



**PAULA APARECIDA COSTA**

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA, COMPOSTOS BIOATIVOS E  
ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE FLORES E RAÍZES DE  
*Dahlia* spp. EM FUNÇÃO DAS DIFERENTES CORES DAS  
FLORES**

**LAVRAS – MG  
2024**

**PAULA APARECIDA COSTA**

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA, COMPOSTOS BIOATIVOS E ATIVIDADE  
ANTIOXIDANTE DE FLORES E RAÍZES DE *Dahlia* spp. EM FUNÇÃO DAS  
DIFERENTES CORES DAS FLORES**

Tese 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 Doutor.

Profa. Dra. Luciane Vilela Resende  
Orientadora

Prof. Dr. Wanderley José Mantovani Bittencourt  
Coorientador

Dra. Monique Suela Silva  
Coorientadora

**LAVRAS – MG  
2024**

**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, Paula Aparecida.

Composição química, compostos bioativos e atividade antioxidante de flores e raízes de *Dahlia* spp. em função das diferentes cores das flores / Paula Aparecida Costa. - 2024.

99 p. : il.

Orientador(a): Luciane Vilela Resende.

Coorientador(a): Wanderley José Mantovani Bittencourt,  
Monique Suela Silva.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2024.

Bibliografia.

1. Hortaliça não-convencional. 2. Flores comestíveis. 3. Nutrientes. I. Resende, Luciane Vilela. II. Bittencourt, Wanderley José Mantovani. III. Silva, Monique Suela. IV. Título.

**PAULA APARECIDA COSTA**

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA, COMPOSTOS BIOATIVOS E ATIVIDADE  
ANTIOXIDANTE DE FLORES E RAÍZES DE *Dahlia* spp. EM FUNÇÃO DAS  
DIFERENTES CORES DAS FLORES**

**CHEMICAL COMPOSITION, BIOACTIVE COMPOUNDS AND ANTIOXIDANT  
ACTIVITY OF *Dahlia* spp. FLOWERS AND ROOTS AS A FUNCTION OF  
DIFFERENT FLOWER COLORS**

Tese 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 Doutor.

APROVADA em 27 de março de 2024.

Dr. Wenceslau Geraldes Teixeira	EMBRAPA
Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boa	UFLA
Dra. Maria Ligia de Souza Silva	UFLA
Dra. Michele Valquiria dos Reis	UFLA

Profa. Dra. Luciane Vilela Resende  
Orientadora

Prof. Dr. Wanderley José Mantovani Bittencourt  
Coorientador

Dra. Monique Suela Silva  
Coorientadora

**LAVRAS – MG  
2024**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por me iluminar, abençoar e por me dar força para superar as dificuldades.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (financiador da bolsa de estudo), à Pró-Reitoria de Assuntos Estudantis e Comunitários PRAEC - Universidade Federal de Lavras UFLA, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) e à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG), pela concessão de bolsas de estudos a alunos envolvidos no trabalho e/ou infraestrutura para sua realização.

À Professora Dra. Luciane Vilela Resende, pela orientação, paciência, apoio, confiança, amizade e incentivo em todo caminho percorrido até aqui.

Aos coorientadores pelo apoio e colaboração durante o trabalho. À professora Elisângela Carvalho, ao professor Eduardo Vilas Boas, à professora Maria Ligia de Souza Silva, ao professor Wilson Magela, pela colaboração e dedicação. À banca, pela disponibilidade.

Aos funcionários do Setor de Olericultura, Stéfany, Josimar, Luiz e Valdeci, à Marli, secretária do Programa, e a todos que de alguma forma contribuíram para a realização das análises, em especial aos colegas do Grupo de Olericultura Marcelo Avelar, Fabiana Alves, Camila Garcia, Lissa Izabel, Thiago Guerra, Natalie, Jussara, por todo o auxílio, boa vontade e amizade.

Aos cultivadores que cederam as raízes tuberosas de dália para a propagação.

Aos Departamentos de Agricultura, de Ciência dos Alimentos e de Ciência dos Solos, e a todos os técnicos e alunos dos mesmos, pela disponibilidade de equipamentos e apoio técnico nas análises.

À minha mãe, Adriana, por todo o amor, apoio e incentivo. Ao meu pai, Paulo e à minha avó Maria (*in memoriam*), que infelizmente não podem estar presente neste momento, mas sempre me incentivaram e apoiaram desde o início dessa jornada.

Aos meus amigos, pelo apoio e torcida. E a todos que me apoiaram durante todo esse período, seja de forma direta ou indireta.

À Universidade Federal de Lavras, ao Departamento de Agricultura e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, pela oportunidade de realização do Doutorado.

O presente trabalho foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) – Código de Financiamento 001.

Muito obrigada!

## RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo analisar a composição química e os compostos bioativos de flores e raízes de dália de diferentes variedades. Foram realizadas análises de umidade, proteína bruta, pH, sólidos solúveis totais, acidez total titulável, relação entre sólidos solúveis e acidez titulável (*ratio*), minerais (P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn), antocianinas, carotenoides, vitamina C, fenólicos totais, atividade antioxidante por redução do complexo fosfomolibdênio, porcentagem de inibição do DPPH e porcentagem de proteção do  $\beta$ -caroteno, além da atividade das enzimas antioxidantes ascorbato peroxidase, superóxido dismutase e catalase, cor das pétalas, teor de peróxido de hidrogênio e inulina. Os resultados foram analisados pelo teste de Tukey, mostrando diferença entre alguns fatores analisados. A flor decorativa roxa apresentou maiores valores para *ratio* (39,04), enquanto para as raízes o maior valor foi observado na pompom vermelha (67,48). As flores que mostraram superioridade quanto ao sistema antioxidante foram as pompons, com a amarela apresentando maiores teores para carotenoides, fenólicos, atividade antioxidante (fosfomolibdênio e DPPH) e atividade da enzima APX, e a vermelha maiores teores de antocianinas, atividade antioxidante (DPPH e  $\beta$ -caroteno) e da catalase, além de se igualar à vermelha decorativa com os maiores teores de vitamina C. A flor decorativa vermelha se destacou também quanto aos minerais, com alto teor de Fe, principalmente. Quanto as raízes, a da planta decorativa vermelha obteve maiores teores para vitamina C, inulina e, juntamente com a decorativa amarela, para fenólicos, sendo que a amarela também se destacou quanto à capacidade antioxidante, demonstrando maior potencial. Sendo assim, a determinação das plantas de maiores potenciais depende do órgão de interesse, onde para produção de flores comestíveis se destacam as pompons e decorativa vermelha, e para produção de raízes tuberosas as decorativas vermelhas e amarelas são superiores.

Palavras-chave: hortaliça não convencional; flores comestíveis; pigmentos naturais; inulina; nutrientes.

## ABSTRACT

The present study aimed to analyze the chemical composition and bioactive compounds of flowers and roots of dahlia from different varieties. Moisture content, crude protein, pH, total soluble solids, total titratable acidity, relationship between soluble solids and titratable acidity (*ratio*), minerals (P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn), anthocyanins, carotenoids, vitamin C, total phenolics, antioxidant activity by complex phosphomolybdenum reduction, DPPH inhibition percentage and protection of  $\beta$ -carotene percentage, as well as the activity of antioxidant enzymes such ascorbate peroxidase, superoxide dismutase and catalase, petals color, hydrogen peroxide content and inulin content, were analyzed. Results were analyzed using Tukey's test, revealing differences among some analyzed factors. The purple decorative flower exhibited the highest *ratio* value (39,04), whereas the highest *ratio* value for roots was observed in the red pompom (67,48). Pompom flowers showed superiority in antioxidant system performance, with the yellow having higher levels of carotenoids, phenolics, antioxidant activity (phosphomolybdenum and DPPH assays), and APX enzyme activity, and the red one having higher levels of anthocyanins, antioxidant activity (DPPH and  $\beta$  – carotene) and catalase activity, and along with the decorative red flower the highest levels of vitamin C. The red decorative flower also stood out for its minerals content, with a high content of Fe, mainly. Regarding roots, the red decorative plant showed higher levels for vitamin C and inulin, and together with the yellow decorative plant, for phenolics, with the yellow also stood out in terms of antioxidant capacity, indicating higher potential. Thus, the determination of plants with greater potential depends on the organ of interest, where for edible flowers production, the pompoms varieties and the red decorative excel, while for tuberous roots production, red and yellow decorative are superior.

Keywords: unconventional vegetables; edible Flowers; natural pigments; inulin; nutrients.

## INDICADORES DE IMPACTO

As dalias (*Dahlia* spp.) são plantas que possuem ampla diversidade de flores, as quais além de serem utilizadas como ornamentais pela beleza são comestíveis, o que faz com que recebam grande reconhecimento. As raízes tuberosas da dália também podem ser consumidas como alimento, sendo denominadas como hortaliça não convencional. Tanto as flores como as raízes desta planta possuem propriedades nutricionais com potencial de contribuição para uma alimentação saudável, pois possuem compostos bioativos como fenólicos, pigmentos antioxidantes, minerais e vitaminas em suas composições, atuando também na atividade antioxidante. O uso de flores e raízes de dália tem sido estudado também para prevenção de diabetes, pois esses alimentos possuem buteína (flores) e inulina (raízes), que são consideradas substâncias capazes de atuar no tratamento contra a doença. Diante essas características, o presente trabalho se mostra importante pela capacidade de resultar em impactos sociais, tecnológicos, econômicos e cultural. O incentivo ao consumo de flores e raízes de dália é socialmente importante, pois esses produtos podem ser implementados na dieta, visando a segurança alimentar e nutricional. No ponto de vista tecnológico e econômico o trabalho pode contribuir, através da caracterização desses alimentos, para o desenvolvimento de produtos farmacêuticos por suas características funcionais, além de poder se tornar uma renda extra, principalmente aos pequenos produtores. Além disso, o trabalho possui importância cultural, buscando a manutenção da cultura de algumas comunidades e o resgate dessas hortaliças em países em que são menos consumidas, como o Brasil, e também a preservação da espécie. Sendo assim, considerando as áreas temáticas da Política Nacional de extensão, os impactos desse trabalho podem ser classificados nas áreas de cultura, meio ambiente, saúde, tecnologia, produção e trabalho, estando alinhados aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU), como a contribuição para o combate à fome e à agricultura sustentável, busca pela saúde, bem-estar, trabalho decente e crescimento econômico, colaborando assim, para o cumprimento de tais objetivos.

## IMPACT INDICATORS

Dahlias (*Dahlia* spp.) are plants known for their wide variety of flowers, are used as ornamentals for their beauty and valued as edible flowers, which grants them significant recognition. The tuberous roots of dahlias can also be consumed as food, being called an unconventional vegetables. Both the flowers and roots of this plant possess nutritional properties that contribute potential benefits to a healthy diet, containing bioactive compounds such as phenolics, antioxidant pigments, minerals, and vitamins, also acting in the antioxidant activity. The use of dahlia flowers and roots has also been studied for diabetes prevention, as these foods contain butein (flowers) and inulin (roots), substances considered effective in treating the disease. Given these characteristics, this study holds importance for its ability to result in social, technological, economic, and cultural impacts. Encouraging the consumption of dahlia flowers and roots is socially important, as these products can be integrated into diets to promote food and nutritional security. From a technological and economic perspective, this study can contribute by characterizing these foods, to the development of pharmaceutical products due to their functional properties, offering an additional income source, especially for small-scale producers. Moreover, the study holds cultural significance by aiming to preserve the cultivation of certain communities and rescue these vegetables in countries like Brazil where they are less consumed, thereby contributing to species conservation. Thus, considering the thematic areas of the National Extension Policy, the impacts of this study can be classified in the fields of culture, environment, health, technology, production, and work, aligning with the

United Nations Sustainable Development Goals (SDGs). These include efforts towards combating hunger, promoting sustainable agriculture, improving health and well-being, fostering decent work and economic growth, thereby contributing to the achievement of these objectives.

## LISTA DE FIGURAS

### PRIMEIRA PARTE

- Figura 1 – Exemplos dos tipos de flores de dália de acordo com a Classificação da associação The National Dahlia Society: A) Dália de flor única; B) Dália anêmona; C) Dália collerette; D) Dália nenúfares; E) Dália decorativa; F) Dália decorativa; G) Dália bola; H) Dália pompom; I) Dália cactos; J) Dália semi-cactos; K) Dália diversas; L) Dália fimbriadas; M) Dália estrelas; N) Dália orquídeas duplas; O) Dália paeônia; P) Dália estelar .....21
- Figura 2 – Raízes tuberosas de dália .....22
- Figura 3 – A) Sementes de dália; B) Mudanças de dália propagadas por sementes; C) Planta de dália propagada por raízes tuberosas; D) Mudanças de dália propagadas por estacas. ....23

### ARTIGO 1

- Figura 1 – Gráfico dos dados climatológicos da estação meteorológica da Universidade Federal de Lavras, entre os meses de dezembro 2020 a julho de 2021.....33
- Figura 2 – Flores de dália: A) Decorativa amarela, B) Pompom amarela, C) Decorativa vermelha, D) Pompom vermelha, E) Decorativa roxa..... 34
- Figura 3 – Amostras secas de flores de dália: A) Decorativa amarela, B) Pompom amarela, C) Decorativa vermelha, D) Pompom vermelha, E) Decorativa roxa. ....35
- Figura 4 – Amostras frescas de flores de dália: A) Decorativa amarela, B) Pompom amarela, C) Decorativa vermelha, D) Pompom vermelha, E) Decorativa roxa. ....36
- Figura 5 – Correlograma de teor de umidade, proteína bruta, pH, sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT) e *ratio* para as amostras de flores de dália. ....56
- Figura 6 – Biplot da análise de componentes principais (PC1 X PC2) para teor de umidade, proteína, pH, sólidos solúveis, acidez titulável e *ratio* de flores de dália..... 56
- Figura 7 – Correlograma para teores de P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn de amostras de flores de dália. ....57
- Figura 8 – Biplot da análise de componentes principais (PC1 X PC2) para teores de P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn de flores de dália..... 58
- Figura 9 – Correlograma para teores de antocianinas,  $\alpha$ -caroteno,  $\beta$ -caroteno,  $\delta$ -caroteno,  $\gamma$ -caroteno, licopeno, carotenoides totais, vitamina c, fenólicos, complexo

	fosfomolibdênio (C. FOSF.), % inibição dpph, % proteção β-caroteno, APX, SOD, CAT, a*, b*, c*, L* e h para as amostras de flores de dália. ....	59
Figura 10 –	Biplot da análise de componentes principais (PC1 X PC2) para teores de antocianinas, α-caroteno, β-caroteno, δ-caroteno, γ-caroteno, licopeno, carotenoides totais, vitamina c, fenólicos, complexo fosfomolibdênio (C. FOSF.), % inibição dpph, % proteção β-caroteno, APX, SOD, CAT, a*, b*, c*, L* e h para as amostras de flores de dália. ....	61
<b>ARTIGO 2</b>		
Figura 1 –	Dados climatológicos da estação meteorológica da Universidade Federal de Lavras, entre os meses de dezembro 2020 a julho de 2021. ....	69
Figura 2 –	Amostras de raízes de dália secas: pompom amarela, decorativa amarela, pompom vermelha, decorativa vermelha, decorativa roxa (rosa), respectivamente.....	71
Figura 3 –	Correlograma de umidade, proteína bruta, pH, sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT) e <i>ratio</i> para raízes de dália. ....	88
Figura 4 –	Biplot da análise de componentes principais (PC1 X PC2) para umidade, proteína, pH, sólidos solúveis, acidez titulável e <i>ratio</i> de raízes de dália.....	89
Figura 5 –	Correlograma para teores de P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn para raízes de dália.....	90
Figura 6 –	Biplot da análise de componetes principais (Dim1 X Dim2) para teores de P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn de raízes de dália.....	90
Figura 7 –	Correlograma de antocianinas, α-caroteno, β-caroteno, δ-caroteno, γ-caroteno, licopeno, carotenoides, vitamina c, fenólicos, Comp. Fosf., % DPPH; % β-caroteno; APX, SOD, CAT, H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> e inulina de raízes de dália.....	92
Figura 8 –	Biplot da análise de componentes principais (PC1 X PC2) para antioxidantes não enzimáticos e enzimáticos de raízes de dália. ....	93

## LISTA DE TABELAS

### ARTIGO 1

- Tabela 1 – Valores médios de umidade, proteína, pH, sólidos solúveis totais, acidez total titulável, *ratio*, de flores de dalias de diferentes variedades. .... 13
- Tabela 2 – Teores médios de antocianinas,  $\alpha$ -caroteno,  $\beta$ -caroteno,  $\delta$ -caroteno,  $\gamma$ -caroteno, licopeno, carotenoides totais, vitamina C, fenólicos totais, atividade antioxidante por fosfomolibdênio, % de inibição DPPH e % proteção  $\beta$ -caroteno e atividade das enzimas APX, SOD e CAT de flores de dália de diferentes variedades. ..41
- Tabela 3 – Dados referentes a cores de flores de diferentes variedades de dália. ....54

### ARTIGO 2

- Tabela 1 – Valores médios de umidade (U%), proteína bruta (PB%), pH, sólidos solúveis totais (SS%), acidez total titulável (AT%), *ratio* e composição mineral (Nitrogênio, Fósforo, Potássio, Cálcio, Magnésio, Enxofre, Boro, Cobre, Ferro, Manganês e Zinco) de raízes de dalias de diferentes variedades. .... 78
- Tabela 2 – Teores médios de antocianinas,  $\alpha$ -caroteno,  $\beta$ -caroteno,  $\delta$ -caroteno,  $\gamma$ -caroteno, Licopeno, Carotenoides Totais, Vitamina C, Fenólicos totais, Atividade antioxidante por fosfomolibdênio, % de Inibição DPPH, % Proteção  $\beta$ -caroteno, atividade das enzimas APX, SOD e CAT, conteúdo de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> e inulina de raízes de dália de diferentes variedades. .... 82

