



ALINE DA SILVA COSTA

**CARACTERES AGRONÔMICOS E NUTRICIONAIS DE
HORTALIÇAS NÃO CONVENCIONAIS EM FUNÇÃO DA
APLICAÇÃO DE ZINCO**

**LAVRAS – MG
2021**

ALINE DA SILVA COSTA

**CARACTERES AGRONÔMICOS E NUTRICIONAIS DE HORTALIÇAS NÃO
CONVENCIONAIS EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE ZINCO**

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 a obtenção do título de Mestre.

Profa. Dra. Luciane Vilela Resende
Orientadora

Dr. Douglas Correa de Sousa
Coorientador

**LAVRAS – MG
2021**

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

Costa, Aline da Silva.

Caracteres agronômicos e nutricionais de hortaliças não convencionais em função da aplicação de zinco / Aline da Silva Costa. - 2021.

66 p. : il.

Orientador(a): Luciane Vilela Resende.

Coorientador(a): Douglas Correa de Sousa.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2021.

Bibliografia.

1. Hortaliças não convencionais. 2. Biofortificação. 3. Zinco.
I. Resende, Luciane Vilela. II. Sousa, Douglas Correa de. III.
Título.

ALINE DA SILVA COSTA

**CARACTERES AGRONÔMICOS E NUTRICIONAIS DE HORTALIÇAS NÃO
CONVENCIONAIS EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE ZINCO**

**AGRONOMIC AND NUTRITIONAL CHARACTERISTICS OF
UNCONVENTIONAL VEGETABLES AS A FUNCTION OF THE ZINC
APPLICATION**

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 a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 16 de setembro de 2021.

Dra. Maria Lígia de Souza Silva UFLA

Dr. Douglas Correa de Souza HORTEC

Dr. Paulo César Ossani UEM

Profa. Dra. Luciane Vilela Resende
Orientadora

Dr. Douglas Correa de Sousa
Coorientador

**LAVRAS – MG
2021**

AGRADECIMENTOS

Primeiro ao meu companheiro de vida, Mateus, que torna todo e qualquer sonho possível ao sonhá-los comigo. Obrigada por tanto suporte, ajuda e amor. À minha mãe, por infinito amor e sacrifício. À minha sobrinha, por ser meu momento de refúgio. A todos os meus familiares, principalmente aos meus irmãos e primos, por tanta confiança e suporte.

Agradeço à Dra. Luciane Vilela Resende, pela paciência, orientação, amizade, dedicação, e por seus ensinamentos tão carinhosos e cuidadosos, dos quais jamais esquecerei. Ao Dr. Douglas Correa, pela coorientação, paciência e suporte, e por ser uma das pessoas mais justas cientificamente que conheci. Ao Dr. Wilson Magela Gonçalves, por tanta confiança e oportunidades.

Aos meus amigos de vida, Bruna, Alison, Jeremias e Douglas, que me ajudaram em toda essa caminhada. Aos meus amigos de UFLA, Joyce, Alex e Emily, obrigada por tanto apoio. Ao Núcleo de Estudos de Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças, por tanto carinho, companheirismo e aprendizagem.

Aos professores e funcionários do Departamento de Agricultura, pelos ensinamentos transmitidos, e aos técnicos do setor de olericultura, por tanto apoio e boa vontade em ajudar.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo financiamento do projeto de pesquisa.

E, por último, e mais importante, a Deus por essa oportunidade, e por preparar os melhores caminhos, assegurando que tudo dê certo.

Muito obrigada!

RESUMO

Cerca de 1,1 bilhão de pessoas ao redor do mundo sofrem por deficiência de zinco. Programas que visem o aumento desse nutriente em alimentos são de extrema importância, buscando melhorar a saúde da população. Sendo assim, objetivou-se com este trabalho, avaliar resposta de diferentes espécies de hortaliças folhosas não convencionais quanto às formas de aplicação e quantidade de zinco, buscando analisar a relação com a qualidade nutricional das folhas e aspectos agrônômicos. O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado (DIC) com quatro repetições, em esquema fatorial 5 x 3 x 2, sendo avaliadas cinco espécies folhosas de hortaliças não convencionais (capuchinha [*T. majus*], azedinha [*R. acetosa*], peixinho [*S. byzantina*], almeirão-de-árvore [*Lactuca cf canadensis L.*] e ora-pró-nobis [*Pereskia aculeata*]); três doses de zinco (0 kg ha⁻¹, 2 kg ha⁻¹ e 10 kg ha⁻¹); e duas formas de aplicação (via solo e foliar). Foram avaliados: índice relativo de clorofila (SPAD), massa fresca, massa seca, número de folhas, ângulo Hue, o teor de zinco e outros nutrientes. As espécies responderam de maneira diferente em função dos fatores estudados. A dose de 10 Kg ha⁻¹ tanto via foliar, quanto via solo, relacionou positivamente com a maioria das características avaliadas. As doses de zinco aumentaram o teor desse nutriente nas espécies estudadas, principalmente com aplicação foliar de 10 kg ha⁻¹.

Palavras-chave: Biofortificação. Hortaliças não convencionais. Avaliação nutricional. Análise exploratória.

ABSTRACT

About 1.1 billion people around the world, suffer from zinc deficiency. Programs aimed at increasing this nutrient in food are extremely important, emphasizing the health of the population. Thus, the objective of this work was to evaluate the response of different species of unconventional leafy vegetables regarding the forms of application and amount of zinc, specifically the relationship with the nutritional quality of leaves and agronomic aspects. The experiment was installed in a completely randomized design (DIC) with four replications, in a 5 x 3 x 2 factorial scheme, being evaluated five leafy species of unconventional vegetables (capuchinha [*T. majus*], sour [*R. acetosa*], goldfish [*S. byzantina*], wood-chick [*Lactuca* cf. *canadensis* L.] and ora-pro-nobis [*P. aculeata*]); three doses of zinc (0 kg ha⁻¹, 2 kg ha⁻¹ and 10 kg ha⁻¹); and two forms of application (soil and foliar application). The following were taken: relative chlorophyll index (SPAD), fresh mass, dry mass, number of leaves, Hue angle, Zn content and other nutrients. The species reacted in different ways depending on the factors studied. The dose of 10 kg ha⁻¹ both via foliar and via soil was positively related to most of the evaluated traits. The doses of zinc increased the content of this nutrient in the species studied, especially with foliar application of 10 kg ha⁻¹.

Keywords: Biofortification. Unconventional vegetables. Nutritional assessment. Exploratory analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Caracteres agronômicos e nutricionais em função dos tratamentos doses de Zn, forma de aplicação e espécies de hortaliças folhosas não convencionais A) *Lactuca cf canadensis* L.; B) *P. aculeata*; C) *R. acetosa*; D) *S. byzantina* e; E) *T. majus*49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Desdobramento das características agronômicas: massa fresca (g planta ⁻¹), número de folhas, massa seca (g planta ⁻¹), umidade (%) em função das doses de Zn, forma de aplicação e espécies de hortaliças não convencionais.....	34
Tabela 2 -	Desdobramento do índice SPAD em função das doses x espécies de hortaliças não convencionais; e da coloração das folhas representado pelo ângulo Hue em função das espécies x dose e espécies x via de aplicação.....	38
Tabela 3 -	Desdobramento dos macronutrientes N, P, Mg e S em função das doses de Zn, forma de aplicação e espécies de hortaliças não convencionais.	40
Tabela 4 -	Desdobramento dos macronutrientes: K em função espécies x dose e via de aplicação x dose; e Ca em função espécies x via de aplicação e espécies x dose... ..	43
Tabela 5 -	Desdobramento dos micronutrientes Zn e Cu em função das doses de Zn, forma de aplicação e espécies de hortaliças não convencionais.....	45
Tabela 6 -	Desdobramento do ferro (em mg Kg ⁻¹) em função da forma de aplicação x espécies de hortaliças não convencionais e das doses de Zn x espécies de hortaliças não convencionais.....	47
Tabela 7 -	Análise fatorial exploratória para as hortaliças.....	51

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1	Zinco na saúde humana	12
2.2	Zinco no sistema solo-planta	13
2.3	Hortalças não convencionais	14
2.3.1	Almeirão-de-árvore (<i>Lactuca cf. canadensis</i> L.)	17
2.3.2	Azedinha (<i>Rumex acetosa</i> L.)	19
2.3.3	Capuchinha (<i>Tropaelum majus</i> L.).....	22
2.3.4	Ora-pro-nóbis (<i>Pereskia aculeata</i> Mill.)	24
2.3.5	Peixinho (<i>Satachys byzantina</i> K. Koch).....	25
2.4	Biofortificação.....	27
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	29
3.1	Área experimental	29
3.2	Propagação dos materiais	29
3.3	Suplementação de zinco	30
3.4	Medição do índice SPAD e ângulo HUE	30
3.5	Altura e Número de folhas.....	31
3.6	Massa fresca e seca e umidade	31
3.7	Avaliação Nutricional.....	31
3.8	Análises estatísticas	31
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	33
4.1	Resultados de produção	33
4.2	Análise nutricional	40
4.3	Análise fatorial exploratória.....	47
5	CONCLUSÕES	55
	REFERÊNCIAS	56

1 INTRODUÇÃO

O zinco (Zn) é um micronutriente tanto para as plantas quanto para os seres humanos (DE SOUZA *et al.*, 2021). Estima-se que 1,1 bilhão de pessoas estão em perigo de deficiência de Zn, e em torno de 90% deste valor encontra-se no continente asiático e africano (KUMSSA *et al.*, 2015). Essa deficiência está associada a doenças como anorexia, problemas no desenvolvimento físico, diminuição da capacidade de trabalho em adultos e mortalidade infantil (MUTHAYYA *et al.*, 2013).

Nas plantas, o Zn se mostra importante para a síntese de proteínas relacionadas ao metabolismo de lipídios, carboidratos e ácidos nucleicos (DAS *et al.*, 2018). Além disso, esse nutriente participa do controle da diferenciação e proliferação celular, da biossíntese de clorofila, processos respiratórios e fotossintéticos (BROADLEY *et al.*, 2012), influenciando assim, nas características agronômicas.

As plantas constituem uma parte substancial da dieta humana e fornecem a maior parte de calorias, nutrientes e compostos bioativos necessários para manter um estado saudável e prevenir doenças (BUTURI *et al.*, 2020). Nesse grupo se incluem as hortaliças não convencionais, que vêm chamando atenção devido suas características funcionais, medicinais (KOTA *et al.* 2017), e por possuírem altos teores nutricionais (VIANA *et al.*, 2015; SILVA *et al.*, 2013; NASCIMENTO *et al.*, 2019).

Pesquisas recentes têm demonstrado o potencial nutricional das hortaliças não convencionais, como exemplo, a ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata*), a capuchinha (*Tropaeolum majus*), a azedinha (*Rumex acetosa*), o peixinho (*Stachys byzantina*) (BOTREL *et al.*, 2020), o amaranto (*Amaranthus* spp) (LIMA *et al.*, 2019) e o almeirão-de-árvore (*Lactuca cf canadensis* L.), concluindo que a maioria dessas espécies possuem mais nutrientes que as hortaliças convencionais, configurando como importantes fontes de alimentação para população (SILVA *et al.*, 2018).

Nesse sentido, visando o fornecimento ideal de nutrientes para a alimentação da população, pode-se utilizar essas hortaliças em programas de biofortificação, estratégia baseada no enriquecimento de alimentos com compostos ou minerais, dentre eles, o ferro, selênio, iodo e zinco (WHITE; BROADLEY, 2009; D'AMATO *et al.*, 2020).

A utilização de Zn para a biofortificação de vegetais deve levar em conta a baixa mobilidade floemática desse elemento, o que faz com que as plantas fornecidas com Zn pela rizosfera apresentem maior concentração desse nutriente nas raízes e brotos do que nos frutos

e sementes. Portanto, culturas de raízes e vegetais folhosos são considerados com maior potencial para aumentar a absorção dietética de Zn (BUTURI *et al.*, 2021). O uso da biofortificação com Zn em hortaliças ainda precisa evoluir, mas já são encontrados resultados positivos dessa prática na literatura, nas culturas da batata, repolho (MAO *et al.*, 2014), couve, cenoura, quiabo (DE SOUSA LIMA; NASCIMENTO, SOUSA 2015), rúcula (RUGELES-REYES *et al.*, 2019) e alface (BARRAMEDA-MEDINA *et al.*, 2017; GRACIANO *et al.* 2020).

Na literatura, a utilização de hortaliças não convencionais para a biofortificação com Zn ainda é uma lacuna, não sendo encontrados trabalhos nesse sentido, o que indica que se trata de um ramo que precisa ser melhor estudado. O resgate cultural do consumo deste tipo hortaliças pela população brasileira poderá melhorar a condição nutricional e de renda de pessoas menos favorecidas economicamente em diferentes regiões do Brasil, tanto em ambientes urbanos, quanto no rural (ALMEIDA; CORRÊA, 2012). Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar a resposta de diferentes espécies de hortaliças folhosas não convencionais quanto às formas de aplicação e quantidade de Zn, visando analisar a relação com a qualidade nutricional das folhas e aspectos agronômicos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Zinco na saúde humana

O Zn é um elemento cuja distribuição pelo corpo humano se dá em pequenas concentrações (1,5g a 2,5g), apesar de estar presente em todo o corpo. A deficiência desse nutriente está associada a doenças graves, que surgem principalmente em função da deficiência alimentar. As recomendações diárias de Zn variam de 11 mg dia⁻¹ para homens e 8 mg dia⁻¹ para mulheres. Entretanto, na gestação e infância esses níveis podem aumentar (HAMBIDGE *et al.*, 2008).

Estima-se que 17,3% da população mundial apresente risco de deficiência de Zn (WESSELLS; BROWN, 2012), porcentagem que representa cerca de 1,1 bilhão de pessoas. Ademais, em torno de 90% desse grupo encontra-se no continente asiático e africano (KUMSSA *et al.*, 2015). Anualmente, cerca de meio milhão de crianças com menos de cinco anos morrem por causas relacionadas a deficiência de Zn (BLACK *et al.*, 2008). Além disso, a deficiência de Zn está associada à anorexia, doenças de pele, problemas no desenvolvimento físico e sexual e diminuição da capacidade de trabalho em adultos (MUTHAYYA *et al.*, 2013). Ademais há uma relação entre deficiência de Zn e a disfunção na resposta do sistema imunológico em idosos (PRASAD, 2013; FUKADA *et al.*, 2011; HOJYO *et al.*, 2014).

O Zn está associado a diversas reações químicas essenciais para os seres humanos, como redução da incidência de câncer, distúrbios neurológicos e doenças autoimunes (SOUZA, 2013), estando relacionado com a síntese e a reparação de DNA, RNA e proteínas. Afeta também processos bioquímicos e fisiológicos relacionados ao crescimento, divisão, diferenciação celular, desenvolvimento e envelhecimento (FUKADA *et al.*, 2011). O Zn atua ainda na maturação da vitamina A no fígado, além de ser essencial na fertilidade e reprodução humana (KACHINSKI; VIDIGAL; ÁVILA, 2020). Todas essas funções resultam em influência direta do Zn no desenvolvimento, crescimento e manutenção da saúde das pessoas (COMINETTI; REIS; COZZOLINO, 2017).

Além da ingestão insuficiente, o excesso de Zn também é prejudicial, visto que está associado à supressão da resposta imune, diminuição da lipoproteína de alta densidade (HDL) e redução das concentrações de cobre no plasma (JEN; YAN, 2010). A Administração de Alimentos e Medicamentos dos Estados Unidos (FDA) apresenta como limite tolerável de

ingestão em adultos, a dose de 40 mg dia⁻¹, sendo que o Zn ingerido em excesso pode causar distúrbios no funcionamento do corpo humano (LIVINGSTONE, 2015).

Dada a importância desse nutriente e os riscos associados à sua ausência na saúde humana, é de extrema importância adotar métodos que visem o aumento do fornecimento de Zn e a consequente diminuição da desnutrição associada à falta desse elemento.

2.2 Zinco no sistema solo-planta

O Zn é um nutriente para as plantas. Parte do Zn total do solo (30 a 60%) pode se apresentar na forma não disponível, ficando retido na matéria orgânica e adsorvido de forma específica nos coloides minerais (PRADO, 2008). A dinâmica e a disponibilidade de Zn no solo para as plantas são afetados por diferentes fatores, tais como: o pH da solução, teor de matéria orgânica, umidade, temperatura, concentração no solo, atributos químicos, físicos e mineralógicos do solo, fatores relacionados à planta e aos fertilizantes utilizados, além da concentração de fósforo no solo (HAN *et al.*, 2011; SADEGHZADEH, 2013). No caso do fósforo, esse fato ocorre devido a interação entre o ânion fosfato (H_2PO_4^- e $\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$) e o cátion Zn^{2+} no solo, que causa a precipitação de Zn^{2+} na forma de fosfato de Zn (KACHINSKI; VIDIGAL; ÁVILA, 2020).

O Zn absorvido pelas raízes é transportado para a parte aérea na forma de Zn^{2+} , mas em condições de solos básicos (pH alto) sua absorção também se dá na forma de ZnOH^+ (MALAVOLTA, 2006). Uma vez dentro da planta, na seiva do xilema, será transportado em sua forma iônica ou complexado com asparagina, histidina, ácidos orgânicos e nicotianamina (WHITE; BROADLEY, 2009). Em razão da baixa estabilidade de quelantes orgânicos, o Zn praticamente não é encontrado no floema, o que explica o fato da sua redistribuição na planta ser muito limitada e, conseqüentemente, ele ser considerado um elemento pouco móvel (PRADO, 2008). Acredita-se que a redistribuição do Zn no floema para vários órgãos seja realizada em sua forma de cátion divalente ou em formas complexadas com nicotianamina, malato ou histidina (WHITE; BROADLEY, 2009).

No metabolismo vegetal ele está relacionado à fotossíntese através do desenvolvimento e função do cloroplasto por meio da atividade da SPP peptidase e reparo do fotossistema I, além de participar de processos de ativação de enzimas como RNA polimerase e superóxido dismutase, síntese proteica, metabolismo de carboidratos, lipídios e ácidos nucleicos (KACHINSKI; VIDIGAL; ÁVILA, 2020). Ademais, o Zn exerce um destacado papel na

regulação e expressão gênica, atuação de fitohormônios, fertilidade, regulação de crescimento, produção de sementes e na defesa contra doenças (MARSCHNER, 2012). É ainda o único metal que atua na atividade de enzimas hidrolases, transferases, liases, ligases, isomerases e oxidoredutases, demonstrando ainda mais a sua essencialidade dentro do metabolismo vegetal (SADEGHZADEH, 2013).

O Zn também atua no sistema antioxidante das plantas, participando da estrutura das enzimas dismutases do superóxido (SOD) que atuam na conversão do radical superóxido (O_2^-) em peróxido de hidrogênio (H_2O_2), que posteriormente, será reduzido em água (H_2O) e oxigênio (O_2) pela ação da enzima peroxidase do ascorbato (APX), diminuindo os efeitos nocivos dos radicais livres (ASADA, 1999).

Devido a baixa mobilidade floemática do Zn, as plantas supridas com esse elemento através da rizosfera apresentam uma concentração maior nas raízes do que nos frutos e sementes, mostrando menor eficiência nos órgãos atendidos pelo floema (WHITE; BROADLEY, 2011). Assim, acredita-se que as raízes e vegetais folhosos tenham o maior potencial para aumentar a absorção de Zn na dieta (WHITE *et al.*, 2018).

As plantas apresentam diferentes capacidades em acumular Zn em seus tecidos, mas, como regra geral, a maioria das culturas requerem, para atingir seu potencial máximo, uma concentração de Zn nas folhas de 0,015–0,030 g kg⁻¹ em matéria seca. Já os sintomas de fitotoxicidade são geralmente observados em concentrações superiores a 0,1–0,7 g kg⁻¹ de matéria seca, dependendo da espécie e do tempo de exposição (WHITE *et al.*, 2018).

A deficiência de Zn nas plantas pode resultar em diminuição da produtividade e qualidade do produto final, devido a diminuição da síntese proteica. Os principais sintomas visuais de deficiência de Zn nas plantas são: menor crescimento, folhas novas mal conformadas e pequenas, necrose do meristema apical da raiz, clorose internerval nas folhas novas e o encurtamento dos entre nós, que provoca a formação de nós sucessivos e, conseqüentemente, a aproximação das folhas novas em formato de roseta (PRADO, 2008; MARENCO; LOPES, 2009).

