas hortícolas, incluindo repolho roxo, microverdes de beterraba e manjerição (Dias et al., 2023), alface crespa (Graciano et al., 2020), mandioca (Silva et al., 2023) e entre outras.

2.3.1. Biofortificação agrônômica com Zn e nutrição humana

O objetivo da biofortificação é aumentar a concentração dos nutrientes nas plantas, sendo normalmente realizada por meio de fertilizantes (Dias et al., 2023) e denominada como biofortificação agrônômica. Para nutrição de plantas, o Zn pode ser usado tanto na forma de fertilizante orgânico ou inorgânico. Também pode ser aplicado de forma foliar, sendo mais eficiente em comparação com a aplicação via solo devido à diminuição da fitodisponibilidade de Zn (White et al., 2018).

O Zn está entre um dos minerais mais ausente na nutrição humana, principalmente em regiões onde há deficiência deste mineral no solo (Cipriano et al., 2022). Aproximadamente meio milhão de crianças abaixo de cinco anos morrem anualmente devido à baixa ingestão de zinco (Kachinski; Vidigal; Ávila, 2020). Há uma estimativa que quase um terço da população mundial consuma menos que a dose diária recomendada (Souza et al., 2024).

O Zn é considerado um mineral essencial para saúde humana, sendo responsável por realizar várias funções estruturais, a sua deficiência pode ocasionar danos às funções fisiológicas e bioquímicas, além de atraso no desenvolvimento infantil, câncer e infertilidade (Dias et al., 2023). Desempenha também um papel importante na imunidade (Costa et al., 2024; Passarelli et al., 2024).

Em diferentes espécies de plantas não convencionais, *Pareskia aculeata* (ora-pro-nóbis), *Tropaeolum majus* (capuchinha), *Stachys byzantina* (peixinho), *Lactuca cf. canadenses* (almeirão roxo) e *Rumex acetosa* (azedinha), a biofortificação foi realizada por meio da adição de diferentes doses de Zn via foliar e solo, sendo a aplicação via foliar foi mais eficiente (Costa et al., 2024).

Entretanto, este efeito pode variar de espécie para espécie devido a fatores como espessura da cutícula foliar, número de estômatos, distribuição dos tricomas e número de poros (Costa et al., 2024).

A biofortificação com fertilizante a base de Zn em brássicas demonstrou ser benéfica para suprir a ingestão requerida deste mineral (White et al., 2018). Além de vegetais, a biofortificação

de flores comestíveis pode ser uma interessante alternativa alimentar, considerando que normalmente são consumidas *in natura* e os processos produtivos são simplificados.

2.3.2. Biofortificação de flores comestíveis

A biofortificação de flores comestíveis ainda é muito recente, e poucas pesquisas foram realizadas. Na avaliação de plantas alimentícias não convencionais, incluindo a flor comestível da capuchinha, a aplicação de Zn via foliar se mostrou mais promissora e confirmando a biofortificação das plantas (Costa et al., 2024).

A biofortificação com selênio também foi testada para capuchinha, em cultivo semi-hidropônico (Lara et al., 2025). Com estas limitações de informações e o potencial relevante das flores comestíveis para biofortificação, o desenvolvimento de novos estudos proporciona grande conhecimento à produção hortícola.

A begônia é uma espécie que produz flores comestíveis com ampla e diversas aplicações na gastronomia. As flores apresentam colorações atrativas em tons de amarelo até o vermelho e com várias possibilidades de usos como *in natura*, geleias, sucos e sorvetes; alimentos estes que despertam interesse principalmente nas crianças e adolescentes. Desta forma, a espécie apresenta grande potencial para uma fonte alternativa de aplicação de biofortificação. Assim, objetivou-se avaliar a eficácia da biofortificação agrônômica com Zn, utilizando a var. *Nightlife Pell Red*.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Atendendo a proposta do objetivo desta pesquisa, o método de abordagem foi a partir de aspecto quantitativo, visto que busca constatar o acúmulo de Zn em flores comestíveis de *Begonia semperflorens*.

A variedade de *Begonia semperflorens* utilizada foi a *Nightlife Pell Red*, da empresa *Van Leeuwen*. As mudas foram produzidas a partir de sementes, sendo a semeadura realizada em julho/2024, em bandejas de polipropileno flexível contendo 128 células cada, preenchidas com substrato comercial Carolina Soil®, próprio para germinação, composto por turfa e vermiculita de classificação interna denominada CXI.

Em cada célula colocou-se uma semente, sendo a porcentagem de germinação 99%, embora tenha apresentado desuniformidade em relação ao tempo. O material foi mantido em casa de vegetação com luminosidade 50% e irrigação uma vez ao dia. Após três meses da semeadura, as mudas com 1,5 cm foram transplantadas para vasos plásticos com capacidade de 3,6 L (19 cm de altura x 19 cm de diâmetro x 15 cm de base), sendo disposta uma única muda por vaso.

O substrato foi constituído de uma mistura contendo Latossolo Vermelho distroférico (LVdf) de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SIBCS (Santos, 2018), areia textura fina e esterco bovino curtido, na proporção de 2:1:1 respectivamente. Como as plantas apresentaram crescimento desuniforme, após um mês realizou-se uma seleção e padronização por altura e diâmetro para utilização no experimento e aplicação dos tratamentos. A análise do substrato caracterizou-se os seguintes dados encontrados que constam na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Análise Química do Substrato – Begônia.

Macronutrientes /Micronutrientes	mg/dm³	cmolc/dm³
Potássio	618,81	-
Fósforo	13,12	-
Sódio	66,00	-
Cálcio	-	2,44
Magnésio	-	1,25
Alumínio	-	0,11
Hidrogênio + Alumínio	-	0,90
Enxofre	51,30	-
Boro	0,01	-
Cobre	1,16	-
Manganês	27,30	-
Ferro	51,10	-
Zinco	2,50	-

Fonte: Laboratório de Análises dos Solos – Departamento de Ciência do Solo – UFLA.

A partir das informações coletadas sobre os macronutrientes e micronutrientes do substrato da Begônia que constam na Tabela 3.1, também foram encontrados os seguintes dados: pH 8,1; SB (5,28 cmol); t (5,39 cmolc/dm³); T (6,18 cmolc/dm³); V% (85,38); m% (2,04); M.O. (2,53 dag/kg) e P-Rem (7,00 mg/L)¹. Diante de tais dados, nota-se que o substrato é classificado em textura média, contendo argila (32 dag/kg); silte (8 dag/kg) e areia (60 dag/kg).

¹ Os indicadores descritos são: pH – Potencial Hidrogeniônico; SB – Soma de Bases Trocáveis; t – Capacidade de Troca Catiônica Efetiva; T – Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0; V% - Índice de

Os vasos foram irrigados diariamente, buscando manter o substrato com umidade na capacidade de vaso, que é o equivalente a umidade na capacidade de campo, aplicada para experimentos conduzidos em vaso, conforme metodologia proposta por Casaroli e Lier (2008) e adaptado por Campos et al (2019). Esse valor de umidade, representa a quantidade máxima de água que o solo pode armazenar, no qual, a perda de água por drenagem é mínima, o que em condição de campo, corresponderia a quantidade de água que é retida de uma chuva ou irrigação após a redistribuição ter atingido taxas desprezíveis (Casaroli; Lier, 2008).

Para encontrar esse valor de umidade correspondente à capacidade de vaso, antes de iniciar o experimento, saturou-se um vaso contendo o substrato (preenchendo todos os poros com água), e esperou drenar o excesso (levando cerca de 24h), obtendo-se a massa do substrato em ambas as situações, e posteriormente secou-se esse substrato em estufa, obtendo-se a massa seca, e com isso, procedeu-se com os devidos cálculos.

Ao monitorar essa umidade, utilizou-se o sensor de umidade TEROs 12, que foi previamente calibrado para esse substrato, e com base nas leituras aferidas por esse sensor, quantificou-se o volume de água a ser aplicado, que se manteve em torno de 200mL diários, otimizando assim, o manejo da irrigação, tornando-o mais prático e assertivo.

O experimento foi conduzido durante oito meses em casa de vegetação, situada nas coordenadas geográficas 21°13'26"S de latitude, 44°58'16"W de longitude e a uma altitude 913,31 metros. O clima da região é classificado como Cwb², sendo classificação climática de Köppen. O plantio foi realizado no inverno, estação em que foram registradas temperaturas: mínima de 13,4 °C, média de 22,3 °C e máxima de 29,5 °C. O transplântio das mudas para os vasos ocorreu na primavera, com temperaturas variando entre 18,3 °C (mínima), 24,5 °C (média) e 30,1 °C (máxima) (INMET, 2025).

A coleta das flores teve início ao final da primavera, 55 dias após o transplântio, estendendo-se pelo verão — período em que as temperaturas oscilaram entre 19,2 °C (mínima), 25,7 °C (média) e 31,5 °C (máxima) — e finalizou no início do outono, com temperaturas mínimas de 18,1 °C, médias de 23,4 °C e máximas de 30,4 °C (INMET, 2025).