## SUMÁRIO

	<b>PRIMEIRA PARTE .....</b>	<b>15</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>18</b>
<b>2.1</b>	<b>Hortaliças não convencionais e flores comestíveis.....</b>	<b>18</b>
<b>2.2</b>	<b>Aspectos gerais da cultura .....</b>	<b>20</b>
<b>2.3</b>	<b>Propagação e cultivo.....</b>	<b>22</b>
<b>2.4</b>	<b>Propriedades e usos .....</b>	<b>24</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>26</b>
	<b>SEGUNDA PARTE- ARTIGOS* .....</b>	<b>29</b>
	<b>ARTIGO 1 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E BIOATIVA DE DIFERENTES VARIEDADES DE FLORES DE DÁLIA (DAHLIA SPP.) ..</b>	<b>30</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>31</b>
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>32</b>
<b>2.1</b>	<b>Cultivo e preparo das amostras de flores de dália.....</b>	<b>32</b>
<b>2.2</b>	<b>Caracterização das flores de dália .....</b>	<b>36</b>
<b>2.2.1</b>	<b>Determinação dos teores de umidade, proteína bruta, pH, Sólidos Solúveis Totais, Acidez Total Titulável, <i>Ratio</i> e Minerais.....</b>	<b>36</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Sistema antioxidante enzimático e não enzimático.....</b>	<b>37</b>
<b>2.2.2.1</b>	<b>Antocianinas.....</b>	<b>37</b>
<b>2.2.2.2</b>	<b>Carotenoides.....</b>	<b>37</b>
<b>2.2.2.3</b>	<b>Vitamina C .....</b>	<b>38</b>
<b>2.2.2.4</b>	<b>Obtenção do extrato para as análises de fenólicos totais e atividade antioxidante .....</b>	<b>38</b>
<b>2.2.2.5</b>	<b>Fenólicos totais.....</b>	<b>38</b>
<b>2.2.2.6</b>	<b>Atividade antioxidante pelo método do complexo fosfomolibdênio.....</b>	<b>38</b>
<b>2.2.2.7</b>	<b>Atividade antioxidante pelo método de Porcentagem de inibição do DPPH ..</b>	<b>39</b>
<b>2.2.2.8</b>	<b>Atividade antioxidante pelo método de Porcentagem de proteção do <math>\beta</math>- caroteno/ácido linoléico .....</b>	<b>39</b>
<b>2.2.2.9</b>	<b>Obtenção do extrato para análise das atividades específicas de enzimas antioxidantes .....</b>	<b>39</b>
<b>2.2.2.10</b>	<b>Atividade da ascorbato peroxidase (APX) .....</b>	<b>40</b>
<b>2.2.2.11</b>	<b>Atividade da superóxido dismutase (SOD) .....</b>	<b>40</b>

2.2.2.12	Atividade da catalase (CAT).....	40
2.2.2.13	Análise colorométrica.....	41
2.3	Análise de correlograma e análise de componente principal.....	41
2.4	Análise estatística.....	41
3	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>41</b>
3.1	Teores de umidade, proteína bruta, pH, Sólidos Solúveis Totais, Acidez Total Titulável, <i>Ratio</i> e Minerais.....	41
3.2	Sistema antioxidante enzimático e não enzimático.....	48
3.3	Análise de correlograma e análise de componente principal.....	55
4	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>61</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>63</b>
	<b>ARTIGO 2 COMPOSIÇÃO QUÍMICA, COMPOSTOS BIOATIVOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE RAÍZES DE DIFERENTES VARIEDADES DE DÁLIA (Dahlia spp.) .....</b>	<b>67</b>
1	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>68</b>
2	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>69</b>
2.1	Obtenção da matéria-prima.....	69
2.2	Preparação das amostras .....	70
2.3	Caracterização das raízes de dália .....	71
2.3.1	Teores de umidade, proteína bruta, pH, Sólidos Solúveis Totais, Acidez Total Titulável, <i>Ratio</i> e Minerais.....	71
2.3.2	Componentes do metabolismo antioxidante.....	72
2.3.2.1	Antocianinas.....	72
2.3.2.2	Carotenoides.....	72
2.3.2.3	Vitamina C .....	73
2.3.2.4	Inulina.....	73
2.3.2.5	Obtenção do extrato para as análises de fenólicos totais e atividade antioxidante.....	73
2.3.2.6	Fenólicos totais .....	74
2.3.2.7	Atividade antioxidante pelo método do Complexo Fosfomolibdênio.....	74
2.3.2.8	Atividade antioxidante pelo método de Porcentagem de inibição do DPPH .	74
2.3.2.9	Atividade antioxidante pelo método de Porcentagem de proteção do $\beta$ -caroteno/ácido linoléico .....	75
2.3.2.10	Obtenção do extrato de enzimas antioxidantes.....	75

2.3.2.11	Atividade da ascorbato peroxidase (APX) .....	75
2.3.2.12	Atividade da superóxido dismutase (SOD) .....	75
2.3.2.13	Atividade da catalase (CAT).....	76
2.3.2.14	Peróxido de Hidrogênio (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ) .....	76
2.4	Análise estatística.....	76
3	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>77</b>
3.1	Teores de umidade, proteína bruta, pH, Sólidos Solúveis Totais, Acidez Total Titulável, <i>Ratio</i> e Minerais .....	77
3.2	Componentes do metabolismo antioxidante.....	81
3.3	Análise de correlograma e análise de componente principal.....	87
4	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>93</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>94</b>
	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>98</b>

## **PRIMEIRA PARTE**

## 1 INTRODUÇÃO

As dalias (*Dahlia* spp.) são plantas nativas do México, onde foram reconhecidas 37 espécies que apresentam diversidade de flores, o que incentivou seu cultivo e melhoramento genético, principalmente para uso ornamental (Dominguez-Lopez, 2015). Devido à variedade e beleza de suas flores, são cultivadas em muitas partes do mundo, sendo que em alguns locais foram criadas associações dedicadas exclusivamente à cultura, como a *Asociación Mexicana de la Dalia o Acocoxochitl, A.C.*, *The National Dahlia Society* do Reino Unido e *American Dahlia Society*.

Entretanto, o uso inicial dessa cultura se dava na alimentação humana, onde suas raízes eram consideradas e consumidas como hortaliça. As pétalas de suas flores também eram utilizadas com a mesma finalidade, atribuindo beleza aos pratos (Garzón Solis *et al.*, 2009).

Atualmente, o consumo de dália como alimento não é tão frequente, o que faz com que essa planta seja considerada como uma hortaliça não convencional, que são aquelas que já tiveram muito destaque como alimento mas foram substituídas por hortaliças melhoradas, principalmente devido ao processo de urbanização (De Souza *et al.*, 2018).

As flores de dália, além de possuírem aparência e características sensoriais favoráveis, podem ter o consumo visado por suas propriedades nutricionais e funcionais, podendo incrementar a dieta humana fornecendo compostos fenólicos e, conseqüentemente, atuando na atividade antioxidante do organismo, principalmente por possuírem pigmentos considerados bioativos como as antocianinas e carotenoides (Lara-Cortés *et al.*, 2014). O aumento da demanda por flores comestíveis, inclusive as de dália, também está associada a presença de minerais e vitaminas nas mesmas, visto que tais substâncias possuem variadas funções no corpo humano (Rop *et al.*, 2012; Lara-Cortés *et al.*, 2014).

Por outro lado, o interesse pelas raízes da planta ocorre por apresentarem aproximadamente 85% de carboidratos em matéria seca, com maior porcentual para a inulina (em torno de 50% em base seca), composto que tem significativa importância na indústria alimentícia e farmacêutica, visto que possui benefícios diante à doenças como diabetes, atuando também no metabolismo lipídico, na absorção de minerais, prevenção do câncer, imunomodulação e na atividade prebiótica (Petkova; Sherova e Denev, 2018). Além disso, essas raízes possuem oligofrutose e outros frutanos importantes, fibras, minerais (cálcio, fósforo e ferro) e vitaminas B e C (López, 2017; Widowati; Sunarti; Zaharani, 2005).

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo analisar a composição química, concentração de compostos bioativos e atividade antioxidante de flores e raízes de

dália decorativa amarela, pompom amarela, decorativa vermelha, pompom vermelha e decorativa roxa.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Hortaliças não convencionais e flores comestíveis

As plantas alimentícias não convencionais estão progressivamente retomando seu espaço na alimentação humana e, apesar de terem passado por períodos de negligência em que perderam seu reconhecimento por fatores como êxodo rural e predominância do uso de culturas melhoradas, recentemente vêm demonstrando grande potencial por suas propriedades nutritivas e diversidade, na qual se enquadram espécies que possuem raízes, folhas, flores e/ou frutos comestíveis (De Souza *et al.*, 2018).

Muitas dessas espécies são relatadas como alimentos de alto valor nutricional e medicinal devido a rica composição que possuem, entretanto, as divulgações de informações sobre as mesmas e incentivo de uso foram feitos por muito tempo de forma empírica, sem comprovação científica (Oliveira *et al.*, 2019). Porém, os desafios surgidos juntamente à busca pela segurança alimentar e nutricional foram proporcionando visibilidade a essas culturas, de forma que pesquisas foram realizadas e puderam evidenciar a composição dessas hortaliças, na qual algumas se mostraram superiores a várias plantas domesticadas nos teores de proteínas, minerais, fibras e compostos com funções antioxidantes (De Almeida *et al.*, 2020; Gonçalves, Silva, Almeida, 2019; Lima *et al.*, 2019; Silva *et al.*, 2018).

A diversidade de possibilidades de preparo é outro fator que contribui para a ascensão dessas plantas, pois podem ser consumidas frescas, refogadas, em forma de farinha, fécula, na produção de doces, dentre outros. Os estudos que buscam explorar informações sobre seus usos e produção e a difusão desses conhecimentos à consumidores e produtores devem intensificar a demanda por esses produtos, aumentando também a segurança de seu consumo (De Lima Proença *et al.*, 2018; Souza *et al.*, 2009, Isobe *et al.*, 2010).

Dentre as plantas alimentícias não convencionais, um dos segmentos que tem se mostrado promissor é o das flores comestíveis, pois essas adicionam aromas, sabores e aparências singulares aos pratos, além de, não menos importante, contribuir para a demanda do consumidor na procura por produtos alimentícios naturais devido à preocupação com os efeitos adversos à saúde que podem ser causados por compostos sintéticos (Matyjaszczyk; Śmiechowska, 2019).

As flores comestíveis podem ser usadas de diferentes formas, e são geralmente usadas inteiras e frescas, sem que seja necessário sua modificação, mas existem algumas espécies onde apenas pétalas devem ser consumidas devido ao seu amargor ou outras características

desagradáveis, além de possibilidade de toxidez de outras partes (Matyjaszczyk e Śmiechowska, 2019).

Esses alimentos são usados há tempos na medicina popular no tratamento de doenças, e recentemente, estudos têm confirmado sua rica composição com a presença de compostos bioativos correlacionados às propriedades funcionais, sendo os fitoquímicos como flavonoides, antocianinas, carotenoides e fenólicos os mais evidentes nas flores e, conseqüentemente, os principais responsáveis pela promoção da saúde por esses produtos (Pires *et al.*, 2019; Matyjaszczyk; Śmiechowska, 2019; Kumari *et al.*, 2021).

Muitas das flores comestíveis possuem efeitos anti-inflamatórios, antidiabéticos, antimicrobianos, antidepressivos, ansiolíticos, antiobesidade, cardioprotetores e neuroprotetores. Os fitoquímicos presentes nas flores podem atuar no combate ao desequilíbrio oxidativo e ao câncer, dado que estudos indicam que uma dieta rica em antioxidantes pode reduzir o risco de doenças crônicas, fato que reforça a eficiência das flores comestíveis na alimentação (Fakhri *et al.*, 2022).

Apesar disso, ainda existe uma certa resistência por parte das pessoas em experimentar e incluir no cardápio as flores comestíveis e apesar de sua aptidão agrônômica, os povos que comumente as consomem geralmente fazem as coletas de recursos silvestres, o que torna essencial a realização e divulgação de trabalhos nesse sentido com o intuito da inserção das flores na alimentação cotidiana da população e incentivo à produção dessas flores exclusivamente para essa finalidade (Kumari *et al.*, 2021).

É evidente que o consumo de flores comestíveis pode complementar dietas, contribuindo no atendimento das necessidades nutricionais humana, podendo ser um importante recurso na busca pela diminuição de desnutrição e no resgate de espécies de flores silvestres comestíveis ameaçadas por atividades antropogênicas, atuando na preservação da diversidade agrícola, além de ser uma interessante fonte alternativa de renda (Kumari *et al.*, 2021).

Existem inúmeras espécies com flores que podem ser usadas para fins comestíveis, a exemplo de: amor-perfeito, begônia, calêndula, capuchinha, cravo-de-defunto, crisântemo, hibisco, ipê, malvaisco, rosa, vinagreira, dentre outras. Entretanto, falta informações e maior averiguação dessas importantes alternativas alimentícias (Pires *et al.*, 2019; Alves *et al.*, 2023).

Dentre essas flores comestíveis também está a dália, planta que além das flores, apresenta as raízes tuberosas comestíveis e utilizadas como hortaliças, com o diferencial de serem ricas em inulina, o que pode tornar a planta uma forte candidata a ganhar grande visibilidade pela sociedade que tem reivindicado cada vez mais por produtos com qualidade e uma alimentação saudável (Arenas *et al.*, 2011).

## 2.2 Aspectos gerais da cultura

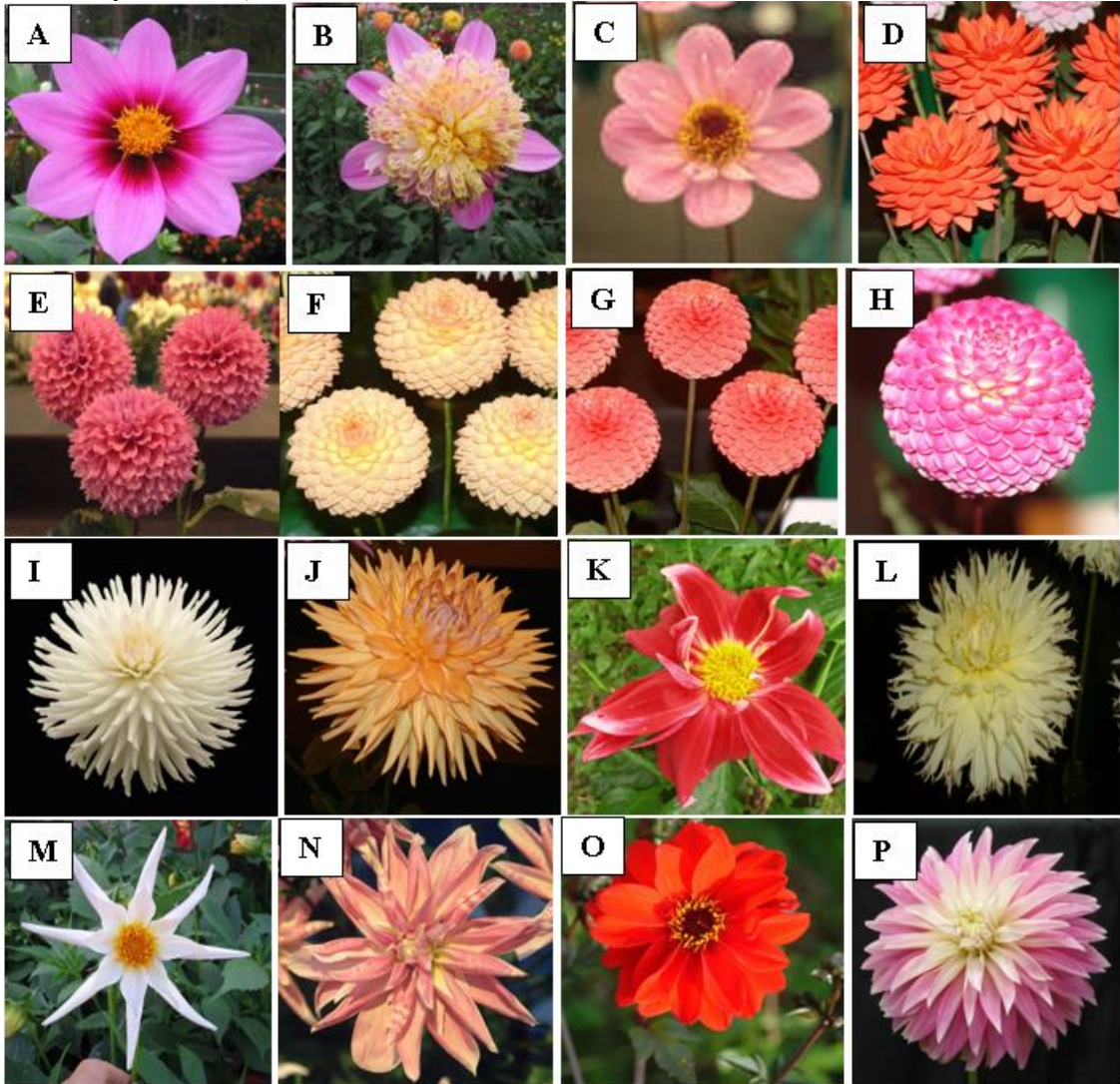
As dalias (*Dahlia* spp.) são plantas que pertencem à família Asteraceae, alógamas e auto-alooctoploides ( $2n = 64$ ) (Gatt *et al.*, 1998), nativas do México, onde foram reconhecidas 37 espécies. Dentre essas espécies, a primeira a ter sua identificação taxonômica publicada foi *Dahlia pinnata*. Indígenas denominavam essa planta como ‘acocoxóchitl’, ‘acocotli’ e ‘cohuannenepilii’ (Legorreta, 2017).

Possuem alta capacidade de hibridação, o que permite que produzam novas formas espontaneamente, dificultando sua classificação botânica (Saar; Sørensen; Hjerting, 2003; Jiménez, 2015). Por apresentar grande diversidade de flores, as quais possuem beleza singular, variabilidade de cor e tamanho (miniaturas a gigantes), seu cultivo e melhoramento genético foi incentivado, resultando em número relevante de variedades (Dominguez-Lopez, 2015).

As espécies de dália podem ser encontradas em variáveis tamanhos, tendo plantas com 30 a mais de 120 cm de altura. Geralmente são plantas herbáceas, com raízes carnudas e folhagem verde pálido. Possuem arquitetura densa, com grande número de folhas que em sua maioria são opostas e serrilhadas ou irregulares. Possui diversidade de flores, que são dependentes das variedades (Figuras 1 e 2) (Legorreta, 2017).

Devido a diversidade da cultura com grande número de espécies e dificuldade de classificação, algumas associações organizam essas plantas em tipos, a exemplo da proposta feita pela associação *The National Dahlia Society*, que separa as plantas das diversas espécies de dália nos seguintes grupos: dália de flor única, anêmona, collerette, nenúfares, decorativas, bola, pompom, cactos, semi-cactos, diversas, fimbriadas, estrelas, orquídeas duplas, paeônia e estelares (Figura 1).

Figura 1 – Exemplos dos tipos de flores de dália de acordo com a Classificação da associação *The National Dahlia Society*: A) Dália de flor única; B) Dália anêmona; C) Dália collerette; D) Dália nenúfares; E) Dália decorativa; F) Dália decorativa; G) Dália bola; H) Dália pompom; I) Dália cactos; J) Dália semi-cactos; K) Dália diversas; L) Dália fimbriadas; M) Dália estrelas; N) Dália orquídeas duplas; O) Dália paeônia; P) Dália estelar



Fonte: *The National Dahlia Society* (2024).