2.3 Hortaliças não convencionais

Tradicionalmente, as hortaliças não convencionais (HNC) são definidas como aquelas espécies que estão afincadas às regiões restritas, estando intimamente relacionadas e fazendo parte da cultura de populações tradicionais. Diferentemente das hortaliças convencionais, elas

não estão organizadas em grandes cadeias produtivas de distribuição (BRASIL, 2010). Essas plantas possuem diferentes partes que podem ser utilizadas na alimentação humana, como raízes, bulbos, tubérculos, rizomas, talos, brotos, frutos, flores e sementes. Podem também possuir resina, látex e goma, ou ainda serem utilizadas para a extração de óleos e gorduras (KUNKEL, 1984).

Pontua-se que não existe uma lista oficial onde todas as HNC's estão elencadas, porém, globalmente, se tem conhecimento do trabalho do pesquisador alemão Günter Kunkel (1984), que catalogou cerca de 12,5 mil espécies alimentares em todo o mundo. No Brasil, há algumas obras que registraram informações nutricionais e botânicas sobre essas espécies, como o livro de Valdely Kinupp em parceria com Harri Lorenzi (2014), intitulado 'Plantas Alimentícias Não Convencionais (Pancs) no Brasil', que elenca 351 espécies (JUNQUEIRA; PERLINE, 2019). Há também o 'Manual de Hortaliças Não-Convencionais', elaborado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), que lista 23 espécies.

As hortaliças não convencionais possuem, de acordo com a espécie, teor significativo de vitaminas, fibras, carboidratos, proteínas e sais minerais (BRASIL, 2010). Atualmente, alguns estudos comprovam essa afirmação, como os que indicam a utilização de bertalha (*Basella alba L.*) e ora-pro-nobis (*Pereskia aculeata Mill.*) para a produção de pães, pois são boas fontes de proteínas e fibras (MARTINEVSKI *et al.*, 2013). Além dessas duas espécies, Acevedo *et al.* (2014) constataram que a araruta (*Maranta arundinacea*) possui uma alta porcentagem de amilopectina, o que evidencia que essa espécie é uma ótima possibilidade para a indústria alimentícia.

Outra alternativa importante é a utilização de flores comestíveis, como a capuchinha (*Tropaeolum majus*). Um estudo com flores comestíveis constatou que ela possui 3,1% de lipídeos, e alta concentração de vitamina C, com cerca de 129 mg 100 g⁻¹ de amostra fresca. A introdução dessas flores, além de formar um aspecto decorativo no prato, contribui para uma alimentação saudável (FERNANDES *et al.*, 2016).

O estudo de HNC's no Brasil recebeu uma atenção especial das décadas de 70 a 90, onde, fundamentalmente, o foco era sua utilização como alternativa para mitigar a carência nutricional e alimentar de pessoas em situação de vulnerabilidade social, se mostrando como uma alternativa de segurança alimentar (JUNQUEIRA; PERLINE, 2019). O resgate do uso e cultivo das HNC's é uma questão que envolve também o resgate cultural de determinadas populações e esse processo é inextricável da questão de soberania e segurança alimentar (BRASIL, 2010).

Neste sentido, cabe uma breve introdução aos programas governamentais que atuam em formas de mitigação da miséria e no fortalecimento de hortaliças não convencionais e da agricultura familiar, dado que essas espécies, por não estarem organizadas em cadeias comerciais, em sua maioria são produzidas por agricultores familiares (BRASIL, 2010).

O Programa de Aquisição de Alimentos da Agricultura Familiar (PAA) e o Programa Nacional da Alimentação Escolar (PNAE) possuem como objetivo principal possibilitar que os governos nos âmbitos municipal, estadual e federal possam adquirir alimentos oriundos de agricultores familiares sem a necessidade de licitação, destinando esses produtos para pessoas em situação de insegurança alimentar ou para merenda escolar (GOMES *et al.*, 2018).

Esses programas atuam na propagação de tradições alimentares, agindo eficazmente para uma construção socioambiental e, juntamente com a mídia, se tornam uma ferramenta importante na difusão de novas informações e conhecimentos referentes às HNC's (JUNQUEIRA; PERLINE, 2019). As formas científicas de divulgação ficam por conta de algumas instituições, tal como a Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), que possui uma coleção de hortaliças não convencionais, criada em 2006, visando o resgate dessas culturas através da divulgação em cartilhas, expondo as características taxonômicas, formas de cultivos e informações nutricionais (ABREU; DINIZ, 2017).

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) é outra instituição que trabalha com essas espécies. Nota-se pesquisas sendo feitas mais especificamente em uma parceria entre a Embrapa Hortaliças e a Embrapa Agroindústria de Alimentos, que atuam na avaliação agrônômica e nutricional, além de estudarem o pós-colheita de HNCs, divulgando essas informações em cartilhas (BORGUINI *et al.*, 2018).

A Universidade Federal de Lavras (UFLA), também conta com uma linha de pesquisa, focada no estabelecimento de uma Coleção de Germoplasma de Hortaliças Não Convencionais e na avaliação do potencial nutricional dessas espécies. Dentre a produção do grupo desta linha de pesquisa, ressalta-se o estudo com Araruta (*Maranta arundinacea* L.), que constatou que a produção de rizomas dessa espécie é influenciada pela irrigação submetida e pela densidade de plantio. Esses fatores também interferem na produção de amido que compõem esses rizomas (SOUZA *et al.*, 2018).

Outro trabalho produzido foi a avaliação nutricional de Caruru (*Amaranthus spp*) que constatou que as duas espécies de caruru, a *Amaranthus hybridus* L. e *Amaranthus viridis* L., apresentaram em suas folhas e grãos, níveis significativos de componentes de interesse nutricional como lipídeos, proteínas, fibras, carboidratos e os minerais P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe,

Mn, Zn e B em teores mais elevados dos que apresentam as hortaliças convencionais (SILVA *et al.*, 2019).

Em outras HNC's como a Bertalha (*Basella alba* L.), *Eryngium campestre* L., Vinagreira (*Hibiscus sabdariffa* L.), Almeirão-de-Árvore (*Lactuca cf. canadensis* L.), Azedinha (*Rumex acetosa* L.), Capuchinha (*Tropaeolum majus* L.) e a Taioba (*Xanthosoma sagittifolium* L.), também constatou-se que geralmente possuem teores nutricionais superiores aos que são encontrados nos vegetais tradicionalmente utilizados na alimentação humana (SILVA *et al.*, 2018).

Além do almeirão-de-árvore, azedinha e capuchinha, o presente trabalho também possui como alvo de estudo as espécies ora-pro-nóbis e o peixinho da horta.

2.3.1 Almeirão-de-árvore (*Lactuca cf. canadensis* L.)

A *Lactuca cf. canadensis* é uma hortaliça não-convencional, se enquadrando no conceito de plantas restritas a comunidades locais. É conhecida popularmente como almeirão-de-árvore, almeirão roxo, radite-cote e orelha-de-coelho (KINUPP; LORENZI, 2014). Segundo a base de dados Scopus, há registro de apenas 52 documentos sobre a espécie, mostrando o pouco estudo sobre esta. Os países que mais pesquisam são a China, os Estados Unidos, a República Checa e o Brasil. Em sites de produtos orgânicos pode ser encontrado para aquisição em pacotes de 250 gramas em torno de R\$ 4,50 (FAZENDINHA EM CASA, 2021).

O primeiro relato da ocorrência dessa espécie na América do Sul e no Brasil ocorreu em 1999, quando inicialmente foi considerada uma planta invasora, de ocorrência principalmente em locais úmidos, podendo ser encontrada de norte a sul do país, principalmente nas regiões Sul e Sudeste, nos estados do Rio de Janeiro, São Paulo e Paraná (MONGE *et al.*, 2016).

É uma planta herbácea, anual, originária da América do Norte, cuja altura varia de 1 a 1,8 m. Possui caule verde, podendo conter manchas arroxeadas. O látex possui coloração que varia de amarelo a laranja claro. Suas folhas são dispostas alternadamente e sésseis. Sua inflorescência possui numerosos capítulos, com número de flores variando de 18 a 21, amareladas, bissexuais e com 8 a 10 mm de comprimento (MONGE *et al.*, 2016).

Ainda segundo Monge *et al.* (2016), essa espécie é polimórfica, podendo apresentar muitas formas de suas folhas, característica que pode estar relacionada ao processo de introgressão genética. A partir dessas características morfogenéticas, surgem os diferentes

grupos varietais, que é a subdivisão entre indivíduos de uma mesma espécie que apresentam tipos morfoagronômicos semelhantes (RAGASSI *et al.*, 2012., SOUZA, 2018b).

Na coleção de germoplasma da UFLA encontram-se para estudos quatro grupos varietais dessa espécie, variando quanto à margem, quanto à cor das folhas e das nervuras (verde com margem repicadas; roxo com margens repicadas; roxo com margem lisa e folha estreita e roxo com margens lisas e folhas largas). A partir de 2016, foi iniciado um pré-melhoramento dessa espécie, realizando-se a caracterização nutricional a partir do almeirão verde com margem repicada (SILVA *et al.*, 2018).

Por se tratar de uma hortaliça não convencional, essa espécie não se encontra organizada em uma cadeia de distribuição, sendo a sua utilização e seu consumo restritos em populações tradicionais. Como exemplo, ela foi citada como uma das hortaliças mais utilizadas em uma comunidade rural na região de Viçosa, MG (BARREIRA *et al.*, 2015), assim como obteve uma grande frequência de citação em outro estudo realizado em Durandé, também no estado de Minas Gerais (TULER; PEIXOTO; SILVA, 2019).

A produção em larga escala dessa hortaliça está condicionada às pesquisas quanto ao manejo desta cultura, uma vez que informações sobre essas espécies são escassas e nas remotas fontes existentes há poucas informações, inclusive sobre qual é a espécie correta (ARANTES *et al.*, 2019).

Quanto aos aspectos nutricionais, até o presente momento, estudos comprovam que o almeirão-de-árvore apresenta relevantes variedades de componentes fitoquímicos, como os sesquiterpenlactonas, que são compostos considerados medicinais com ação anti-inflamatória e calmante, além de uma ausência de fitoquímicos comuns com outras espécies desse gênero, como a lactucina (MICHALSKA; SZNELER; KISIEL, 2013). Além disso, Silva *et al.* (2018) obtiveram resultados que mostraram que *L. cf. canadensis* possui teor médio de vitamina C, componentes fenólicos, atividade antioxidante e carboidratos, além de alto nível de cálcio (565 mg 100 g⁻¹), zinco (23,11 mg 100g⁻¹), boro (5,32 mg 100g⁻¹) e manganês (5,75 mg 100g⁻¹) quando comparada com outras espécies não convencionais.

A atividade antioxidante nos alimentos está ligada à presença de componentes fenólicos, vitamina C e carotenoides, assim, a eficácia da ação antioxidante desses compostos, quando ingeridos, depende de sua estrutura química e da taxa de suas concentrações em cada alimento (SILVA *et al.*, 2021).

Segundo o MAPA (2010) essa espécie se desenvolve melhor em temperatura amena e em um pH entre 5,0 a 6,0. Recomenda-se 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 40 kg ha⁻¹ de K₂O e 20 toneladas

de esterco de curral no plantio, em um espaçamento de 0,30 a 0,40 m x 0,30 a 0,40 m. Além disso, Batista *et al.* (2021) constataram boa resposta de *L. cf canadensis* em função das doses de esterco de galinha com espécies de hortaliças não convencionais, aumentando teores de N, P, K e Ca com o aumento das doses.

O tempo de ciclo dessa espécie é em torno de 60 a 70 dias após o plantio, sendo a colheita feita nas folhas basais quando atingirem de 20 a 25 cm de comprimento e possuírem aspecto tenro. Após a retirada dessas folhas é importante que permaneçam pelo menos três folhas por planta para que a colheita se estenda por alguns meses. A produção é em torno de 20.000 kg ha⁻¹ a 40.000 kg há⁻¹. E sua conservação pode ser feita armazenando as folhas na geladeira por três dias embaladas em sacos plásticos ou vasilhas fechadas (BRASIL, 2010; MADEIRA *et al.*, 2013).

A propagação da espécie é feita por sementes e com a finalidade de produzir mudas para o plantio. Arantes *et al.* (2019) em um estudo com plântulas de *L.cf. canadensis* constataram que o sombreamento de até 70% favorece a porcentagem de germinação, emergência e sobrevivência dessa espécie, já para o crescimento das mudas o sombreamento de 35% é o mais favorável.

2.3.2 Azedinha (*Rumex acetosa* L.)

A *Rumex acetosa* L. é conhecida popularmente como azedinha, sendo uma hortaliça não convencional folhosa pertencente à família *Polygonaceae*, possivelmente originária da Europa ou Ásia. No Brasil ela é cultivada no Sul e no Sudeste, preferencialmente em clima ameno (FONTES; NICK. 2019). Na base Scopus são encontrados 428 documentos com a espécie e os países que apresentam pesquisas sobre a azedinha são o Reino Unido, China, Países Baixos e Espanha. Nessa mesma base o Brasil aparece na nona posição, com apenas 17 documentos. Seu preço em redes online de distribuição pode variar de R\$ 3,50 a R\$ 5,00 o molho (FAZENDINHA EM CASA; ORGANICOS IN BOX, 2021).

É uma planta herbácea e perene, embora seja cultivada como anual, alcançando cerca de 25 cm de altura, com caule ereto e frequentemente de cor avermelhada, formando touceiras com muitos propágulos. A espécie não possui o florescimento comum, sendo sua propagação feita através do desmembramento dos propágulos que se formam ao redor da touceira durante o ciclo (BRASIL, 2010; FONTES; NICK. 2019).

Além disso, ela é uma espécie que apresenta variabilidade, mas com plantas semelhantes entre si. Silva *et al.* (2013) relatam dois tipos de azedinha na região de Sete Lagoas em Minas Gerais, onde as plantas do tipo 1 se caracteriza como mais robustas, com folhas maiores e mais largas do que as do tipo 2.

Como uma espécie não convencional, a azedinha está relacionada à algumas populações locais. Barreira *et al.* (2015) descreveram a presença dessa espécie na zona rural de Viçosa-MG, onde ela era consumida de forma *in natura* e cultivada em meio à cultura agrícola. Tuler, Peixoto e Silva (2019) também observaram a utilização da azedinha em Durandé-MG, onde é consumida em saladas, aparecendo nas hortas de maneira espontânea.

A azedinha é uma espécie que apresenta grande potencial nutricional e farmacológico por conta da sua constituição de minerais, antioxidantes, vitaminas, fibras, nutrientes e proteínas (SILVA *et al.*, 2013). Silva *et al.* (2018a) caracterizaram dois tipos morfológicos da espécie, constatando níveis fenólicos de 8,74 mg 100g⁻¹ para a azedinha do tipo 1. O teor de nitrato foi em média 30 mg 100g⁻¹ para os dois tipos. O tipo 2 apresentou 32,7% mais carboidratos e 25% a mais de lipídios do que a do tipo 1. Já para acidez as espécies apresentaram 1,72 mg 100g⁻¹ e 1,42 mg 100g⁻¹ o tipo 2 e tipo 1, respectivamente. Para a azedinha do tipo 2 a constituição de proteínas foi em média de 1320 mg.100g⁻¹.

A espécie possui elevada concentração de oxalato de cálcio, o que faz com que as folhas devam ser utilizadas com cautela para pessoas propensas a apresentar cálculo renal (FONTES; NICK, 2019). No organismo humano, o efeito tóxico do ácido oxálico se dá em função da formação de cristais de oxalato de cálcio e sua precipitação no organismo, diminuindo a disponibilidade para a realização de numerosos processos fisiológicos (DEL-VECHIO *et al.*, 2005).

Os efeitos medicinais da azedinha são amplamente registrados na literatura. Por exemplo, Wegiera, Smolarz e Bogucka-Kocka (2012) observaram que o extrato de *R. acetosa* exerceu morte celular por apoptose em células tumorais. Além disso, Kota *et al.* (2017) observaram alta ação antimicrobiana e antioxidante de folhas verdes da espécie. Foi verificado também, o efeito vasodilatador da espécie, se caracterizando como um importante aliado para estudos de hipertensão (QAMAR *et al.*, 2018). Outros trabalhos relatam efeitos anti-úlceras, anti-inflamatório, antiviral e atividade antioxidante da espécie (GESCHER *et al.*, 2011; BAE *et al.*, 2012; MAKAROV *et al.*, 2014). Além disso, é descrita a sua utilização para tratamento de doenças em animais, onde acredita-se que as raízes cozidas sejam eficazes na cura de indigestão, tosse e constipação (KHAN; HUSSAIN, 2021).

Quanto ao teor nutricional, Silva *et al.* (2013) caracterizaram dois tipos morfológicos de azedinha, onde o tipo 1 obteve os maiores valores para a maioria dos macronutrientes, entre eles o N (26,2 mg g⁻¹), P (5,1 mg g⁻¹), K (40,2 mg g⁻¹), Mg (5,5 mg g⁻¹) e S (2,0 mg g⁻¹), e o tipo 2 apresentou o maior teor para Ca (6,1 mg g⁻¹). Já para os micronutrientes, o tipo 1 apresentou os maiores valores para Mn (44,5 mg Kg⁻¹) e Cu (4,3 mg Kg⁻¹), enquanto o tipo 2 apresentou os maiores valores para Fe (258 mg Kg⁻¹), Zn (29,0 mg Kg⁻¹) e B (38,5 mg Kg⁻¹). Além disso, no estudo de Silva *et al.* (2018a), a espécie apresentou destaque dentre os nutrientes Cu, Fe, Mn, Zn e B nos dois tipos morfológicos avaliados, inclusive os maiores teores de Fe (média de 592 mg.kg⁻¹).

Segundo Batista *et al.* (2021), a espécie *R. acetosa* foi a que obteve maior acumulação dos nutrientes P, K, Mg, S, B, Cu, Mn e Zn em respostas à adubação de esterco bovino, com valores de Zn variando de 446 a 784 µg planta⁻¹. Botrel *et al.* (2020) também descrevem a espécie com elevados teores de K e Mg e os maiores teores de Fe.

A adubação da cultura deve ser baseada nos níveis de nutrientes observados na análise de solo, utilizando-se no plantio fertilizante fosfatado e potássico e parte do fertilizante nitrogenado, além da adubação orgânica. Já para a adubação de cobertura deve ser feita com fontes nitrogenadas a cada 45 dias, na dosagem de 40 kg ha⁻¹ de N (BRASIL, 2010). Entretanto, Silva *et al.* (2018b), estudando a cultura da azedinha, constataram que essa espécie obteve os melhores resultados produtivos com as seguintes concentrações de NPK: 150 kg ha⁻¹ de N; 60 kg ha⁻¹ de K₂O e 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅, em espaçamento de 30 cm entre plantas e 35 cm entre linhas, concluindo que a cultura respondeu positivamente a adubação. Já Batista *et al.* (2021) concluíram que a dose de 20 toneladas ha⁻¹ de esterco bovino foi a mais adequada para a espécie.

No âmbito de adubação visando a biofortificação com a espécie, Oliveira *et al.* (2019) observaram que o silício se correlacionou positivamente com P, Mg, matéria fresca, matéria seca e Índice SPAD. Ou seja, o aumento do teor de Si promove ganhos nas variáveis citadas. Com o ganho dessas variáveis, a azedinha se caracteriza como uma cultura de cobertura promissora no que diz respeito à absorção e mobilização de P, e também como uma cultura de cobertura multifuncional para o fornecimento de N, K, S e Mg (HASEN *et al.*, 2021).

A colheita é feita retirando-se as folhas e deixando a planta. A partir de 50-60 dias, à medida que elas atingem um bom tamanho para a comercialização (superior a 10 cm), produz cerca de 2 a 3 maços (cada um com aproximadamente 100g) por semana por m² a partir do segundo mês até cerca de 6 meses, quando normalmente se renovam os canteiros. Assim, obtém-se produtividade de 4 kg m² ou o equivalente a 40 ton/ha, lembrando que, normalmente,

a azedinha é plantada em pequenas hortas (BRASIL, 2010). Contudo, para Silva *et al.* (2018b) o ciclo da cultura, do plantio a colheita, foi estabelecido em 100 dias. As plantas de *Rumex acetosa* L. apresentaram suas folhas glabras e sagitadas, com comprimento médio de 12,4 cm e largura média de 6,36 cm, produzidas em touceiras com largura média de 48,7 cm, com 70% de folhas comerciais.