Saturação de Base; m% - Índice de Saturação de Alumínio; M.O. – Material Orgânica; P-Rem – Fósforo Remanescente.

² Na classificação climática de Köppen CWB é Clima Subtropical de Altitude.

3.1. Delineamento experimental

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado – DIC, com cinco tratamentos constituídos de cinco doses (0; 0,14; 0,28; 0,56 e 1,12 g L⁻¹) de Zn. Foram utilizadas 4 repetições com 3 plantas por parcela, totalizando 60 unidades experimentais, sem adubação complementar, devido aos teores dos nutrientes na análise de solo.

Como fonte de Zn utilizou-se o fertilizante mineral misto *Stoller Zn* contendo 5% de nitrogênio, 3,3% de enxofre e 7% de Zn. O fertilizante foi diluído em água deionizada filtrada em osmose reversa, aplicado via foliar (50%) e solo (50%), recebendo o volume total de 250 mL de solução (substrato e planta) por aplicação por unidade experimental (vaso). As aplicações foram realizadas iniciando aos 30 dias após o transplântio para os vasos, repetindo aos 60, 90 e 120 dias.

3.2. Avaliações

3.2.1. Avaliações agronômicas de crescimento e produção

Quinzenalmente avaliou-se o parâmetro de crescimento em relação à altura da planta da parte aérea (cm) com auxílio de uma régua graduada, iniciando-se na data da primeira aplicação do fertilizante, 30 dias após o transplântio da muda para o vaso.

A produção de flores teve início com coletas realizadas a cada dois dias, a partir da primeira floração (aos 55 dias após transplântio das mudas da bandeja para os vasos) de flores, retirando-se aquelas completamente abertas, seguindo a metodologia de Demasi et al. (2020).

Após, foram pesadas em balança digital para determinação da massa fresca, sendo feita a pesagem cumulativa de todas as flores dentro de cada período produzidas em cada repetição (total de três parcelas). Seguiu-se da secagem a 65 °C em estufa de ar forçado até peso constante da amostra, para determinação da massa seca.

3.2.2. Análises químicas a biofortificação

As análises químicas foram realizadas com o objetivo de identificar o teor de Zn nas flores, caules e folhas das plantas. As flores foram coletadas no intervalo de 30 dias entre as aplicações

das doses. Para a análise dos caules e folhas, ao final do experimento, foi coletada uma planta por repetição, totalizando quatro plantas por tratamento e, ao todo, 20 plantas. A coleta consistiu no corte do caule na região basal, próxima ao substrato, seguido da separação entre caules e folhas. As amostras foram acondicionadas em sacos de papel *kraft* liso, com dimensões de 15 cm de largura por 30 cm de comprimento.

Tanto as flores como caules e folhas foram secos a temperatura de 65 °C em estufa de ar forçado, macerados com auxílio de um cadinho e realizada a digestão nitroperclórica, para a leitura via espectrofotometria de absorção atômica para quantificação dos teores de Zn. Posteriormente, procedeu-se com o cálculo de acúmulo nas diferentes partes da planta.

3.2.3. *Processamento dos dados e análises estatísticas*

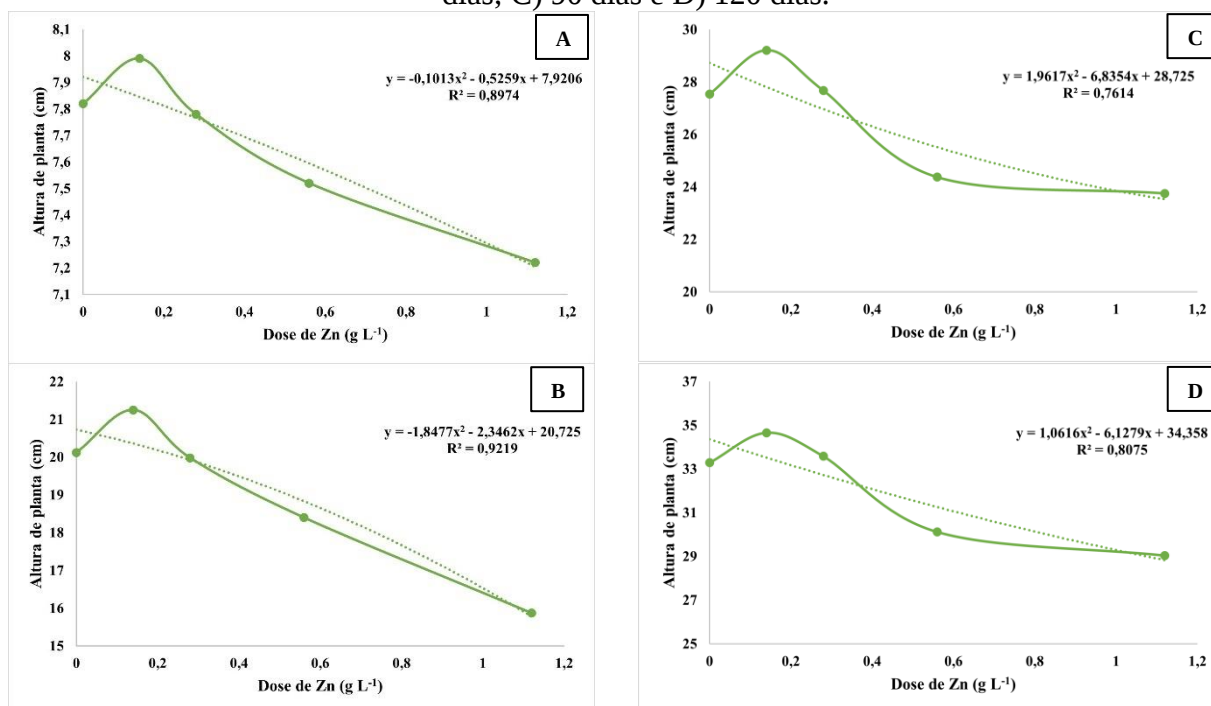
Os dados foram submetidos à análise de variância – ANOVA e quando detectadas diferenças significativas, aplicados teste Scott-Knott ao nível de 5% e análises de regressão. As análises foram realizadas com uso do software Sisvar.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Análises agronômicas de crescimento e produção

Na Figura 4.1 analisou-se as alturas das plantas, onde estas foram influenciadas pelas doses de Zn e os períodos de aplicação. Observou-se que, em reduzidas doses (0,14 g L⁻¹ e 0,28 g L⁻¹), as plantas atingiram maiores alturas, comportamento observado em todas as épocas de avaliação (30, 60, 90 e 120 dias). Na medida em que as doses aumentaram (0,56 g L⁻¹ e 1,12 g L⁻¹), estas afetaram o metabolismo de desenvolvimento e, conseqüentemente, as plantas apresentaram alturas menores. Aos 120 dias, as plantas atingiram alturas superiores (tratamento de 0,14 g L⁻¹ de Zn) atingindo cerca de 35 cm, em comparação com as avaliações anteriores (Figura 4.1), resultado este, já esperado, decorrência de estarem em seu auge de desenvolvimento.

Figura 4.1 – Alturas das plantas de begônia cultivadas em vasos, em função das doses de zinco (0, 14 g L⁻¹, 0,28 g L⁻¹, 0, 56 g L⁻¹ e 1,12 g L⁻¹) e dos intervalos de aplicação A) 30 dias; B) 60 dias; C) 90 dias e D) 120 dias.



Fonte: Elaboração própria, 2025.

Na Figura 4.1 (A) observa-se que, aos 30 dias, a diferença entre as alturas iniciais das plantas foi de apenas 0,78 cm, sendo a maior altura registrada na dose de 0,14 g L⁻¹ (8,0 cm) e a menor na dose 1,12 g L⁻¹ (7,22 cm). Já aos 120 dias, esse intervalo aumentou para 5,0 cm, com a maior altura novamente observada na dose de 0,14 g L⁻¹ (35 cm) e a menor na dose de 1,12 g L⁻¹ (30 cm), conforme apresentado na Figura 4.1 (D).

Dessa forma, constata-se que aos 120 dias de avaliação os efeitos das diferentes doses sobre a altura das plantas tornaram-se mais evidentes. Comportamento semelhante foi relatado por Chaves et al. (2010) para a cultura do pinhão-manso, em que, até cerca de 50 dias, a aplicação de Zn teve pouco impacto, mas após esse período, os efeitos negativos sobre a espécie se intensificaram.