As raízes da planta são do tipo tuberosas, possuindo diversas formas (Figura 2), podendo ter produção de aproximadamente  $17 \text{ t ha}^{-1}$ , resultando em 3.500 kg de matéria seca (Arenas *et al.*, 2011).

Figura 2 – Raízes tuberosas de dália



Fonte: Da autora (2024).

Tanto as raízes quanto as flores de dália eram comumente utilizadas na alimentação, porém, com o passar dos tempos houve perda desse costume e a planta passou a ser explorada principalmente para o uso ornamental por suas belas inflorescências, entretanto, seu uso como alimento pode ter êxito devido suas relevantes características (Garzón Solis *et al.*, 2009).

### 2.3 Propagação e cultivo

As dalias são plantas que apesar da capacidade de cultivo em vários tipos de solos se desenvolvem melhor nos solos com alto teor de matéria orgânica e bem drenados, com pH de 6 a 8. A temperatura adequada para sua produção é de 18 a 23 °C e umidade relativa de 75 a 78% (Legorreta, 2017).

A propagação de dália pode ser feita tanto por forma sexuada quanto assexuada, mas a utilização de sementes é feita mais comumente para obter novas cultivares devido à alta capacidade de hibridar da planta, assim, a forma mais utilizada de multiplicação é pelas raízes tuberosas, pois essa é uma prática simples e que possibilita que de uma única planta sejam produzidas várias outras idênticas. Além disso, podem ser utilizadas também estacas e meristemas apicais (cultura *in vitro*) para propagação da cultura (Figura 3) (Legorreta, 2017).

Figura 3 – A) Sementes de dália; B) Mudas de dália propagadas por sementes; C) Planta de dália propagada por raízes tuberosas; D) Mudas de dália propagadas por estacas.



Fonte: Da autora (2024).

Por apresentar diversidade no tamanho da planta, a distância de plantio depende da variedade escolhida, sendo que a Associação Mexicana da Dália instrui uma distância mínima entre plantas de 50 a 60 cm, pois o tamanho da raiz pode ser afetado pela densidade de plantação (López, 2017).

Os principais cuidados que devem ser tomados com a cultura são com relação à presença de pulgões (*Myzus persicae*), carvão branco (*Entyloma dahliae*), *Fusarium spp.*, bacteriose (*Erwinia chrysanthemi*) e *Dahlia mosaic virus* (DMV), que são pragas e doenças que podem causar danos à planta (Legorreta, 2017).

Quando o intuito é seu uso na alimentação, as dalias são cultivadas geralmente de forma orgânica, pois o uso de produtos químicos pode fazer com que os níveis máximos de resíduos (LMR) sejam considerados excedentes, visto que na maioria dos casos, o processo de produção agrícola não tem o foco principal na flor a ser consumida, e sim nos outros produtos como fruto

ou sementes, e como o desenvolvimento desses órgãos demanda um período, os produtos fitofarmacêuticos aplicados antes da floração podem se decompor. Em contrapartida, para a colheita da flor esse período é reduzido, não permitindo a decomposição total do produto químico que possa ser usado na produção (Matyjaszczyk; Śmiechowska, 2019).

## 2.4 Propriedades e usos

Muitas hortaliças apresentam em sua composição grupos de substâncias como fenólicos, carotenoides e antocianinas, que são considerados compostos antioxidantes e, devido a isso, têm sido utilizadas em estudos farmacêuticos, impactando o sistema de saúde de forma positiva, com o tratamento de várias doenças (Altemimi *et al.*, 2017).

Os antioxidantes reduzem os danos oxidativos nos alimentos, atrasando ou inibindo a oxidação causada por espécies reativas de oxigênio (ROS), aumentando a vida útil e a qualidade desses alimentos. A formação de ROS também pode ocorrer no organismo, a qual é proveniente do metabolismo celular (sistemas endógenos) ou por meio da exposição a fatores exógenos como fumo, poluentes ambientais, drogas, produtos químicos industriais, pesticidas, dentre outros. Dessa forma, o funcionamento adequado das funções fisiológicas está diretamente ligado ao equilíbrio entre a formação e neutralização das ROS por via da ação de antioxidantes (Lobo *et al.*, 2010).

Além dos antioxidantes não enzimáticos, algumas enzimas também são responsáveis por atuar contra os radicais livres, a exemplo das enzimas superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT), ascorbato peroxidase (APX), glutathione peroxidase (GPx), glutathione reductase (GR) e glutathione-S-transferase (GST) (Seyidoglu; Aydin, 2020).

Além de serem amplamente usadas ornamentalmente como planta de jardim e como flor de corte, as partes comestíveis da dália são passíveis de serem consideradas importantes fontes de nutrientes e compostos bioativos. Em estudos feitos por López (2017), foi relatado que as flores da dália possuem pigmentos que atuam como antioxidantes e suas raízes possuem grande quantidade de carboidratos (glicídeos e fibras), além de alguns minerais (cálcio, fósforo e ferro) e vitaminas B e C e que, muitos desses compostos, são dependentes da cor das flores.

Lara-Cortés *et al.* (2014) relatam que as flores da dália são consideradas como alimento funcional por ser uma fonte importante de compostos com atividade biológica, como antioxidantes. Além disso, existem relatos de que a raiz da planta tem sido usada desidratada visando melhora na atividade do sistema gastrointestinal e imunológico (Anan'Ina *et al.*, 2009).

Estudos têm demonstrado também, o potencial do uso de flores de dália no tratamento para diabetes, por apresentarem buteína e outros flavonoides em sua composição (Pretz *et al.*, 2023).

A raiz de dália é composta por aproximadamente 85% de carboidratos, em matéria seca, dentre os quais estão a inulina (em torno de 50% em base seca), oligofrutose e outros frutanos, que são de extrema importância e também estão presentes em outras espécies da família *Asteraceae*, como o yacon (*Smallanthus sonchifolius*), chicória (*Cichorium intybus*) e alcachofra de Jerusalém (*Helianthus tuberosus*). Além disso, a raiz apresenta em sua composição substâncias como fibras, minerais (cálcio, fósforo e ferro) e vitaminas B e C (Widowati; Sunarti; Zaharani, 2005; Bossher, 2009; Lopez, 2017).

Devido aos altos teores de inulina vistos nas raízes da planta, essa tem recebido atenção como potencial fonte do composto, o qual tem sido utilizado na indústria alimentícia como espessante e adoçante, e na farmacêutica por ser benéfico para diabéticos, contribuir para melhoria do metabolismo lipídico e na absorção de minerais, atuar na prevenção do câncer e imunomodulação e apresentar atividade prebiótica (Petkova; Sherova; Denev, 2018). Dessa forma, a caracterização das partes comestíveis de dália contribui para a confirmação de suas propriedades e de seu potencial.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, L.C. *et al.* Sustentabilidade e flores comestíveis no Brasil: aspectos nutricionais, gastronômicos e toxidez. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 19, n. 56, p. 29-50, 2023.
- ALTEMIMI, A. *et al.* Phytochemicals: Extraction, isolation, and identification of bioactive compounds from plant extracts. **Plants**, v. 6, n. 4, p. 42, 2017.
- ANANÍNA, N. *et al.* Standardization of inulin extracted from Dahlia single tubers and some physicochemical properties of inulin. **Pharmaceutical Chemistry Journal**, v. 43, n. 3, p. 157-159, 2009.
- ARENAS, J. *et al.* Tuberous root yield of Dahlia variabilis Wild (Desf.) under different agronomic management practices. **Phyton**, Buenos Aires, v. 80, p. 107-112, 2011.
- AMERICAN DAHLIA SOCIETY. We Love Dahlias! Disponível em: <https://www.dahlia.org/>. Acesso em 10 jan. 2024.
- ASOCIACIÓN MEXICANA DE LA DALIA O ACOCOXOCHITL. La Dalia "Flor Nacional de México". Disponível em: <https://www.daliaoacocoxochitl.com/>. Acesso em 10 jan. 2024.
- BOSSCHER, D. *et al.* Fructan prebiotics derived from inulin. **Prebiotics and Probiotics Science and Technology**, v. 1, p. 165-205, 2009.
- DE ALMEIDA, S.H. *et al.* Capacidade antioxidante de flores de capuchinha (*Tropaeolum majus* L.). **Revista Ponto de Vista**, v. 9, n. 1, p. 73-84, 2020.
- DE LIMA PROENÇA, I.C. *et al.* Plantas Alimentícias Não Convencionais (Panc's): Relato de Experiência em Horta Urbana Comunitária em Município do Sul de Minas Gerais. **Revista Extensão em Foco**, n. 17, p. 133-148, 2018.
- DE SOUZA, D.C. *et al.* Produção de Mudanças de Araruta após Armazenamento Refrigerado. **Revista Científica Rural**, v. 20, n. 2, p. 170-179, 2018.
- DOMINGUEZ-LOPEZ, A. **Extracción y evaluación de inulina a partir de dalias silvestres mexicanas (*Dahlia coccinea* Cav.)**. 2015. Tese (Ciências Agrícolas e Recursos Naturais) - Universidade Autónoma do Estado do México, México, 2015.
- FAKHRI, S. *et al.* Antioxidant and anticancer potentials of edible flowers: where do we stand?. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 62, n. 31, p. 8589-8645, 2022.
- GARZÓN SOLIS, C. *et al.* Fenologia de dalia campanulata (*Dahlia campanulata* saar.): Nueva especie para la horticultura ornamental. **Revista Chapingo Serie Zonas Áridas**, v. 8, n. 1, p. 18-24, 2009.
- GATT, M. *et al.* Polyploidy and evolution in wild and cultivated Dahlia species. **Annals of Botany**, v. 81, n. 5, p. 647-656, May 1998.
- GONÇALVES, J.; SILVA, G.C.O. ALMEIDA, C.L. Compostos bioativos em flores comestíveis. **Biológicas & Saúde**, v. 9, n. 29, 2019.

- ISOBE, M.T.C. *et al.* **As hortaliças não-convencionais no projeto horta doméstica: o conhecimento e o consumo.** Resumo Expandido. Cárceres: Universidade do Estado do Mato Grosso, Mato Grosso, 2010.
- JIMÉNEZ, M.L. El cultivo de la Dalia. **Cultivos Tropicales**, v. 36, n. 1, p. 107-115, 2015.
- KUMARI, P. *et al.* Phytochemicals from edible flowers: Opening a new arena for healthy lifestyle. **Journal of Functional Foods**, v. 78, p. 104375, 2021.
- LARA-CORTÉS, E. *et al.* Actividad antioxidante, composición nutrimental y funcional de flores comestibles de Dalia. **Revista Chapingo**, v. 20, n. 1, p. 101-116, 2014. (Serie Horticultura).
- LEGORRETA, S.S. **Diseño de partículas a base de inulina de Dalia (*Dahlia variabilis* Cav.) para la liberación controlada de un extracto de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.).** Campus Universitario “El Cerrillo” Toluca, Estado de México, 2017. p. 1-85.
- LIMA, L.F. *et al.* Avaliação nutricional de caruru (*Amaranthus* spp). **Agrarian**, v. 12, n. 45, p. 411-417, 2019.
- LOBO, V.; PATIL, A.; PHATAK, A.; CHANDRA, N. Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. **Pharmacol. Rev.**, n. 4, p. 118–126, 2010.
- LÓPEZ, K.A.D. Usos gastronómicos de la planta Dalia (*Dahlia* spp). 2017. 97 p. Tese (Ciencias de La Nutrición y Alimentos-Licenciatura en Gastronomía) - Universidade de Ciências e Artes de Chiapas, Chiapas, 2017.
- MATYJASZCZYK, E.; ŚMIECHOWSKA, M. Edible flowers. Benefits and risks pertaining to their consumption. **Trends in Food Science & Technology**, v. 91, p. 670-674, 2019.
- OLIVEIRA, H.A.B.D. *et al.* Valor nutricional de hortaliças não convencionais preparadas por agricultores familiares em comunidades rurais. **Ciência Rural**, v. 49, n. 8, 2019.
- PIRES, T.C.S.P *et al.* Edible flowers: Emerging components in the diet. **Trends in Food Science & Technology**, v. 93, p. 244-258, 2019.
- PETKOVA, N.T.; SHEROVA, G.; DENEV, P.P. Characterization of inulin from dahlia tubers isolated by microwave and ultrasound-assisted extractions. **International Food Research Journal**, v. 25, n. 5, 2018.
- PRETZ, D. *et al.* A dahlia flower extract has antidiabetic properties by improving insulin function in the brain. **Life Metabolism**, v. 2, n. 4, p. load026, 2023.
- ROP, O. *et al.* Edible flowers - A new promising source of mineral elements in human nutrition. **Molecules**, v. 17, n. 6, p. 6672-6683, 2012.
- SAAR, D.E.; SØRENSEN, P.D.; HJERTING, J.P. Dahlia campanulata y D. cuspidata (Asteraceae, Coreopsidae): dos especies nuevas de México. **Acta Botanica Mexicana**, n. 64, p. 19-24, 2003.

SEYIDOGLU, N.; AYDIN, C. Stress, Natural Antioxidants and Future Perspectives. *In*: SALANTA, L.C. **The Health Benefits of Foods-Current Knowledge and Further Development**. [S.l.]: IntechOpen, 2020.

SILVA, D. *et al.* Caracterização física e química de raízes tuberosas de yacon produzida em diferentes altitudes e épocas de plantio. **Horticultura Brasileira**, v. 36, p. 199-204, 2018.

SOUZA, M.R.R. *et al.* O potencial do ora-pro-nobis na diversificação da produção agrícola familiar. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v.4, n.2, p.3550- 3554, 2009.

THE NATIONAL DAHLIA SOCIETY. Dahlia Classification and Formation. Disponível em: <https://www.dahlia-nds.co.uk/about-dahlias/classification/>. Acesso em 10 jan. 2024.

WIDOWATI, S.; SUNARTI, T.C.; ZAHARANI, A. Ekstraksi, karakterisasi, dan kajian potensi prebiotik inulin dari umbi dahlia (*Dahlia pinnata* L.). Seminar Rutin Puslitbang Tanaman Pangan, **Bogor**, v. 16, 2005.

**SEGUNDA PARTE- ARTIGOS\***

## ARTIGO 1 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E BIOATIVA DE DIFERENTES VARIEDADES DE FLORES DE DÁLIA (*DAHLIA* SPP.)

### RESUMO

As flores de dália, assim como outras flores comestíveis, têm despertado interesse devido suas propriedades bioativas. Muitas apresentam em sua composição fitoquímicos como flavonoides, antocianinas, carotenoides e fenólicos, os quais atuam como antioxidantes, além de serem reconhecidas pelos teores de minerais que possuem. Devido a isso, têm sido utilizadas em diversos estudos visando esclarecer seu potencial alimentar e nutricional. O trabalho teve como objetivo analisar a composição química, teores de compostos bioativos e minerais, atividade antioxidante e de enzimas antioxidantes de flores de dalias decorativas amarelas, pompons amarelas, decorativas vermelhas, pompons vermelhas e decorativas roxas. Foram quantificados os teores de umidade, proteína bruta, pH, sólidos solúveis totais, acidez total titulável, *ratio*, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn, antocianinas, carotenoides, vitamina C, fenólicos totais, atividade antioxidante por redução do complexo fosfomolibdênio, porcentagem de inibição do DPPH e porcentagem de proteção do  $\beta$ -caroteno, além da atividade das enzimas antioxidantes ascorbato peroxidase (APX), superóxido dismutase (SOD) e catalase (CAT) e cor das pétalas. Os dados foram submetidos à análise de variância, ao teste de médias Tukey a 5% de significância, análise de correlograma e análise de componentes principais pelos Softwares R (R Development Core Team) e Minitab® 21.4.2. As flores que mostraram superioridade quanto ao sistema antioxidante foram as pompons, sendo que a amarela apresentou maiores teores para carotenoides, fenólicos, atividade antioxidante (fosfomolibdênio e DPPH) e atividade da enzima APX, com valores de 18,24  $\mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$ ; 388,83  $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ ; 135,77  $\text{mg } \text{g}^{-1}$ ; 70,75%; 2,18  $\mu\text{mol } \text{g}^{-1} \text{ min}^{-1}$ , respectivamente, e a vermelha apresentou maiores teores de antocianinas (128,86  $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ ), atividade antioxidante (DPPH= 59,42% e  $\beta$ -caroteno = 79,50%) e da CAT, além de se igualar a vermelha decorativa com os maiores teores de Vitamina C. A flor decorativa vermelha se destacou também quanto aos minerais, com alto teor de Fe, principalmente. Assim, as flores pompons e a decorativa vermelha são as mais indicadas ao consumo para quem busca uma dieta diversificada e saudável

Palavras-chave: flores comestíveis; pigmentos naturais; minerais; enzimas; nutrientes.

## CHEMICAL AND BIOACTIVE CHARACTERIZATION OF DIFFERENT VARIETIES OF DAHLIA FLOWERS (*Dahlia* spp.)

### ABSTRACT

Dahlia flowers, like other edible flowers, have attracted interest due to their bioactive properties. Many contain phytochemicals such as flavonoids, anthocyanins, carotenoids, and phenolics, which act as antioxidants and are recognized for their mineral content. Because of this, they have been used in various studies to explore their food and nutritional potential. This study aimed to analyze the chemical composition, levels of bioactive compounds and minerals, antioxidant activity, and antioxidant enzyme activities of yellow decorative dahlias flowers, yellow pompon, red decorative, red pompon, and purple decorative. The contents of moisture,

crude protein, pH, total soluble solids, total titratable acidity, ratio, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn, anthocyanins, carotenoids, vitamin C, total phenolics, antioxidant activity by complex phosphomolybdenum reduction, DPPH inhibition percentage,  $\beta$ -carotene protection percentage, as well as the activities of antioxidant enzymes ascorbate peroxidase (APX), superoxide dismutase (SOD), and catalase (CAT), and petal color were quantified. Data were subjected to analysis of variance, Tukey's mean test at 5% significance level, correlogram analysis, and principal component analysis using R software (R Development Core Team) and Minitab® 21.4.2. Among the flowers, pompoms dahlias exhibited superior antioxidant activity, the yellow pompom showed higher levels of carotenoids, phenolics, antioxidant activity (phosphomolybdenum and DPPH), and APX enzyme activity, with values of  $18,24 \mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$ ,  $388,83 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ ,  $135,77 \text{ mg g}^{-1}$ ,  $70,75\%$ , and  $2,18 \mu\text{mol g}^{-1} \text{ min}^{-1}$ , respectively, and the red pompom had higher levels of anthocyanins ( $128,86 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ ), antioxidant activity (DPPH =  $59,42\%$  and  $\beta$ -carotene =  $79,50\%$ ), and CAT activity, and equalized the red decorative flower for the highest vitamin C content. The red decorative flower also stood out for its mineral content, with a high content of Fe, mainly. Thus, the pompoms flowers and the red decorative are recommended for consumption by those seeking a diverse and healthy diet.