A planta é relativamente sensível ao ataque de besouros desfolhadores (vaquinhas e idiamin) e aos nematoides do gênero *Meloidogyne*, que podem causar redução no crescimento das plantas. Para a desfolha pode-se podar as partes muito atacadas e renovar os canteiros e, periodicamente, fazer o cuidado preventivo com caldas repelentes ou inseticidas a base de fumo, pimenta, alho, neem etc. (BRASIL, 2010).

2.3.3 Capuchinha (*Tropaelum majus* L.)

A capuchinha é uma planta originária das américas, com ocorrência desde o México até a Patagônia (FONTES; NICK 2019). É conhecida popularmente como capuchinha, chaguinha ou nastúrcio, pertence à família Tropaeolaceae e é utilizada na alimentação em forma de saladas, sanduíches e como decorativas (ZARDO *et al.*, 2016).

É uma planta herbácea, anual, possuindo caule longo e carnoso, que se alastra facilmente. As folhas são arredondadas e grandes e suas flores podem variar da coloração amarela a vermelha, possuindo também uso ornamental. É resistente a qualquer tipo de clima, podendo ser plantada todo ano (BRASIL, 2010; FONTES; NICK 2019).

Na base Scopus há 363 documentos que possuem a espécie como objeto de estudo e os países que mais pesquisam são Alemanha, Brasil, Estados Unidos, Reino Unido e Canadá, sendo que 39% dessas pesquisas são na área de agricultura e ciências biológicas. Sua comercialização em sites orgânicos pode variar de R\$ 5,50 12 unidades de flores a 16,35 quatro caixas com 12 unidades cada. Quanto às folhas, o preço é de R\$ 7,50, dois molhos com algumas flores (FAZENDINHA EM CASA, 2021).

A espécie é associada a efeitos medicinais. Na literatura são encontrados relatos favoráveis a utilização dessa espécie para ações anti-inflamatória, antimicrobiana (BAZYLKO *et al.*, 2013), efeitos diuréticos (GASPAROTTO JUNIOR *et al.*, 2012; BARBOZA *et al.*, 2014) ação antibacterianas, antifúngicas, antioxidantes e anticancerígenas (VALSALAM *et al.*, 2019).

Silva *et al.* (2021) relataram que as folhas de *T. majus* apresentaram os maiores valores para a atividade antioxidante (93,58%), valor calórico (60.32 kcal 100 g⁻¹) e carboidratos (8.33%) entre as espécies estudadas, assim como altos valores de compostos fenólicos (167.84 mg 100 g⁻¹), vitamina C (188.55 mg 100 g⁻¹), lipídios (1.52 %) e proteínas (3.32%). Para as flores, os autores relataram altos valores de atividade antioxidante (68.32%), vitamina C (175.93 mg 100 g⁻¹) e carboidratos (6,37%), bem como baixos teores de compostos fenólicos (3.39 mg 100 g⁻¹), valor calórico (36.16 kcal 100 g⁻¹), lipídeos (0,45%) e proteínas (1,72%).

Suas folhas também foram descritas, com destaque para atividade antioxidante, compostos fenólicos (167,84 mg 100g⁻¹) e vitamina C (188,55 mg 100g⁻¹), teores que possivelmente estão ligados a alta capacidade de eliminação de radicais livres. As folhas também foram destaque para as concentrações de nitrato (186 mg 100g⁻¹), maior teor de carboidratos (8330 mg 100g⁻¹), lipídios (1520 mg 100g⁻¹) e alto teor de proteínas (3320 mg 100g⁻¹). As flores apresentaram altos níveis de vitamina C, atividade antioxidante (68,32%), carotenoides (711,84 mg 100g⁻¹) além de altos valores de carboidratos (SILVA *et al.*, 2018a).

Nas concentrações nutricionais, Silva *et al.* (2018a) verificaram que a capuchinha apresentou destaque para o S (883 mg 100g⁻¹), P (525 mg 100g⁻¹) e K (1311 mg 100g⁻¹). Botrel *et al.* (2020) caracterizaram a espécie quanto aos macronutrientes em P (43,63 mg 100g⁻¹), K (167,74 mg 100g⁻¹), Ca (73,21 mg 100g⁻¹) e Mg (34,15 mg 100g⁻¹), enquanto os micronutrientes foram Cu (0,08 mg 100g⁻¹), Fe (0,46 mg 100g⁻¹) e Zn (0,76 mg 100g⁻¹). Nascimento *et al.* (2019) descrevem os valores de N para espécie entre 7 a 123.55 g kg⁻¹, os autores também relatam altos teores de Zn, variando de 58.20 a 76.09 g kg⁻¹.

Para seu cultivo pode-se somente utilizar as adubações orgânicas com 1 a 3 kg por cova de composto orgânico. A adubação orgânica em capuchinha também se mostrou eficaz na pesquisa de Nascimento *et al.* (2019), que obtiveram alturas máximas, maior produção de flores, de matéria fresca e seca e maiores concentrações de nutrientes em cultivo com aplicação de esterco de galinha.

É multiplicada por sementes, mas também pode-se utilizar a estaquia, com transplante para o local definitivo podendo ser feito após 25 dias ou quando as plantas apresentarem 6 folhas totalmente desenvolvidas (BRASIL, 2010; FONTES; NICK 2019). Da Silva *et al.* (2018), estudando germinação e vigor de sementes de *T. majus*, atestam que as melhores condições foram a utilização do substrato vermiculita a 25 °C e o substrato areia a 20-30 °C, e a melhor formação de plântulas se deu no substrato areia a 20 e 25 °C.

A colheita das flores e folhas começa cerca de 50 dias após o plantio, com produtividade em torno de 4,0 t ha⁻¹ de flores e 10 t ha⁻¹ para folhas (FONTES; NICK 2019). Para a comercialização de flores de capuchinha, recomenda-se a utilização de 1-MCP para evitar os efeitos deletérios do etileno, ajudando na conservação pós-colheita da espécie (SILVA *et al.*, 2018c).

2.3.4 Ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Mill.)

A *Pereskia aculeata* Mill., conhecida popularmente como ora-pro-nóbis, é uma cactácea, arbustiva e trepadeira de folhas suculentas, com flores brancas, caule lenhoso e espinhos verdadeiros (SOUZA *et al.*, 2016; ALMEDA, 2017; MORAES *et al.*, 2019). Na base de dados Scopus, a espécie conta com 436 documentos, e os países que mais a estudam são o Brasil, África do Sul, China, Estados Unidos e México. Seu preço pode variar em sites online de R\$ 4,50 a 6,00 100g (FAZENDINHA EM CASA, 2021).

Trata-se de uma planta originária das Américas, com ocorrência desde o Brasil até a Flórida. No Brasil está associada a populações tradicionais, como a comunidade rural de São José da Figueira, onde a planta foi citada pela utilização de suas folhas (TULAR; PEIXOTO; SILVA, 2019). Sua utilização normalmente é associada ao tratamento da anemia ferropriva, câncer, osteoporose e constipação intestinal (ALMEIDA; CORRÊA, 2012).

Outros benefícios nutricionais e farmacológicos também já foram associados à ingestão dessa planta. Uma parte desses benefícios pode estar associada ao potencial antioxidante, que pode ser relacionado à presença de ácidos fenólicos (SOUZA *et al.*, 2016). Por exemplo, no estudo de Brasil *et al.* (2020) foi observado que consumo de suco de *P. aculeata* e de outras cactáceas do gênero *Pereskia* pode promover benefícios à saúde humana na prevenção e tratamento das doenças crônicas não transmissíveis, pois o suco possui várias moléculas bioativas. A atividade antioxidante da espécie também foi avaliada por Queiroz *et al.* (2015), que, ao estudarem tratamentos com luz e sombreamento, concluíram que a ação antioxidante foi maior quando as folhas foram expostas à luz solar.

A espécie é descrita como rica em nutrientes. Botrel *et al.* (2020) caracterizaram a espécie com valores de carboidratos (2,87 g 100 g⁻¹), lipídeos (1,45 g 100 g⁻¹), proteínas (1,27 g 100 g⁻¹), valor calórico 29,17 (kcal 100 g⁻¹), carotenoides (3,15 g 100 g⁻¹) e vitamina A (221.61 RAE µg 100 g⁻¹). Para os nutrientes foram avaliados K (689 mg 100 g⁻¹), Ca (427,08 mg 100 g⁻¹), Mg (88,84 mg 100 g⁻¹), Cu (0,12 mg 100 g⁻¹), Fe (13,89 mg 100 g⁻¹), Zn (0,05 mg 100 g⁻¹).

¹), Mn (3,46 mg 100 g⁻¹), Na (1,19 mg 100 g⁻¹), considerando a espécie boa fonte de Mg, Cu e K, e excelente fonte de vitamina A, Ca, Mn, Fe e Se.

Oliveira *et al.* (2013) constataram alto teor de ácido ascórbico em *P. aculeata* (192,21 mg 100 g⁻¹) e os maiores níveis de P, Mg e Zn dentre as espécies não convencionais estudadas. Botrel *et al.* (2020) também descreveram a espécie com altos teores de Ca (269,38 mg 100 g⁻¹), Mn (7,31 mg 100 g⁻¹) e Cu (0,25 mg 100 g⁻¹), o teor de Zn foi de 0,28 mg 100 g⁻¹).

Para produção dessa espécie, Souza *et al.* (2020) constataram que o cultivo de alta densidade de *P. aculeata* (10 plantas m⁻²) permite a produção rápida e quantitativa de proteínas vegetais de alta qualidade (5.759 kg ha⁻¹ ano⁻¹) e folhas ricas em minerais, se tornando benéfica para a alimentação humana. Além disso, Tofaneli e Resende (2011), estudando sistemas de condução de ora-pro-nóbis, concluíram que dentre as opções, a melhor alternativa é manter a planta em crescimento livre sem sistema de condução.

A propagação é feita por estaquia, com estacas de 20 cm retiradas na porção intermediária dos ramos e colocadas para enraizar. A colheita inicia-se cerca de 60 a 70 dias após o transplante, colhendo-se as folhas com cerca de 7 cm de comprimento. O rendimento de folhas pode variar de 2,5 a 5 t há⁻¹ ano⁻¹ (FONTES; NICK, 2019).

2.3.5 Peixinho (*Satachys byzantina* K. Koch)

A *Satachys byzantina* K. Koch é uma hortaliça não convencional folhosa, conhecida popularmente como peixinho, peixe-da-horta, lambarizinho e orelha-de-coelho, e pertencente à família *Lamiaceae*, com origem na Europa ou Ásia (FONTES; NICK, 2019). Para a espécie foram encontrados na base Scopus apenas 67 documentos, sendo os países que mais pesquisam o Irã, Turquia, Brasil, Reino Unido e Estados Unidos. O seu valor comercial em sites de comercialização é R\$ 4,00 o molho (FAZENDINHA EM CASA, 2021).

No Brasil é cultivada em regiões com o clima mais ameno do Sul, Sudeste e Centro-Oeste do país, sendo geralmente consumida frita, empanada ou à milanesa. Apresenta variedades, porém, semelhantes entre si (BRASIL, 2010). É uma planta herbácea, perene, alcançando cerca de 30 cm de altura, com folhas aveludadas de textura macia. Durante o plantio, ele forma touceira com muitos propágulos (FONTES; NICK, 2019).

A espécie é descrita na literatura com alto teores antioxidantes sem presença de toxicidade (KIASHI *et al.*, 2021), contendo importantes fenóis bioativos e efeitos antioxidantes promissores e benefícios para a saúde. Assim, ela se configura como uma planta medicinal que

pode ser considerada como ingrediente útil em alimentos e produtos farmacêuticos (BAHADORI *et al.*, 2020).

Para Silva *et al.* (2018a) a espécie *S. byzantina* apresentou alto teor de fenóis (209,40 mg.100g⁻¹), mas uma capacidade de sequestro de radicais livres de apenas 46,51%, mostrando que, nesta espécie, os fenóis detectados nas análises realizadas não são eficientes como antioxidantes. Já no estudo de Silva *et al.* (2021), a espécie apresentou elevado valor para os compostos fenólicos (209.40 mg 100 g⁻¹), enquanto o valor de Vitamina C foi de 88,75 mg 100 g⁻¹, e os valores de carboidrato, lipídio e proteína foram de 5,26 %, 0,90% e 3,45 %, respectivamente. A sua atividade antioxidante foi de 46,51%.

O peixinho é caracterizado na literatura quanto aos teores de macronutrientes como o K (106,96 mg 100g⁻¹), Mg (10,14 mg 100g⁻¹), Ca (124,8 mg 100g⁻¹) e P (16,04 mg 100g⁻¹), e também para os micronutrientes como o Fe (6,83 mg 100g⁻¹), Cu (0,05 mg 100g⁻¹) e Zn (0,09 mg 100g⁻¹) (BOTREL *et al.*, 2020). Segundo Batista *et al.* (2019), os teores de Mg e S em peixinho foi de 28 e 12 mg planta⁻¹, respectivamente, tendo os níveis de Zn variado de 338 a 421 µg planta⁻¹. Já Viana *et al.* (2015) apresentam valores de macronutrientes para N (22,8 mg g⁻¹) e S (1,4 mg g⁻¹), e para micronutriente de Mn (46,8 mg g⁻¹), B (39,6 mg g⁻¹) e Zn, cujo valor apresentado foi de 22,4 mg g⁻¹.

A adubação de cobertura deve ser feita com fontes nitrogenadas a cada 45 dias, na dosagem de 40 kg ha⁻¹ de N e com matéria orgânica a cada 3 meses (BRASIL, 2010). Silva *et al.* (2018d) observaram que o peixinho foi mais produtivo em espaçamentos menos densos, de 50 cm entre plantas e 30 cm entrelinhas, e sob a fertilização de 300 kg ha⁻¹ de N, 240 kg ha⁻¹ de K₂O e 800 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Além disso, observou-se no estudo, o ciclo de 140 dias do plantio à colheita. A utilização de esterco bovino promoveu aumentos observados em relação ao acúmulo de N, P, K e Ca em plantas de *S. byzantina.*, sendo a dose 20 t ha⁻¹ a mais eficiente (BATISTA *et al.*, 2019).

Oliveira *et al.* (2019), estudando biofortificação com silício em hortaliças não convencionais, perceberam que o Ca promoveu aumento de matéria seca e fresca em *S. byzantina*, e que o Si apresentou efeito positivo sobre os teores de P e do índice SPAD nessa espécie. Além disso, Oliveira *et al.* (2020) constataram que as doses de Si aumentaram o teor desse nutriente em peixinho.

A propagação do peixinho é feita através dos propágulos das touceiras, visando a renovação do plantio. A colheita inicia-se por volta dos 50 a 60 dias após o plantio, colhendo-

se as folhas com comprimento entre 10 a 15 cm de comprimento. Já sua produtividade pode variar de 30 a 50 t ha⁻¹ (BRASIL, 2010).

2.4 Biofortificação

Muitas recomendações nutricionais para o bem-estar humano e prevenção de doenças destacam uma alimentação com base no consumo de frutas frescas e vegetais (WANG; SIKAND; WONG, 2016). O crescente interesse em vegetais frescos enriquecidos com elementos minerais tem incentivado a intensa atividade de pesquisa com foco na elaboração de protocolos de aplicação adequados (BUTURI *et al.*, 2021).

Nesse panorama, tem-se a biofortificação, que se caracteriza como uma estratégia que vem sendo cada vez mais empregada para incrementar um ou mais compostos ou minerais, de modo a melhorar o potencial nutricional ou funcional dos alimentos (SALTZAN *et al.*, 2013). Essa prática pode ser realizada de duas maneiras: a agronômica e a genética, que pode ser feita por meio de melhoramento convencional ou por métodos transgênicos (WHITE; BROADLEY, 2009; TIMPANARO *et al.*, 2020).

Por sua vez, a biofortificação agronômica é tida como a melhor opção e pode ser definida como a prática de adição de nutrientes à planta pela adubação via solo ou foliar (SALTZMAN *et al.*, 2013). Tal técnica se apresenta como uma solução de rápida e fácil de amenizar a deficiência de micronutrientes (KHOSHGOFTARMANESH *et al.*, 2010), pois é feita através de técnicas mais simples de acumular ou estimular a produção de compostos específicos ao nível de planta (BUTURI *et al.*, 2020). Na maioria dos casos, esses alimentos são mais ricos em compostos do metabolismo especializado ou em minerais, com destaque para Ferro, Selênio, Iodo e Zinco (WHITE; BROADLEY, 2009; D'AMATO *et al.*, 2020).

A Biofortificação com Zn pode ser feita através da aplicação via solo ou via foliar, obtendo resultados positivos independente da forma de aplicação (DORE; KORI; MATH, 2018; KAMBOJ; MATHPAL, 2019; SANTOS, 2019). Segundo White e Broadley (2011), a diferença entre os métodos está no fato de que na aplicação via solo, as células radiculares apresentam altas concentrações do nutriente, muito superiores se comparadas às encontradas na parte aérea, podendo ocasionar toxicidade e, conseqüentemente, limitar a produtividade.

Apesar de haver poucos trabalhos com biofortificação de Zn em hortaliças folhosas, há uma preocupação em aumentar essa prática, uma vez que essas espécies possuem potencial para o maior acúmulo desse nutriente (CLEMENS, 2017). Além do potencial genético dessas

plantas, as concentrações de Zn em hortaliças folhosas são geralmente maiores do que em outros órgãos da planta, como em grãos, tubérculos e frutas, visto que os órgãos de reserva obtêm a maioria de seus minerais através do floema e o Zn é pouco móvel no floema (WHITE; BROADLEY, 2011).

Na literatura encontramos estudos de biofortificação de Zn em batata, repolho e canola, que mostraram que a aplicação de Zn no solo na forma de sulfato de Zn a $22,7 \text{ kg ha}^{-1}$ no plantio foi eficaz para o aumento da sua concentração em folhas de repolho e semente de canola (MAO *et al.*, 2014). Rugeles-Reyes *et al.* (2019), em seu estudo em biofortificação de rúcula, observaram que a aplicação de $1,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de Zn resultou em um maior teor de Zn nas folhas de rúcula, representando um aumento de 279% em relação ao controle e mostrando a eficácia das aplicações foliares como estratégia de biofortificação agrônômica para espécie. Lima, Nascimento e Sousa (2015), estudando biofortificação em couve, cenoura e quiabo, obtiveram aumento no teor nas espécies estudadas, respondendo positivamente ao aumento das doses, demonstrando que a prática de fertilização pode aumentar a disponibilidade de Zn para as plantas, principalmente na couve.

De forma geral, trabalhos de biofortificação com Zn têm apresentado resultados positivos. A aplicação desse nutriente na forma de sulfato de Zn é especialmente promissora no que diz respeito ao aumento da concentração de minerais nesses produtos vegetais (BUTURI *et al.*, 2021). Nesse sentido, essa pesquisa visa a biofortificação de hortaliças folhosas não convencionais.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido entre os meses de abril a agosto de 2019, na área experimental do setor de Olericultura da UFLA, localizada em Lavras, sul do estado de Minas Gerais (latitude de 21° 14' S, longitude 45° 00' W e altitude de 918,8 m). O clima da região, segundo a classificação climática de Köppen é Cwb mesotérmico, com inverno seco e verão chuvoso (ÁLVARES *et al.*, 2013).

3.1 Área experimental

O experimento foi instalado em casa de vegetação, com delineamento inteiramente casualizados (DIC), utilizando quatro repetições. O esquema fatorial utilizado foi 5 x 3 x 2, sendo cinco espécies folhosas de hortaliças não convencionais (capuchinha [*T. majus*], azedinha [*R. acetosa*], peixinho [*S. byzantina*], almeirão-de-árvore [*Lactuca cf canadensis L.*] e ora-pró-nobis [*Pereskia aculeata*]); três níveis de Zn (0 kg ha⁻¹, 2 kg ha⁻¹ e 10 kg ha⁻¹); e duas formas de aplicação (via solo e foliar), totalizando 120 vasos.

3.2 Propagação dos materiais

Os materiais para a propagação foram obtidos da coleção de germoplasma de hortaliças não convencionais da Universidade Federal de Lavras. *T. majus* e *L. cf canadensis* foram semeados em bandejas plásticas de 200 células em substrato comercial (Tropstrato HT Hortaliças, Vida Verde), *P. aculeata* foi multiplicada por estaquia a partir de meristema apical, enquanto *R. acetosa* e *S. byzantina* foram obtidos de rebentos de touceiras.