Também foi observado, na cultura do trigo, que o momento de aplicação (fase vegetativa ou reprodutiva) alterou essa magnitude do efeito, sendo que, o Zn em excesso induziu deficiências secundárias de elementos como Ferro e Manganês, e culminou em danos na fotossíntese (Glińska et al., 2016). Apesar de se tratar de um mineral importante para uma ampla gama de processos bioquímicos e fisiológicos, o Zn é um micronutriente, e em altas concentrações, pode ocasionar

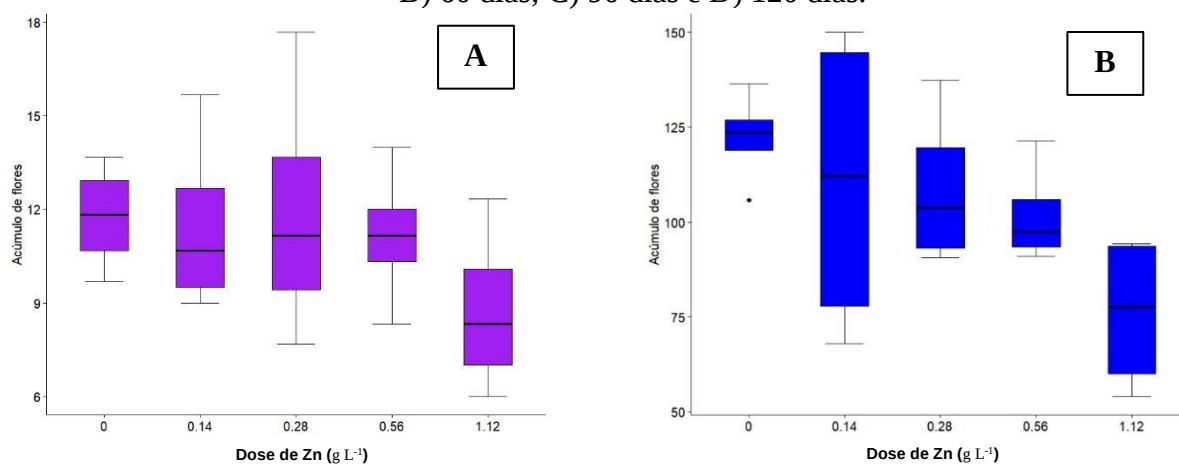
malefícios, podendo ocasionar uma toxidez (Li et al., 2020). Na begônia, embora as plantas tenham apresentado menor crescimento com o incremento das doses aplicadas de Zn, não foram observados sintomas de deficiências secundárias.

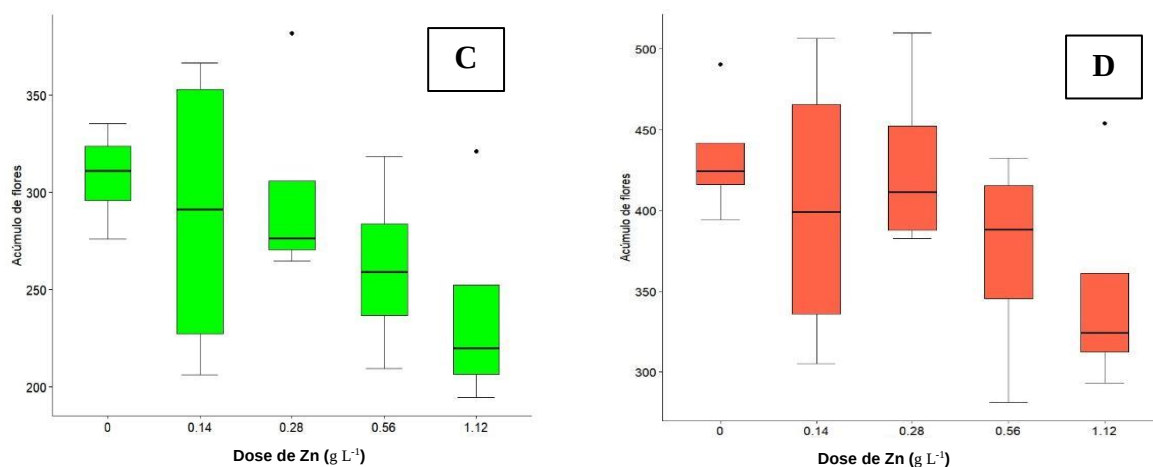
Em outros estudos, comportamento semelhante foi observado como em aveia-preta (Tiecher et al., 2016) trigo (Glińska et al., 2016), feijão (Menegatti et al., 2017) *Arabidopsis thaliana* (Wang; Moeen-ud-din; Yang, 2021) em que doses menores possibilitaram um maior crescimento das plantas, como observado também na dose mais baixa de Zn. O Zn em excesso regula negativamente o transporte e biossíntese de auxina, prejudicando alongamento radicular, e consequentemente o crescimento da parte aérea (altura das plantas), além de bloquear absorção de elementos como ferro, cobre e manganês, limitando assim a fotossíntese e o metabolismo vegetal, (Glińska et al., 2016; Saboor et al., 2021; Wang; Moeen-ud-din; Yang, 2021).

4.2. Produção de flores

A avaliação da produção realizada aos 30, 60, 90 e 120 dias, observou-se a variação do número total de flores em função das doses de Zn aplicadas, onde houve uma redução na quantidade de flores, conforme o aumento da dose do nutriente (Figura 4.2).

Figura 4.2 – Número total de flores *Begonia semperflorens* var. *Nightlife Pell Red* cultivadas em vasos em função das doses aplicadas de Zinco (g L^{-1}) durante o período de avaliação. A) 30 dias; B) 60 dias; C) 90 dias e D) 120 dias.





Fonte: Elaboração própria, 2025.

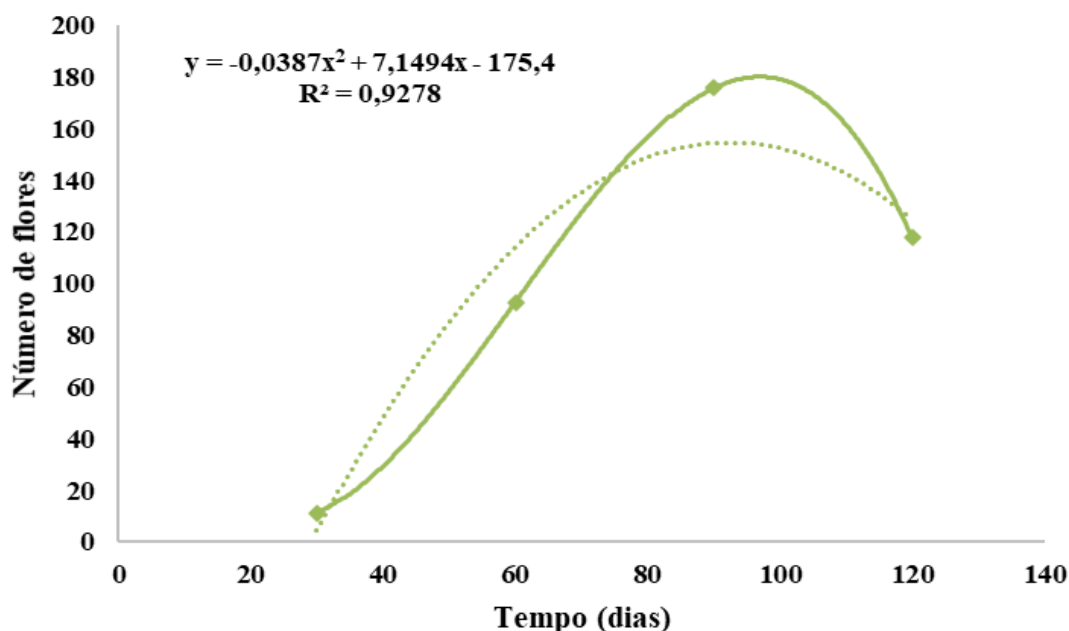
Aos 30 dias de avaliação, as quantidades de flores produzidas foram similares para todos os tratamentos que receberam diferentes doses de Zn não ocorrendo diferenças estatísticas. Após a segunda aplicação de Zn, aos 60 dias de avaliação, observou-se que a dose de 0,14 g L⁻¹ de Zn proporcionou maiores valores de número total de flores produzidas por planta.

Já os tratamentos com doses de 0,28 g L⁻¹ e 0,56 g L⁻¹ de Zn, apresentaram menor dispersão entre a quantidade de flores produzidas durante o período de avaliação. O tratamento com maior dose de Zn (1,12 g L⁻¹) proporcionou menor variação na quantidade de flores produzidas, durante todo o período de avaliação.

O número médio de flores produzidas teve influência apenas do tempo, uma vez que este indica o crescimento das plantas, ou seja, na medida em que desenvolvem novas brotações, estas apresentam mais flores. Mas dentro de cada período de avaliação, tem-se um padrão de comportamento, sendo as maiores produções observadas na dose 0,14 g L⁻¹ Zn e menores produções na dose de 1,12 g L⁻¹.

Embora não tenha sido observada interações entre as doses de Zn e os períodos das aplicações, estes, de forma isolada, apresentaram efeito significativo sobre a produção de número médio de flores (Figura 4.3).

Figura 4.3 – Número médio de produção de flores de *Begonia semperflorens* var. *Nightlife Pell Red* cultivadas em vasos em função do tempo (Dias).



Fonte: Elaboração própria, 2025.

Dentre os diferentes efeitos benéficos do Zn, estão o aumento de biomassa, estimulação no comprimento de raiz e caule, além de desempenhar um importante papel na biossíntese de auxina, o hormônio envolvido no crescimento das plantas (Navarro-León et al. 2016; Kaur and Garg 2021). Estes efeitos nos parâmetros de crescimento e desenvolvimento, podem resultar em maior produtividade. Porém, alguns fatores podem influenciar na eficiência da biofortificação com minerais Zn, ferro, e selênio, por exemplo, a espécie da planta, dose e forma de aplicação, características do solo e condições climáticas (Szerement et al., 2022).