Keywords: edible flowers; natural pigments; minerals; enzymes; nutrients.

## 1 INTRODUÇÃO

As flores comestíveis são utilizadas em algumas regiões, na medicina natural e na alimentação desde a antiguidade, entretanto, países em que seu uso não é tão habitual, como no Brasil, por exemplo, atualmente têm adotado a prática de consumo desses alimentos, os quais tem sido mais valorizados devido a busca por parte dos consumidores por produtos naturais e com propriedades funcionais capazes de melhorar a saúde e prevenir várias doenças (Santos; Reis, 2021).

As flores adicionam aromas, sabores e aparências singulares aos pratos, podendo ser utilizadas de diferentes formas, muitas das vezes inteiras e frescas, sem que seja necessária sua modificação (Matyjaszczyk; Śmiechowska, 2019). Por apresentarem fitoquímicos como flavonoides, antocianinas, carotenoides e fenólicos atuam no combate ao desequilíbrio oxidativo e ao câncer, além de possuírem efeitos anti-inflamatórios, antidiabéticos, antimicrobianos, antidepressivos, ansiolíticos, antiobesidade, cardioprotetores e neuroprotetores (Fakhri *et al.*, 2022).

Diversas são as espécies que possuem flores que podem ser usadas para fins comestíveis, como o amor-perfeito, begônia, calêndula, capuchinha, cravo-de-defunto, crisântemo, hibisco, ipê, malvaisco, rosa, vinagreira, dentre outras. A falta de informações a respeito desses alimentos é um fator que limita seu uso, entretanto, estudos têm sido cada vez

mais difundidos comprovando sua qualidade nutricional e segurança de consumo (Pires *et al.*, 2019; Alves *et al.*, 2023).

A dália (*Dahlia* spp.), planta nativa do México, pertencente à família *Asteraceae*, é uma forte candidata a ganhar destaque como flor comestível, pois além de chamar atenção por sua beleza e diversidade, possuem potencial nutricional, podendo atuar na atividade antioxidante do organismo, principalmente por apresentarem pigmentos considerados bioativos como as antocianinas e carotenoides, compostos fenólicos, minerais e vitaminas (Rop *et al.*, 2012; Lara-Cortés *et al.*, 2014).

Somado à importância funcional das flores comestíveis, sua incrementação na alimentação mostra-se um importante recurso visando a diminuição da desnutrição e o resgate de espécies ameaçadas por atividades antropogênicas, preservando a diversidade agrícola, podendo também se tornar uma fonte alternativa de renda para alguns produtores (Kumari *et al.*, 2021).

Diante o exposto, o trabalho teve como objetivo analisar a composição química, concentração de compostos bioativos, atividade antioxidante e de enzimas antioxidantes de flores de plantas de dalias com flores decorativas amarelas, pompons amarelas, decorativas vermelhas, pompons vermelhas e decorativas roxas.

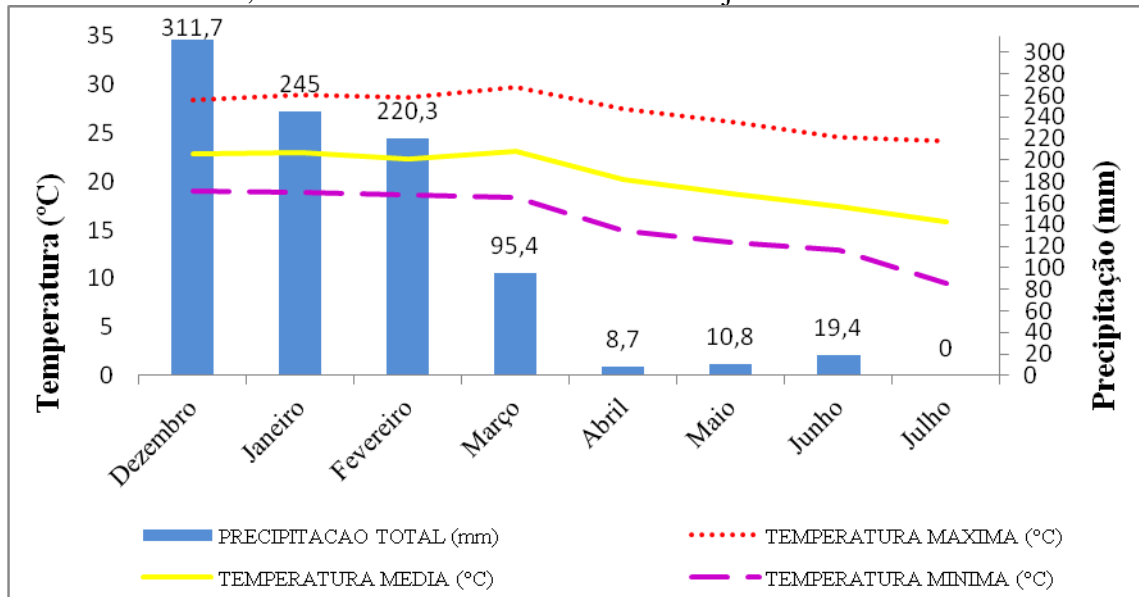
## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Cultivo e preparo das amostras de flores de dália**

As plantas de dália foram cultivadas no setor de olericultura do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), situado no município de Lavras - MG (latitude de 21°14'S, longitude 45°00'W e altitude de 918 metros). De acordo com a classificação climática de Köeppen o clima da região é do tipo subtropical de altitude (Cwb), a qual possui duas estações definidas, seca de abril a setembro e chuvoso de outubro a março, com temperatura média anual de cerca de 19,3 °C, precipitação anual normal de 1.530 mm, evaporação total do ano de 1.034,3 mm e umidade relativa média anual de 76% (Alvares *et al.*, 2013).

Os dados climatológicos da região durante o período de cultivo das dalias encontram-se na Figura 1.

Figura 1 – Gráfico dos dados climatológicos da estação meteorológica da Universidade Federal de Lavras, entre os meses de dezembro 2020 a julho de 2021.



Fonte: Adaptado do INMET (2024).

Para a propagação das plantas foram utilizadas raízes tuberosas de cinco variedades de dália (decorativa amarela, pompom amarela, decorativa vermelha, pompom vermelha e decorativa roxa) (Figura 2), oriundas de doações de cultivadores da região.

Figura 2 – Flores de dália: A) Decorativa amarela, B) Pompom amarela, C) Decorativa vermelha, D) Pompom vermelha, E) Decorativa roxa.



Fonte: Da autora (2024).

As denominações das flores estudadas levaram em consideração a descrição para os diferentes grupos de dalias propostos pela classificação feita pela associação *The National Dahlia Society* da Inglaterra. As exsicatas dos materiais testemunhos estão depositadas no Herbário da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (PAMG/EPAMIG), com registros 58944, 58945, 58942, 58946 e 58943, para as plantas de flores decorativa amarela, pompom amarela, decorativa vermelha, pompom vermelha e decorativa roxa/rosa, respectivamente.

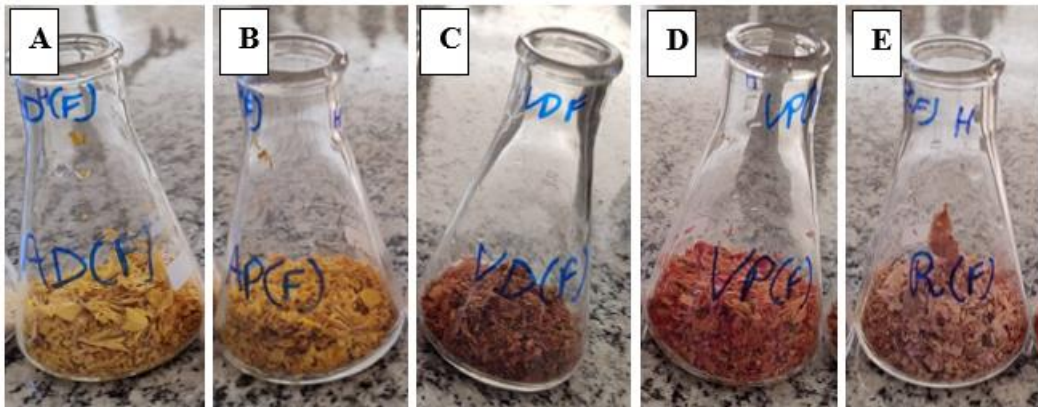
Foram preparados canteiros onde foram feitas covas rasas (0,15 m), para plantio das raízes saudáveis. O espaçamento utilizado foi de 0,60 x 0,60 m, sendo as raízes dispostas de forma casualizada.

A análise do solo realizada no local do cultivo revelou os seguintes resultados: pH em água = 6,7; K = 243,57 mg/ dm<sup>3</sup>; P = 105,11 mg/ dm<sup>3</sup>; Na = 11,00 mg/ dm<sup>3</sup>; Ca = 4,89 cmolc/dm<sup>3</sup>; Mg = 1,32 cmolc/dm<sup>3</sup>; Al = 0,10 cmolc/dm<sup>3</sup>; H + Al = 1,10 cmolc/dm<sup>3</sup>; CTC = 7,93 cmolc/dm<sup>3</sup>; V = 86,19%; M.O. (matéria orgânica) = 2,52 dag/kg; P-Rem = 34,80 mg/L; Zn = 8,30 mg/ dm<sup>3</sup>; Fe = 48,50 mg/ dm<sup>3</sup>; Mn = 28,10 mg/ dm<sup>3</sup>; Cu = 1,23 mg/ dm<sup>3</sup>; B = 0,20 mg/ dm<sup>3</sup> e S = 9,20 mg/ dm<sup>3</sup>.

Não foram utilizados fertilizantes nem defensivos químicos no cultivo, o qual foi feito de forma orgânica, utilizando esterco bovino (100 g por planta) no plantio e após emergência das plantas. As plantas foram irrigadas três vezes ao dia por sistema de gotejamento (intervalo de 8 horas, durante quatro minutos por rega). Quando necessário, foi feita a retirada de plantas invasoras de forma manual através de capinas.

As plantas foram observadas diariamente e a colheita das flores foi feita durante o período de floração, que ocorreu durante aproximadamente o 75° ao 210° dia após o plantio (DAP), com a retirada manual das flores completamente abertas. Após a coleta, as pétalas de cada amostra foram homogeneizadas, e parte dessas foram secas em estufa de secagem a 40 °C até peso constante, para posterior trituração com gral e pistilo para realizar as análises que demandavam a amostra seca (proteína bruta e minerais) (Figura 3). Outra parte das pétalas foram armazenadas a -20 °C para a realização das demais análises (Figura 4).

Figura 3 – Amostras secas de flores de dália: A) Decorativa amarela, B) Pompom amarela, C) Decorativa vermelha, D) Pompom vermelha, E) Decorativa roxa.



Fonte: Da autora (2024).

Figura 4 – Amostras frescas de flores de dália: A) Decorativa amarela, B) Pompom amarela, C) Decorativa vermelha, D) Pompom vermelha, E) Decorativa roxa.



Fonte: Da autora (2024).

## 2.2 Caracterização das flores de dália

Foi feita a caracterização química e bioativa das flores de dália, avaliando também a atividade antioxidante e atividade de enzimas antioxidantes das amostras. Para isso, foram realizadas análises de umidade, proteína bruta, pH, acidez total titulável, sólidos solúveis totais, *ratio*, minerais (P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn), carotenoides totais ( $\alpha$ -caroteno,  $\beta$ -caroteno,  $\delta$ -caroteno,  $\gamma$ -caroteno, licopeno), antocianinas, vitamina C, fenólicos totais, atividade antioxidante por fosfomolibdênio, porcentagem de inibição do DPPH e porcentagem de proteção do  $\beta$ -caroteno, atividade das enzimas antioxidantes ascorbato peroxidase (APX), superóxido dismutase (SOD) e catalase (CAT) e coloração.

As análises foram conduzidas nos Laboratórios de Pós-Colheita de Frutos e Hortaliças no Departamento de Ciência dos Alimentos (compostos químicos, bioativos e atividade antioxidante), de Nutrição do Departamento de Ciência dos Solos (minerais) e no de cultura de tecidos do Departamento de Agricultura (atividade de enzimas antioxidantes), todos da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

As análises foram realizadas em 3 repetições e em triplicata, e expressas em matéria fresca, exceto para minerais, para qual foram utilizadas três repetições e os resultados expressos em matéria seca.

### 2.2.1 Determinação dos teores de umidade, proteína bruta, pH, Sólidos Solúveis Totais, Acidez Total Titulável, *Ratio* e Minerais

O teor de umidade foi determinado pelo método gravimétrico de acordo com as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2008), que consistiu na secagem das pétalas em estufa à 40 °C até peso constante, o qual foi conferido em balança analítica por pesagens consecutivas. O resultado foi expresso em porcentagem (%) de umidade em massa fresca. O teor de proteína

bruta foi obtido pelo método de micro-Kjeldahl, utilizando o fator de conversão de nitrogênio total em proteína bruta de 6,25 (Instituto Adolfo Lutz, 2008). Os resultados foram expressos em porcentagem (%) de massa fresca.

O pH foi determinado em solução aquosa das amostras utilizando-se um pHmetro TECNAL®, o teor de sólidos solúveis (SS) foi quantificado por refratômetro digital e a determinação da acidez titulável (AT) foi feita por titulometria, utilizando-se solução de hidróxido de sódio 0,01 N e fenolftaleína como indicador (Instituto Adolfo Lutz, 2005). Os resultados de SS e AT foram expressos em porcentagem, utilizando-se o ácido cítrico como base de cálculo da AT. O *ratio* foi calculado pela razão entre SS e AT.

Foram avaliados os teores de P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn. As análises seguiram a metodologia descrito por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997). Os teores dos minerais foram determinados por meio do espectrômetro de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP OES) após a digestão ácida das amostras. Os resultados dos macrominerais foram expressos em g kg<sup>-1</sup>, enquanto os dos microminerais em mg kg<sup>-1</sup>, em matéria seca.

## **2.2.2 Sistema antioxidante enzimático e não enzimático**

### **2.2.2.1 Antocianinas**

O teor total de antocianinas foi estimado, espectrofotometricamente, segundo Lees e Francis (1972) adaptado por Barcia *et al.* (2012) pelo método de pH único. A leitura foi efetuada no comprimento de onda de 535nm, utilizando-se solução de etanol acidificado como branco e baseando-se no coeficiente de extinção molar da cianidina-3-glicosídeo para quantificação. Os resultados foram expressos em miligramas de cianidina-3- glicosídeo por 100 gramas de amostra.

### **2.2.2.2 Carotenoides**

A determinação de carotenoides foi realizada segundo a metodologia proposta por Rodriguez-Amaya (2001), com acetona P.A. e éter de petróleo como solventes, utilizando-se funil de separação para a extração. Foram avaliados os teores de  $\alpha$ -caroteno,  $\beta$ -caroteno,  $\delta$ -caroteno,  $\gamma$ -caroteno e licopeno, com leituras realizadas nos comprimentos de ondas 444 nm; 450 nm; 456 nm; 462 nm; 470 nm, respectivamente, e para determinação do teor de carotenoides totais esses teores foram somados. Os resultados foram expressos em  $\mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$

de amostra.

### **2.2.2.3 Vitamina C**

O teor de ácido ascórbico (vitamina C) foi obtido seguindo metodologia descrita por Strohecker e Henning (1967). A extração foi feita com ácido oxálico 0,5%, e a determinação realizada, espectrofotometricamente, a 520nm e os resultados expressos em mg de ácido ascórbico 100 g<sup>-1</sup> de amostra fresca.

### **2.2.2.4 Obtenção do extrato para as análises de fenólicos totais e atividade antioxidante**

Para obtenção do extrato, as amostras foram homogeneizadas com metanol 50%, mantidas em repouso por 60 minutos e centrifugadas por 15 minutos a 10000 rpm. O sobrenadante foi transferido para um balão volumétrico de 50 mL (âmbar) e ao resíduo remanescente foi adicionado acetona a 70%, repetindo-se o procedimento descrito acima. O sobrenadante da segunda extração foi combinado ao da primeira, completando-se o volume do balão volumétrico com água destilada. Todas as etapas de extração foram conduzidas ao abrigo da luz.

### **2.2.2.5 Fenólicos totais**

O teor de fenólicos totais foi determinado por espectrofotometria pelo método de Folin Ciocalteu (Waterhouse, 2020), realizando a leitura de absorbância no comprimento de onda de 720 nm. O teor de fenólicos totais foi expresso em mg de ácido gálico 100 g<sup>-1</sup> em massa fresca.

### **2.2.2.6 Atividade antioxidante pelo método do complexo fosfomolibdênio**

A atividade antioxidante pelo método de redução pelo complexo fosfomolibdênio seguiu metodologia descrita por Prieto; Pineda e Aguilar (1999), que se baseia na capacidade antioxidante total de uma mistura complexa de compostos, tanto de componentes lipofílicos quanto de hidrofílicos. Foi feita leitura a 695 nm. A atividade antioxidante das amostras foi expressa em relação a vitamina C cuja atividade antioxidante de referência foi considerada 100%.

### 2.2.2.7 Atividade antioxidante pelo método de Porcentagem de inibição do DPPH

A atividade antioxidante pelo 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH), pelo mecanismo de captura do radical livre, foi determinada de acordo com a descrição de Brand-Williams, Cuvelier e Berset (1995), com modificações. A mistura de reação consistiu no extrato vegetal acrescido de uma solução etanólica de DPPH●+ (6,10 – 2 mM). Após 30 minutos, as leituras foram feitas em leitor de microplacas (EZ Read, 2000) a 515 nm, com etanol (P.A.) como espaço em branco. A capacidade da amostra de reduzir radicais DPPH●+ (% de inibição ou %I) foi calculada usando a seguinte Equação 1:

$$\%I = \left( \frac{A_{\text{controle}} - A_{\text{amostra}}}{A_{\text{controle}}} \right) \times 100 \quad (1)$$

onde:

$A_{\text{controle}}$  = Absorbância da solução inicial de DPPH;

$A_{\text{amostra}}$  = Absorbância da mistura reacional após 30 min.

### 2.2.2.8 Atividade antioxidante pelo método de Porcentagem de proteção do $\beta$ -caroteno/ácido linoléico

A atividade antioxidante pelo método  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico foi determinada conforme descrito por Rufino *et al.* (2010). Os extratos das amostras foram usados diretamente e os resultados foram apresentados como porcentagem de inibição da oxidação (% proteção).