Após o desenvolvimento, as plantas foram transplantadas para vasos plásticos preenchidos com 4 dm³ de solo, com as seguintes características: pH (em H₂O) = 5,8; Al trocável = 0,04 cmol_c dm⁻³; H+Al = 1,47 cmol_c dm⁻³ Ca²⁺ = 0,76 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺ = 0,10 cmol_c dm⁻³; P- Mehlich = 0,15 mg dm⁻³; K⁺ = 9,18 mg dm⁻³; S= 37,48 mg dm⁻³; Matéria orgânica = 0,7 g Kg⁻¹; V = 37,60% ; Soma de bases = 0,88 cmol_c dm⁻³; CTC = 2,35 cmol_c dm⁻³; Argila= 340 g Kg⁻¹; Silte = 300 g Kg⁻¹; Areia= 360 g Kg⁻¹.

A correção da acidez do solo foi realizada com aplicação de carbonato de cálcio (PA) para elevar a saturação por bases a 80 %. O solo foi incubado por 15 dias, com umidade a 60% da capacidade de retenção de água. Não há recomendação de adubação para as espécies

utilizadas no estudo, dessa forma, optou-se por realizar a adubação baseando-se em Malavolta (1981). Os fertilizantes e doses utilizados foram ureia ($2,66 \text{ g vaso}^{-1}$), cloreto de potássio ($1,21 \text{ g vaso}^{-1}$), fosfato monoamônico ($4,47 \text{ g vaso}^{-1}$), sulfato de magnésio ($1,16 \text{ g vaso}^{-1}$), borax decahidratado ($0,019 \text{ g vaso}^{-1}$), sulfato de cobre ($0,025 \text{ g vaso}^{-1}$), sulfato de zinco ($0,1 \text{ g vaso}^{-1}$), sulfato de ferro ($0,1 \text{ g vaso}^{-1}$) e molibdato de sódio ($0,00101 \text{ g vaso}^{-1}$). O nitrogênio e o potássio foram aplicados de forma parcelada e os demais nutrientes em parcela única.

3.3 Suplementação de zinco

Após 22 dias de transplântio foram realizadas as aplicações de zinco, utilizado como fertilizante o sulfato de zinco. Na aplicação via solo a dose foi aplicada de forma única de acordo com os tratamentos: 0 kg ha^{-1} (controle), 2 kg ha^{-1} e 10 kg ha^{-1} . Para a aplicação via foliar o fertilizante foi diluído em 35 ml de água por vaso, sendo que a aplicação correspondente à dose 10 kg ha^{-1} foi parcelada em três aplicações com intervalo semanal, enquanto as demais foram realizadas de forma única no mesmo período da aplicação via solo.

Durante a condução do experimento as plantas foram irrigadas com uma lâmina total de $2,5 \text{ mm dia}^{-1}$ durante três períodos, e semanalmente foram realizadas capinas manuais nos vasos, para evitar competição com plantas invasoras.

As plantas foram colhidas de acordo com o tamanho comercial das folhas, sendo que, *R. acetosa* e *S. byzantina* foram colhidos aos 38 dias após o plantio, *T. majus* aos 77 dias após semeadura e 100 dias para *P. aculeata* (da produção das estacas a colheita) e *L. cf canadensis* (semeadura a colheita).

3.4 Medição do índice SPAD e ângulo HUE

A determinação do índice relativo de clorofila (Índice SPAD) foi realizada com auxílio de um clorofilômetro modelo SPAD-502. O método é caracterizado como não destrutivo. A análise foi realizada aos 35 dias após o transplântio, nas folhas completamente desenvolvidas do terço superior das plantas. A coloração foi determinada utilizando o colorímetro Konica Minolta CR-400, calibrado de acordo com o sistema CIE com medição de L^* , a^* e b^* (iluminante D65). Os disparos foram direcionados na porção mediana das folhas para a caracterização. As análises foram realizadas próximo à colheita, em função do maior tempo de

acúmulo do mineral nas plantas, quando seria possível identificar um possível efeito do Zn no parâmetro.

3.5 Altura e número de folhas

A altura foi aferida com a utilização de régua da base do solo até as folhas mais altas (o ápice). O número de folhas foi feito em contagem única para todas as espécies, contando-se todas as folhas.

3.6 Massa fresca e seca e umidade

Logo após a colheita, a parte aérea das plantas (folhas e flores) foi pesada para aferimento da massa fresca. Em sequência, todas as plantas foram lavadas individualmente em água corrente e enxaguadas com água destilada e colocadas individualmente em sacos de papel devidamente identificados. Todos os materiais foram transferidos para estufa de circulação forçada de ar, à temperatura de 65 °C, onde permaneceram até que as plantas atingissem peso constante. Após a secagem foi determinada a massa seca de cada planta e a umidade.

3.7 Avaliação nutricional

Para a determinação da concentração de Zn e demais nutrientes, as folhas desidratadas foram moídas individualmente em moinho tipo Willey, e para a determinação dos macro e micronutrientes foram utilizadas as metodologias descritas por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), a partir das amostras secas. Nitrogênio (N) - o método ‘Semi-micro-Kjeldahl’; Fósforo (P) - o método colorimétrico, utilizando-se do metavanadato de amônio; Potássio (K), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Zinco (Zn), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) – espectrometria de absorção atômica após digestão nítrico-perclórica; Enxofre (S) – turbidimetria do sulfato de bário, medida por espectofotometria.

3.8 Análises estatísticas

Os resultados foram analisados com observações de médias e desvio padrão, e submetidos à análise de variância. A precisão experimental foi analisada por meio do

coeficiente de variação (CV), e a análise estatística realizada com auxílio do software SISVAR[®] (FERREIRA, 2011). As médias qualitativas foram comparadas pelo teste de Scott e Knott (1974) a 5 % de probabilidade.

Os resultados também foram avaliados na análise fatorial exploratória usando o método dos componentes principais, sem rotação, para cada espécie. A análise fatorial exploratória foi feita por meio do desenvolvimento de scripts no software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2020) para uso público por meio do pacote MVar versão 2.1.2 (OSSANI; CIRILLO, 2020), com dados normalizados para cada hortaliça. O número de fatores foi escolhido com base na proporção explicada pelos autovalores dos mesmos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados da análise de variância para as características agronômicas revelam que para produção de massa fresca, número de folhas e massa seca, houve interação entre todos os fatores avaliados (espécies x doses x formas de aplicação), enquanto para o índice SPAD houve interação entre os fatores doses x espécies. Já na coloração representada pelo ângulo Hue a interação foi observada tanto em dose x espécie quanto em forma de aplicação x espécie e a de altura de planta apenas foram notadas diferenças significativas para os fatores independentes espécies e doses.

4.1 Resultados de produção

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 1, fica evidente que as hortaliças folhosas não convencionais estudadas, apresentam características intrínsecas e distintas entre si quanto à resposta às aplicações de Zn.

A produção de massa fresca em função das doses de Zn na espécie *R. acetosa*, independente da forma de aplicação, foi diretamente influenciada pelo aumento da dose (TABELA 1). Já no caso da *S. byzantina* e *P. aculeata*, independente do teor e da forma de aplicação, não houve influência, fato também observado na aplicação foliar para *L. cf. canadensis* e *T. majus* (TABELA 1). Entretanto, a aplicação via solo nas doses de Zn em *T. majus* proporcionou aumento na produção de massa fresca de 27,25 % para dose de 2 kg ha⁻¹ e 15,84% em na dose de 10 kg ha⁻¹, enquanto *L. cf. canadensis* na dose de 2 kg ha⁻¹ reduziu 29,90% a produção de massa fresca.

Essa redução na *L. cf. canadensis* provavelmente está relacionada ao acúmulo de Zn no xilema, uma vez que, em excesso, forma tampões que dificultam a ascensão da seiva bruta, o que implica na redução de massa seca e/ou massa verde (MALAVOLTA *et al.*, 1997; SANTOS, 2019).

Tabela 1 - Desdobramento das características agrônômicas: massa fresca (g planta⁻¹), número de folhas, massa seca (g planta⁻¹), umidade (%) em função das doses de Zn, forma de aplicação e espécies de hortaliças não convencionais.

Massa fresca	Via Solo			Via Foliar		
Espécies/Dose	0 kg ha⁻¹	2 kg ha⁻¹	10 kg ha⁻¹	0 kg ha⁻¹	2 kg ha⁻¹	10 kg ha⁻¹
<i>L. cf canadensis</i>	27,02 bA ^a	18,94 cB ^a	28,58 bA ^a	26,29 bA ^a	25,90 bA ^a	27,57 bA ^a
<i>P. aculeata</i>	9,59 cA ^a	14,80 cA ^a	15,09 cA ^a	9,95 cA ^a	8,82 cA ^a	13,04 cA ^a
<i>R. acetosa</i>	65,69 aB ^a	71,82 aB ^b	120,80 aA ^a	66,29 aC ^a	94,27 aB ^a	108,71 aA ^b
<i>S. byzantina</i>	7,93 cA ^a	12,53 cA ^a	9,62 cA ^a	8,30 cA ^a	11,47 cA ^a	10,65 cA ^a
<i>T. majus</i>	27,63 bB ^a	37,98 bA ^a	32,83 bA ^a	26,79 bA ^a	28,40 bA ^b	33,52 bA ^a
CV (%) = 15,39						
Nº de folhas	Via Solo			Via Foliar		
Espécies/Dose	0 kg ha⁻¹	2 kg ha⁻¹	10 kg ha⁻¹	0 kg ha⁻¹	2 kg ha⁻¹	10 kg ha⁻¹
<i>L. cf canadensis</i>	19,00 cA ^a	34,00 bA ^a	33,00 bA ^a	19,00 cA ^a	18,19 cA ^b	23,25 cA ^a
<i>P. aculeata</i>	12,75 cA ^a	11,88 cA ^a	14,00 cA ^a	12,93 cA ^a	12,00 cA ^a	13,31 cA ^a
<i>R. acetosa</i>	81,50 aB ^a	62,50 aC ^b	126,50 aA ^a	72,37 aB ^a	97,56 aA ^a	100,43 aA ^b
<i>S. byzantina</i>	14,75 cB ^a	38,93 bA ^a	25,00 cA ^a	15,75 cB ^a	22,00 cB ^b	33,94 bA ^a
<i>T. majus</i>	39,50 bB ^a	55,00 aA ^a	45,75 bA ^a	42,00 bB ^a	60,50 bA ^a	48,12 bB ^a
CV= 25,91 %						
Massa seca	Via Solo			Via Foliar		
Espécies/Dose	0 kg ha⁻¹	2 kg ha⁻¹	10 kg ha⁻¹	0 kg ha⁻¹	2 kg ha⁻¹	10 kg ha⁻¹
<i>L. cf canadensis</i>	3,14 cA ^a	2,03 cA ^b	3,03 cA ^b	2,64 cB ^a	3,32 cB ^a	4,34 cA ^a
<i>P. aculeata</i>	1,09 dA ^a	1,11 dA ^a	1,32 dA ^a	1,09 dA ^a	1,03 dA ^a	1,06 eA ^a
<i>R. acetosa</i>	8,86 aC ^a	11,27 aB ^a	15,93 aA ^a	8,67 aC ^a	12,24 aA ^a	10,21 aB ^b
<i>S. byzantina</i>	3,27 cA ^a	2,50 cA ^a	1,97 dA ^a	3,27 cA ^a	2,44 cA ^a	2,47 dA ^a
<i>T. majus</i>	5,30 bB ^a	7,72 bA ^a	7,98 bA ^a	5,71 bB ^a	6,73 bA ^a	7,42 bA ^a
CV= 15,64 %						
Umidade	Via Solo			Via Foliar		
Espécies/Dose	0 kg ha⁻¹	2 kg ha⁻¹	10 kg ha⁻¹	0 kg ha⁻¹	2 kg ha⁻¹	10 kg ha⁻¹
<i>L. cf canadensis</i>	85,36 bB ^a	88,56 bA ^a	88,38 aA ^a	85,36 bB ^a	88,89 aA ^a	87,89 bA ^a
<i>P. aculeata</i>	90,09 aA ^a	91,58 aA ^a	87,06 aB ^a	90,09 aA ^a	85,86 bB ^b	91,15 aA ^a
<i>R. acetosa</i>	86,38 bA ^a	86,25 bA ^a	87,14 aA ^b	86,38 bB ^a	88,20 bB ^a	90,42 aA ^a
<i>S. byzantina</i>	58,64 dB ^a	80,25 cA ^a	79,54 bA ^b	59,73 dB ^a	80,48 cA ^a	81,84 cA ^a
<i>T. majus</i>	80,05 cA ^a	79,65 cA ^a	79,65 bA ^a	80,04 cA ^a	79,84 cA ^a	78,84 dA ^a
CV= 1,96 %						

Letra minúscula na coluna compara os tratamentos, maiúscula na linha compara os tratamentos em cada forma de aplicação e minúscula sobrescrita compara os mesmos tratamentos nas formas de aplicação, sendo que em cada situação letras iguais não diferem entre si a 5% de probabilidade.

Fonte: Da autora (2021).

Para a forma de aplicação não há diferença para dose controle entre todas as espécies estudadas. Nota-se que no *L. cf canadensis*, *P. aculeata* e *S. byzantina* não apresentaram diferenças na forma de aplicação, também observado para *T. majus* na dose de 10 kg ha⁻¹ de Zn. Entretanto, para a *T. majus* (dose de 2 kg ha⁻¹ de Zn) e *R. acetosa* (dose de 10 kg ha⁻¹ de Zn) a aplicação via solo aumenta a produção de massa fresca em 25,22% e 23,81% respectivamente, quando comparado a via foliar.

L. cf. canadensis e *P. aculeata* não apresentaram diferenças para o número de folhas em função das doses aplicadas de Zn. Já em *S. byzantina* a dose de 10 kg ha⁻¹ de Zn via foliar aumentou em 44,38 (±4,41) % a quantidade de folhas comparadas aos tratamentos com aplicação foliar, enquanto na aplicação via solo, as doses de Zn promoveram um aumento médio de 51,55 (±14,92) % comparado à controle. Os valores relativos ao número de folhas de *S. byzantina* encontrados neste trabalho são superiores aos relatados por Batista *et al.* (2021), no qual os autores encontraram um número de 12 a 19 folhas (em padrão comercial) por planta. São superiores também aos de Lima *et al.* (2018), onde a média do número de folhas em padrão comercial aos 45 dias após o plantio foi de 14 folhas de *S. byzantina*.

Em *T. majus* a aplicação de Zn no solo e na dose foliar de 2 kg ha⁻¹ de Zn resultou em ganho no número de folhas. Em *R. acetosa* a aplicação via solo com dose de 2 kg ha⁻¹ de Zn reduziu em 23,31% o número de folhas, enquanto a dose de 10 kg ha⁻¹ de Zn aumentou em 35,57 % comparado ao tratamento controle. Já para a aplicação foliar as doses de Zn promoveram acréscimo médio de 26,87 (±1,49) % (TABELA 1). Os valores encontrados nesse trabalho para *R. acetosa* são semelhantes aos encontrados por Silva *et al.* (2018a) testando diferentes tipos de adubação e densidade de plantio, onde o número de folhas variou de 75,98 a 204,08 com uma média de 149 folhas em padrão comercial.

O aumento do número de folhas e da massa fresca ocorre porque o Zn está relacionado com o desenvolvimento da planta, uma vez que é necessário em várias atividades enzimáticas e na síntese de auxinas, que são hormônios vegetais envolvidos no crescimento da planta (HERNANDES *et al.*, 2009; DORE; KORI; MATH, 2018).

Menegatti *et al.* (2017), estudando doses de Zn em *Phaseolus Vulgaris* L., constatou que concentrações mais elevadas do nutriente resultaram em um aumento de folhas, esse fato foi atribuído a um possível resultado de algum estresse sofrido pela planta, o que ocasionou a geração de folhas novas, aumentando a área foliar e a capacidade fotossintética.

Para massa seca foi observado que o *L. cf canadensis* não apresenta diferença nas aplicações via solo, enquanto a aplicação foliar de 10 kg ha⁻¹ de Zn proporcionou maior teor de massa seca. *R. acetosa*, na aplicação de solo, promoveu um aumento em decorrência do aumento da dose, já para a aplicação foliar a dose de 2 kg ha⁻¹ de Zn obteve maior teor de massa seca. Valores estes, muito superiores aos encontrados por Lima (2015), que relatou 2,39 g planta⁻¹ de massa seca pra *R. acetosa* 35 dias após o transplântio.

T. majus obteve o mesmo comportamento independente da forma de aplicação, com as doses de Zn aumentando a massa seca. Já para o *S. byzantina* e *P. aculeata* não houve diferença significativa entre as doses de Zn (TABELA 1).

Hernandes *et al.* (2009) atestaram um aumento na massa seca nas culturas forrageiras, em um estudo que avaliou as doses de Zn e alegou que esse aumento se relaciona possivelmente com o efeito nutricional de Zn na planta, atuando como ativador enzimático de vários processos metabólicos, uma vez que plantas deficientes de Zn apresentam uma diminuição da síntese de proteínas associadas à diminuição das auxinas, decrescendo assim, a produção de massa seca. Esse processo também pode estar relacionado ao fato do Zn estar envolvido na divisão celular, que aumenta a produção de clorofila (SAMREEN *et al.*, 2013; TARIQ *et al.*, 2014; ZHU *et al.*, 2014).

A resposta quanto à forma de aplicação entre doses de Zn foi observado que em *L. cf canadensis* as doses de Zn via foliar proporcionaram maior teor de massa seca. *R. acetosa*, na dose de 10 kg ha⁻¹ de Zn via solo, aumentou a massa seca, enquanto nos demais tratamentos não houve diferença. Acontecimento também observado para as espécies *S. byzantina*, *T. majus* e *P. aculeata*, que não apresentaram diferença significativa entre as doses devido a forma de aplicação.

Assim como no presente trabalho, a literatura relata que os dois modos de aplicação de Zn apresentam resultados favoráveis em relação à massa seca em diferentes culturas, como a aplicação via solo em arroz (DORE; KORI; MATH, 2018), e para a aplicação foliar em rúcula (RUGELES-REYES *et al.*, 2019). A aplicação foliar pode se apresentar como vantagem, porém, os compostos à base de Zn usados devem ser altamente solúveis para penetrar rapidamente no apoplasto foliar, a fim de promover a translocação de Zn para órgãos alimentados com floema, evitando possíveis interferências com o metabolismo do mesofilo (BUTURI *et al.*, 2020).

Para a umidade é observado que em *L. cf canadensis* tanto na aplicação via solo, quanto na aplicação foliar, as doses de Zn provocaram um aumento na umidade. Para *P. aculeata* a dose de 10 kg ha⁻¹ via solo provocou uma diminuição na umidade, mas para a aplicação foliar a dose de 2 kg ha⁻¹ obteve o menor resultado. *R. acetosa* não apresentou diferença significativa na aplicação via solo, já na via foliar a dose 10 kg ha⁻¹ proporcionou o menor valor. Em *S. byzantina* as controle foram as que obtiveram menores valores em comparação às doses de Zn tanto na aplicação via solo, como na foliar. Já *T. majus* não apresentou diferença significativa.

Estes resultados mostram que a água é o maior componente das hortaliças, variando de 80 a 95% de sua composição (CHITARRA; CHITARRA, 2005). A umidade é um parâmetro importante, pois pode interferir na estabilidade (reações químicas, bioquímicas) e na textura das plantas (BOTREL *et al.*, 2020). Além disso, maiores teores de umidade são favoráveis ao desenvolvimento de microrganismos como fungos e leveduras (DANTAS *et al.* 2020), portanto, valores menores implicam em maior qualidade para a conservação das folhas.

Pelo desdobramento entre as doses x espécies, pode ser observado que nas doses 2 e 10 kg ha⁻¹ de Zn, *R. acetosa* apresentou o maior índice SPAD (TABELA 2), seguido por *S. byzantina*, *T. majus*, *L. cf. canadensis* e *P. aculeata*. Já o controle, a espécie *R. acetosa* também apresentou o maior índice SPAD, seguida por *S. byzantina*. A *T. majus*, *L. cf. canadensis* e *P. aculeata* não diferiram estatisticamente entre si. Os valores aqui encontrados para *R. acetosa* são superiores aos relatos por Lima (2015), cujo valor encontrado foi 36,60 SPAD.