Além desses aspectos, podem ocorrer a interação entre os minerais, o que possibilita a inibição do efeito de um elemento sobre o outro, uma hipótese que pode justificar o padrão de redução da resposta observado com o aumento da dose de Zn. Esses fatores estão ligados à Lei do Mínimo de Liebig, segundo a qual tanto a deficiência quanto o excesso de um nutriente podem interferir no crescimento e na reprodução das plantas (Rodriguez; Bullock; Boerngen, 2019).

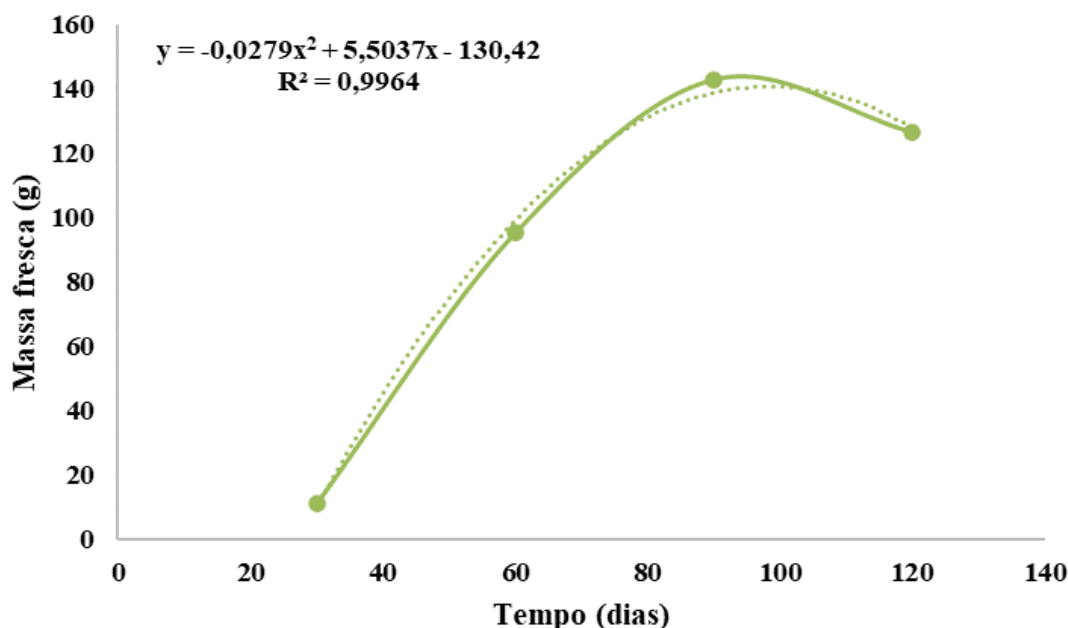
Os intervalos de aplicação devem ser considerados como um fator determinante para o planejamento do cultivo de espécie de *Begonia semperflorens* var. *Nightlife Pell Red*, pois há um período em que a produção de flores é mais eficiente (Figura 4.3). Após a primeira aplicação de diferentes doses de Zn, houve a coleta inicial das flores durante os 30 dias incipientes, apesar da

espécie se encontrar no seu período inicial de ciclo vegetativo, consequentemente, apresentando baixa emissão de flores.

A begônia apresenta um padrão de crescimento caracterizado pela ocorrência simultânea do desenvolvimento vegetativo, da expansão da parte aérea e da emissão de flores. Esse comportamento implica que o florescimento não ocorre em uma fase distinta do ciclo, mas acompanha o crescimento da planta desde o início. Em função dessa característica, as coletas de flores foram iniciadas precocemente e conduzidas de forma contínua ao longo de todo o desenvolvimento. A produção de flores é crescente até os 90 dias após o transplântio, atingindo o seu pico aos 100 dias, constatando uma produção de 175 flores por repetição e em seguida, é iniciado um declínio, indicando um ciclo natural da planta.

Conforme a Figura 4.3 o aumento da produção de flores no decorrer do período de avaliação (dias) impactou diretamente na massa fresca das flores (Figura 4.4) de begônia. Assim como a produção de flores, a massa fresca teve o mesmo comportamento, atingindo o seu pico máximo aos 90 dias. O que se pode inferir é que o aumento de peso das flores produzidas resultou-se do aumento da quantidade produzida, não havendo relação com, por exemplo, aumento do tamanho de flores, o qual não foi alterado.

Figura 4.4 – Massa fresca de flores de *Begonia semperflorens* var. *Nightlife Pell Red* cultivadas em vasos em função do tempo (Dias).

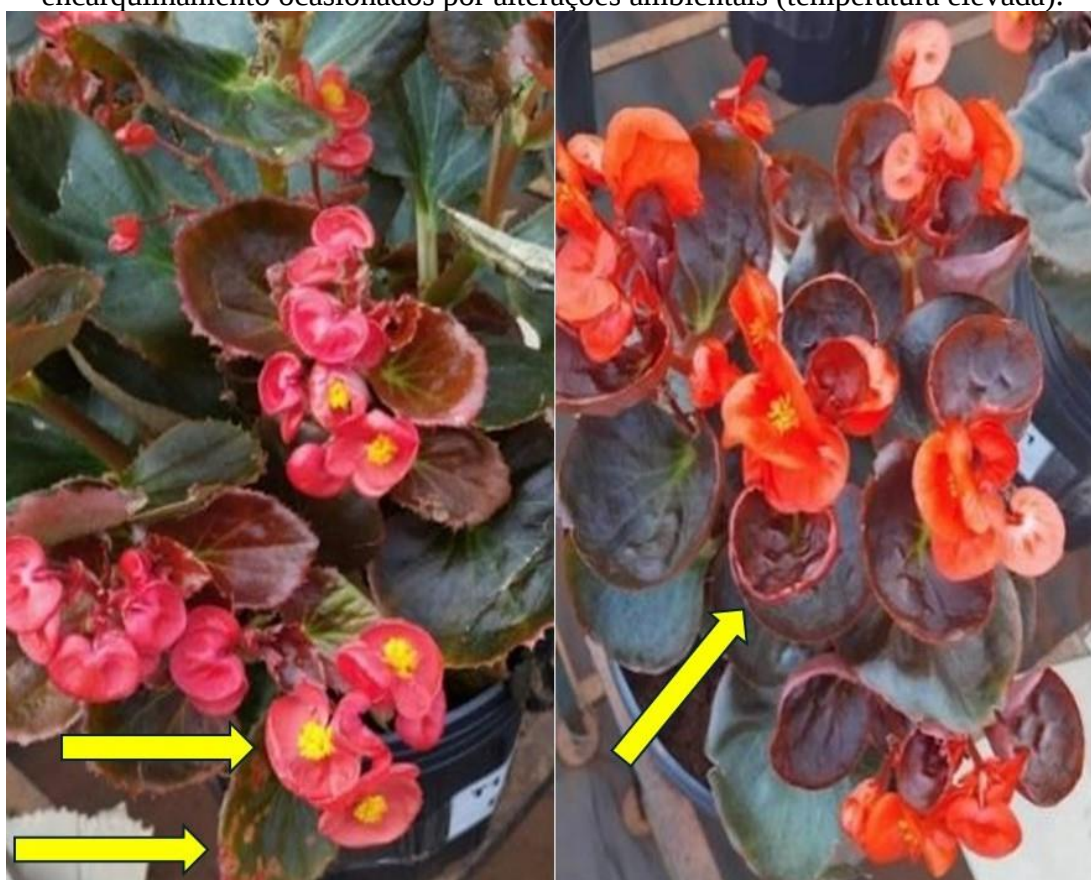


Fonte: Elaboração própria, 2025.

Como a comercialização é feita em embalagens contendo geralmente 10 flores ou mixadas com outras flores, no período em que ocorreu o pico de produção, tem-se a produção aproximada de 06 caixas por vaso.

A begônia é uma espécie muito vulnerável às temperaturas elevadas. Durante o período inicial da condução do experimento, temperaturas superiores à 30 °C ocorreram (INMET, 2025), causando alguns danos às folhas e flores, como encarquilhamento e necrose (Figura 4.5).

Figura 4.5 – Folhas e flores de *Begonia semperflorens* var. *Nightlife Pell Red* com necroses e encarquilhamento ocasionados por alterações ambientais (temperatura elevada).