### 2.2.2.9 Obtenção do extrato para análise das atividades específicas de enzimas antioxidantes

Os extratos enzimáticos brutos, usados para as determinações das atividades das enzimas antioxidantes ascorbato peroxidase (APX), superóxido dismutase (SOD) e catalase (CAT) foram obtidos a partir da metodologia descrita por Biemelt *et al.* (1998), macerando-se o tecido foliar a frio com almofariz e procedendo a extração com adição da solução contendo tampão fosfato de potássio 100 mM (pH 7,8), EDTA 0,1 mM e ácido ascórbico 10mM, com volume total de 1,5 mL. Em seguida, o extrato foi centrifugado a 13000 xg por 10 minutos à 4 °C, e o sobrenadante foi utilizado nas intubações enzimáticas.

#### **2.2.2.10 Atividade da ascorbato peroxidase (APX)**

A atividade da APX determinada de acordo com Nakano e Asada (1981). O extrato foi adicionado de 190  $\mu\text{L}$  de tampão composto por 100  $\mu\text{L}$  de tampão fosfato de potássio 200 mM (pH 7,0), 10  $\mu\text{L}$  de ácido ascórbico 10mM, 10 $\mu\text{L}$  de peróxido de hidrogênio 2 mM e 70  $\mu\text{L}$  de água destilada. A atividade da enzima foi determinada pelo acompanhamento da oxidação do ascorbato, a cada 15 segundos, durante 3 minutos, a qual foi monitorada por leituras espectrofotométricas a 290 nm. Uma unidade da atividade da APX foi definida como a conversão de 1  $\mu\text{M}$  de ácido ascórbico em monodehidroascorbato durante um minuto.

#### **2.2.2.11 Atividade da superóxido dismutase (SOD)**

A atividade da SOD foi avaliada segundo Giannopolitis e Ries (1977), pela capacidade da enzima em inibir a fotorredução do azul de nitrotetrazólio (NBT), com algumas modificações. O extrato enzimático foi adicionado ao meio de reação composto por: tampão de fosfato de potássio 50 mM (pH 7,8), metionina 14 mM, EDTA 0,1  $\mu\text{M}$ , NBT 75  $\mu\text{M}$  e riboflavina 2  $\mu\text{M}$ . A reação foi realizada pela iluminação da solução com lâmpada fluorescente de 15W por 10 minutos, iniciando pela ligação da lâmpada e finalizando pelo desligamento da mesma. As leituras de absorvância foram feitas a 560 nm em espectrofotômetro (EPOCH-BIOTECK-ELISA), sendo a atividade da SOD medida pela diferença no incremento da absorvância das amostras. Uma unidade de SOD foi definida como a quantidade necessária da enzima para inibir em 50% a fotorredução do NBT nas condições do ensaio.

#### **2.2.2.12 Atividade da catalase (CAT)**

O ensaio da atividade da catalase (CAT) foi realizado segundo Havir e McHale (1987). O extrato enzimático foi adicionado ao meio de reação, contendo 100  $\mu\text{L}$  de fosfato de potássio 200 mM (pH 7,0) e 10  $\mu\text{L}$  de peróxido de hidrogênio 12,5 mM e 80  $\mu\text{L}$  de água destilada e incubado a 28 °C. A atividade da enzima foi determinada em espectrofotômetro a 240 nm (EPOCH-BIOTECK-ELISA), pela medição da taxa de decréscimo na absorvância das amostras a cada 15 segundos, em um período de 3 minutos, em decorrência do consumo de peróxido de hidrogênio do meio de reação. Uma unidade da atividade da CAT foi definida como a degradação de 1  $\mu\text{M}$  de  $\text{H}_2\text{O}_2$  durante um minuto.

### 2.2.2.13 Análise colorométrica

A cor das amostras foi determinada em pontos diferentes das flores frescas (pétalas) recorrendo-se a um colorímetro Konica Minolta CR-400 calibrado de acordo com o sistema CIE com medição dos parâmetros L\*, ângulo de inclinação (h) e pureza da cor (croma, C\*) (iluminante D65).

## 2.3 Análise de correlograma e análise de componente principal

Para a análise de correlograma foi utilizado o Software Minitab® 21.4.2 e para a análise de componentes principais (PCA) utilizou-se o software R para construção dos biplots, fazendo uso dos pacotes “factoextra, ggplot2, ggbiplot, devtools ggalt e ggforce”.

## 2.4 Análise estatística

As análises foram realizadas em delineamento inteiramente casualizados (DIC) com três repetições, em triplicata. Foi feito o teste de Grubbs a 5% de significância para eliminar os outliers e os resultados submetidos à análise de variância e ao teste de médias Tukey a 5% de significância pelo Software Minitab® 21.4.2.

# 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

## 3.1 Teores de umidade, proteína bruta, pH, Sólidos Solúveis Totais, Acidez Total Titulável, *Ratio* e Minerais

Diferenças significativas foram observadas entre as diferentes flores de dália para as variáveis proteína bruta, pH, sólidos solúveis totais, acidez total titulável, *ratio* e composição mineral, apenas a umidade das flores não se diferenciou (Tabela 1).

O teor de umidade foi maior para as raízes de plantas decorativa roxa (85,05 %) e menor nas raízes de plantas decorativa vermelha (73,37 %).

Tais teores se assemelharam aos encontrados para as raízes de dália de diferentes cores de flores avaliadas por Nsabimana e Jiang (2011) com teores de 83,36% para raiz de planta de flor amarela a 86,49% para a de flor vermelha. Os valores também foram semelhantes aos vistos para diferentes variedades de dália avaliadas por Rivera-Espejel *et al.* (2019) (75,62% a 88,71

%) e para yacon (88,86% a 91,21%) por Silva *et al.* (2018), que afirmam que o alto teor de umidade pode ser favorável para seu baixo teor calórico, entretanto, requer maiores cuidados no armazenamento, sendo que a refrigeração na pós-colheita é uma prática que pode contribuir para a maior qualidade dessas raízes.

Tabela 1 – Valores médios de umidade, proteína, pH, sólidos solúveis totais, acidez total titulável, *ratio*, de flores de dalias de diferentes variedades.(continua...)

<b>Amostra</b> <b>Variável<sup>a</sup></b>	<b>Flor decorativa</b> <b>amarela</b>	<b>Flor pompom</b> <b>amarela</b>	<b>Flor decorativa</b> <b>vermelha</b>	<b>Flor pompom</b> <b>vermelha</b>	<b>Flor decorativa roxa</b>
<b>Umidade (%)</b>	91,02 ± 1,86a	91,26 ± 0,74a	90,46 ± 0,33a	88,46 ± 5,67a	89,74 ± 2,06a
<b>Proteína bruta (%)</b>	1,03 ± 0,04a	0,86 ± 0,01b	1,10 ± 0,08a	1,19 ± 0,11a	1,13 ± 0,02a
<b>pH</b>	4,90 ± 0,03b	4,97 ± 0,01b	4,61 ± 0,06c	4,70 ± 0,06c	5,35 ± 0,01a
<b>Sólidos Solúveis Totais</b> <b>(%)</b>	8,00 ± 0,50ab	9,33 ± 1,04a	9,00 ± 0,00a	9,00 ± 0,00a	7,50 ± 0,00b
<b>Acidez Titulável Total</b> <b>(%)</b>	0,32 ± 0,01a	0,31 ± 0,02a	0,29 ± 0,03a	0,31 ± 0,03a	0,19 ± 0,00b
<b>Ratio</b>	25,22 ± 0,81c	30,54 ± 2,04bc	30,75 ± 2,98b	28,84 ± 2,62bc	39,04 ± 0,00a
<b>P (g kg<sup>-1</sup>)<sup>b</sup></b>	3,36 ± 0,06b	3,41 ± 0,03b	3,56 ± 0,06a	3,06 ± 0,05d	3,22 ± 0,02c
<b>K (g kg<sup>-1</sup>)<sup>b</sup></b>	22,68 ± 0,23a	22,77 ± 0,66a	20,44 ± 0,61b	20,26 ± 0,53b	20,26 ± 0,52b
<b>Ca (g kg<sup>-1</sup>)<sup>b</sup></b>	2,41 ± 0,15d	2,70 ± 0,11c	2,02 ± 0,07e	4,00 ± 0,03 <sup>a</sup>	3,16 ± 0,09b
<b>Mg (g kg<sup>-1</sup>)<sup>b</sup></b>	2,23 ± 0,06c	2,59 ± 0,09a	2,31 ± 0,04bc	2,35 ± 0,05bc	2,46 ± 0,12ab
<b>S (g kg<sup>-1</sup>)<sup>b</sup></b>	1,58 ± 0,07ab	1,34 ± 0,02c	1,62 ± 0,02a	1,34 ± 0,01c	1,49 ± 0,03b
<b>B (mg kg<sup>-1</sup>)<sup>b</sup></b>	11,09 ± 2,18b	8,73 ± 0,26c	13,98 ± 0,26a	6,89 ± 0,53d	10,92 ± 0,30b
<b>Cu (mg kg<sup>-1</sup>)<sup>b</sup></b>	8,72 ± 0,27b	8,67 ± 0,12b	10,61 ± 0,06a	7,72 ± 0,10c	7,21 ± 0,13d
<b>Fe (mg kg<sup>-1</sup>)<sup>b</sup></b>	134,32 ± 14,32b	68,25 ± 2,33c	297,67 ± 8,75a	68,14 ± 3,47c	58,41 ± 4,16c
<b>Mn (mg kg<sup>-1</sup>)<sup>b</sup></b>	8,85 ± 0,49c	11,58 ± 0,24a	11,24 ± 0,24a	10,03 ± 0,16b	8,88 ± 0,17c

Tabela 1 – Valores médios de umidade, proteína, pH, sólidos solúveis totais, acidez total titulável, *ratio*, de flores de dalias de diferentes variedades. (conclusão)

<b>Amostra</b> <b>Variável<sup>a</sup></b>	<b>Flor decorativa</b> <b>amarela</b>	<b>Flor pompom</b> <b>amarela</b>	<b>Flor decorativa</b> <b>vermelha</b>	<b>Flor pompom</b> <b>vermelha</b>	<b>Flor decorativa roxa</b>
<b>Zn (mg kg<sup>-1</sup>)<sup>b</sup></b>	51,76 ± 0,20ab	53,11 ± 1,24a	50,50 ± 0,40b	52,47 ± 0,33ab	47,75 ± 1,05c

<sup>a</sup>Valores médios obtidos em 3 repetições, em triplicata, em base integral. <sup>b</sup>Base seca. Médias seguidas de letras iguais na linha, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Fonte: Da autora (2024).

O teor médio de umidade das flores de dália foi 90,19%, com, conseqüentemente, 9,81% de matéria seca. As flores estudadas no presente trabalho tiveram teores de umidade semelhantes aos observados Granados-Balbuena *et al.* (2022) (89,68%) e Martínez-Damián *et al.* (2021) (91,75%), que também estudaram a composição de flores de dália de diferentes cores, confirmando assim, que o elevado teor de umidade é uma característica geral da cultura em estudo, o que faz com que sejam atrativas a quem busca alimentos de baixos níveis calóricos (Lara-Cortés *et al.*, 2014).

As flores da dália pompom amarela apresentaram teor de proteína bruta ( $0,86 \pm 0,01\%$ ) inferior ao das demais, que não diferiram entre si, com média de 1,11%. Esses resultados corroboram com o relato de Granados-Balbuena *et al.* (2022) de que flores de dália possuem alto teor de umidade e baixo de proteínas. Apesar disso, o teor de proteína bruta encontrado no presente trabalho foi superior ao de algumas flores comestíveis como brinco-de-princesa (*Fuchsia x hybrida*) com 0,24% e craveiro (*Dianthus caryophyllus*) com 0,69% (Rop *et al.*, 2012).

Calculando o teor de proteínas em base seca, as amostras apresentaram teores na faixa de 9,83% (pompom amarela) a 11,54% (decorativa vermelha), valores próximos aos descritos por Granados-Balbuena *et al.* (2022) de 6% a 10% e inferiores aos relatados por Martínez-Damián *et al.* (2021) nas diferentes cores de dália, comprovando que essa variável é dependente, além de espécie e cor estudada, do local de cultivo e conseqüente nutrição do solo (Juárez-Rosete *et al.*, 2019).

A flor decorativa roxa se destacou com maior média de pH (5,35), seguida pelas amarelas, com valores intermediários, e vermelhas, com as menores médias. O pH celular é diretamente influenciado pelos ácidos orgânicos, cuja concentração pode ser medida por titulometria. Logo, a flor roxa, que apresentou a maior média de pH, também apresentou menor média de AT (0,19%), em comparação às flores de outras colorações, que não diferiram entre si, quanto à AT, que variou de 0,29 a 0,32%.

Todas as flores apresentaram pH superior a 4,5, indicando assim, a baixa acidez das pétalas de dália em estudo. Comparando a outras flores comestíveis, a dália se mostrou semelhante a flores como capuchinha (*Tropaeolum majus* L.) com pH 5,3 (De Souza *et al.*, 2020) e menos ácida do que rosa vermelha e gladiolo (*Gladiolus x grandiflorus* Hort.) com pH médio de 3,94 e 4,2, sendo consideradas altamente e moderadamente ácidas, respectivamente, (Moreira *et al.*, 2020; De Souza *et al.*, 2021).

Como o pH está diretamente relacionado à acidez, como conseqüência do maior pH das flores de dália em estudo em relação às rosas estudadas por Moreira *et al.* (2020), elas

apresentaram também menor acidez titulável, o que sugere que terão, provavelmente, a preferência sensorial de muitas pessoas que refutam os produtos mais ácidos.

A flor decorativa roxa apresentou menor média de SS, em comparação às flores pompom amarela, decorativa vermelha e pompom vermelha, nenhuma outra diferença significativa foi notada. A concentração obtida é uma medida de todos os sólidos solúveis, incluindo pigmentos, ácidos, glicerol, açúcares, dentre outros (Dos Santos Campos, 2023). Os maiores teores de sólidos solúveis para as flores amarelas e vermelhas comprovam que além de fatores como espécie, variedade, clima, solo e irrigação, esse componente pode estar relacionado também a pigmentos e, conseqüentemente, cor do alimento, o que precisa ser investigado.

O teor de sólidos solúveis para as flores analisadas foi semelhante ao de capuchinha (9,7%) (De Souza *et al.*, 2020) e superior ao encontrado por De Souza *et al.* (2021) para gladiolos (5,3%) e por Pêgo *et al.* (2022) para *Viola cornuta* (clara e escura), *Viola tricolor*, *Antirrhinum majus*, *Dianthus chinensis* e *Tagetes patula*, com teores de 2,50%, 1,84%, 5,94%, 3,08%, 3,75%, 1,75%, respectivamente, sugerindo que as flores de dália possuem um sabor mais adocicado, podendo ter melhor aceitação por parte dos consumidores pelo sabor adocicado e também para indústria, visto que a dália é uma promissora matéria-prima para produtos processados como geleias, e elevados teores de sólidos solúveis resultam em economias no processamento com menor adição de açúcares, menor tempo de evaporação da água, menor gasto de energia e maior rendimento do produto (Oliveira *et al.*, 2020).

A flor roxa também se distinguiu das demais em função do maior *ratio* (39,04), seguida pela decorativa vermelha (30,75), pompom amarela e pompom vermelha que não diferiram entre si (30,54 e 28,84, respectivamente) e por fim, com menor valor, a decorativa amarela (25,22).

A sensação de doçura e acidez de um produto é dependente do balanço entre seus teores de açúcares e compostos ácidos, sendo o *ratio* (relação SST/ATT), um indicativo do gosto do alimento, em que um sabor habitualmente mais agradável está relacionado a um maior valor para essa proporção (Sganzerla *et al.*, 2019; De Souza *et al.*, 2020). Sendo assim, das flores de dália estudadas, a decorativa roxa se mostrou mais palatável que as demais.

Os minerais são de extrema importância para o bom funcionamento dos organismos animal e vegetal, visto que participam das mais variáveis funções. As flores de dália estudadas apontaram altos teores de minerais para espécie. Pela Tabela 1 percebe-se diferenças significativas entre as amostras para todos os minerais avaliados.

Os minerais P, K, Ca, Mg e S se apresentam em maior quantidade nas amostras, o que está de acordo com a revisão feita por Fernandes *et al.* (2016) que aponta que esses minerais são majoritários em diferentes flores estudadas, sendo a concentração de cada dependente da espécie.

Desses minerais, as flores decorativas e pompom amarelas foram superiores quanto ao teor de K (média de 22,73 g Kg<sup>-1</sup>), sendo que a segunda se sobressaiu também quanto ao teor de Mg (2,59 g Kg<sup>-1</sup>). A flor decorativa vermelha apresentou os maiores teores para P (3,56 g Kg<sup>-1</sup>) e S (1,62 g Kg<sup>-1</sup>), enquanto a pompom vermelha se mostrou mais rica em Ca (4,00 g Kg<sup>-1</sup>), com aproximadamente 50% a mais desse mineral do que a decorativa da mesma coloração (2,02 g Kg<sup>-1</sup>).

Dos microminerais, o que se apresentou em maior teor foi o ferro, sendo a flor decorativa vermelha consideravelmente mais rica no nutriente quando comparada às outras amostras (297,67 mg Kg<sup>-1</sup>), com teor representando aproximadamente cinco vezes ao da flor roxa (58,41 mg Kg<sup>-1</sup>), que teve o menor teor. A flor decorativa vermelha também se mostrou superior às flores descritas por Fernandes *et al.* (2016), com maior teor para a brinco-de-princesa (97 mg Kg<sup>-1</sup>).

Calculado em base fresca, o teor de Fe da flor de dália decorativa vermelha (28,40 mg Kg<sup>-1</sup>) foi semelhante ao encontrado por Lara-Cortés *et al.* (2014) para flores de coloração cereja e laranja dessa planta (27 e 32 mg Kg<sup>-1</sup>, respectivamente), esses foram expressivamente superiores às diferentes flores analisadas por Rop *et al.* (2012), com maior teor para craveiro com 9,85 mg Kg<sup>-1</sup> de Fe, deduzindo-se assim, a superioridade da cultura quanto a esse mineral sobre outras espécies semelhantes.

A flor decorativa vermelha também apresentou maiores teores para B e Cu, além de dividir a melhor posição na quantificação de Mn com a pompom amarelo, a qual foi superior no teor de Zn.