Graciano *et al.* (2020), estudando biofortificação com Zn em alface crespa, observaram que a cada aumento de 1g ha⁻¹ nas doses de Zn houve um acréscimo constante nos valores do índice SPAD nas cultivares estudadas, podendo gerar folhas de melhor qualidade, uma vez que o teor de clorofila se relaciona com a atividade fotossintética e com o estado nutricional das plantas.

Com relação às espécies dentro das doses, pode ser observado que houve diferença apenas em *S. byzantina*, onde o controle e a dose de 2 kg ha⁻¹ de Zn apresentaram resultados semelhantes entre si, enquanto na dose de 10 kg ha⁻¹ o índice SPAD foi reduzido. Essa redução do índice SPAD em *S. byzantina* na dose de 10 kg ha⁻¹ pode estar relacionada ao fato de que o Zn em altas concentrações inibe o transporte de elétrons do fotossistema II, acarretando em diminuição na síntese de clorofila (CHALOUB *et al.*, 2005). Kayal *et al.* (2018), estudando a cultura da pimenta, também relataram tal diminuição, provavelmente em resposta à toxicidade de Zn.

Tabela 2 – Desdobramento do índice SPAD em função das doses x espécies de hortaliças não convencionais; e da coloração das folhas representado pelo ângulo Hue em função das espécies x dose e espécies x via de aplicação.

Índice SPAD			
Espécies/Dose	0 kg ha⁻¹	2 kg ha⁻¹	10 kg ha⁻¹
<i>L. cf canadensis</i>	25,48 cA	26,66 bA	27,59 bA
<i>P. aculeata</i>	22,82 cA	25,65 bA	26,83 bA
<i>R. acetosa</i>	47,99 aA	48,08 aA	48,14 aA
<i>S. byzantina</i>	32,55 bA	28,65 bA	23,94 bB
<i>T. majus</i>	27,67 cA	27,31 bA	27,99 bA
CV = 13,23 %			
Ângulo Hue			
Espécies/Dose	0 kg ha⁻¹	2 kg ha⁻¹	10 kg ha⁻¹
<i>L. cf canadensis</i>	103,17 cA	97,00 cB	98,45 cB
<i>P. aculeata</i>	96,89 dB	98,53 cB	103,28 bA
<i>R. acetosa</i>	105,53 bA	104,80 bA	102,85 bA
<i>S. byzantina</i>	101,62 cA	103,15 bA	99,06 cB
<i>T. majus</i>	108,76 aA	107,48 aA	107,68 aA
CV = 2,59 %			
Ângulo Hue			
Espécies/ Via aplicação	Solo	Foliar	
<i>L. cf canadensis</i>	99,04 cA	100,04 cA	
<i>P. aculeata</i>	101,08 cA	98,05 dB	
<i>R. acetosa</i>	103,54 bA	104,58 bA	
<i>S. byzantina</i>	100,82 cA	101,74 cA	
<i>T. majus</i>	108,59 aA	107,36 aA	
CV = 2,59 %			

Letra minúscula na coluna; maiúsculo na linha dentro da forma de aplicação; não diferem entre si a 5% de probabilidade.

Fonte: Da autora (2021).

Para o ângulo Hue o desdobramento entre espécies x doses revela que *R. acetosa* e *T. majus* não apresentaram diferença em função da dose aplicada, mas para *L. cf canadensis* o aumento da dose de Zn reduziu em média 6,73 ($\pm 2,05$) % o ângulo Hue. Já a dose de 10 kg ha⁻¹ de Zn em *P. aculeata* e *S. byzantina* promoveu, respectivamente, aumento e redução no ° Hue

das espécies. Para espécies x via de aplicação houve diferença significativa apenas no *P. aculeata*, em que a aplicação via solo aumentou a intensidade do ° Hue (TABELA 2).

De acordo com o sistema CIELAB, se o ângulo estiver entre 90° e 180°, quanto maior este for, mais verde será a folha. Por outro lado, quanto menor for, mais amarela ela será (TEIXEIRA, 2018). Os valores relatados neste trabalho foram inferiores aos encontrados para *P. aculeata* por Teixeira (2018), uma média de 119,37, e por Guimarães (2018), onde os valores variaram entre 113,34 e 126,09, com as folhas alternando entre o verde e o amarelo no ângulo Hue, condicionando uma cor atrativa ao consumidor. Tal variação de coloração também foi relatada para *P. aculeata* por Silva *et al.* (2018). Os valores de *L. cf canadensis* e *S. byzantina* também foram inferiores ao relatados por Teixeira (2018), com uma média de 121,13 e 119,86 respectivamente.

A variação do ângulo Hue pode ser explicada pelas características de cada espécie e pela quantidade de clorofila (pigmento responsável pela coloração verde das folhas), visto que para muitas plantas o Zn pode ser exigido para sintetizá-las (TAIZ *et al.*, 2017). Além disso, em caso de clorose por deficiência de Zn, há uma mudança da cor da folha do verde normal da clorofila para verde pálido e amarelo, ou até mesmo branco, devido a quantidade reduzida ou inexistente de clorofila (ALLOWAY, 2008).

Embora a altura de planta seja um caractere intrínseco às espécies, doses de Zn influenciaram diretamente na altura da espécie quando comparado com o controle. *P. aculeata* apresentou o maior tamanho (26,31 cm), sendo seguida por *T. majus* (21,28 cm) e *S. byzantina* (20,90 cm). Para a espécie *R. acetosa* foi encontrado o valor de 18,64 cm, enquanto *L. cf canadensis* (18,32cm) apresentaram o menor porte. Vale ressaltar que, em relação a *L. cf canadensis*, as doses de Zn influenciaram diretamente na altura da espécie, promovendo um aumento médio de 9,79 ($\pm 0,24$) % comparado ao tratamento controle.

Em hortaliças, a utilização de Zn também influenciou significativamente na altura das plantas, como demonstrado por Graciano *et al.* (2020) na cultura da alface e por Rivera-Martin *et al.* (2020) com a cultura do brócolis, onde a utilização combinada de Zn aplicado via solo e via foliar obteve o melhor resultado. Isso pode estar relacionado ao fato de que o Zn é necessário para a síntese de auxina, hormônio regulador de crescimento, mais especificamente o ácido 3-indolacético (AIA), tanto que plantas deficientes em Zn podem apresentar atrofiamento e ‘folha pequena’ (ALLOWAY, 2008; TAIZ *et al.*, 2017).

4.2 Análise nutricional

Os resultados da análise de variância para as características nutricionais revelaram que para os nutrientes N, P, Mg, S, Zn e Cu houve interação entre todos os fatores avaliados (espécies x dose x via de aplicação). Para Ca e Fe foi realizado o desdobramento entre espécie x via de aplicação e também em espécie x dose e para K houve interação entre espécie x dose e dose x via de aplicação.

Foram observadas diferenças significativas entre as espécies dentro de cada dose e de cada forma de aplicação onde os maiores teores de N foram observados nos controles, decrescendo à medida que se aumentou a dose de Zn, exceto para *Rumex acetosa* na dose de 10Kg ha⁻¹ aplicado via foliar (TABELA 3). Esse comportamento pode estar relacionado a possível característica de *R. acetosa* ser uma espécie boa em acumular nutrientes, dentre eles o N (LIMA, 2015; BAPTISTA *et al.*, 2019).

Tabela 3 - Desdobramento dos macronutrientes N, P, Mg e S em função das doses de Zn, forma de aplicação e espécies de hortaliças não convencionais. (continua)

N (g Kg ⁻¹)	----- Via Solo -----			----- Via Foliar -----		
	0 kg ha ⁻¹	2 kg ha ⁻¹	10 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	2 kg ha ⁻¹	10 kg ha ⁻¹
Espécies/Dose	0 kg ha⁻¹	2 kg ha⁻¹	10 kg ha⁻¹	0 kg ha⁻¹	2 kg ha⁻¹	10 kg ha⁻¹
<i>L. cf canadensis</i>	4,98 bA ^a	5,21 aA ^a	4,62 aB ^a	5,08 aA ^a	4,98 aA ^a	4,91 bA ^a
<i>P. aculeata</i>	4,23 dB ^a	4,76 bA ^a	4,34 bB ^a	4,05 cA ^a	4,35 bA ^a	4,28 cA ^a
<i>R. acetosa</i>	4,33 dA ^a	4,46 bA ^a	3,98 bA ^b	4,53 bB ^a	3,98 bC ^b	5,54 aA ^a
<i>S. byzantina</i>	4,73 cB ^a	5,32 aA ^a	5,14 aA ^a	5,06 aA ^a	5,17 aA ^a	4,61 cB ^b
<i>T. majus</i>	5,45 aA ^a	5,14 aA ^a	4,99 aA ^a	5,35 aA ^a	4,96 aA ^a	4,25 cB ^b
CV (%) = 6,64						
P (g Kg ⁻¹)	----- Via Solo -----			----- Via Foliar -----		
	0 kg ha ⁻¹	2 kg ha ⁻¹	10 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	2 kg ha ⁻¹	10 kg ha ⁻¹
Espécies/Dose	0 kg ha⁻¹	2 kg ha⁻¹	10 kg ha⁻¹	0 kg ha⁻¹	2 kg ha⁻¹	10 kg ha⁻¹
<i>L. cf canadensis</i>	0,28 dA ^a	0,30 dA ^a	0,30 cA ^a	0,28 cA ^a	0,31 bA ^a	0,32 cA ^a
<i>P. aculeata</i>	0,52 aB ^a	0,73 aA ^a	0,73 aA ^a	0,45 aB ^b	0,45 aB ^b	0,70 aA ^a
<i>R. acetosa</i>	0,37 cB ^a	0,51 bA ^a	0,49 bA ^b	0,36 bB ^a	0,39 aB ^b	0,58 bA ^a
<i>S. byzantina</i>	0,38 cA ^a	0,36 cA ^a	0,34 cA ^a	0,35 bA ^a	0,35 bA ^a	0,36 cA ^a
<i>T. majus</i>	0,43 bA ^a	0,38 cA ^a	0,35 cA ^a	0,36 bA ^a	0,37 bA ^a	0,38 cA ^a
CV (%) = 11,61						

Tabela 3 - Desdobramento dos macronutrientes N, P, Mg e S em função das doses de Zn, forma de aplicação e espécies de hortaliças não convencionais. (conclusão)

Mg (g Kg ⁻¹)	----- Via Solo -----			----- Via Foliar -----		
Espécies/Dose	0 kg ha ⁻¹	2 kg ha ⁻¹	10 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	2 kg ha ⁻¹	10 kg ha ⁻¹
<i>L. cf canadensis</i>	0,58 bA ^a	0,63 bA ^a	0,43 bB ^a	0,53 bA ^a	0,37 bB ^b	0,39 bB ^a
<i>P. aculeata</i>	1,14 aB ^a	1,31 aA ^a	1,02 aC ^a	1,17 aA ^a	0,99 aB ^b	1,08 aA ^a
<i>R. acetosa</i>	0,50 bA ^a	0,49 cA ^a	0,39 bB ^a	0,50 bA ^a	0,41 bA ^a	0,44 bA ^a
<i>S. byzantina</i>	0,26 cB ^a	0,35 dA ^a	0,43 bA ^a	0,26 cA ^a	0,33 bA ^a	0,36 bA ^a
<i>T. majus</i>	0,34 cA ^a	0,36 dA ^a	0,35 bA ^a	0,31 cA ^a	0,28 bA ^a	0,22 cA ^b
CV (%) = 12,42						
S (g Kg ⁻¹)	----- Via Solo -----			----- Via Foliar -----		
Espécies/Dose	0 kg ha ⁻¹	2 kg ha ⁻¹	10 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	2 kg ha ⁻¹	10 kg ha ⁻¹
<i>L. cf canadensis</i>	0,18 cA ^a	0,20 cA ^a	0,21 cA ^b	0,18 cB ^a	0,19 bB ^a	0,24 dA ^a
<i>P. aculeata</i>	0,26 bB ^a	0,31 bA ^a	0,25 bB ^b	0,27 bB ^a	0,29 bB ^a	0,35 bA ^a
<i>R. acetosa</i>	0,19 cA ^a	0,21 cA ^a	0,21 cA ^b	0,20 cB ^a	0,19 cB ^a	0,26 cA ^a
<i>S. byzantina</i>	0,19 cA ^a	0,19 cA ^a	0,17 dA ^b	0,19 cA ^a	0,21 cA ^a	0,23 dA ^a
<i>T. majus</i>	0,40 aA ^a	0,38 aA ^a	0,42 aB ^a	0,39 aA ^a	0,34 aB ^b	0,41 aA ^a
CV (%) = 7,69%						

Letra minúscula na coluna compara os tratamentos, maiúscula na linha compara os tratamentos em cada forma de aplicação e minúscula sobrescrita entre as mesmas doses em diferentes vias compara os mesmos tratamentos nas formas de aplicação, sendo que em cada situação letras iguais não diferem entre si a 5% de probabilidade.

Fonte: Da autora (2021).

Para os tratamentos com aplicação no solo nas espécies *T. majus* e *R. acetosa* e com aplicação foliar em *L. cf. canadensis* e *P. aculeata*, a aplicação de Zn não interferiu na concentração de nitrogênio. Em contrapartida a aplicação de 10 kg ha⁻¹ de Zn reduziu o teor de N das plantas de *S. byzantina* e *T. majus* na aplicação foliar e em *L. cf. canadensis* e *P. aculeata* para aplicação no solo.

Esses resultados são contrários aos de Guo *et al.* (2015) que, estudando diferentes doses e métodos de aplicação e Zn em arroz, mostraram uma clara relação significativa entre Zn e N, onde o efeito da aplicação desse nutriente se mostrou positiva, podendo o Zn aumentar significativamente o teor de N.

Segundo Guo *et al.* (2015) as relações entre Zn e nitrogênio não são bem descritas nas plantas. Porém, sabe-se que o Zn está ligado ao metabolismo do N, uma vez que está correlacionado com a atividade da redutase do nitrato (NR), e também da glutamina sintase

(GS) (BARRAMEDA-MEDINA *et al.*, 2017). Ademais, o Zn, é um constituinte dos ribossomos e da RNA polimerase (MARSCHNER, 2012), assim, ele afeta a biossíntese de algumas proteínas (GUO *et al.*, 2015) podendo afetar a concentração de nitrogênio.

A aplicação de Zn não influenciou o teor de fósforo de *L. cf. canadensis*, *S. byzantina* e *T. majus*. Esses resultados são semelhantes aos de Büll *et al.* (2008), onde as doses de Zn não influenciaram no teor de P em plantas de alho. Entretanto, em *P. aculeata* e *R. acetosa* a aplicação no solo aumentou o teor de P, nessas espécies apenas a dose de 10 kg ha⁻¹ de Zn via foliar aumentaram a concentração de P (TABELA 3). Essas espécies são descritas na literatura como espécies com altos teores de fósforo (BAPTISTA *et al.*, 2021; SILVA; *et al.*, 2018). Porém, esses resultados são diferentes dos encontrados na literatura, onde é observado relações antagônicas entre os elementos. Malavolta *et al.* (1997) explicam que o P insolubiliza o Zn no xilema, diminuindo o transporte para a parte aérea, e que o excesso de Zn faz diminuir a absorção de P.

Para *R. acetosa*, *S. byzantina* e *T. majus* via foliar e *T. majus* via solo não houve diferença entre as doses de Zn inferindo no teor de Mg das folhas. Também é importante salientar que o teor de Mg observado nas doses de 10 kg ha⁻¹ via solo em *L. cf canadensis*, *P. aculeata* e *R. acetosa* e em *L. cf canadensis* via foliar reduz o teor de Mg (TABELA 3). O Zn pode inibir por competitividade a absorção de Mg, por se tratar de elementos com valência, raio iônico e grau de hidratação semelhantes (MOREIRA; MALAVOLTA. 2003).

Para *L. cf canadensis* e *R. acetosa* na aplicação via solo e *S. byzantina* independente da forma de aplicação não apresentaram diferença nas doses de Zn inferindo no teor de enxofre. Também é observado que a dose de 10 kg ha⁻¹ de Zn via foliar aumentam a dose de enxofre nas espécies avaliadas (TABELA 3). Baptista *et al.* (2021) relata a espécie *R. acetosa* como uma espécie com grande acúmulo de S em suas folhas, a espécie *T. majus* também é descrita como uma espécie com altos níveis de S (SILVA *et al.*, 2018b).

Os desdobramentos para os teores de potássio e cálcio estão apresentados na Tabela 4. *L. cf canadensis* e *T. majus* não apresentaram diferença para o teor de K em relação às doses de Zn. Em *P. aculeata* as doses de Zn reduziram a concentração de K nas folhas, enquanto em *R. acetosa* a dose de 10 kg ha⁻¹ apresentou a maior concentração de K do que os demais tratamentos. Outros autores relatam a *R. acetosa* como uma espécie com grande potencial de acúmulo de K, demandando uma quantidade maior desse nutriente em relação às demais (BAPTISTA *et al.*, 2019; BOTREL *et al.*, 2020; LIMA, 2015).

Tabela 4 - Desdobramento dos macronutrientes: K em função espécies x dose e via de aplicação x dose; e Ca em função espécies x via de aplicação e espécies x dose.

K (g Kg⁻¹)			
Espécies/Dose	0 kg ha⁻¹	2 kg ha⁻¹	10 kg ha⁻¹
<i>L. cf canadensis</i>	3,56 cA	3,40 bA	3,53 bA
<i>P. aculeata</i>	4,67 aA	4,10 aB	4,12 aB
<i>R. acetosa</i>	2,69 cB	2,74 cB	3,04 cA
<i>S. byzantina</i>	2,89 cA	2,68 cB	2,44 dC
<i>T. majus</i>	2,46 dA	2,45 dA	2,28 dA
Via/Dose	0 kg ha⁻¹	2 kg ha⁻¹	10 kg ha⁻¹
Solo	3,25 aA	2,95 bB	2,94 bB
Foliar	3,26 aA	3,20 aA	3,22 aA
CV (%) = 6,30			
Ca (g Kg⁻¹)			
Espécies/Via	Solo	Foliar	
<i>L. cf canadensis</i>	1,50 bA	1,47 bA	
<i>P. aculeata</i>	1,87 aA	1,69 aB	
<i>R. acetosa</i>	0,74 eA	0,76 eA	
<i>S. byzantina</i>	0,95 dA	0,91 dA	
<i>T. majus</i>	1,13 cA	1,22 cA	
Espécies/Dose	0 kg ha⁻¹	2 kg ha⁻¹	10 kg ha⁻¹
<i>L. cf canadensis</i>	1,55 bA	1,47 bA	1,43 aA
<i>P. aculeata</i>	2,14 aA	1,72 aB	1,48 aC
<i>R. acetosa</i>	0,70 dA	0,74 eA	0,81 dA
<i>S. byzantina</i>	0,80 dB	0,97 dA	1,02 cA
<i>T. majus</i>	1,17 cA	1,14 cA	1,22 bA
CV (%) = 9,60			

Letra minúscula na coluna; maiúscula na linha; não diferem entre si a 5% de probabilidade.

Fonte: Da autora (2021).

Também é possível observar que a aplicação foliar apresentou maior teor de K nas plantas comparadas à aplicação via solo, e que esse tipo de aplicação não causa diferença entre

os tratamentos. Isso pode estar relacionado com o fato de que na aplicação foliar esses nutrientes não precisam competir entre si, sendo fornecido diretamente, o que representa uma vantagem desse método (DI GIOIA *et al.*, 2019).

Para o cálcio, no desdobramento entre as espécies x via de aplicação, observou-se que a forma de aplicação não inferiu entre espécies, exceto para *P. aculeata*, na qual apenas a foliar reduziu o teor de Ca. Na interação entre espécies x doses é observado que *L. cf canadensis*, *R. acetosa* e *T. majus* não apresentaram diferença entre os tratamentos, enquanto em *S. byzantina* as doses de Zn aumentam o teor de Ca.

Já para *P. aculeata* o aumento da dose de Zn reduziu o teor de Ca nas folhas (TABELA 4). A redução de Ca e de K verificada em algumas espécies pode estar relacionada à competição, pois esses nutrientes compartilham os mesmos transportadores de membrana com o Zn, podendo interferir no teor dele nas plantas (DI GIOIA, 2019; RIETRA *et al.*, 2017).

A concentração de Zn e cobre nas folhosas não convencionais é apresentada na Tabela 5. Na aplicação via solo não foi observada diferença entre as espécies em função do aumento da dose de Zn, mas a aplicação foliar promoveu aumento significativo na concentração do nutriente. Em *L. cf canadensis* o aumento foi de 558,48% e 2433,67%; *P. aculeata* de 326,69% e 1601,96%; *R. acetosa* 669,19% e 4839,63%; *S. byzantina* de 909,67 e 5320,39% respectivamente nas doses de 2 e 10 kg ha⁻¹ de Zn comparado ao tratamento controle. Para *T. majus* o aumento da concentração de Zn (406,27 %) foi observado apenas na dose de 10 kg ha⁻¹ do produto.