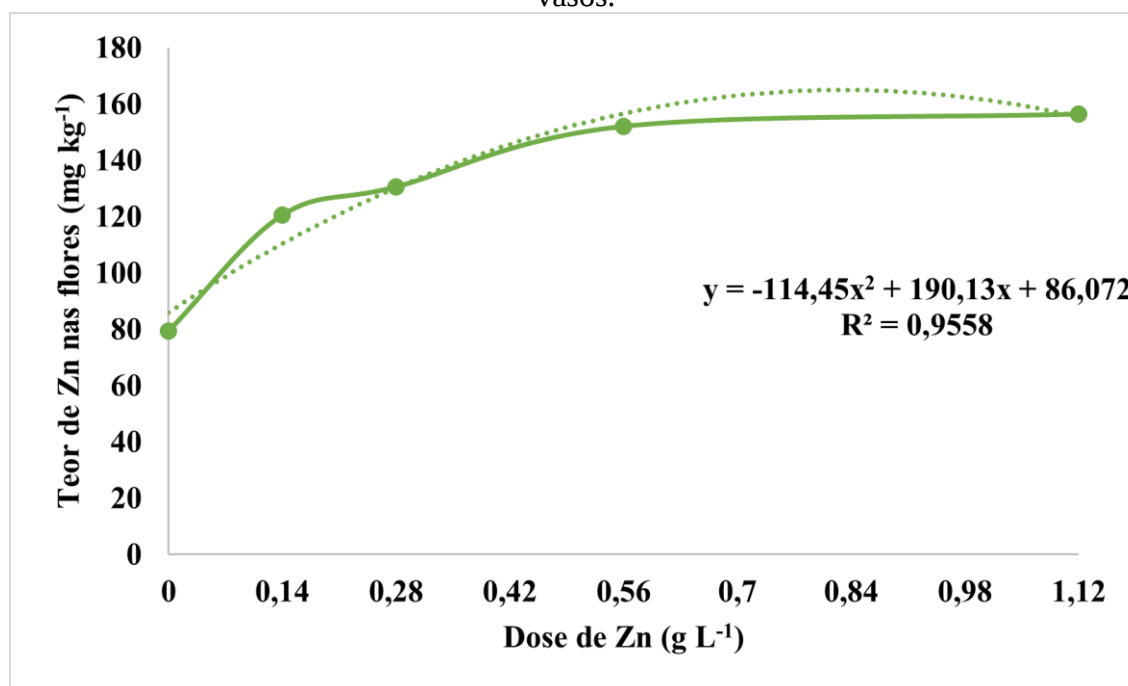
Fonte: Pesquisa em campo, 2025.

Aos 120 dias, foram observadas algumas plantas menos desenvolvidas e com folhas e flores encarquilhadas. Temperaturas elevadas ocasionam estresse na planta, levando ao declínio na produção, adiantamento de ciclo necrose foliar, perda da qualidade ornamental entre outros (Alloway, 2011; Mortensen, 2014; Davitkovska et al., 2022; Ginori et al., 2025).

4.3. Análises químicas

O resultado das análises químicas para avaliação dos teores de Zn acumulados nas flores de begônia, estão apresentados na (Figura 4.6).

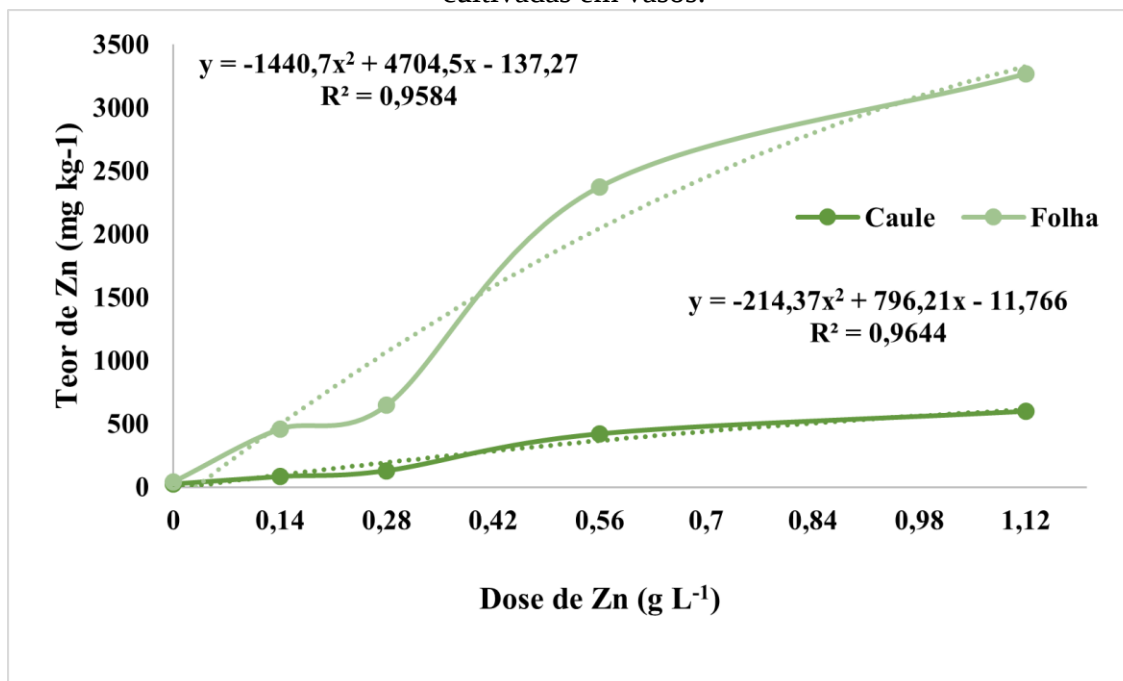
Figura 4.6 – Teor Zn nas flores de *Begonia semperflorens* var. *Nightlife Pell Red* em função das doses de zinco aplicadas (0, 14 g L⁻¹, 0,28 g L⁻¹, 0,56 g L⁻¹ e 1,12 g L⁻¹) nas plantas cultivadas em vasos.



Fonte: Elaboração própria, 2025.

O teor de Zn das amostras de flores (Figura 4.6) aumentou de acordo com as doses aplicadas, atingindo um pico por volta de 0,5 g L⁻¹, se mantendo estável para a dose maior, indicando possível saturação. Com base nisto, infere-se que a dose ótima de aplicação foi 0,5 g L⁻¹ de Zn para maximizar o teor de Zn nas flores, visto que, doses superiores o efeito é limitado. Já para a folha e caule (Figura 4.7) o ponto maior atingido encontrou-se na dose 1,12 g L⁻¹ de Zn.

Figura 4.7 – Teor Zn no caule e folha de *Begonia semperflorens* var. *Nightlife Pell Red* em função das doses de zinco aplicadas (0, 14 g L⁻¹, 0,28 g L⁻¹, 0,56 g L⁻¹ e 1,12 g L⁻¹) nas plantas cultivadas em vasos.



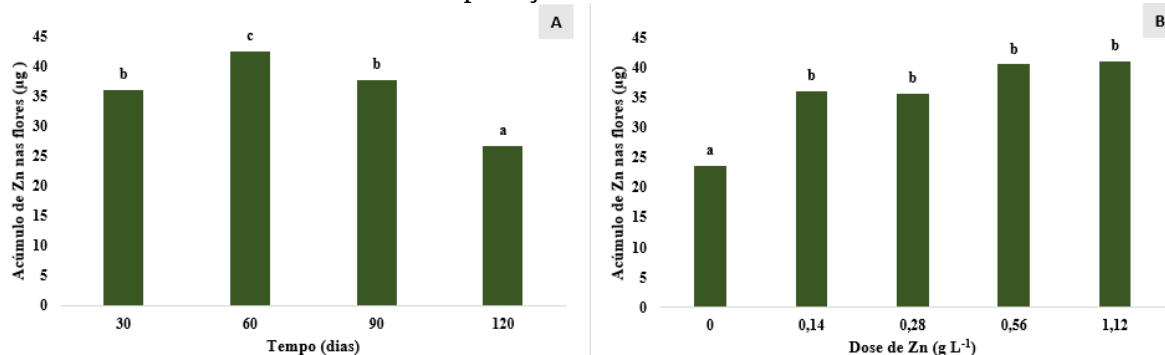
Fonte: Elaboração própria, 2025.

Mas, comparando-se com o controle, sem aplicação de Zn, pode-se assim confirmar a biofortificação das flores de begônia, já que, conforme Figueiredo et al. (2022) o processo de biofortificação consiste em aumentar os teores de nutriente na planta.

É importante ressaltar também que pode ocorrer no processo de absorção de nutrientes antagonismo, sinergismo ou inibição de outros nutrientes, como relatado por Almeida et al. (2022) ao fazer uso de soluções nutritivas a ausência de algum mineral afetou outro, como exemplo, na ausência de enxofre, o teor de Zn nas inflorescências de copo de leite foi menor, podendo ter ocorrido uma limitação ou esgotamento de algum mineral.

Analisando o acúmulo de Zn nas flores ao longo do tempo, observa-se que a aplicação de mais doses não proporciona um efeito crescente, ocorrendo maior acúmulo aos 60 dias (Figura 4.8).

Figura 4.8 – Acúmulo Zn/flor de begônia cultivada em vasos em função dos períodos de aplicação e das doses.