De forma geral, calculados em base fresca, os valores médios para minerais (P= 0,32 g Kg<sup>-1</sup>; K= 2,08 g Kg<sup>-1</sup>; Ca = 0,29 g Kg<sup>-1</sup>; Mg=0,23 g Kg<sup>-1</sup>; S=0,14 g Kg<sup>-1</sup>; B=1,00 mg Kg<sup>-1</sup>; Cu= 0,84 mg Kg<sup>-1</sup>; Fe= 12,06 mg Kg<sup>-1</sup>; Mn= 0,99 mg Kg<sup>-1</sup>; Zn= 5,01 mg Kg<sup>-1</sup>) se enquadram aos vistos por Lara-Cortés *et al.* (2014) para flores de dália e a Rop *et al.* (2012) para diferentes espécies de flores, corroborando a ideia de que a concentração de minerais é um fator determinante para o consumo das flores comestíveis, que apesar de não excederem o conteúdo mineral de hortícolas consideradas importantes, podem contribuir como alternativa para diversificação e incrementação da alimentação visando atender à necessidade diária desses

elementos. Sob tal perspectiva, a flor que se mostrou mais promissora foi a decorativa vermelha, que se destacou com superioridade para P, S, B, Cu, Mn e, em especial, Fe.

### **3.2 Sistema antioxidante enzimático e não enzimático**

Os tipos de flores de dália estudados apresentaram diferenças para os compostos bioativos avaliados e também para a atividade antioxidante e atividade das enzimas antioxidantes APX e CAT, por outro lado, a atividade da SOD foi igual para todos (Tabela 2).

Tabela 2 – Teores médios de antocianinas,  $\alpha$ -caroteno,  $\beta$ -caroteno,  $\delta$ -caroteno,  $\gamma$ -caroteno, licopeno, carotenoides totais, vitamina C, fenólicos totais, atividade antioxidante por fosfomolibdênio, % de inibição DPPH e % proteção  $\beta$ -caroteno e atividade das enzimas APX, SOD e CAT de flores de dália de diferentes variedades. (continua...)

<b>Amostra Variável</b>	<b>Flor decorativa amarela</b>	<b>Flor pompom amarela</b>	<b>Flor decorativa vermelha</b>	<b>Flor pompom vermelha</b>	<b>Flor decorativa roxa</b>
<b>Antocianinas mg 100g<sup>-1</sup></b>	2,76 ± 0,11c	6,16 ± 0,69c	74,88 ± 10,29b	128,86 ± 8,48a	10,69 ± 0,04c
<b><math>\alpha</math>-caroteno <math>\mu</math> 100g<sup>-1</sup></b>	2,24 ± 0,28b	4,13 ± 0,33a	3,70 ± 0,50a	3,22 ± 0,21ab	2,28 ± 0,45b
<b><math>\beta</math>-caroteno <math>\mu</math>g 100g<sup>-1</sup></b>	2,32 ± 0,26b	4,19 ± 0,27a	3,90 ± 0,61a	3,31 ± 0,19ab	2,46 ± 0,49b
<b><math>\delta</math>-caroteno <math>\mu</math>g 100g<sup>-1</sup></b>	1,78 ± 0,27b	3,15 ± 0,20a	2,96 ± 0,49a	2,38 ± 0,06ab	1,81 ± 0,41b
<b><math>\gamma</math>-caroteno <math>\mu</math>g 100g<sup>-1</sup></b>	1,81 ± 0,34c	3,65 ± 0,24a	2,78 ± 0,47b	2,49 ± 0,12bc	1,97 ± 0,06c
<b>Licopeno <math>\mu</math>g 100g<sup>-1</sup></b>	1,55 ± 0,25bc	3,12 ± 0,24a	2,23 ± 0,41b	2,04 ± 0,15bc	1,46 ± 0,28c
<b>Carotenoides Totais <math>\mu</math>g 100g<sup>-1</sup></b>	9,70 ± 1,39c	18,24 ± 0,30a	15,57 ± 2,47ab	13,44 ± 0,62bc	9,98 ± 1,68c
<b>Vitamina C mg 100g<sup>-1</sup></b>	63,91 ± 1,37b	70,63 ± 9,45b	174,75 ± 7,89a	146,81 ± 20,22a	42,31 ± 9,95b
<b>Fenólicos Totais mg 100g<sup>-1</sup></b>	183,89 ± 10,37c	388,83 ± 40,34a	204,02 ± 8,92c	320,24 ± 15,31ab	303,06 ± 52,04b
<b>Fosfomolibdênio mg g<sup>-1</sup></b>	82,14 ± 21,08c	135,77 ± 10,38a	94,45 ± 6,80bc	129,07 ± 28,29ab	85,14 ± 0,13bc
<b>% Inibição DPPH</b>	29,29 ± 1,07b	70,75 ± 15,87a	31,80 ± 0,21b	59,42 ± 7,44a	37,71 ± 3,76b

Tabela 2 – Teores médios de antocianinas,  $\alpha$ -caroteno,  $\beta$ -caroteno,  $\delta$ -caroteno,  $\gamma$ -caroteno, licopeno, carotenoides totais, vitamina C, fenólicos totais, atividade antioxidante por fosfomolibdênio, % de inibição DPPH e % proteção  $\beta$ -caroteno e atividade das enzimas APX, SOD e CAT de flores de dália de diferentes variedades. (conclusão)

<b>Amostra</b> <b>Variável</b>	<b>Flor decorativa</b> <b>amarela</b>	<b>Flor pompom</b> <b>amarela</b>	<b>Flor decorativa</b> <b>vermelha</b>	<b>Flor pompom</b> <b>vermelha</b>	<b>Flor decorativa</b> <b>roxa</b>
<b>% Proteção <math>\beta</math>- caroteno</b>	51,42 $\pm$ 7,72c	74,25 $\pm$ 1,86ab	72,85 $\pm$ 1,86ab	79,50 $\pm$ 0,68a	67,81 $\pm$ 1,92b
<b>APX</b> <b><math>\mu\text{mol ASA g}^{-1}\text{min}^{-1}</math></b>	1,21 $\pm$ 0,17b	2,18 $\pm$ 0,18a	0,54 $\pm$ 0,03c	1,23 $\pm$ 0,21b	0,97 $\pm$ 0,12b
<b>SOD</b> <b>U SOD <math>\text{g}^{-1}\text{min}^{-1}</math></b>	87,69 $\pm$ 4,47a	87,02 $\pm$ 6,56a	96,89 $\pm$ 1,33a	86,35 $\pm$ 6,71a	102,58 $\pm$ 14,52a
<b>CAT</b> <b><math>\mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{g}^{-1} \text{min}^{-1}</math></b>	21,06 $\pm$ 1,02ab	14,22 $\pm$ 0,53bc	0,00 $\pm$ 0,00d	22,95 $\pm$ 5,58a	7,77 $\pm$ 2,26c

\*Valores médios obtidos em 3 repetições em base fresca. Médias seguidas de letras iguais na linha, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Fonte: Da autora (2024).

Os compostos associados à capacidade antioxidante na composição das flores de dália são determinantes para torná-las atrativas. Devido à diversidade de cores que possuem, essas tendem a apresentar elevados teores de pigmentos e, conseqüentemente, importantes compostos, como os fenólicos (Martínez-Damián *et al.*, 2021).

As flores estudadas mostraram teores distintos de antocianinas, com maior teor para a flor pompom vermelha (128,86 mg 100g<sup>-1</sup> de cianidina-3-glicosídeo), sendo a quantidade dessa maior em quase 50 vezes à da flor decorativa amarela (2,76 mg 100g<sup>-1</sup>), a qual não apresentou diferença da pompom amarela (6,16 mg 100 g<sup>-1</sup>) e nem da decorativa roxa (10,69 mg 100g<sup>-1</sup>). A flor decorativa vermelha obteve teor intermediário (74,88 mg 100 g<sup>-1</sup>) (Tabela 2). Tais resultados podem ser explicados pela coloração das flores, visto que as vermelhas apresentaram os maiores teores e as antocianinas são cromóforos pertencentes ao grupo dos flavonóides que conferem cor vermelha, roxa ou azul aos alimentos (Khoo *et al.*, 2017).

Quando calculado em base seca, o teor de antocianinas para a flor pompom vermelha foi de 1116,60 mg 100 g<sup>-1</sup>, semelhante ao encontrado por Granados-Balbuena *et al.* (2022) para extrato aquoso de flores de cor intensa determinadas como pretas (1280 mg 100 g<sup>-1</sup>), indicando assim que as flores de dália podem atuar como potenciais fontes de antocianinas, contribuindo com a diminuição de uso de produtos sintéticos e, conseqüentemente, melhorando a alimentação humana proporcionando benefícios à saúde.

Outro pigmento que merece atenção por sua atuação na atividade antioxidante são os carotenoides. No presente estudo as flores pompom amarela e decorativa vermelha foram superiores quanto aos teores de  $\alpha$ -caroteno,  $\beta$ -caroteno e  $\delta$ -caroteno, com a pompom amarela se destacando também para  $\gamma$ -caroteno, licopeno e, conseqüentemente, carotenoides totais (18,24  $\mu$ g 100 g<sup>-1</sup>).

Geralmente os carotenoides estão presentes em alimentos de coloração que variam do amarelo ou laranja ao vermelho, o que justifica a superioridade da flor pompom amarela quando comparada, principalmente, à de cor roxa (Taiz; Zeiger, 2017). Por outro lado, a inferioridade da flor decorativa amarela, pode-se dever a diferentes fatores, inclusive pela claridade de cor da amostra (L\*) (Espejel *et al.*, 2019; Gonçalves; Silva; Almeida, 2019).

Comparado aos estudos feitos por Petrova *et al.* (2020) para dália e por Gonçalves *et al.* (2019) para diferentes flores comestíveis, as flores aqui avaliadas se mostrando pobres em carotenoides, pois esses autores encontraram teores de 38,7 a 1939  $\mu$ g 100g<sup>-1</sup> de carotenoides totais para couve-flor roxa e dália vermelha, respectivamente, subentendendo assim, que nas flores estudadas os pigmentos majoritários sejam as antocianinas.

As flores de dália demonstraram-se também diferentes quanto ao teor de vitamina C (Tabela 2). As flores vermelhas apresentaram maiores teores, com média 160,78 mg 100g<sup>-1</sup> de ácido ascórbico, enquanto as amarelas e roxa não diferiram, com média de 58,95 mg 100g<sup>-1</sup>. Os teores de vitamina C das flores vermelhas foram superiores também aos das dalias estudadas por Espejel *et al.* (2019) (22 a 90 mg 100g<sup>-1</sup>) e Martínez-Damián *et al.* (2021) (0,10 a 0,18 mg 100 g<sup>-1</sup>), podendo ser considerada com maior potencial de consumo para aqueles que buscam incrementar essa vitamina na dieta através da diversificação de alimentos.

As variações nos teores de vitamina C provavelmente ocorreram devido a diferença das variedades, visto que as plantas tiveram o mesmo tratamento. Além disso, cabe ressaltar que estratégias para melhoria da pós-colheita dessas flores são de extrema importância a fim de manter sua característica e qualidade, pois o ácido ascórbico participa de processos de biossíntese e degradação, assim como de redução e oxidação, que podem resultar em interferências em sua quantificação (Cunha Neto *et al.*, 2012; Espejel *et al.*, 2019).

A flor pompom amarela apresentou o maior teor de fenólicos totais (388,77 mg 100 g<sup>-1</sup>), seguida pela pompom vermelha (320,24 mg g<sup>-1</sup>), decorativa roxa (303,06 mg 100 g<sup>-1</sup>) e decorativas vermelha e amarela, que não diferiram entre si (193,96 mg 100g<sup>-1</sup>). Tais resultados se assemelharam ao visto por Petrova *et al.* (2020) para extrato etanólico de flores de dália vermelha (351 mg 100g<sup>-1</sup>), entretanto, o teor obtido para a flor decorativa roxa, que foi inferior quanto a fenólicos no presente ensaio, foi cerca de 5 vezes superior ao encontrado para o extrato aquoso pelos autores citados (32 mg 100g<sup>-1</sup>).

Dessa forma, fica evidente a influência do solvente e das metodologias de extração na quantificação desses compostos, pois existem diferentes substâncias que fazem parte desse grupo, as quais possuem maior afinidade com um ou outro solvente e que podem ser extraídas ou não, a depender dos processos pelos quais passam, ocasionando variações no teor total (Martínez-Damián *et al.*, 2021).

A atividade antioxidante de um alimento é determinada por associações de vários compostos antioxidantes, os quais possuem diferentes mecanismos de ação, fazendo-se essencial o uso de mais de um método para averiguar essa atividade. Para as flores de dália analisadas foram testados três desses, em que para todos foram observadas diferenças entre as amostras (Tabela 2).

As flores do tipo pompom (amarela e vermelha) foram as que se destacaram considerando-se a atividade antioxidante. A amarela demonstrou maior atividade pela metodologia do poder de redução do fosfomolibdênio (135,77 mg g<sup>-1</sup> equivalente de ácido ascórbico) e a vermelha pelo método da auto-oxidação do sistema β-caroteno (79,50%). Para o

mecanismo de sequestro de radicais livres (percentual de inibição do DPPH) essas amostras não se diferenciaram, sendo mais eficientes que as demais.

Pelo mecanismo de poder de redução do fosfomolibdênio, considera-se que 1 g de flores de dália pompom amarela possui a atividade equivalente à de 0,14 g de ácido ascórbico, ou seja, representa 13,58% da capacidade desse composto, o qual é reconhecido por sua elevada atividade antioxidante.

Analisando a atividade pela inibição do radical DPPH, levando em conta que a atividade é considerada elevada quando o grau em que o composto antioxidante impede a oxidação do seu substrato tem valores próximos de 100, a flor pompom amarela pode ser considerada como de ação antioxidante eficaz (70,75%) (Lara-Cortés *et al.*, 2014). Apesar das demais amostras terem apresentado fraca ação antioxidante pelo referido método, Lara-Cortés *et al.* (2014) encontraram atividades ainda inferiores às vistas no presente estudo para a cultura, com porcentagem máxima de 24% para a flor de coloração roxa, indicando a superioridade das amostras examinadas.

Quando avaliada a capacidade dos antioxidantes da amostra em impedir a peroxidação do ácido linoléico (método da auto-oxidação do sistema  $\beta$ -caroteno), tanto a flor pompom vermelha (79,50%), quanto a pompom amarela (74,25%) e a decorativa vermelha (72,85%), obtiveram ação antioxidante eficaz, demonstrando alto potencial de uso como alimento funcional. Além disso, a atividade antioxidante da flor decorativa roxa foi tida como moderada, e somente a decorativa amarela apresentou fraca atividade.

A capacidade antioxidante do tecido vegetal não está ligada somente ao conteúdo de compostos antioxidantes não enzimáticos, mas também à atividade de enzimas (Cunha Neto *et al.*, 2012). Observa-se pela Tabela 2, que para as flores de dália analisadas, a enzima APX foi a que apresentou menor atividade, com a maior tida pela flor pompom amarela ( $2,18 \mu\text{mol ASA g}^{-1} \text{min}^{-1}$ ), e menor para decorativa vermelha ( $0,54 \mu\text{mol ASA g}^{-1} \text{min}^{-1}$ ), sendo as demais iguais estatisticamente (1,21; 1,23 e  $0,97 \mu\text{mol ASA g}^{-1} \text{min}^{-1}$ ). A SOD foi a enzima com a maior atividade, a qual foi semelhante para todas as amostras, com média  $92,11 \text{ U SOD g}^{-1} \text{min}^{-1}$ . A CAT teve a atividade intermediária às demais, com manifestação superior para a amostra da flor pompom vermelha ( $22,95 \mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{ g}^{-1} \text{min}^{-1}$ ), enquanto a decorativa vermelha não apresentou nenhuma atividade para a enzima.

Dentre as enzimas avaliadas, a SOD é responsável pela dismutação do radical superóxido ( $\text{O}_2$ ) em peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), o qual pode ser eliminado tanto pela CAT sendo transformado em água e  $\text{O}_2$  ou pela APX que utiliza o ácido ascórbico (vitamina C) como doador de hidrogênio. No presente ensaio a atividade média da CAT foi consideravelmente

superior à da APX, podendo-se deduzir que a rota enzimática da APX não é a principal na redução do H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> e sim a da CAT (Cunha Neto *et al.*, 2012). Diante do exposto, sugere-se que a flor pompom vermelha é a mais eficiente quando referido o sistema antioxidante enzimático, por outro lado, a flor decorativa de mesma coloração se mostra a menos eficaz.

Por fim, mas não menos importante, a aparência do alimento e concomitantemente sua cor merecem atenção, pois são pontos cruciais promover a aceitação do mesmo. As flores comestíveis vêm demonstrando sucesso justamente por, dentre outras características, proporcionarem beleza aos pratos culinários e apresentarem pigmentos relacionados aos seus compostos bioativos (Lara-Cortés *et al.*, 2016). Para os parâmetros de cor das pétalas de dália foram vistas diferenças para todos, confirmando a diferença de coloração entre elas (Tabela 3).

Tabela 3 – Dados referentes a cores de flores de diferentes variedades de dália.

Amostra	Flor amarela decorativa	Flor amarela pompom	Flor vermelha decorativa	Flor vermelha pompom	Flor roxa
a*	11,24 ± 0,47c	10,01 ± 0,42c	53,97 ± 2,89a	59,24 ± 1,92a	34,94 ± 3,14b
b*	71,66 ± 2,26a	54,54 ± 0,13b	18,38 ± 1,04d	25,41 ± 1,70c	-5,87 ± 0,61e
c*	72,56 ± 1,46a	54,86 ± 1,09c	57,01 ± 1,88c	64,49 ± 2,42b	35,69 ± 1,89d
L*	60,54 ± 2,84a	62,29 ± 1,71a	12,74 ± 1,50d	26,29 ± 0,99c	37,68 ± 4,76b
h	81,14 ± 1,47b	80,47 ± 1,38b	19,06 ± 0,27d	23,24 ± 0,64c	349,53 ± 2,55a

\*Valores médios obtidos em 3 repetições em base fresca. Médias seguidas de letras iguais na linha, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Fonte: Da autora (2024).

As flores amarelas e vermelhas testadas apresentaram valores positivos tanto para a\* quanto para b\*, indicando uma mistura das cores vermelho e amarelo, respectivamente. Já a flor roxa teve valor positivo para a\* e negativo para b\*, o que representa as cores vermelho e o azul.

Segundo Espejel *et al.* (2019) valores mais elevados de pureza de cor (C\*) são geralmente mais atraentes ao olho humano, sendo assim, a flor decorativa amarela ganharia destaque comparada às outras, sendo que a menos atrativa, segundo tal afirmação, seria a de coloração roxa. Tal resultado corrobora o ensaio feito por Espejel *et al.* (2019), que também observou maior valor de c\* para uma flor de dália de cor amarela.