Tabela 5 - Desdobramento dos micronutrientes Zn e Cu em função das doses de Zn, forma de aplicação e espécies de hortaliças não convencionais.

Zn (mg Kg ⁻¹)	----- Via Solo -----			----- Via Foliar -----		
	0 kg ha ⁻¹	2 kg ha ⁻¹	10 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	2 kg ha ⁻¹	10 kg ha ⁻¹
Espécies/Dose						
<i>L. cf canadensis</i>	18,55 aA ^a	19,98 aA ^b	18,83 aA ^b	18,74 aC ^a	104,66 bB ^a	456,07 cA ^a
<i>P. aculeata</i>	21,46 aA ^a	49,94 aA ^a	24,68 aA ^b	22,96 aC ^a	75,01 bB ^a	367,81 dA ^a
<i>R. acetosa</i>	25,01 aA ^a	31,91 aA ^b	31,77 aA ^b	25,51 aC ^a	170,71 aB ^a	1234,59 aA ^a
<i>S. byzantina</i>	22,32 aA ^a	18,09 aA ^a	14,92 aA ^b	21,82 aC ^a	198,49 aB ^b	1160,91 bA ^a
<i>T. majus</i>	34,42 aA ^a	20,84 aA ^a	38,12 aA ^b	34,92 aB ^a	27,59 cB ^a	141,87 eA ^a
CV (%) = 22,87%						
Cu (mg Kg ⁻¹)	----- Via Solo -----			----- Via Foliar -----		
	0 kg ha ⁻¹	2 kg ha ⁻¹	10 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	2 kg ha ⁻¹	10 kg ha ⁻¹
Espécies/Dose						
<i>L. cf canadensis</i>	1,36 dA ^a	1,45 cA ^a	0,78 cA ^a	1,33 dA ^a	1,13 cA ^a	0,82 dA ^a
<i>P. aculeata</i>	6,05 aB ^a	7,03 aA ^a	4,82 aC ^b	6,05 aB ^a	6,31 aB ^b	7,01 aA ^a
<i>R. acetosa</i>	4,05 bB ^a	5,22 bA ^a	5,27 aA ^a	4,00 bB ^a	4,49 bB ^b	5,81 bA ^a
<i>S. byzantina</i>	2,52 cA ^a	1,75 cB ^a	1,64 bB ^a	2,42 cA ^a	1,10 cB ^a	1,72 cB ^a
<i>T. majus</i>	2,42 cA ^a	2,10 cA ^a	2,06 bA ^a	2,48 cA ^a	1,82 cB ^a	1,50 cB ^a
CV (%) = 15,56 %						

Letra minúscula na coluna compara os tratamentos, maiúscula na linha compara os tratamentos em cada forma de aplicação e minúscula sobrescrita compara os mesmos tratamentos nas formas de aplicação, sendo que em cada situação letras iguais não diferem entre si a 5% de probabilidade.

Fonte: Da autora (2021).

A forma de aplicação do Zn interfere diretamente na absorção desse nutriente pela planta. Alguns trabalhos relatam vantagem na aplicação via solo de Zn (DORE; KORI; MATH, 2018), enquanto outros por via foliar (KAMBOJ; MATHPAL, 2019). Há ainda, os que relatam vantagens na combinação dos dois métodos (SANTOS, 2019).

Graciano *et al.*, (2020) observaram que a as doses de Zn aumentaram o teor desse nutriente em alface. O mesmo foi observado por Rugeles-Reyes *et al.* (2019), onde as doses de Zn aumentaram o teor desse nutriente em rúcula. Esses resultados apontam que o uso de Zn para biofortificação foi eficiente, aumentando o teor desse nutriente nas partes comestíveis.

O teor de cobre (TABELA 5) não foi influenciado pela aplicação de Zn em *L. cf canadensis* e na aplicação via solo em *T. majus*. Em *S. byzantina* as doses de Zn reduziram a concentração de Cu, fato também foram observados em *T. majus* pela aplicação foliar. Já para *P. aculeata* e *R. acetosa* o aumento da aplicação de Zn também favorece a concentração de Cu nas espécies.

O efeito antagônico Zn-Cu na aplicação via solo de Zn pode estar relacionado ao fato de que eles também possuem os mesmos transportadores de membrana. Já em outras espécies, o aumento no teor de cobre pode estar associado com o teor de Zn no solo, promovendo a perda da seletividade da membrana e gerando uma maior absorção de Cu, que será transferido para as folhas (SARMA *et al.*, 2006).

P. aculeata, *S. byzantina* e *T. majus* não apresentam diferença na concentração de ferro em função da forma e dose de Zn aplicada (TABELA 6). Para *L. cf canadensis* o teor de Fe reduz, enquanto em *R. acetosa* aumenta com a aplicação da dose suplementar de Zn. De Sousa *et al.* (2015), estudando biofortificação com Zn em hortaliças, também relataram que o aumento das doses de Zn reduziu o conteúdo de Fe em suas partes comestíveis. Além disso, essa redução pode estar relacionada à competição por locais de absorção nas raízes entre o Zn e Fe, afetando a absorção pela planta (ALOWAY, 2008).

Tabela 6 - Desdobramento do ferro (em mg Kg⁻¹) em função da forma de aplicação x espécies de hortaliças não convencionais e das doses de Zn x espécies de hortaliças não convencionais.

Espécies/Aplicação	Solo		Foliar
<i>L. cf canadensis</i>	251,25 aA		163,62 bB
<i>P. aculeata</i>	142,68 bA		142,46 bA
<i>R. acetosa</i>	291,99 aB		383,17 aA
<i>S. byzantina</i>	252,87 aA		311,82 aA
<i>T. majus</i>	168,91 bA		154,09 bA
Espécies/Dose	0 kg ha⁻¹	2 kg ha⁻¹	10 kg ha⁻¹
<i>L. cf canadensis</i>	288,37 bA	139,18 bB	194,75 bB
<i>P. aculeata</i>	170,34 bA	139,70 bA	117,67 bA
<i>R. acetosa</i>	247,68 aB	361,15 aA	403,91 aA
<i>S. byzantina</i>	294,71 aA	279,77 aA	272,54 bA
<i>T. majus</i>	149,60 bA	139,32 bA	195,58 bA
CV (%) = 46,61			

Letra minúscula na coluna; maiúsculo na linha; não diferem entre si a 5% de probabilidade.

Fonte: Da autora (2021).

4.3 Análise fatorial exploratória

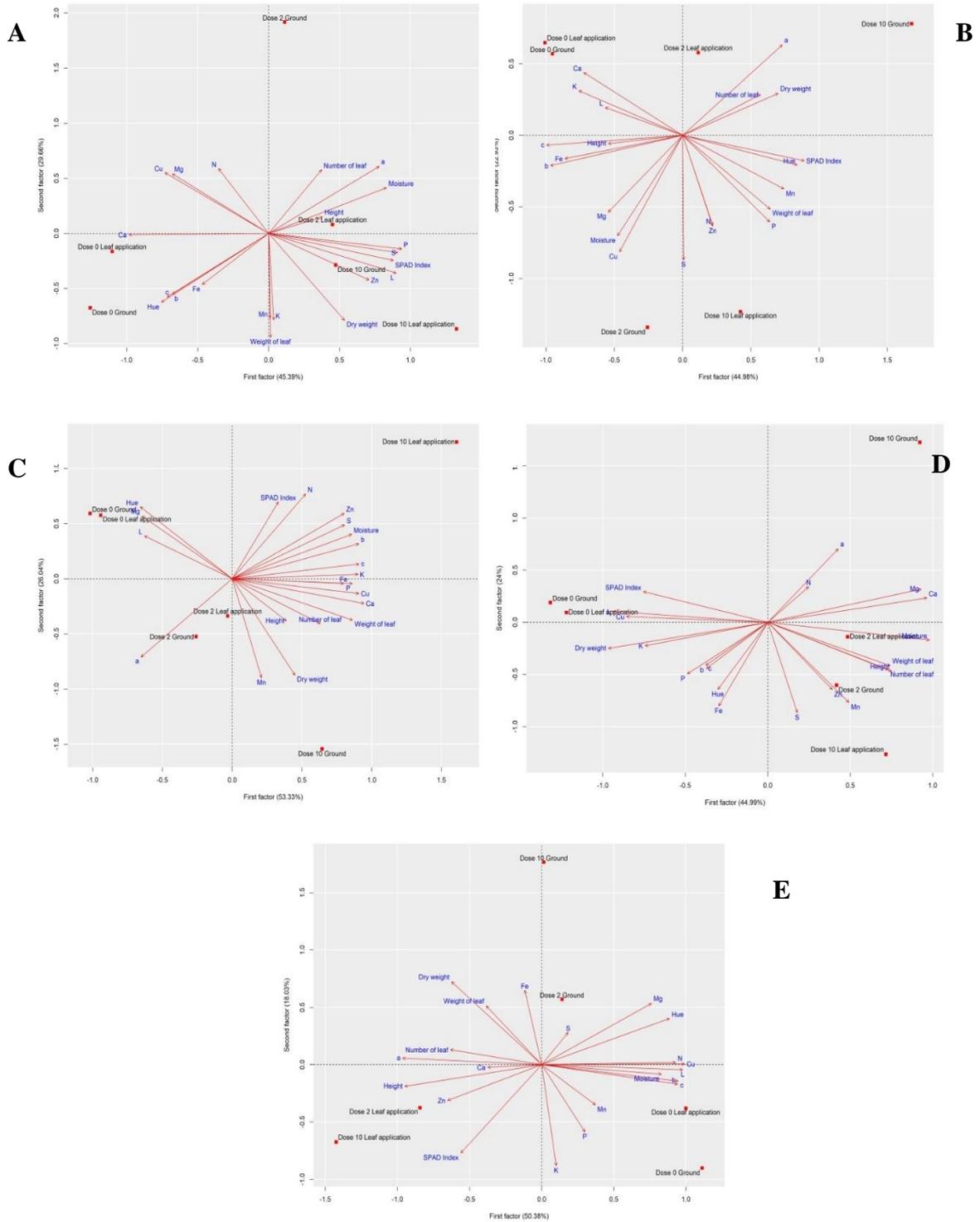
As correlações entre as variáveis e os fatores são mais bem visualizadas na Figura 1, na qual observa-se que, devido aos fortes e altas cargas e as fortes comunalidades entre as variáveis, os fatores da análise fatorial destacam alguns dos 21 atributos avaliados. O distanciamento entre tratamentos se diferencia e se distribui nos quadrantes.

O Coeficiente de Carga Fatorial (CCF) foi classificado em fraca carga fatorial ($0,0 \leq \text{CCF} < 0,3$), baixa carga fatorial ($0,3 \leq \text{CCF} < 0,5$), moderada carga fatorial ($0,5 \leq \text{CCF} < 0,7$), alta carga fatorial ($0,7 \leq \text{CCF} < 0,9$) e forte carga fatorial ($0,9 \leq \text{CCF} < 1,0$).

Diante disso, a espécie *Lactuca cf canadensis* L. apresenta destaque no Fator 1 (45,39%) para os dados nutricionais como o P (0,939), S (0,911) e Zn (0,708) em oposição a Ca (-0,987) e Cu (-0,732), e para o Fator 2 (29,66 %) para dados agronômicos como número de folhas (0,577) em oposição a massa fresca (-0,947) e massa seca (-0,791), com comunalidade de 75,05% (Tabela 7A). As doses de 2 kg ha⁻¹ de Zn aplicado no solo apresenta maior distanciamento entre os pontos; enquanto a dose 2 kg ha⁻¹ de Zn via foliar se aproxima as doses de 10 kg ha⁻¹ de Zn e em sentido oposto aos tratamentos sem aplicação suplementar de Zn

(FIGURA 1A). O teor de Zn tende a uma associação com a dose 10 kg ha^{-1} foliar, mostrando uma relação positiva entre essa dose e o teor desse nutriente nessa e também nas outras espécies.

Figura 1 - Caracteres agronômicos e nutricionais em função dos tratamentos doses de Zn, forma de aplicação e espécies de hortaliças folhosas não convencionais A) *Lactuca cf canadensis* L.; B) *P. aculeata*; C) *R. acetosa*; D) *S. byzantina* e; E) *T. majus*



Fonte: Da autora (2021).

Em *P. aculeata* destaca-se no Fator 1 (44,98%) o índice SPAD (0,892) e ângulo Hue (0,840) em oposição aos nutrientes Fe (-0,862), K (-0,760) e Ca (-0,725), já no Fator 2 (22,93%) os dados nutrientes S (-0,870), Cu (-0,814), Zn (-0,634), N (-0,629) e P (-0,604) (Tabela 7B). A comunalidade na Figura 1B foi de 67,92% e foi observado o distanciamento entre os tratamentos, em que a dose de 2 kg ha⁻¹ de Zn via solo e 10 kg ha⁻¹ de Zn via foliar apresentam uma maior aproximação; assim como a dose de 10 kg ha⁻¹ via solo e a dose de 2 kg ha⁻¹ de Zn via foliar. Os tratamentos controles (0 kg ha⁻¹ de Zn) se aproximam do teor de Ca, corroborando com os resultados anteriores onde o aumento da dose provoca uma diminuição do teor de Ca nessa espécie.

Em *R. acetosa* o Fator 1(53,33%) apresenta dados nutricionais associados aos dados agronômicos, sendo Ca (0,945), Cu (0,908), K (0,902), P (0,862), S (0,806) e Zn (0,803), massa fresca (0,863), teor de umidade das folhas (0,857) e número de folhas (0,631) com alta carga fatorial; já no Fator 2 (26,04 %) as altas cargas são observadas no índice SPAD (0,699) em oposição a massa seca (-0,877) e teor de Mn (-0,899) (TABELA 7C). Na Figura 2C observa-se comunalidade de 79,38% e distanciamento entre os pontos, em que as doses se diferenciam e se distribuem nos quadrantes. Nota-se uma aproximação entre o tratamento controle e entre as doses de 2 kg ha⁻¹ de Zn; já a 10 kg ha⁻¹ via foliar e via solo se destaca dos demais tratamentos por apresentar distanciamento opostos.

A comunalidade observada para a espécie *S. byzantina* foi de 68,86%, sendo que no Fator 1(44,99%) destaca-se as variáveis o teor de umidade (0,980), altura de planta (0,750), massa fresca (0,742), número de folhas (0,731), teor de Ca (0,964) e Mg (0,930) em oposição a massa seca (-0,968), índice SPAD (-0,755), Cu (-0,857) e K (-0,744); no Fator 2 (24 %) sendo S (-0,867), Fe (-0,802), Mn (-0,768) e ângulo Hue (-0,643) com alta carga fatorial (TABELA 7D). Na Figura 1D observa-se o distanciamento entre os tratamentos distribuem nos quadrantes, sendo enquanto as doses de 2 kg ha⁻¹ de Zn e 10 kg ha⁻¹ via foliar apresentam uma aproximação. Em oposição com os demais tratamentos à aplicação de Zn no solo com dose 10 kg ha⁻¹. As doses controle se aproximam do teor de Cu, pois como mostrado anteriormente, o aumento da dose de Zn diminui o teor desse elemento nessa espécie.

T. majus apresenta comunalidades de 68,41% e as fortes e altas cargas, sendo que no Fator 1 (50,38%) destaca-se as variáveis relacionadas a coloração da folha (L, b, c e ângulo Hue), teor de umidade (0,831), Cu (0,990), N (0,929) e Mg (0,762) em oposição a altura de planta (-0,950) (TABELA 7E); no Fator 2 (18,03%) a massa seca (0,723) oposto ao índice SPAD (-0,771) e K (-0,882).

Tabela 7 - Análise fatorial exploratória para as hortaliças. (continua)

(a) Hortaliça <i>Lactuca cf. indica</i> – Almeirão-de-árvore					(b) Hortaliça <i>Pereskia aculeata</i> – Ora-pró-nobis					(c) Hortaliça <i>Rumex acetosa</i> – Azedinha				
Variáveis	Fator 1	Fator 2	Comunalidades	Variâncias Específicas	Variáveis	Fator 1	Fator 2	Comunalidades	Variâncias Específicas	Variáveis	Fator 1	Fator 2	Comunalidades	Variâncias Específicas
Massa Fresca	0,013	0,947	0,897	0,103	Massa Fresca	0,642	-0,516	0,679	0,321	Massa Fresca	0,816	0,336	0,779	0,221
L	0,900	-0,361	0,940	0,060	L	-0,567	0,195	0,360	0,640	L	-0,629	-0,401	0,556	0,444
a	0,780	0,608	0,978	0,022	a	0,731	0,632	0,933	0,067	a	-0,649	0,724	0,944	0,056
b	-0,679	-0,551	0,764	0,236	b	-0,968	-0,212	0,981	0,019	b	0,903	-0,315	0,915	0,085
c	-0,716	-0,577	0,846	0,154	c	-0,997	-0,069	0,999	0,001	c	0,930	-0,091	0,874	0,126
Hue	-0,757	-0,625	0,963	0,037	Hue	0,840	-0,207	0,748	0,252	Hue	-0,671	-0,693	0,931	0,069
Massa Seca	0,536	-0,791	0,912	0,088	Massa Seca	0,701	0,293	0,577	0,423	Massa Seca	0,411	0,851	0,893	0,107
Umidade	0,832	0,414	0,864	0,136	Umidade	-0,476	-0,701	0,718	0,282	Umidade	0,846	-0,415	0,888	0,112
Altura	0,380	0,148	0,166	0,834	Altura	-0,544	-0,057	0,300	0,700	Altura	0,459	0,490	0,452	0,548
Número de Folha	0,374	0,577	0,473	0,527	Número de Folha	0,570	0,285	0,406	0,594	Número de Folha	0,688	0,243	0,533	0,467
Índice SPAD	0,880	-0,247	0,835	0,165	Índice SPAD	0,892	-0,177	0,826	0,174	Índice SPAD	0,339	-0,701	0,606	0,394
Ca	-0,987	-0,012	0,974	0,026	Ca	-0,725	0,439	0,718	0,282	Ca	0,911	0,199	0,869	0,131
Cu	-0,732	0,550	0,839	0,161	Cu	-0,462	-0,814	0,876	0,124	Cu	0,937	0,191	0,914	0,086
Fe	-0,468	-0,464	0,434	0,566	Fe	-0,862	-0,163	0,770	0,230	Fe	0,815	0,076	0,669	0,331
K	0,036	-0,786	0,620	0,380	K	-0,760	0,312	0,674	0,326	K	0,856	-0,087	0,740	0,260
Mg	-0,680	0,538	0,752	0,248	Mg	-0,545	-0,537	0,585	0,415	Mg	-0,589	-0,513	0,611	0,389
Mn	0,008	-0,770	0,593	0,407	Mn	0,742	-0,375	0,692	0,308	Mn	0,216	0,932	0,915	0,085
P	0,939	-0,141	0,902	0,098	P	0,638	-0,604	0,772	0,228	P	0,901	0,113	0,824	0,176
S	0,911	-0,174	0,860	0,140	S	0,008	-0,870	0,756	0,244	S	0,824	-0,461	0,892	0,108
Zn	0,708	-0,424	0,681	0,319	Zn	0,220	-0,634	0,450	0,550	Zn	0,815	-0,577	0,998	0,002
N	-0,354	0,587	0,471	0,529	N	0,221	-0,629	0,444	0,556	N	0,569	-0,721	0,843	0,157

Tabela 7 - Análise fatorial exploratória para as hortaliças. (continua)