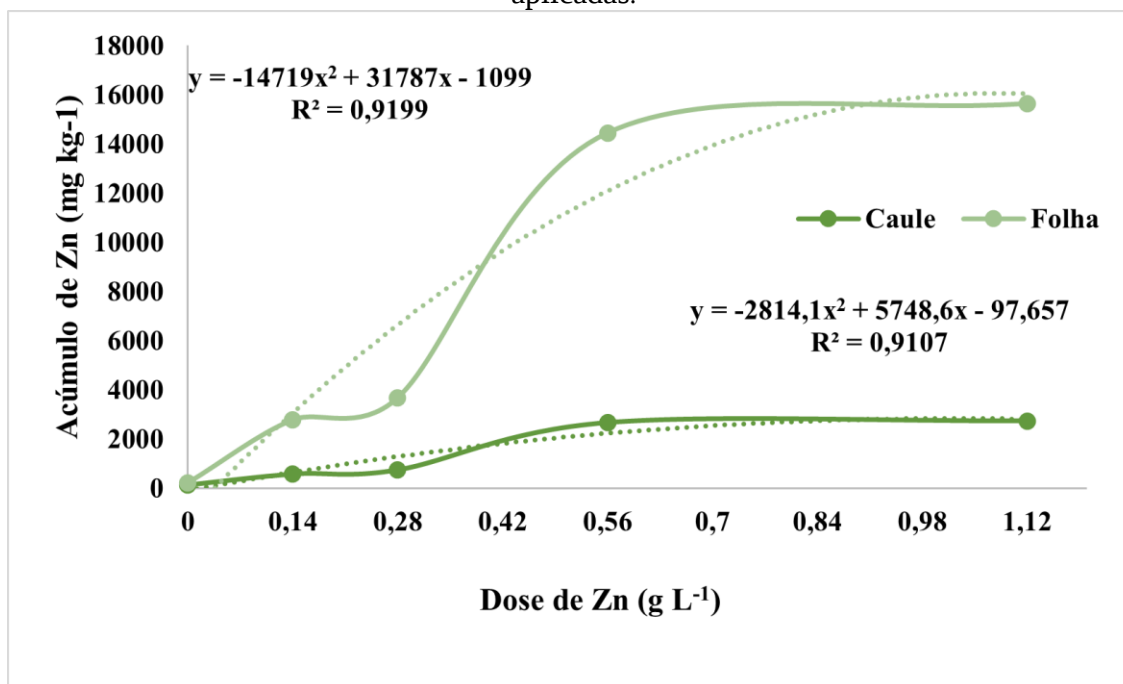
Observação: Médias seguidas por mesma letra dentro da coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração própria, 2025.

O fato de não ocorrer acúmulo com o tempo, pode ser devido a uma redistribuição interna, diluição dos nutrientes com o crescimento ou a retirada deste nutriente pela colheita das flores. A ocorrência de realocação ou diluição do Zn acumulado já foi reportado no trigo em diferentes estágios de crescimento, com variações deste nutriente nas diferentes partes da planta durante o desenvolvimento (Firdous et al., 2020).

Em avaliação da biofortificação agrônômica com Zn nas plantas alimentícias não convencionais *Lactuca cf. canadensis* L., *Pereskia aculeata*, *Rumex acetosa*, *Stachys byzantina* e *Tropaeolum majus*, houve diferentes respostas das espécies avaliadas, quanto as doses utilizadas (0; 2 e 10 kg/ha⁻¹), com destaque para a *R. acetosa* onde a maior dose proporcionou concentrações foliares de Zn maior (Costa et al., 2024). Observando a Figura 4.9, nota-se que em begônias o acúmulo é maior nas folhas.

Figura 4.9 – Acúmulo Zn no caule e folha de begônia cultivada em vasos em função das doses aplicadas.



Fonte: Elaboração própria, 2025

À medida que a dose aumenta, parte significativa do Zn é redirecionada e acumulada nas folhas, que funcionam como compartimento de armazenamento seguro. Esta capacidade tampão das folhas limita o fluxo excessivo para órgãos mais sensíveis (como flores), prevenindo danos (Cardini et al., 2021). Esse comportamento pode ser explicado pelos mecanismos de redistribuição de Zn na planta, atuando nas folhas como compartimentos tamponantes, acumulando Zn em vacúolos e limitando sua redistribuição para órgãos mais sensíveis, como flores e tecidos meristemáticos (Broadley et al., 2007).

De maneira geral, grande parte das plantas requerem concentrações de Zn foliar superiores a 15-30 mg.kg⁻¹ de massa seca para manter funções vitais e metabólicas. Entretanto, em espécies não hiperacumuladoras, concentrações de Zn foliar acima de 100-700 mg.kg⁻¹ de massa seca são consideradas tóxicas, causando diversos efeitos negativos, principalmente uma redução no crescimento e supressão da produção (Costa et al., 2024).

Houve um padrão claro diferencial de acúmulo de Zn nos diferentes órgãos da planta, sendo um comportamento esperado (Ricachenevsky et al., 2021). Com tudo, observou-se que as flores apresentaram um acúmulo entre os tratamentos, mas não se diferenciou entre as doses testadas.

O fracionamento das doses e o monitoramento constante da concentração foliar de Zn é recomendado para minimizar os riscos de fitotoxicidade e garantir eficiência agrônômica (Fernández; Eichert, 2009). Com isso, pode-se promover aumentos significativos (Cakmak et al., 2010; Haslett, 2001).

5. CONCLUSÕES

As doses de zinco aplicadas assim como o intervalo de aplicação influenciaram o crescimento e desenvolvimento da begônia. A aplicação de Zn aos 30 dias proporcionou maior altura. Entretanto, recomenda-se aplicação de doses mais espaçadas para evitar possíveis efeitos na redução de produção de flores.

A aplicação de Zn demonstrou eficácia para biofortificação das flores, mostrando que ambas as doses usadas promoveram maiores acúmulos de Zn, entretanto, é recomendável doses mais baixas.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente dissertação teve como caráter uma pesquisa inovadora na área de flores comestíveis, buscando fonte alternativa de biofortificação com Zn, um nutriente essencial as plantas e a saúde humana. Dentro da área, esta pesquisa de flores comestíveis usando a begônia com biofortificação com Zn é pioneira até o momento.

Nesta área das hortícolas, com flores comestíveis há escassez de pesquisas com biofortificação. Contudo, vem sendo desenvolvidas algumas pesquisas com o uso do cultivo begônia em *Trichoderma* spp. atingindo resultados promissores, promovendo o aumento no número de brotações e de flores, além das concentrações dos micronutrientes como Zn, ferro e boro (Andrzejak et al., 2021). Com o uso de fungo micorrízico arbuscular, em *Begonia semperflorens* onde promoveu aumento de altura das plantas, e da produção de flores por planta (Sabatino et al., 2019), e na pós-colheita destacando o uso de embalagens com atmosfera modificada, mostrando ser uma alternativa viável para melhor durabilidade das flores (Falla et al., 2024).

Diante disso, os resultados encontrados nesta pesquisa são promissores, além da possibilidade de novas pesquisas, trabalhando consorciado com pesquisas já realizadas buscando maior qualidade produtiva e nutricional de flores comestíveis.

7. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E. F. A. *et al.* Development and nutritional status of calla lily submitted to nutrient deficiency. **Ornamental Horticulture**, v. 28, n. 2, p. 256–265, abr. 2022. <https://doi.org/10.1590/2447-536X.v28i2.2476>.
- ALLOWAY, B. J.. **Zinco no solo e nutrição das culturas**. Bruxelas: Associação Internacional do Zinco, 2011. 257 p
- ALVES, L. C.; BIONDO, E.; SANT'ANNA, V. Sustentabilidade e flores comestíveis no Brasil: aspectos nutricionais, gastronômicos e toxidez. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 19, n. 56, 9 maio 2023. DOI: 10.3895/rts.v19n56.14667.
- ANDRZEJAK, R. *et al.* Effect of Trichoderma spp. and Fertilization on the Flowering of Begonia × tuberhybrida Voss. 'Picotee Sunburst'. **Agronomy**, v. 11, n. 7, p. 1278, 24 jun. 2021. DOI: 10.3390/agronomy11071278.
- ARAÚJO, N. A. F. Flores comestíveis: Mercado crescente no Brasil. **Revista Campo & Negócios Online**. Uberlândia, 2020. Disponível em: <https://revistacampoenegocios.com.br/flores-comestiveis-mercado-crescente-no-brasil>. Acesso em: 18 out. 2024.
- BENVENUTI, S.; MAZZONCINI, M. The Biodiversity of Edible Flowers: Discovering New Tastes and New Health Benefits. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, 22 fev. 2021. DOI: 10.3389/fpls.2020.569499.
- BOLDRIN, P. F. *et al.* Selenato e selenito na produção e biofortificação agronômica com selênio em arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 6, p. 831–837, jun. 2012. DOI: 10.1590/S0100-204X2012000600014.
- BOUIS, H. E.; SALTZMAN, A.. Improving nutrition through biofortification: A review of evidence from HarvestPlus, 2003 through 2016. **Global Food Security**, v. 12, p. 49–58, mar. 2017. DOI: 10.1016/j.gfs.2017.01.009.
- BROADLEY, M. R. *et al.* Zinc in plants. **New Phytologist**, v. 173, n. 4, p. 677–702, 7 mar. 2007. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2007.01996.x.
- CAKMAK, I. *et al.* Biofortification and Localization of Zinc in Wheat Grain. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, n. 16, p. 9092–9102, 25 ago. 2010. DOI: 10.1021/jf101197h.
- CAMPOS, M. P. *et al.* Available soil water upper limit by modeling and direct determination in a greenhouse. **Scientia Agraria Paranaensis**, p. 357, 15 dez. 2019. DOI: 10.18188/sap.v18i4.22643.
- CARDINI, A. *et al.* Transcriptional Regulation of Genes Involved in Zinc Uptake, Sequestration and Redistribution Following Foliar Zinc Application to Medicago sativa. **Plants**, v. 10, n. 3, p. 476, 3 mar. 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants10030476>.
- CASAROLI, D.; LIER, Q. J. V. Critérios para determinação da capacidade de vaso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 1, p. 59–66, fev. 2008. DOI: 10.1590/S0100-06832008000100007.
- CHAVES, L. H. G. *et al.* Crescimento, distribuição e acúmulo de cobre e zinco em plantas de pinhão-mansão. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 2, p. 167–176, jun. 2010. DOI: 10.1590/S1806-66902010000200001.
- CHENSOM, S.; OKUMURA, H.; MISHIMA, T. Primary Screening of Antioxidant Activity, Total Polyphenol Content, Carotenoid Content, and Nutritional Composition of 13 Edible Flowers from Japan. **Preventive Nutrition and Food Science**, v. 24, n. 2, p. 171–178, 30 jun. 2019. DOI: 10.3746/pnf.2019.24.2.171.
- CIPRIANO, P. E. *et al.* Macronutrients content of radishes and the influence of biofortification with selenium. **Scientia Horticulturae**, v. 296, p. 110908, abr. 2022. DOI: 10.1016/j.scienta.2022.110908.