A claridade da flor (L\*) está relacionada à absorção de comprimentos de onda da luz, em que valores baixos correspondem a cores mais escuras e maior concentração de pigmentos

secundários (antocianinas e carotenoides) (Espejel *et al.*, 2019). Entretanto, a flor decorativa vermelha que apresentou menor valor para  $L^*$  não foi a que apresentou o maior teor de pigmentos, e sim a pompom vermelha, o que pode ter ocorrido devido a diferentes fatores, como as características genéticas da planta ou algum estresse sofrido pela planta, dentre outras. Espejel *et al.* (2019) também observaram menor valor de  $L^*$  para um tipo de dália vermelha, o qual foi semelhante ao visto para a flor pompom vermelha. Além disso, os valores de  $L^*$  encontrados por Espejel *et al.* (2019) para as flores amarelas foram superiores aos das amostras de mesma cor do presente estudo, indicando uma possível superioridade das flores aqui avaliadas quanto aos compostos bioativos.

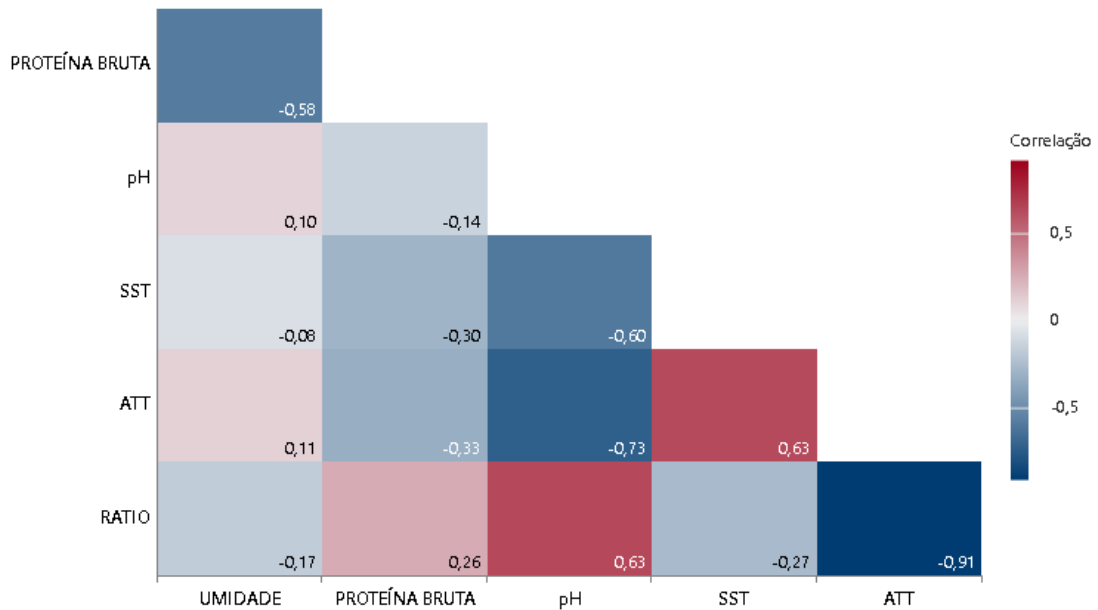
Com relação a tonalidade de cor (h), a flor roxa foi a que teve maior valor (349,53), dispondo-se no quadrante representado pelo azul e pelo vermelho e as flores amarelas mantiveram tonalidades bem próximas entre si, assim como as vermelhas, com valores inseridos no quadrante referido à colorimetria, o qual é representado pelo vermelho e amarelo, mostrando maior semelhança quando comparadas à roxa.

### **3.3 Análise de correlograma e análise de componente principal**

A fim de avaliar o efeito dos compostos detectados nas amostras, foram realizadas análise de correlograma e análise de componente principal (PCA). Os compostos foram comparados em três grupos, no qual o grupo um foi composto pelas variáveis umidade, proteína, pH, sólidos solúveis, acidez titulável e *ratio*, o grupo dois por minerais e o terceiro grupo pelas variáveis referentes ao sistema antioxidante e coloração das amostras.

Para o grupo um observa-se que a concentração de ácido cítrico (ATT) teve alta correlação negativa com o pH e forte com o parâmetro *ratio* (Figura 5), resultado que condiz com a influência dos ácidos orgânicos na determinação do pH celular e também na relação entre sólidos solúveis e acidez titulável, onde a redução do teor de ácidos na amostra ocasiona o aumento desses indicativos de sabor, resultando em um alimento menos ácido.

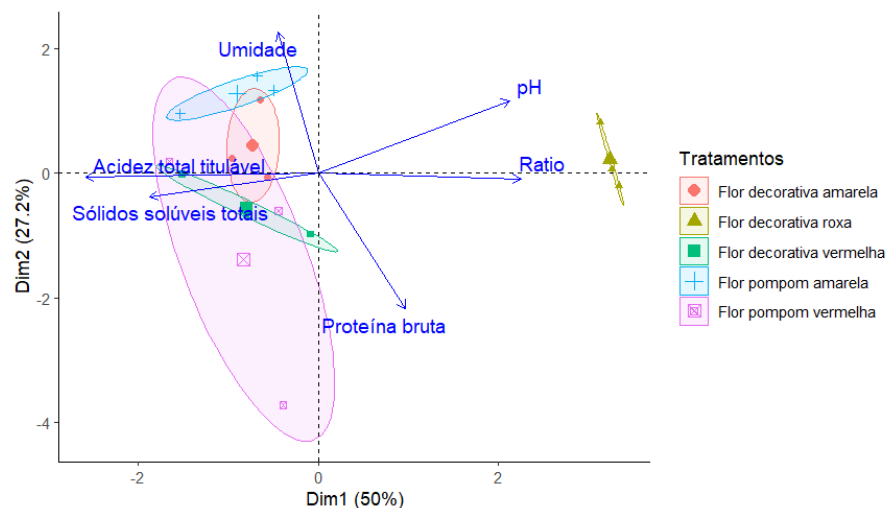
Figura 5 – Correlograma de teor de umidade, proteína bruta, pH, sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT) e *ratio* para as amostras de flores de dália.



Fonte: Da autora (2024).

Com relação a proximidade das amostras, essas se agruparam em razão da correlação com as características analisadas, onde a PCA permitiu explicar 77,2% da variação total dos dados (Figura 6).

Figura 6 – Biplot da análise de componentes principais (PC1 X PC2) para teor de umidade, proteína, pH, sólidos solúveis, acidez titulável e *ratio* de flores de dália.



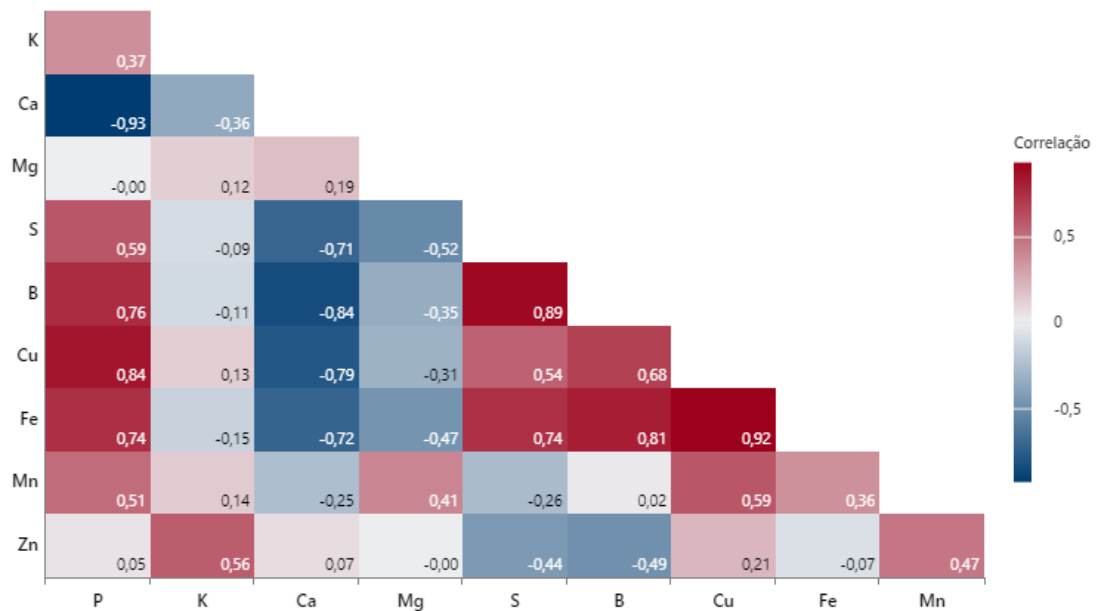
Fonte: Da autora (2024).

As flores amarelas e vermelhas, tanto as decorativas quanto as pompons, foram agrupadas em um único grupo, mostrando similaridade. A flor roxa, diferentemente, se isolou

das outras amostras, mostrando um comportamento diferente das demais, o que implica em sua superioridade em relação ao *ratio*, e conseqüentemente em seu sabor (Figura 6).

A correlação para os minerais determinados nas flores de dália pode ser vista pela Figura 7, onde o S mostrou alta correlação positiva com B e Fe, e de forma negativa com Ca, o qual demonstrou alta correlação negativa com quase todos os outros minerais (S, B, Cu e Fe), além de forte correlação negativa com P, que por sua vez, foi altamente correlacionado de forma positiva com os minerais B, Cu e Fe. O Fe também demonstrou alta correlação positiva com B e forte com o Cu.

Figura 7 – Correlograma para teores de P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn de amostras de flores de dália.

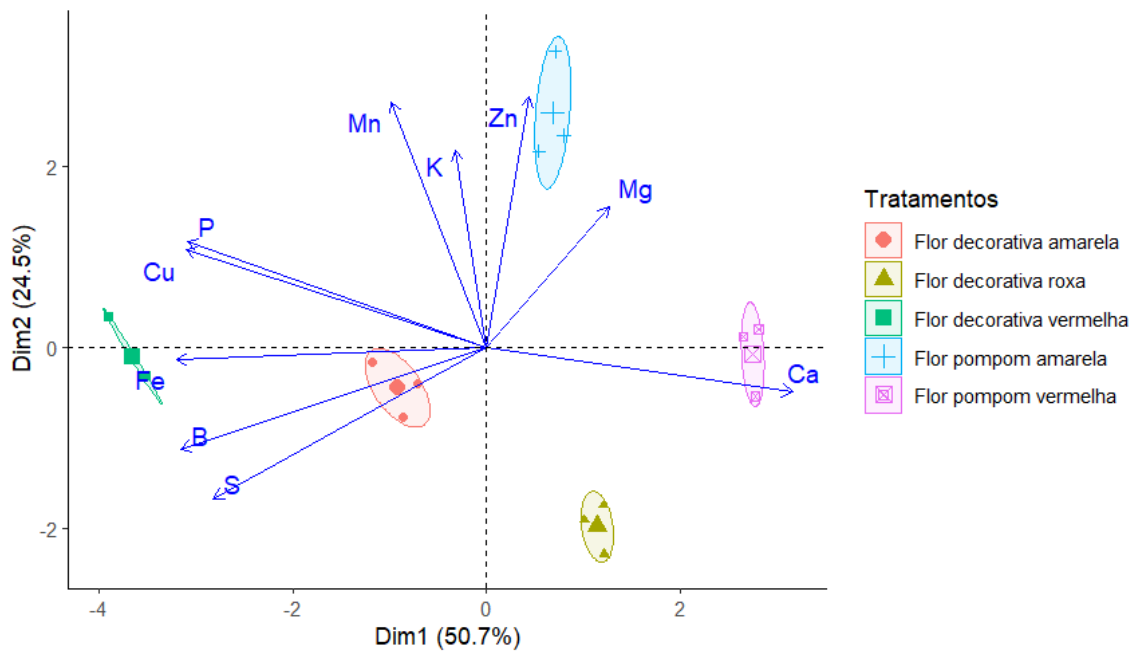


Fonte: Da autora (2024).

O Ca foi o único mineral que apresentou correlação negativa com outros elementos, o que requer uma atenção especial, pois estratégias que causem mudanças em seu teor podem interferir de forma negativa nos teores dos demais, podendo ocorrer inibição competitiva entre eles (Luengo *et al.*, 2018).

A PCA para esse grupo permitiu explicar 75,2% da variação total dos dados (Figura 8). A flor decorativa amarela mostrou maior afinidade com os minerais S e B, enquanto a decorativa vermelha teve maior relação com o Fe, Cu e P, a pompom amarela com Zn e a pompom vermelha com o Ca. A flor decorativa roxa não demonstrou correlação evidente com nenhum dos minerais estudados.

Figura 8 – Biplot da análise de componentes principais (PC1 X PC2) para teores de P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn de flores de dália.

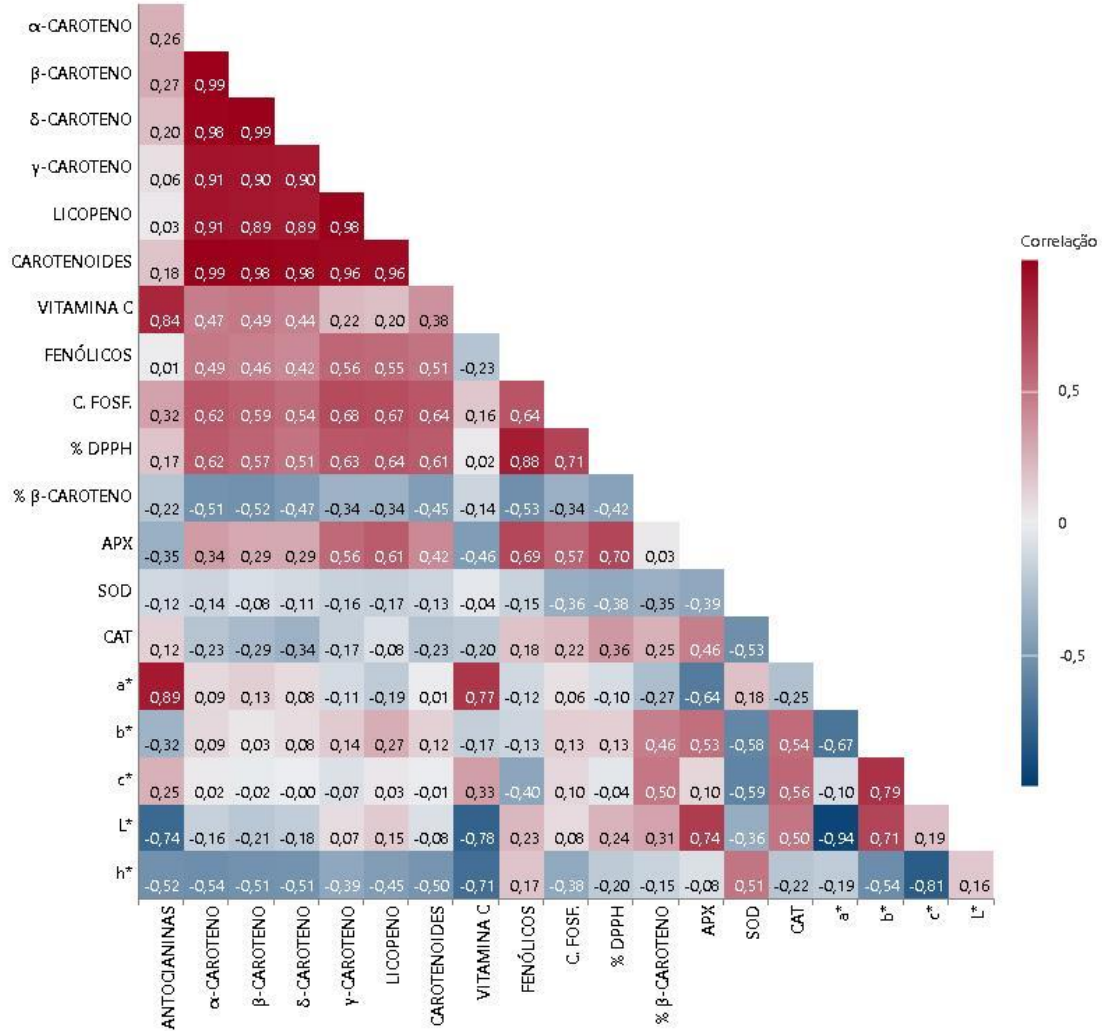


Fonte: Da autora (2024).

Dessa forma, as flores foram separadas individualmente, mostrando divergência quanto aos teores de minerais e, conseqüentemente, de diferentes comportamentos na absorção e translocação de nutrientes, devendo assim, serem tratadas de forma particular quando buscado o aumento desses teores visando o melhoramento de sua qualidade nutricional.

O correlograma referente ao sistema antioxidante e coloração das amostras nos mostra alta correlação positiva para algumas variáveis, como antocianinas com vitamina C e  $a^*$ ;  $a^*$  com vitamina C;  $L^*$  com  $b^*$ ; atividade antioxidante pela inibição do DPPH com teor de fenólicos totais, atividade antioxidante pelo poder de redução do fosfomolibdênio e atividade da APX. A atividade antioxidante pela inibição do DPPH também teve uma correlação moderada com os teores de carotenoides. Por outro lado, foram vistas altas correlações negativas entre  $h$  e vitamina C, além de  $L^*$  com antocianinas e vitamina C e também, de forma forte, com  $a^*$  (Figura 9).

Figura 9 – Correlograma para teores de antocianinas,  $\alpha$ -caroteno,  $\beta$ -caroteno,  $\delta$ -caroteno,  $\gamma$ -caroteno, licopeno, carotenoides totais, vitamina c, fenólicos, complexo fosfomolibdênio (C. FOSF.), % inibição dpph, % proteção  $\beta$ -caroteno, APX, SOD, CAT, a\*, b\*, c\*, L\* e h para as amostras de flores de dália.



Fonte: Da autora (2024).

Assim como no presente estudo, outros relatos foram feitos a respeito da correlação existente entre compostos bioativos e atividade antioxidante, a exemplo de Marques (2022), que observou correlação positiva entre carotenoides e atividade antioxidante pelo método de sequestro do DPPH para corantes naturais oriundos de flores, Petrova *et al.* (2020) observando correlação positiva entre fenólicos totais e atividade antioxidante quando avaliaram flores comestíveis utilizadas na culinária, assim como Moreira *et al.* (2020) para pétalas de rosa 'Carola', sugerindo que estes compostos possuem expressiva propriedade antioxidante, devendo ser valorizados nutricionalmente, pois promovem melhorias para saúde humana prevenindo diversas doenças.