(a) Hortaliça <i>Lactuca cf. indica</i> – Almeirão-de-árvore					(b) Hortaliça <i>Pereskia aculeata</i> – Ora-pró-nobis					(c) Hortaliça <i>Rumex acetosa</i> – Azedinha				
Variáveis	Fator 1	Fator 2	Comunalidades	Variâncias Específicas	Variáveis	Fator 1	Fator 2	Comunalidades	Variâncias Específicas	Variáveis	Fator 1	Fator 2	Comunalidades	Variâncias Específicas
Variância	9,532	6,229	15,761	-	Variância	9,447	4,816	14,262	-	Variância	11,275	5,370	16,645	-
% Variância	45,39	29,66	75,05	-	% Variância	44,98	22,93	67,92	-	% Variância	53,69	25,57	79,26	-
(d) Hortaliça <i>Stachys byzantina</i> – Peixinho					(e) Hortaliça <i>Tropaeolum majus</i> – Capuchinha									
Variáveis	Fator 1	Fator 2	Comunalidades	Variâncias Específicas	Variáveis	Fator 1	Fator 2	Comunalidades	Variâncias Específicas					
Massa Fresca	0,626	-0,550	0,694	0,306	Massa Fresca	-0,385	0,513	0,412	0,588					
L	-0,879	0,225	0,824	0,176	L	0,977	-0,044	0,957	0,043					
a	0,586	0,635	0,747	0,253	a	-0,965	0,056	0,935	0,065					
b	-0,508	-0,310	0,354	0,646	b	0,941	-0,169	0,915	0,085					
c	-0,509	-0,344	0,378	0,622	c	0,946	-0,144	0,916	0,084					
Hue	-0,424	-0,640	0,589	0,411	Hue	0,887	0,402	0,948	0,052					
Massa Seca	-0,986	-0,103	0,982	0,018	Massa Seca	-0,625	0,723	0,913	0,087					
Umidade	0,933	-0,322	0,973	0,027	Umidade	0,831	-0,083	0,697	0,303					
Altura	0,710	-0,594	0,856	0,144	Altura	-0,950	-0,190	0,938	0,062					
Número de Folha	0,709	0,462	0,716	0,284	Número de Folha	-0,633	0,130	0,418	0,582					
Índice SPAD	-0,687	0,352	0,596	0,404	Índice SPAD	-0,561	-0,771	0,909	0,091					
Ca	0,984	0,086	0,976	0,024	Ca	-0,375	-0,023	0,141	0,859					
Cu	-0,851	0,225	0,775	0,225	Cu	0,990	0,006	0,981	0,019					
Fe	-0,373	-0,756	0,710	0,290	Fe	-0,117	0,649	0,435	0,565					
K	-0,730	-0,158	0,557	0,443	K	0,101	-0,882	0,787	0,213					
Mg	0,958	0,189	0,953	0,047	Mg	0,762	0,535	0,866	0,134					
Mn	0,374	-0,861	0,881	0,119	Mn	0,373	-0,351	0,262	0,738					
P	-0,542	-0,383	0,441	0,559	P	0,300	-0,586	0,434	0,566					

Tabela 7 - Análise fatorial exploratória para as hortaliças. (conclusão)

(d) Hortaliça Stachys byzantina – Peixinho					(e) Hortaliça Tropaeolum majus – Capuchinha				
Variáveis	Fator 1	Fator 2	Comunalidades	Variâncias Específicas	Variáveis	Fator 1	Fator 2	Comunalidades	Variâncias Específicas
S	0,097	-0,886	0,794	0,206	S	0,184	0,281	0,113	0,887
Zn	0,342	-0,661	0,553	0,447	Zn	-0,652	-0,313	0,523	0,477
N	0,225	0,245	0,111	0,889	N	0,929	0,020	0,864	0,136
Variância	9,417	5,044	14,461	-	Variância	10,579	3,787	14,366	-
% Variância	44,84	24,02	68,86	-	% Variância	50,38	18,03	68,41	-

Fonte: Da autora (2021).

As relações e os comportamentos entre as variáveis estudadas se apresentaram de formas diferentes de acordo com as espécies estudadas. Em função desses resultados pode-se afirmar que a aplicação de Zn influencia os fatores estudados.

A aplicação de Zn também se mostra favorável para o aumento de características produtivas de muitas outras culturas, como o milho (WASAYA *et al.*, 2017), culturas leguminosas (PANDEY *et al.*, 2013), forrageiras (HERNANDES *et al.*, 2009) e algumas hortaliças (GRACIANO *et al.*, 2020).

As relações entre Zn e N são comumente estudadas para a biofortificação de trigo, onde o baixo fornecimento de N resulta em baixo teor de Zn em grãos de Trigo, enquanto o aumento da quantidade de N resulta em maiores teores de N no grão (XIA *et al.*, 2020). Essa correlação positiva também foi encontrada na cultura do milho, onde a aplicação conjunta de N e Zn se apresentou mais eficaz no aumento da concentração de Zn do que o Zn sozinho. Mostrando que plantas devidamente nutridas com N são capazes de usar Zn com maior eficiência (MANZEKE *et al.*, 2020).

Na cultura de trigo, a aplicação conjunta entre K e Zn se mostrou mais eficiente em aumentar o teor de Zn nesses grãos do que a aplicação de Zn sozinho, mostrando a sinergia entre esses dois nutrientes para esta cultura (WANG *et al.*, 2018). Essa mesma sinergia foi encontrada por Di Gioia (2019), onde o teor desse nutriente aumentou com o aumento das doses de Zn.

Outros nutrientes podem ter relações antagônicas com o Zn, como é o caso do fósforo. Zhang *et al.* (2017), estudando concentrações de P, notaram que esse nutriente implica em uma diminuição no teor de Zn em grãos de trigo. Além disso, outros nutrientes como Ca, Na e Cu podem afetar a disponibilidade de Zn, uma vez que eles possuem os mesmos transportadores de membrana (DI GIOIA *et al.*, 2019). No caso do Fe esse antagonismo pode ser explicado por distúrbios de quelação radicular e pela competição na entrada de células do xilema (ZHAO *et al.*, 2012).

A utilização de Zn para adubar hortaliças tem se mostrado uma boa estratégia para aumentar o teor desse elemento nas plantas, como em rúcula (RUGELES-REYES *et al.*, 2019), tomate (DU *et al.*, 2015), repolho, couve, quiabo (MAO *et al.*, 2014) e alface (BARRAMEDA-MEDINA *et al.*, 2017). No presente trabalho, as espécies responderam positivamente para o conteúdo de Zn nas folhas e para a maioria das variáveis estudadas, se mostrando boas espécies para trabalhos de biofortificação com este elemento e fazendo com que essas hortaliças sejam um meio de aumentar a ingestão de Zn pela população (WHITE *et al.*, 2018).

5 CONCLUSÕES

As espécies responderam de maneira distinta em função dos fatores estudados.

Para *Lactuca cf canadensis L.* a dose de 10 Kg ha⁻¹ aplicada via foliar, obteve melhores respostas em parâmetros de produção, como massa seca, e em parâmetros nutricionais como S e Zn.

Em *P. aculeata* a dose 10 Kg ha⁻¹ obteve melhores respostas para o ângulo Hue. Nos parâmetros de nutrição como P, Mg e Cu a dose de 2 kg ha⁻¹ obteve os melhores resultados, já para S e Zn a dose 10 Kg ha⁻¹ foliar obteve as melhores respostas.

A espécie *R. acetosa* obteve respostas positivas na dose de 10 Kg ha⁻¹ via solo e foliar quanto aos parâmetros de produção como massa seca e fresca e número de folhas. Para parâmetros nutricionais como N, P, S, K, Cu, Fe e Zn a dose de 10 Kg ha⁻¹ via foliar obteve os melhores resultados.

Para *S. byzantina* as doses 2 e 10 kg ha⁻¹ via solo obtiveram os melhores resultados para o número de folhas. Já para o teor de zinco as doses 2 e 10 kg ha⁻¹ via foliar obtiveram os melhores resultados.

Em *T. majus* as doses 2 e 10 kg ha⁻¹ via solo obtiveram os melhores resultados para parâmetros de produção como massa seca e fresca e número de folhas. Nos parâmetros nutricionais como S e Zn a dose de 10 kg ha⁻¹ via foliar obteve os melhores resultados.

REFERÊNCIAS

- ABREU, N. C. O.; DINIZ, J. C. As vantagens da introdução das plantas alimentícias não convencionais na alimentação dos beneficiários do bolsa família da estratégia saúde da família Bernardo Valadares, em Sete Lagoas-MG. **Revista Brasileira de Ciências da Vida**, [s.l.], v. 5, n. 4, p. 1-16, dez. 2017.
- ACEVEDO, D. *et al.* Propiedades funcionales del almidon de sagu (Maranta arundinacea). **Biotechnologia en el Aector Agropecuario y Agroindustrial**, [s.l.], v. 12, n. 2 p. 90-96, jul./dez. 2014.
- ALI, M. F. *et al.* Agronomic zinc bio-fortification in rice production systems. **Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology**, [s.l.], v. 22, p. 103-113, 2021.
- ALLOWAY, B. J. **Zinc in soils and crop nutrition**. 2. ed. France: IFA Brussels, 2008.
- ALMEIDA, M. E. F. de; CORRÊA, A. D. Utilização de cactáceas do gênero *Pereskia* na alimentação humana em um município de Minas Gerais. **Ciência Rural**, [s.l.], v. 42, n. 4, p. 751-756, abr. 2012.
- ALMEIDA, M. Non-conventional food plants of the family *Cactaceae*: a healthy food option. **EC Nutrition**. v.7, n.3, p.84-85, 2017.
- ARANTES, C. R. D. A. *et al.* Sombreamento e substrato na produção de mudas de *Lactuca canadensis*. **Iheringia, Série Botânica**, [s.l.], v. 74, n. 0, p. 2-5, mar. 2019.
- ASADA, K. The water-water cycle in chloroplasts: scavenging of active oxygens and dissipation of excess photons. **Annual Review of Plant Biology**, [s.l.], v. 50, n. 1, p. 601-639, 1999.
- BAE, J.-Y. *et al.* A Comparison between Water and Ethanol Extracts of *Rumex acetosa* for Protective Effects on Gastric Ulcers in Mice. **Biomolecules & Therapeutics**, [s.l.], v. 20, n. 4, p. 425-430, jul. 2012.
- BAHADORI, M. B. *et al.* The health benefits of three Hedgenettle herbal teas (*Stachys byzantina*, *Stachys inflata*, and *Stachys lavandulifolia*) - profiling phenolic and antioxidant activities. **European Journal of Integrative Medicine**, [s.l.], v. 36, 2020.
- BALEM, T. A. *et al.* As transformações alimentares na sociedade moderna: a colonização do alimento natural pelo alimento industrial. **Revista Espacios**, [s.l.], v. 38, n. 47, p. 1-5. jul. 2017.
- BARBOZA, L. N. *et al.* Prolonged diuretic activity and *calcium*-sparing effect of *Tropaeolum majus*: evidence in the prevention of osteoporosis. **Evidence-Based Complementary Alternative Medicine**, [s.l.], [s.v.], [s.n.], jun. 2014.
- BARRAMEDA-MEDINA, Y. *et al.* 2017. Zn-biofortification enhanced nitrogen metabolism and photorespiration process in green leafy vegetable *Lactuca sativa* L. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, [s.l.], v. 97, n. 6, p. 1828-1836, 2017.

- BARREIRA, T. F. *et al.* Diversidade e equitabilidade de Plantas Alimentícias Não Convencionais na zona rural de Viçosa, Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Viçosa, v. 17, n. 4, p. 964-974, 2015.
- BATISTA, D. S. *et al.* Organic fertilization in the production and chemical composition of non-conventional leafy vegetables. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia-GO, v. 51, p. 1-9, 2021.
- BAZYLKO, A. *et al.* Comparison of antioxidant, anti-inflammatory, antimicrobial activity and chemical composition of aqueous and hydroethanolic extracts of the herb of *Tropaeolum majus* L. **Industrial Crops and Products**, [s.l.], v. 50, p. 88-94. out. 2013.
- BLACK, R. E. *et al.* Maternal and child undernutrition: global and regional exposures and health consequences. **The Lancet**. [s.l.], v. 371, n. 9608, p. 243-260, 2008.
- BORGUINI, R. G. *et al.* Flores de capuchinha: uma hortaliça não-convencional rica em carotenoides. **Cadernos de Agroecologia**, [s.l.], v. 13, n. 1, 2018.
- BOTREL, N. *et al.* Valor nutricional de hortaliças folhosas não convencionais cultivadas no Bioma Cerrado. **Brazilian Journal of Food Technology**, [s.l.], v. 23, 2020.
- BRASIL, D. C. M. *et al.* Juice from leaves of cacti of the genus *Pereskia*: effect on the physiological parameters of Wistar rats. **Ciência Animal Brasileira**, [s.l.], v. 21, 2020.
- BRASIL. MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Hortaliças não convencionais: (tradicionais) / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.** Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. Brasília: MAPA/ACS, 2010. 52 p.
- BROADLEY, M. R. *et al.* Function of nutrients: micronutrients. In: MARSCHNER, P. (Ed.) **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. 3 ed. London: Academic Press, 2012. p. 191-248.
- BÜLL, L. T. *et al.* Doses de fósforo e zinco na cultura do alho em condições de casa de vegetação. **Bragantia**, [s.l.], v. 67, n. 4, p. 941-949, 2008.
- BUTURI, C. V. *et al.* Mineral Biofortification of Vegetables as a Tool to Improve Human Diet. **Foods**, [s.l.], v. 10, n. 2 p. 223, 2021.
- CASEMIRO, I. D. P.; VENDRAMIN, A. L. D. A.. Plantas alimentícias não convencionais no Brasil: o que a Nutrição sabe sobre este tema? **Demetra**, [s.l.], v. 15, p. 42725, 2020.
- CHALOUB, R. M.; De Magalhaes, C. C. P.; Dos Santos, C. P. Early toxic effects of zinc on psii of *Synechocystis aquatilis* F. *Aquatilis* (Cyanophyceae) 1. **Journal of Phycology**, [s.l.], v. 41, n. 6, p. 1162-1168, 2005.
- CHEN, X.-P. *et al.* Harvesting more grain zinc of wheat for human health. **Scientific Reports**, [s.l.], v. 7, n. 1, p. 1-8, 2017.

- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: Fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, 2005. 783 p.
- CLEMENS, S. How metal hyperaccumulating plants can advance Zn biofortification. **Plant and Soil**, [s.l.], v. 411, n. 1, p. 111-120, 2017.
- COMINETTI, C. *et al.* Funções plenamente Reconhecidas de Nutrientes: Zinco. São Paulo, SP. **ILSI BRASIL**, São Paulo, v. 7, p. 1-36, 2017.
- CORREIA, M. A. R. *et al.* Modos de aplicação de zinco na nutrição e no crescimento inicial da cultura do arroz. **Bioscience Journal**, [s.l.], v. 24, n. 4, 2008.
- CORTESE, R. *et al.* Alimentação na atualidade: reflexões sobre o consumo de alimentos geneticamente modificados. **Agroecología**, [s.l.], v. 12, n. 2, p. 71-79, 2017.
- D'AMATO, R. *et al.* Current knowledge on selenium biofortification to improve the nutraceutical profile of food: a comprehensive review. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s.l.], v. 68, n. 14, p. 4075-4097, 2020.
- DA SILVA, P. G. *et al.* Germinação e crescimento inicial de capuchinha em diferentes condições de cultivo. **Revista Brasileira de Agroecologia**, [s.l.], v. 13, n. 5, p. 240, 2018.
- DAS, S. K.; AVASTHE, R. K.; SINGH, M.; DUTTA, S.K.; ROY, A. Zinc in plant-soil system and management strategy. **Agrica**, [s.l.], v. 7, n. 1, p. 1-6, 2018.
- DE LIMA NETO, A. J.; NATALE W. Teor, acúmulo e eficiências nutricionais de nutrientes em porta-enxertos de caramboleira em substrato adubado com zinco. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, [s.l.], v. 9, n. 2, p. 236-243, 2014.
- DE SOUSA LIMA, F. *et al.* Zinc fertilization as an alternative to increase the concentration of micronutrients in edible parts of vegetables. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, [s.l.], v. 10, n. 3, p. 403-408, 2015.
- DE SOUZA, B. C. O. Q. *et al.* Biofortificação de mudas de cariru (*Talinum triangulare*) com zinco e seus benefícios ao crescimento e desenvolvimento. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, [s.l.], v. 64, 2021.
- DEL-VECHIO, G. *et al.* Efeito do tratamento térmico em sementes de abóboras (*Cucurbita* spp.) sobre os níveis de fatores antinutricionais e/ou tóxicos. **Ciência e Agrotecnologia**, [s.l.], v. 29, n. 2, p. 369-376, 2005.
- DERAKHSHANI, Z. *et al.* Effect of zinc application on growth and some biochemical characteristics of costmary (*Chrysanthemum balsamita* L.). **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 42, n. 20, p. 2493-2503, 2011.
- DI GIOIA, F. *et al.* Zinc and iron agronomic biofortification of Brassicaceae microgreens. **Agronomy**, [s.l.], v. 9, n. 11, p. 677, 2019.

- DORE, V. *et al.* Response of zinc application on growth, zinc content and grain yield of rice genotypes and correlation between zinc content and yield attributes of rice genotypes. **Indian Journal of Agricultural Research**, [s.l.], v. 52, n. 6, 2018.
- DOS ANJOS DANTAS, E. N. *et al.* Caracterização físico-química, microbiológica e sensorial de cocada adicionada de maxixe saborizada com polpa de frutas. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, [s.l.], v. 14, n. 2, p. 205-212, 2020.
- DU, Y. *et al.* Zinc uptake and distribution in tomato plants in response to foliar supply of Zn hydroxide-nitrate nanocrystal suspension with controlled Zn solubility. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, [s.l.], v. 178, n. 5, p. 722-731, 2015.
- EGBON, I. N. *et al.* Evolution of growth traits in invasive *Pereskia aculeata* (Cactaceae): testing the EICA hypothesis using its specialist herbivore, *Catorhintha schaffneri* (Coreidae). **Pest Management Science**, [s.l.], v. 76, n. 12, p. 4046-4056, 2020.
- FAZENDINHA EM CASA. **Ecosagro**. Página inicial. Disponível em <https://fazendinha.me/>. Acesso em: 03 jun. 2021.
- FERNANDES, L. *et al.* Uma perspectiva nutricional sobre flores comestíveis. **Acta Portuguesa de Nutrição**, [s.l.], v. 6, p. 32-37, 2016.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, p. 1039-1042, 2011.
- FONTES, P. C. R.; NICK, C. **Olericultura: teoria e prática**. 2 ed. Viçosa: UFV, 2019.
- FUKADA, T. *et al.* Zinc homeostasis and signaling in health and diseases. **JBIC Journal of Biological Inorganic Chemistry**, [s.l.], v. 16, n. 7, p. 1123-1134, 2011.
- GASPAROTTO JUNIOR, A. *et al.* Mechanisms underlying the diuretic effects of *Tropaeolum majus* L. extracts and its main component isoquercitrin. **Journal of Ethnopharmacology**, [s.l.], v. 141, n. 1, p. 501-509, 2012.
- GESCHER, K. *et al.* Oligomeric proanthocyanidins from *Rumex acetosa* L. inhibit the attachment of herpes simplex virus type-1. **Antiviral Research**, [s.l.], v. 89, n. 1, p. 9-18, 2011.
- GIBSON, R. S. J. P. Zinc deficiency and human health: etiology, health consequences, and future solutions. **Plant and Soil**, [s.l.], v. 361, n. 1, p. 291-299, 2012.
- GOMES, A. C. *et al.* O mercado institucional da compra de alimentos da agricultura familiar–PAA E PNAE–no território do Vale do Rio Pardo, RS/The institutional market for the purchase of family agriculture foods-PAA and PNAE-in the territory of the Vale do Rio Pardo, RS. **DRd-Desenvolvimento Regional em Debate**, [s.l.], v. 8, n. 1, p. 4-24, 2018.
- GRACIANO, P. D. *et al.* Agronomic biofortification with zinc in curly lettuce cultivars. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, [s.l.], v. 15, n. 4, p. 1-9, 2020.