COSTA, A. S. *et al.* Agronomic Biofortification of Unconventional Food Plants with Zinc. **ACS Omega**, 25 nov. 2024. DOI: 10.1021/acsomega.4c06538.

COSTA, P. A. *et al.* Nutritional and functional compounds in dahlia flowers and roots. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 25, 2022. DOI: 10.1590/1981-6723.02922.

DAVITKOVSKA, M. *et al.* The Effect of Diverse Fertilizers on the Quality of *Begonia Semperflores Link. Et Otto. Journal of Agricultural, Food and Environmental Sciences, v. 76, n. 3, p. 60–67, 2022. DOI: 10.55302/JAFES22763060d.*

DELAQUA, D. *et al.* Increase of selenium concentration in wheat grains through foliar application of sodium selenate. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 99, p. 103886, jun. 2021. DOI: 10.1016/j.jfca.2021.103886.

DELFINI, C.; SOUZA, V. C.. Flora Fanerogâmica do Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, Minas Gerais, Brasil: Begoniaceae. **Rodriguésia**, v. 67, n. 4, p. 893–903, dez. 2016. DOI: 10.1590/2175-7860201667404.

DEMASI, S. *et al.* Postharvest aptitude of *Begonia semperflorens* and *Viola cornuta* edible flowers. **Advances in Horticultural Science**. v. 34, p. 13–20, 2020. DOI: <https://doi.org/10.13128/ahsc-7444>.

_____. Exploring wild edible flowers as a source of bioactive compounds: New perspectives in horticulture. **Folia Horticulturae**, v. 33, n. 1, p. 27–48, 1 jun. 2021. DOI: 10.2478/fhort-2021-0004.

DIAS, L. O. F. *et al.* Biofortificação agronômica com zinco: respostas biométricas e fitoquímicas de microverdes de beterraba, repolho roxo e manjerição. **Delos: Desarrollo Local Sostenible**, v. 16, n. 47, p. 2719–2737, 28 set. 2023. DOI: 10.55905/rdelosv16.n47-012.

EBERT, E. F. *et al.* Capuchinha (*tropaeolum majus*) compostos bioativos e sua funcionalidade no organismo. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 16, p. e05101622623, 4 dez. 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i16.22623.

FALLA, Nicole Mélanie *et al.* Environmental Impact of Edible Flower Production: A Case Study. **Agronomy**, v. 10, n. 4, p. 579, 17 abr. 2020. DOI: 10.3390/agronomy10040579.

_____. Active Modified Atmosphere Packaging Helps Preserve Quality of Edible Flowers. **Agronomy**, v. 14, n. 10, p. 2409, 17 out. 2024. DOI: 10.3390/agronomy14102409.

FERNANDES, L. *et al.* An Overview on the Market of Edible Flowers. **Food Reviews International**, v. 36, n. 3, p. 258–275, 2 abr. 2020. DOI: 10.1080/87559129.2019.1639727.

FERNÁNDEZ, V.; EICHERT, T. Uptake of Hydrophilic Solutes Through Plant Leaves: Current State of Knowledge and Perspectives of Foliar Fertilization. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 28, n. 1–2, p. 36–68, 19 mar. 2009. DOI: 10.1080/07352680902743069.

FIGUEIREDO, M. N. de *et al.* Agronomic biofortification with iodine in lettuce plants cultivated in floating hydroponic system. **Revista Ceres**, v. 69, n. 2, p. 210–217, abr. 2022. DOI: 10.1590/0034-737x202269020012.

FIRDOUS, S. *et al.* Zinc Allocation and its re-translocation in wheat at different growth stages. **Plant Archives**, v. 20, p. 8653–8659, jan. 2020. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/347436651>. Acesso em 06 jul. 2025.

FRIEDMAN, H. *et al.* Edible flowers: new crops with potential health benefits. **Acta Horticulturae**, n. 755, p. 283–290, dez. 2007. DOI: 10.17660/ActaHortic.2007.755.36.

GINORI, J. *et al.* Investigating Morphological and Physiological Responses to Stress in *Begonia semperflorens*. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 26, n. 8, p. 3514, 9 abr. 2025. DOI: 10.3390/ijms26083514.

GLIŃSKA, S. *et al.* Analysis of *Triticum aestivum* seedling response to the excess of zinc. **Protoplasma**, v. 253, n. 2, p. 367–377, 24 mar. 2016. DOI: 10.1007/s00709-015-0816-3.

GRACIANO, P. D. *et al.* Agronomic biofortification with zinc in curly lettuce cultivars. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal of Agricultural Sciences**, v. 15, n. 4, p. 1–9, 27 out. 2020. DOI: DOI:10.5039/agraria.v15i4a8456.

GUINÉ, R. P. F. *et al.* Flores comestíveis como fonte de compostos bioativos com atividade antioxidante. **Repositório Científico do Instituto Politécnico de Viseu**, 2022. DOI: <http://hdl.handle.net/10400.19/7195>.

HASLETT, B. Zinc Mobility in Wheat: Uptake and Distribution of Zinc Applied to Leaves or Roots. **Annals of Botany**, v. 87, n. 3, p. 379–386, mar. 2001. DOI: 10.1006/anbo.2000.1349.

HIRUTANI, S. *et al.* Efficient plant regeneration and Agrobacterium-mediated transformation of *Begonia semperflorens-cultorum*. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)**, v. 142, n. 2, p. 435–440, 9 ago. 2020. DOI: 10.1007/s11240-020-01858-7.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA DO BRASIL – INMET. **Tabela de Dados das Estações**. Disponível em: <https://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/83687>. Acesso em: 23 jun. 2025.

KACHINSKI, W. D. *et al.* Teores de zinco e ferro em grãos de cultivares de trigo sob pulverização foliar de zinco. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 6, p. e96963482, 19 abr. 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i6.3482.

KACHINSKI, W. D.; VIDIGAL, J. C. B.; ÁVILA, F. W.. Zinco no solo, na planta e a saúde humana: uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, p. e827973544, 16 jun. 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i7.3544.

KAUR, H.; GARG, N.. Zinc toxicity in plants: a review. **Planta**, v. 253, n. 6, p. 129, 27 jun. 2021. DOI: 10.1007/s00425-021-03642-z.

KWON, J. H. *et al.* Pharmacological activity and quantitative analysis of flavonoids isolated from the flowers of *Begonia semperflorens* Link et Otto. **Applied Biological Chemistry**, v. 62, n. 1, p. 11, 5 dez. 2019. DOI: 10.1186/s13765-019-0416-6.

LARA, C. F. *et al.* Selenium biofortification of *Tropaeolum majus* L. **Bragantia**, v. 84, 2025. DOI: 10.1590/1678-4499.20240256.

LI, G. *et al.* Excess Zn-induced changes in physiological parameters and expression levels of TaZips in two wheat genotypes. **Environmental and Experimental Botany**, v. 177, p. 104133, set. 2020. DOI: 10.1016/j.envexpbot.2020.104133.

Li, Y. *et al.* Selection of suitable reference genes for qRT-PCR analysis of *Begonia semperflorens* under stress conditions. **Molecular Biology Reports**, v. 46, n. 6, p. 6027–6037, 30 dez. 2019. DOI: 10.1007/s11033-019-05038-5.