- GUIMARÃES, J. R. de A. **Caracterização físico-química e composição mineral de *Pereskia aculeata* Mill., *Pereskia grandifolia* Haw. e *Pereskia bleo* (Kunth) DC.** 2018. 74 p. Tese (Doutorado em Horticultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp, Botucatu, 2018.
- GUO, J. *et al.* Effects of soil zinc availability, nitrogen fertilizer rate and zinc fertilizer application method on zinc biofortification of rice. **The Journal of Agricultural Science**, [s.l.], v. 154, n. 4, p. 584-597, 2016.
- HAMBIDGE, K. M. *et al.* Dietary reference intakes for zinc may require adjustment for phytate intake based upon model predictions. **The Journal of Nutrition**, [s.l.], v. 138, n. 12, p. 2363-2366, 2008.
- HAN, X. *et al.* Zinc fractions and availability to soybeans in representative soils of Northeast China. **Journal of Soils and Sediments**, [s.l.], v. 11, n. 4, p. 596-606, 2011.
- HANSEN, V. *et al.* Towards integrated cover crop management: N, P and S release from aboveground and belowground residues. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, [s.l.], v. 313, p. 107392, 2021.
- HERNANDES, A. Desenvolvimento e nutrição do Capim-Tanzânia em função da aplicação de zinco. **Scientia Agraria**, [s.l.], v. 10, n. 5, p. 383-389, 2009.
- HOJYO, S. *et al.* Zinc transporter SLC39A10/ZIP10 controls humoral immunity by modulating B-cell receptor signal strength. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, [s.l.], v. 111, n. 32, p. 11786-11791, 2014.
- JEN, M.; YAN, A. C. Syndromes associated with nutritional deficiency and excess. **Clinics in Dermatology**, [s.l.], v. 28, n. 6, p. 669-685, 2010.
- JUNQUEIRA, A. H.; PERLINE, E. A. Gosto, ideologia e consumo alimentar: práticas e mudanças discursivas sobre plantas alimentícias não convencionais-PANC. **Cadernos de Linguagem e Sociedade**, [s.l.], v. 20, p. 2, 2019.
- KACHINSKI, W. D. *et al.* Zinco no solo, na planta e a saúde humana: uma revisão. **Research, Society and Development**, [s.l.], v. 9, n. 7, p. e827973544-e827973544, 2020.
- KAMBOJ, S.; MATHPAL, B. J. P. A. Improving rice grain quality by foliar application of plant growth regulators under various mode of Zn application. **Plant Archives**, [s.l.], v. 19, n. 2, p. 2181-2184, 2019.
- KAYA, C. *et al.* Hydrogen sulfide regulates the levels of key metabolites and antioxidant defense system to counteract oxidative stress in pepper (*Capsicum annuum* L.) plants exposed to high zinc regime. **Environmental Science and Pollution Research**, [s.l.], v. 25, n. 13, p. 12612-12618, 2018.
- KHAN, S. M. R. *et al.* Ethno-veterinary practice for the treatment of animal diseases in Neelum Valley, Kashmir Himalaya, Pakistan. **Plos One**, [s.l.], v. 16, n. 4, p. e0250114, 2021.

KHOSHGOFTARMANESH, A. H. *et al.* Micronutrient-efficient genotypes for crop yield and nutritional quality in sustainable agriculture. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, [s.l.], v. 30, n. 1, p. 83-107, 2010.

KIASHI, F. *et al.* Compositions of essential oils and some biological properties of *Stachys laxa* Boiss. & Buhse and *S. byzantina* K. Koch. **Research Journal of Pharmacognosy**, [s.l.], v. 8, n. 2, p. 5-15, 2021.

KINUPP, V. F.; LORENZI, H. J. **Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC) no Brasil: guia de identificação, aspectos nutricionais e receitas ilustradas**. [s.l.]: Plantarum, 2014.

KOTA, S. *et al.* Evaluation of therapeutic potential of the silver/silver chloride nanoparticles synthesized with the aqueous leaf extract of *Rumex acetosa*. **Scientific Reports**, [s.l.], v. 7, n. 1, p. 1-11, 2017.

KUMSSA, D. B. *et al.* Dietary calcium and zinc deficiency risks are decreasing but remain prevalent. **Scientific Reports**, [s.l.], v. 5, n. 1, p. 1-11, 2015.

KUNKEL, G. **Plants for human consumption Koenigstein**. Koeltz Scientific Books in English, 1984.

KUTMAN, U. B., *et al.* Effect of nitrogen on uptake, remobilization and partitioning of zinc and iron throughout the development of durum wheat. **Plant and Soil**, v. 342, n. 1, p. 149-164, 2011.

LIMA, L. F. *et al.* Mineral nutrition, planting density, biometric and phenological characterization of the lamb's ear. **Magistra**, [s.l.], v. 29, n. 2, p. 192-199, 2018.

LIMA, M. A. S. S. **Azedinha (*Rumex acetosa* L.): caracterização morfológica, requerimento nutricional e qualidade sensorial**. 2015. 106 p. Dissertação (Mestrado em Agroecologia e Desenvolvimento Rural) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2015.

LIMA, M. A. S. *et al.* Caracterização morfológica de azedinha (*Rumex acetosa* L.) (*Polygonaceae*) em ambiente controlado. **Brazilian Journal of Development**, [s.l.], v. 6, n. 7, p. 46851-46868, 2020.

LIU, D. *et al.* Agronomic approach of zinc biofortification can increase zinc bioavailability in wheat flour and thereby reduce zinc deficiency in humans. **Nutrients**, [s.l.], v. 9, n. 5, p. 465, 2017.

LIVINGSTONE, C. Zinc: physiology, deficiency, and parenteral nutrition. **Nutrition in Clinical Practice**, [s.l.], v. 30, n. 3, p. 371-382, 2015.

MADEIRA, N. R. *et al.* **Manual de produção de hortaliças tradicionais**. Embrapa Hortaliças-Livro técnico (INFOTECA-E), 2013.

MAKAROV, V. V. *et al.* Biosynthesis of stable iron oxide nanoparticles in aqueous extracts of *Hordeum vulgare* and *Rumex acetosa* plants. **Langmuir**, [s.l.], v. 30, n. 20, p. 5982-5988, 2014.

- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 2006. 638p.
- _____. **Manual de química agrícola: Adubos e adubações**. 3.ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 596 p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA S. A. *et al.* **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1997.
- MANZEKE, M. G. *et al.* Nitrogen effect on zinc biofortification of maize and cowpea in Zimbabwean smallholder farms. **Agronomy Journal**, [s.l.], v. 112, n. 3, p. 2256-2274, 2020.
- MAO, H. *et al.* Using agronomic biofortification to boost zinc, selenium, and iodine concentrations of food crops grown on the loess plateau in China. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, [s.l.], v. 14, n. 2, p. 459-470, 2014.
- MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. J. V. **Fisiologia Vegetal**. Viçosa: UFV, 2009.
- MARSCHNER, H. **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. Academic Press, 2011.
- MARTINEVSKI, C. S. *et al.* Utilização de bertalha (*Anredera cordifolia* (TEN.) Steenis) e ora-pro-nobis (*Pereskia aculeata* Mill.) na elaboração de pães. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 24, n. 3, p. 272, 2013.
- MAZIERO, C. C. S. *et al.* A influência dos locais de refeição e de aquisição de alimentos no consumo de frutas e hortaliças por adultos no município de São Paulo. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, [s.l.], v. 20, p. 611-623, 2017.
- MENEGATTI, R. D. *et al.* Diferentes concentrações de zinco no desenvolvimento de plantas de *Phaseolus vulgaris* L. **Evidência**, [s.l.], v. 17, n. 1, p. 23-32, 2017.
- MICHALSKA, K. *et al.* Sesquiterpene lactones from *Lactuca canadensis* and their chemotaxonomic significance. **Phytochemistry**, [s.l.], v. 90, p. 90-94, 2013.
- MONGE, M. *et al.* Two new records of *Lactuca* L. (Cichorieae, Asteraceae) in South America. **Revista Brasileira de Biociências**, [s.l.], v. 14, n. 2, 2016.
- MORAES, T. *et al.* Potencial antioxidante da espécie *pereskia aculeata miller*: uma análise bibliométrica. **Brazilian Journal of Surgery and Clinical Research – BJSCR**, [s.l.], v, 29, n. 1, p. 79-85, dec. 2019.
- MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E. **Interação magnésio e manganês e magnésio e zinco no teor e conteúdo de óleo e de proteína em quatro cultivares de soja**. Embrapa Amazônia Ocidental. Artigo em anais de congresso (ALICE). Ribeirão Preto, v. 29, 2003.
- MUTHAYYA, S. *et al.* The global hidden hunger indices and maps: an advocacy tool for action. **PloS one**, [s.l.], v. 8, n. 6, p. e67860, 2013.
- NASCIMENTO, J. S. *et al.* Intercropping with *Tropaeolum majus* and fertilization with chicken manure on yield of *Allophylus edulis*. **Revista Ceres**, [s.l.], v. 66, n. 5, p. 351-362, 2019.

NAVARRO-GONZÁLEZ, I. *et al.* Nutritional composition and antioxidant capacity in edible flowers: characterisation of phenolic compounds by HPLC-DAD-ESI/MSn. **International Journal of Molecular Sciences**, [s.l.], v. 16, n. 1, p. 805-822, 2015.

NIU, J. *et al.* Effects of foliar fertilization: a Review of current status and future perspectives. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, [s.l.], p. 1-15, 2020.

OLIVEIRA, D. D. C. D. S. *et al.* Composição mineral e teor de ácido ascórbico nas folhas de quatro espécies olerícolas não-convencionais. **Horticultura Brasileira**, [s.l.], v. 31, n. 3, p. 472-475, 2013.

OLIVEIRA, L. C. P. *et al.* Efeito da adubação silicatada em hortaliças não convencionais. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, [s.l.], v. 19, n. 2, p. 224-229, 2020.

OLIVEIRA, L. C. P. *et al.* Silicate fertilization in non-conventional vegetables in the southern region of Minas Gerais in Brazil. **Revista Ceres**, [s.l.], v. 66, n. 6, p. 470-478, 2019.

OSSANI, P.C.; CIRILLO, M.A. MVar.pt: Análise multivariada (brazilian portuguese). 2020. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/MVar.pt/>. R package version 2.1.2. Acesso em: 10 abr. 2021.

PANDEY, N. *et al.* Foliar application of Zn at flowering stage improves plant's performance, yield and yield attributes of black gram. **Indian J Exp Biol.**, [s.l.], v. 51, n. 7: p. 548-555, 2013.

POTARZYCKI, J. Effect of magnesium or zinc supplementation at the background of nitrogen rate on nitrogen management by maize canopy cultivated in monoculture. **Plant, Soil and Environment**, [s.l.], v. 57, n. 1, p. 19-25, 2011.

PRADO, R. de M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: UNESP, 2008.

PRASAD, A. S. Discovery of human zinc deficiency: its impact on human health and disease. **Advances in Nutrition**, [s.l.], v. 4, n. 2, p. 176-190, 2013.

QAMAR, H. M.-U.-D. *et al.* Vascular mechanisms underlying the hypotensive effect of *Rumex acetosa*. **Pharmaceutical Biology**, [s.l.], v. 56, n. 1, p. 225-234, 2018.

QUEIROZ, C. R. A. D. A. *et al.* Growing *Pereskia aculeata* under intermittent irrigation according to levels of matric potential reduction. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, [s.l.], v. 45, n. 1, p. 1-8, 2015.

RESENDE, G. M. *et al.* Resposta da alface tipo americana a doses e épocas de aplicação foliar de zinco. **Revista Caatinga**, [s.l.], v. 18. 2005.

RESENDE, G. M.; YURI, J. E.; de SOUZA R. J. Épocas de plantio e doses de zinco em alface tipo americana. **Horticultura Brasileira**, [s.l.], v. 26, n. 4, p. 510-514, 2008.

RIETRA, R. P. J. J. *et al.* Effects of nutrient antagonism and synergism on yield and fertilizer use efficiency. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, [s.l.], v. 48, n. 16, p. 1895-1920, 2017.

- RIVERA-MARTIN, A. *et al.* Soil and foliar zinc biofortification of broccolini: effects on plant growth and mineral accumulation. **Crop and Pasture Science**, [s.l.], v. 71, n. 5, p. 484-490, 2020.
- RUGELES-REYES, S. M. *et al.* Foliar application of zinc in the agronomic biofortification of arugula. **Food Science and Technology**, [s.l.], v. 39, n. 4, p. 1011-1017, 2019.
- SADEGHZADEH, B. A review of zinc nutrition and plant breeding. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, [s.l.], v. 13, n. 4, p. 905-927, 2013.
- SALTZMAN, A. *et al.* Biofortification: progress toward a more nourishing future. **Global Food Security**, [s.l.], v. 2, n. 1, p. 9-17, 2013.
- SAMREEN, T. *et al.* Zinc effect on growth rate, chlorophyll, protein and mineral contents of hydroponically grown mungbeans plant (*Vigna radiata*). **Arabian Journal of Chemistry**, [s.l.], v. 10, p. 1802-1807, 2017.
- SANTOS, A. P. D. **Resposta de plantas forrageiras a adubação com zinco**. 2019. 61 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Santa Catarina, 2019.
- SARMA, M. *et al.* Toxic heavy metal stress in paddy: metal accumulation profile and development of a novel stress protein in seed. **Indian Journal of Plant Physiology**, [s.l.], v. 11, n. 3, p. 227, 2006.
- SIFUENTES-PALLAORO, D. *et al.* Effects of humus and shading levels in the production of *Lactuca canadensis* L. seedlings. **Acta Agronómica**, [s.l.], v. 69, n. 1, p. 32-37, 2020.
- SILVA, D. O. *et al.* Phenological and physicochemical properties of *Pereskia aculeata* during cultivation in south Brazil. **Horticultura Brasileira**, [s.l.], v. 36, n. 3, p. 325-329, 2018.
- SILVA, E. C. D. *et al.* Characterization of two types of azedinha in the region of Sete Lagoas, Brazil. **Horticultura Brasileira**, [s.l.], v. 31, n. 2, p. 328-331, 2013.
- SILVA, L. F. L. E. *et al.* Avaliação nutricional de caruru (*Amaranthus spp*). **Agrarian**, [s.l.], v. 12, n. 45, p. 411-417, 2019.
- SILVA, L. F. L. E. *et al.* Nutritional characterisation and grouping of unconventional vegetables in Brazil. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, [s.l.], v. 96, n. 4, p. 508-513, 2021.
- SILVA, L. F. L. E. *et al.* Nutritional evaluation of non-conventional vegetables in Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, [s.l.], v. 90, n. 2, p. 1775-1787, 2018.
- SILVA, L. F. L. *et al.* Mineral nutrition, planting density, biometric and phenological characterization of the lamb's ear. **Magistra**, [s.l.], v. 29, n. 2, p. 192-199, 2018.
- SILVA, L. F. *et al.* Nutrição mineral, densidade de plantio, caracterização biométrica e fenológica de *Rumex acetosa* L. **Revista de Ciências Agrárias**, [s.l.], v. 41, n. 1, p. 129-137, 2018.

- SILVA, T. P. *et al.* Action of ethylene and 1-MCP on the quality of nasturtium flowers. Enhancing Supply Chain and Consumer Benefits-Ethical and Technological Issues 1194. *In: INTERNATIONAL POSTHARVEST SYMPOSIUM*, 2016, 8., [s.l.]. **Anais [...], [s.l.]**, 2016. p. 799-806.
- SOUZA, A. M. **Mapeamento de qtls para tolerância à murcha bacteriana (*Ralstonia solanacearum* Smith) em tabaco**. 2018. 42 p. Dissertação (Mestrado em Agricultura) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, PR, 2018.
- SOUZA, D. D. *et al.* Influence of irrigation, planting density and vegetative propagation on yield of rhizomes of starch the arrowroot. **Revista de Ciências Agrárias**, [s.l.], v. 41, n. 3, p. 683-691, 2018.
- SOUZA, G. A. de. **Biofortificação da cultura do trigo com zinco, selênio e ferro : explorando o germoplasma brasileiro**. 2013. 112 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.
- SOUZA, L. F. *et al.* *Pereskia aculeata* Muller (Cactaceae) Leaves: chemical composition and biological activities. **International journal of molecular sciences**, [s.l.], v. 17, n. 9, p. 1478, 2016.
- SOUZA, M. R. D. M. *et al.* Protein yield and mineral contents in *Pereskia aculeata* under high-density planting system. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, [s.l.], v. 50, 2020.
- SPAGNOL, W. A. *et al.* Redução de perdas nas cadeias de frutas e hortaliças pela análise da vida útil dinâmica. **Brazilian Journal of Food Technology**, [s.l.], v. 21, 2018.
- STEIN, A. J. *et al.* Analyzing the health benefits of biofortified staple crops by means of the disability-adjusted life years approach: a handbook focusing on iron, zinc and vitamin A. 2005. **International Food Policy Research Institute (IFPRI) and International Center for Tropical Agriculture (CIAT)**, Washington, D.C. 2005.
- TAIZ, L. *et al.* **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2017.
- TARIQ, A. *et al.* Influence of zinc nutrition on growth and yield behaviour of maize (*Zea mays* L.) hybrids. **American Journal of Plant Sciences**, [s.l.], v. 2014, 2014.
- TIMPANARO, G. *et al.* Consumer behaviour of purchasing biofortified food products. **Sustainability**, [s.l.], v. 12, n. 16, p. 6297, 2020.
- TOFANELLI, M. B. D.; RESENDE, S. G. Sistemas de condução na produção de folhas de ora-pro-nobis. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, [s.l.], v. 41, n. 3, p. 466-469, 2011.
- TULER, A. C. *et al.* Plantas alimentícias não convencionais (PANC) na comunidade rural de São José da Figueira, Durandé, Minas Gerais, Brasil. **Rodriguésia**, [s.l.], v. 70, 2019.
- VALSALAM, S. *et al.* Rapid biosynthesis and characterization of silver nanoparticles from the leaf extract of *Tropaeolum majus* L. and its enhanced in-vitro antibacterial, antifungal, antioxidant and anticancer properties. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, [s.l.], v. 191, p. 65-74, 2019.

- VELU, G. *et al.* Biofortification strategies to increase grain zinc and iron concentrations in wheat. **Journal of Cereal Science**, [s.l.], v. 59, n. 3, p. 365-372, 2014.
- VIANA, M. M. S. *et al.* Composição fitoquímica e potencial antioxidante de hortaliças não convencionais. **Horticultura Brasileira**, [s.l.], v. 33, n. 4, p. 504-509, 2015.
- WANG, L. *et al.* Nutrition, diet quality, and cardiovascular health. **Molecular Basis of Nutrition and Aging**. [s.l.], p. 315-330, 2016.
- WANG, S. *et al.* Effects of combined foliar application of Zn with N, P, or K on Zn accumulation, distribution and translocation in wheat. **Journal of Plant Nutrition and Fertilizers**, [s.l.], v. 24, n. 2, p. 296-305, 2018.
- WASAYA, A. *et al.* Foliar application of zinc and boron improved the productivity and net returns of maize grown under rainfed conditions of Pothwar plateau. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, [s.l.], v. 17, n. 1, p. 33-45, 2017.
- WEGIERA, M. *et al.* *Rumex L.* species induce apoptosis in 1301, EOL-1 and H-9 cell lines. **Acta Poloniae Pharmaceutica**, [s.l.], v. 69, n. 3, p. 487-499, 2012.
- WESSELLS, K. R.; BROWN K. H. Estimating the global prevalence of zinc deficiency: results based on zinc availability in national food supplies and the prevalence of stunting. **PLoS One**, [s.l.], v. 7, n. 11, p. e50568, 2012.
- WHITE, P. J. *et al.* Limits to the biofortification of leafy brassicas with zinc. **Agriculture**, [s.l.], v. 8, n. 3, p. 32, 2018.
- WHITE, P. J.; BROADLEY, M. R. Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets—iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine. **New Phytologist**, [s.l.], v. 182, n. 1, p. 49-84, 2009.
- WHITE, P.; BROADLEY, M. Physiological limits to zinc biofortification of edible crops. **Frontiers in Plant Science**, [s.l.], v. 2, p. 80, 2011.
- XIA, H. *et al.* Elucidating the source–sink relationships of zinc biofortification in wheat grains: A review. **Food and Energy Security**, [s.l.], v. 9, n. 4, p. e243, 2020.
- YURI, J. E. *et al.* Produção de alface-americana, em função de doses e épocas de aplicação de zinco. **Ciência e Agrotecnologia**, [s.l.], v. 30, n. 4, p. 665-669, 2006.
- ZARDO, A. *et al.* Levantamento de informações etnobotânicas, etnofarmacológicas e farmacológicas registradas na literatura sobre *Tropaeolum majus L.* (Chaguinha). **Arquivos de Ciências da Saúde da UNIPAR**, [s.l.], v. 20, n. 3, 2016.
- ZHANG, W. *et al.* Overuse of phosphorus fertilizer reduces the grain and flour protein contents and zinc bioavailability of winter wheat (*Triticum aestivum L.*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s.l.], v. 65, n. 8, p. 1473-1482, 2017.
- ZHU, J. *et al.* Low temperature inhibits root growth by reducing auxin accumulation via ARR1/12. **Plant and Cell Physiology**, [s.l.], v. 56, n. 4, p. 727-736, 2015.