LIMA, F. S. *et al.* Biofortificação de alimentos métodos de campo utilizados no enriquecimento de partes comestíveis de vegetais com zinco e o enfrentamento da desnutrição humana. In: **Agricultura e Agroindústria no contexto do desenvolvimento rural sustentável**. [S.l.]: Editora Científica Digital, 2021. p. 82–94. DOI: 10.37885/210805916.

MARCHIONI, I. *et al.* Postharvest Treatments on Sensorial and Biochemical Characteristics of *Begonia cucullata* Willd Edible Flowers. **Foods**, v. 11, n. 10, p. 1481, 19 maio 2022. DOI: 10.3390/foods11101481.

MENEGATTI, R. D. *et al.* Diferentes concentrações de zinco no desenvolvimento de plantas de *Phaseolus vulgaris* L. **Evidência - Ciência e Biotecnologia**, v. 17, n. 1, p. 23–32, 26 jul. 2017. DOI: 10.18593/eba.v17i1.12923.

MOREIRA, M. C. D. *et al.* Pétalas de rosa vermelha para uso na alimentação humana. **Alimentos: Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente**, v. 01, 17 jul. 2020. Disponível em: <https://revistascientificas.ifrj.edu.br/index.php/alimentos/article/view/1625>. Acesso em 20 out. 2024.

MORTENSEN, L. M. The Effect of Photosynthetic Active Radiation and Temperature on Growth and Flowering of Ten Flowering Pot Plant Species. **American Journal of Plant Sciences**, v. 05, n. 13, p. 1907–1917, 2014. DOI: 10.4236/ajps.2014.513204.

NATIONAL INSTITUTES OF HEALTH. **Zinco, Ficha informativa para profissionais de saúde**. 2022. Disponível em: <https://ods.od.nih.gov/factsheets/Zinc-HealthProfessional>. Acesso em: 17 jul. 2024.

NAVARRO-LEÓN, E. *et al.* Comparative study of Zn deficiency in *L. sativa* and *B. oleracea* plants: NH₄⁺ assimilation and nitrogen derived protective compounds. **Plant Science**, v. 248, p. 8–16, jul. 2016. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2016.04.002>.

NUTTI, M. R. **Fortificação**. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/pt/web/portal/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/tecnologia-de-alimentos/qualidade/nutricional/fortificacao>. Acesso em: 25 jul. 2024.

OFORI, K. F. *et al.* Improving nutrition through biofortification—A systematic review. **Frontiers in Nutrition**, v. 9, 9 dez. 2022. DOI: 10.3389/fnut.2022.1043655.

OLIVEIRA, V. C. *et al.* Agronomic biofortification of carrot with selenium. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 42, n. 2, p. 138–147, mar. 2018. DOI: 10.1590/1413-70542018422031217.

PASSARELLI, S. *et al.* Global estimation of dietary micronutrient inadequacies: a modelling analysis. **The Lancet Global Health**, v. 12, n. 10, p. e1590–e1599, out. 2024. DOI: 10.1016/S2214-109X(24)00276-6.

PÉREZ, M. B. *et al.* Selenium biofortification on garlic growth and other nutrients accumulation. **Horticultura Brasileira**, v. 37, n. 3, p. 294–301, jul. 2019. DOI: 10.1590/s0102-053620190307.

PIRES, T. C. S. P. *et al.* Desenvolvimento de novos produtos alimentares com corantes naturais obtidos a partir de flores comestíveis. **Biblioteca Digital do Instituto Politécnico de Bragança**, n. 978-989-98936-9-6, p. 208–211, 2018. DOI: <http://hdl.handle.net/10198/18165>.

PONCE, M. *et al.* EMERGÊNCIA EM AMOR-PERFEITO SOB EFEITO DE AGENTE MUTAGÊNICO. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 10, n. 2, 3 mar. 2020. Disponível em: <https://periodicos.unipampa.edu.br/index.php/SIEPE/article/view/100085>. Acesso em: 10 out. 2024.

POSSAMAI, A. C. S. *et al.* Biofortificação agrônômica em variedades de arroz do Pantanal mato-grossense. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 13, n. 3, p. 36–46, 2 jul. 2022. DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2022.003.0003.

PUROHIT, S. R. *et al.* A review on nutritional, bioactive, toxicological properties and preservation of edible flowers. **Future Foods**, v. 4, p. 100078, dez. 2021. DOI: 10.1016/j.fufo.2021.100078.

RICACHENEVSKY, F. K. *et al.* Arabidopsis thaliana zinc accumulation in leaf trichomes is correlated with zinc concentration in leaves. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, p. 5278, 5 mar. 2021. DOI:10.1038/s41598-021-84508-y.

RODRIGUEZ, D. G. P.; BULLOCK, D. S.; BOERNGEN, M. A. The Origins, Implications, and Consequences of Yield-Based Nitrogen Fertilizer Management. **Agronomy Journal**, v. 111, n. 2, p. 725–735, mar. 2019. DOI: 10.2134/agronj2018.07.0479.

SABATINO, L. *et al.* Arbuscular mycorrhizal inoculation and shading enhance crop performance and quality of greenhouse Begonia semperflorens. **Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus**, v. 18, n. 3, p. 17–33, 17 jun. 2019. DOI: 10.24326/asphc.2019.3.2.

- SABOOR, A. *et al.* Zinc nutrition and arbuscular mycorrhizal symbiosis effects on maize (*Zea mays* L.) growth and productivity. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 28, n. 11, p. 6339–6351, nov. 2021. DOI: 10.1016/j.sjbs.2021.06.096.
- SANTIAGO, F. E. M. *et al.* Influence of sulfur on selenium absorption in strawberry. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 40, n. 1, p. 35780, 15 maio 2018. DOI: 10.4025/actasciagron.v40i1.35780.
- SANTOS, I. C.; REIS, S. N. Edible flowers: traditional and current use. **Ornamental Horticulture**, v. 27, n. 4, p. 438–445, dez. 2021. DOI: 10.1590/2447-536x.v27i4.2392.
- SANTOS, H. G. *et al.* **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 531 p. ISBN 978-85-7035-817-2. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1094003>. Acesso em 10 jul 2024.
- SILVA, J. A. *et al.* Growth, yield and nutrients of sweet cassava fertilized with zinc. **Ciência Rural**, v. 53, n. 9, 2023. DOI: 10.1590/0103-8478cr20220064.
- SOOD, Y. *et al.* Edible Flowers: Super Foods with Potential Health Benefits. **International Journal of Plant & Soil Science**, v. 36, n. 3, p. 213–221, 9 fev. 2024. DOI: 10.9734/ijpss/2024/v36i34417.
- SOUSA, Á. P. de *et al.* Fontes de zinco no enriquecimento e na produtividade de cultivares de alface. **Comunicata Scientiae**, v. 14, 21 ago. 2023. DOI: 10.14295/cs.v14.4097.
- SOUZA, B. C. O. Q. *et al.* Agronomic biofortification of waterleaf (*Talinum triangulare*) with zinc applied via root. **Rodriguésia**, v. 75, 2024. DOI: 10.1590/2175-7860202475024.
- SZEREMENT, J. *et al.* Agronomic Biofortification with Se, Zn, and Fe: An Effective Strategy to Enhance Crop Nutritional Quality and Stress Defense—A Review. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 22, n. 1, p. 1129–1159, 3 mar. 2022. DOI: 10.1007/s42729-021-00719-2.
- TIECHER, T. L. *et al.* Physiological and nutritional status of black oat (*Avena strigosa* Schreb.) grown in soil with interaction of high doses of copper and zinc. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 106, p. 253–263, set. 2016. DOI: 10.1016/j.plaphy.2016.05.015.
- VELASCO MARTÍNEZ, F. *et al.* Cultivo in vitro de pétalos de cuatro variedades de Begonia elatior. **Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas**, v. 9, n. 6, p. 1208–1216, 24 set. 2018. DOI: 10.29312/remexca.v9i6.1585.
- WANG, J.; MOEEN-UD-DIN, M.; YANG, S.. Dose-dependent responses of *Arabidopsis thaliana* to zinc are mediated by auxin homeostasis and transport. **Environmental and Experimental Botany**, v. 189, p. 104554, set. 2021. DOI: 10.1016/j.envexpbot.2021.104554.
- WHITE, P. *et al.* Limits to the Biofortification of Leafy Brassicas with Zinc. **Agriculture**, v. 8, n. 3, p. 32, 27 fev. 2018. DOI: 10.3390/agriculture8030032. DOI: 10.3390/agriculture8030032.
- YAMAMOTO, Y.; KONO, M.. Physiological Functions of 70% Ethanol Extracts of 6 Edible Flowers in Vitro: A Comparative Study. **Food and Nutrition Sciences**, v. 09, n. 04, p. 314–324, 2018. DOI: 10.4236/fns.2018.94024.
- ZHANG, Q. *et al.* Ethnobotanical study on edible flowers in Xishuangbanna, China. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, v. 19, n. 1, p. 43, 30 set. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13002-023-00608-1>.