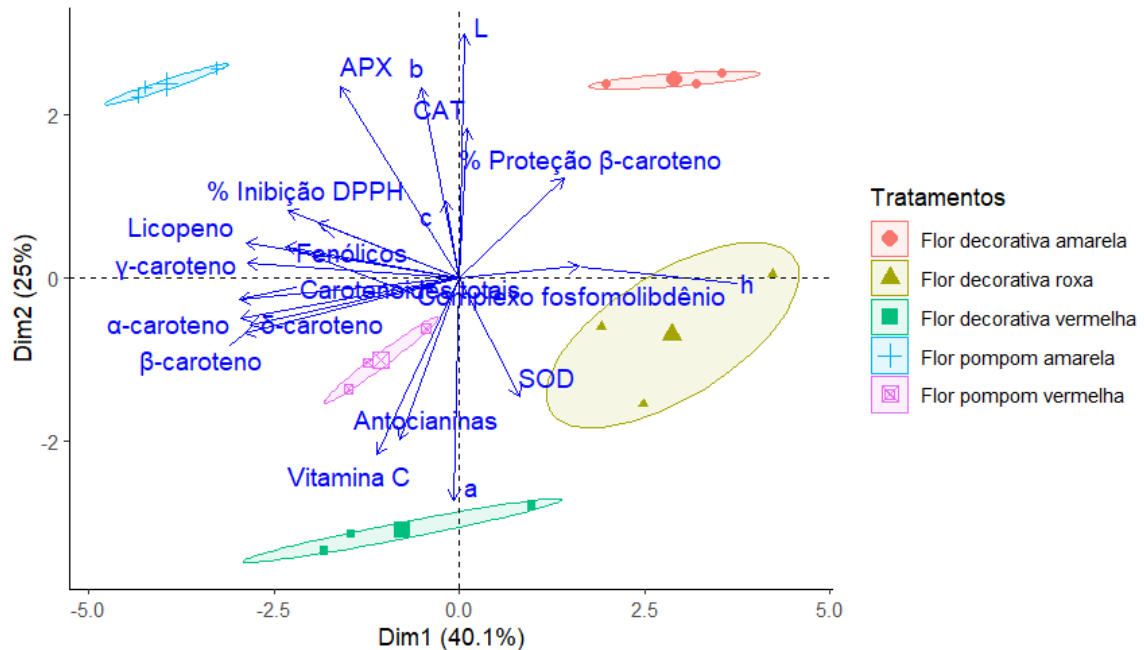
A correlação entre os diferentes mecanismos da atividade antioxidante e da atividade de enzimas antioxidantes podem sugerir uma atuação conjunta entre eles, visto que a concentração de compostos bioativos, e consequente atividade antioxidante, podem estar ligados a mecanismos fisiológicos que estimulam, ativam ou inibem a atividade de enzimas antioxidantes (Viana *et al.*, 2015).

Através da análise de correlação é possível avaliar também a interferência e consistência dos pigmentos das flores, os quais conferem sua cor, na sua composição. Lu *et al.* (2021) avaliando a correlação entre os parâmetros de cor e os pigmentos em flores de crisântemo de diferentes cores também observaram forte correlação negativa entre L\* e a\*, afirmando assim, que o aumento de a\* resulta na diminuição de L\*, e vice-versa. Os autores também observaram correlação positiva entre L\* e b\*, corroborando com as flores de dália estudadas no presente ensaio.

Além disso, os autores também relataram que para as flores de crisântemo analisadas o parâmetro a\* teve correlação positiva com o teor de antocianinas totais, enquanto para L\* essa correlação foi negativa, o que pode ser justificado por relatos de que quanto menor o brilho do alimento, maior é a concentração de pigmentos que possuem.

A PCA para as variáveis do sistema antioxidantes não enzimáticos e enzimáticos das flores de dália explicou 65,1% das variações (Figura 10). Não foi observado agrupamento para as amostras, que se mostraram de comportamentos diferentes, com compostos específicos separando cada uma, com a pompom amarela, pompom vermelha e decorativa vermelha com maiores associações com as variáveis estudadas, sendo a última separada principalmente pelos teores de antocianinas e vitamina C.

Figura 10 – Biplot da análise de componentes principais (PC1 X PC2) para teores de antocianinas,  $\alpha$ -caroteno,  $\beta$ -caroteno,  $\delta$ -caroteno,  $\gamma$ -caroteno, licopeno, carotenoides totais, vitamina c, fenólicos, complexo fosfomolibdênio (C. FOSF.), % inibição dpph, % proteção  $\beta$ -caroteno, APX, SOD, CAT, a\*, b\*, c\*, L\* e h para as amostras de flores de dália.



Fonte: Da autora (2024).

Desta forma, fica evidente a relação entre os diferentes compostos, o que induz diferentes reações nas plantas, fazendo com que o aumento de uma substância atue de forma favorável ou desfavorável a concentração ou atividade de outro composto ou mecanismo. Ter essa visão de forma ampla pode facilitar estudos futuros que busquem aprimorar esse alimento, aumentando seu potencial nutritivo e incentivando cada vez mais sua introdução na alimentação humana.

#### 4 CONCLUSÃO

As flores de dália estudadas demonstraram potencial de inserção na alimentação humana por apresentarem boa qualidade nutricional. A flor decorativa roxa se destacou por seu sabor mais adocicado, no entanto, quanto à atividade antioxidante, as flores pompom amarela e pompom vermelha se mostraram superiores, provavelmente por a amarela ter apresentado maiores teores de carotenoides e fenólicos, enquanto a vermelha obteve maiores teores de antocianinas e vitamina C. Por outro lado, a flor decorativa vermelha, além de se igualar à pompom vermelha no teor de vitamina C, se mostrou mais rica em minerais, em especial Fe.

Dessa forma, as flores pompons e a decorativa vermelha são as mais indicadas ao consumo para quem busca uma dieta diversificada e saudável.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, L.C. *et al.* Sustentabilidade e flores comestíveis no Brasil: aspectos nutricionais, gastronômicos e toxidez. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 19, n. 56, p. 29-50, 2023.
- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.D.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- BARCIA, M.T. *et al.* Bioactive compounds, antioxidant activity and percent composition of jambolão fruits (*Syzygium cumini*). **The Natural Products Journal**, v. 2, n. 2, p. 129-138, 2012.
- BIEMELT, S. *et al.* Re-Aeration following hypoxia or anoxia leads to activation of the antioxidative defense system in roots of wheat seedlings. **Plant Physiology**, Washington, v.116, p.651- 658, 1998.
- BRAND-WILLIAMS, W., CUVELIER, M.E., BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT - Food Sci. Technol.**, Lebensmittel-Wissenschaft - Technol., v. 28, p. 25–30, 1995.
- CUNHA NETO, J. *et al.* Caracterização agrônômica e potencial antioxidante de frutos de clones de aceroleira. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, p. 713-721, 2012.
- DE SOUZA, A.G. *et al.* Refrigeração na conservação de flores de capuchinha. **Agrotrópica** v. 32, n.3 p. 225 – 232, 2020.
- DE SOUZA, A.G. *et al.* Compostos bioativos em flores de gladiolo. **Ornamental Horticulture**, v. 27, n. 3, p. 296-303, 2021.
- DOS SANTOS CAMPOS, M.J. **Previsão do teor de sólidos solúveis totais dos bagos da videira em viticultura de precisão: Sensores proximais hiperespectrais e algoritmos computacionais.** 2023. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Campo Alegre, 2023.
- ESPEJEL, E.A.R. *et al.* Physicochemical quality, antioxidant capacity and nutritional value of edible flowers of some wild dahlia species. **Folia Horticulturae**, v. 31, n. 2, p. 331-342, 2019.
- FAKHRI, S. *et al.* Antioxidant and anticancer potentials of edible flowers: where do we stand?. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 62, n. 31, p. 8589-8645, 2022.
- FERNANDES, L. *et al.* Uma perspectiva nutricional sobre flores comestíveis. **Acta Portuguesa de Nutrição**, n. 6, p. 32-37, 2016.
- GIANNOPOLITIS, C.N.; RIES, S.K. Superoxide dismutases I. Occurrence in higher plants. **Plant Physiology**, Washington, v. 59, n. 2, p. 309-314, 1977.
- GONÇALVES, J.; SILVA, G.C.O.; ALMEIDA, C.L. Compostos bioativos em flores comestíveis. **Biológicas & Saúde**, v. 9, n. 29, 2019.

GRANADOS-BALBUENA, S.Y. *et al.* Identification of anthocyanic profile and determination of antioxidant activity of *Dahlia pinnata* petals: A potential source of anthocyanins. **Journal of Food Science**, v. 87, n. 3, p. 957-967, 2022.

HAVIR, E.A.; MCHALE, N.A. Biochemical and developmental characterization of multiple forms of catalase in tobacco leaves. **Plant Physiology**, Washington, v. 67, n. 3, p. 450-455, 1987.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Mapa de estações**. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/>. Acesso em 10 jan. 2024.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2005. 1018 p.

\_\_\_\_\_. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p.

JUÁREZ-ROSETE, C.R. *et al.* Biomass production, nutritional requirement of nitrogen, phosphorus and potassium, and concentration of the nutrient solution in oregano. **Rev. Chapingo Ser. Hortic**, v. 25, n. 1, p. 17-28, 2019.

KHOO, H.E.; AZLAN, A.; TANG, S.T.E.; LIM, S.M. Antocianidinas e antocianinas: pigmentos coloridos como alimentos, ingredientes farmacêuticos e potenciais benefícios à saúde. **Pesquisa em Alimentos e Nutrição**, v. 61, n. 1, p. 1361779, 2017.

KUMARI, P. *et al.* Phytochemicals from edible flowers: Opening a new arena for healthy lifestyle. **Journal of Functional Foods**, v. 78, p. 104375, 2021.

LARA-CORTÉS, E. *et al.* Actividad antioxidante, composición nutrimental y funcional de flores comestibles de *Dalia*. **Revista Chapingo**, v. 20, n. 1, p. 101-116, 2014. (Série Horticultura).

LARA-CORTÉS, E. *et al.* Evaluation of the antimicrobial activity of cinnamaldehyde in the preservation of edible dahlia flowers, under different storage conditions. **Revista Chapingo, Serie Horticultura**, v. 22, n. 3, p. 177-189, 2016.

LEES, D.; FRANCIS, F. Standardization of pigment analyses in cranberries. **HortScience**, v. 7, p. 83-84.1972.

LU, C. *et al.* Flower color classification and correlation between color space values with pigments in potted multiflora chrysanthemum. **Scientia Horticulturae**, v. 283, p. 110082, 2021.

LUENGO, R. de F. A. *et al.* Determinação de minerais no solo e análise de folhas de couve produzida em Brasília. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21, p. e2017141, 2018.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

- MARQUES, I.B. **Prospecção de corantes naturais oriundos de flores comestíveis**. 2022. 73 p. Tese (Mestrado em Agronomia/Horticultura) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2022.
- MARTÍNEZ-DAMIÁN, M.T. *et al.* Nutritional value, bioactive compounds and capacity antioxidant in edible flowers of dahlia. **Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus**, v. 20, n. 5, p. 63-72, 2021.
- MATYJASZCZYK, E.; ŚMIECHOWSKA, M. Edible flowers. Benefits and risks pertaining to their consumption. **Trends in Food Science & Technology**, v. 91, p. 670-674, 2019.
- MOREIRA, M.C.N.D. *et al.* Pétalas de rosa vermelha para uso na alimentação humana. **Alimentos: Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente**, v. 1, n. 6, p. 134-149, 2020.
- NAKANO, Y.; ASADA, K. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. **Plant and Cell Physiology**, Oxford, v. 22, n. 5, p. 867-880, 1981.
- OLIVEIRA, M.C. *et al.* Physicochemical characterization, bioactive compounds and correlations in native fruits of western Mato Grosso do Sul. **British Food Journal**, v. 122 n. 3, p. 841-851, 2020.
- PÊGO, R.G. *et al.* Postharvest of edible flowers. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 57, 2022.
- PETROVA, I. *et al.* Phytonutrients and antioxidant activity of extracts from five edible flowers used in culinary. **Bulletin UASVM Food Science and Technology**, v. 77, p. 2, 2020.
- PIRES, T.C.S.P *et al.* Edible flowers: Emerging components in the diet. **Trends in Food Science & Technology**, v. 93, p. 244-258, 2019.
- PRIETO, P.; PINEDA, M.; AGUILAR, M. Spectrophotometric quantification of antioxidant capacity through the formation of a fosphomolybdenum complex: specific application to the determination of vitamin E. **Anal Biochem** v. 269 p. 337-341, 1999.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. **A guide to carotenoid analysis in foods**. ILSI press Washington: Printed in the United States of America, 2001.
- ROP, O. *et al.* Edible flowers - A new promising source of mineral elements in human nutrition. **Molecules**, v. 17, n. 6, p. 6672-6683, 2012.
- RUFINO, M. do *et al.* Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chem.** v. 121, p. 996–1001, 2010.
- SANTOS, I.C. dos; REIS, S.N. Edible flowers: traditional and current use. **Ornamental Horticulture**, v. 27, p. 438-445, 2021.
- SGANZERLA, W.G. *et al.* Geographical discrimination of uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess) by principal component analysis. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 99, n. 15, p. 6778-6787, 2019.

STROHECKER, R.; HENNING, H.M. **Análisis de vitaminas, métodos comprobados**. Madri: Paz Montalvo, 1967. 428 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.

THE NATIONAL DAHLIA SOCIETY. **Dahlia Classification and Formation**. Disponível em: <https://www.dahlia-nds.co.uk/about-dahlias/classification/>. Acesso em 10 jan. 2024.

VIANA, M. *et al.* Composição fitoquímica e potencial antioxidante de hortaliças não convencionais. **Horticultura Brasileira**, v. 33, p. 504-509, 2015.

WATERHOUSE, A.L. Polyphenolics: determination of total phenolics. **Current protocols in food analytical chemistry**, p. 1.1, 2002.

## **ARTIGO 2 COMPOSIÇÃO QUÍMICA, COMPOSTOS BIOATIVOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE RAÍZES DE DIFERENTES VARIEDADES DE DÁLIA (*Dahlia* spp.)**

### **RESUMO**

As Dálias (*Dahlia* spp.) são um grupo de plantas da família *Asteraceae* atualmente muito cultivadas devido ao seu valor ornamental, entretanto, já foram largamente consumidas na alimentação humana. Essa espécie vem novamente despertando atenção para a alimentação, pois suas partes comestíveis possuem compostos com propriedades nutricionais. Suas raízes tuberosas apresentam a inulina como principal carboidrato de reserva, além de conter fibras, minerais e vitaminas. Assim, o trabalho teve como objetivo analisar a composição química, concentração de compostos bioativos e atividade antioxidante de raízes de plantas de dalias com flores decorativas amarelas, pompons amarelas, decorativas vermelhas, pompons vermelhas e decorativas roxas. Os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância, foram realizadas também análise de correlograma e análise de componentes principais com auxílio dos softwares R (R Development Core Team) e Minitab® 21.4.2. As raízes estudadas apresentaram alto valor para relação entre sólidos solúveis e acidez total titulável, indicando serem alimentos de elevada doçura. Além disso, se mostraram ricas em Fe e Zn. A raiz da planta decorativa vermelha obteve maiores teores para vitamina C, inulina e, juntamente com a decorativa amarela, para fenólicos, sendo que a amarela também se destacou quanto à capacidade antioxidante. Diante do resultado, pode-se indicar as raízes de plantas decorativa vermelha e decorativa amarela como as mais promissoras, visto que apresentaram melhor qualidade nutricional.

Palavras-chave: hortaliças não convencionais; inulina; minerais; sabor; nutrientes.

### **CHEMICAL COMPOSITION, BIOACTIVE COMPOUNDS AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF ROOTS OF DIFFERENT DAHLIA (*Dahlia* spp.) VARIETIES**

#### **ABSTRACT**

Dahlias (*Dahlia* spp.) are a group of plants from the *Asteraceae* family widely cultivated for their ornamental value, yet historically consumed in human food. This species is regaining attention for its edible parts which possess compounds with nutritional properties. Their tuberous roots have inulin as the main reserve carbohydrate, also with fibers, minerals, and vitamins. Thus, the study aimed to analyze the chemical composition, concentration of bioactive compounds, and antioxidant activity of roots from dahlias with yellow decorative, yellow pompom, red decorative, red pompom, and purple decorative flowers. Data were subjected to analysis of variance, and means were compared using Tukey's test at 5% significance level. Additionally, correlogram analysis and principal component analysis were conducted using R software (R Development Core Team) and Minitab® 21.4.2. The studied roots showed high values for the ratio of total soluble solids to total titratable acidity, indicating they are foods with high sweetness. Moreover, they were rich in Fe and Zn. The root of the red decorative plant had higher levels of vitamin C and inulin, and along with the yellow decorative plant for phenolic content, with yellow also standing out in terms of antioxidant capacity. Based

on the results, the roots of the red decorative and yellow decorative plants were the most promising, as they showed the best nutritional quality.

Keywords: Unconventional vegetables, inulin, minerals, flavor, nutrients.

## 1 INTRODUÇÃO

A dália (*Dahlia* spp.) é uma planta que possui reconhecimento em várias partes do mundo, principalmente por seu uso ornamental, pois possui flores que chamam atenção por sua beleza e variação de formas, cores e tamanhos. Originária do México, onde foram reconhecidas 37 espécies, foi declarada a flor nacional deste país em 1963. Pertence à família Asteraceae, é alógama com número cromossômico de  $2n = 64$  (Nag *et al.*, 2022; Dominguez-Lopez, 2015).

Apesar de atualmente seu uso para embelezar jardins e como flor de corte serem os mais demandados, em tempos passados, em algumas regiões a cultura era largamente utilizada na alimentação humana, onde suas raízes e flores eram consideradas e consumidas como hortaliças (Garzón Solís *et al.*, 2009). Como na atualidade seu consumo como alimento não é tão frequente, a dália tem sido considerada uma hortaliça não convencional, que são aquelas que, por um período foram substituídas por hortaliças melhoradas, principalmente devido ao processo de urbanização, mas tendem a retomar seu espaço principalmente por suas propriedades funcionais (De Almeida *et al.*, 2020; Gonçalves *et al.*, 2019; Silva *et al.*, 2018).

As dalias possuem raízes tuberosas que apresentam aproximadamente 85% de carboidratos em matéria seca, com a inulina representando em torno de 50% desses carboidratos, o que faz com que a planta seja cotada para extração dessa substância cujo uso tem sido descrito tanto na indústria alimentícia como farmacêutica, pois além de ser utilizada como espessante e adoçante, é benéfica para diabéticos, e tem contribuição no metabolismo lipídico, na absorção de minerais, prevenção do câncer, imunomodulação e na atividade prebiótica (Petkova; Sherova; Denev, 2018).

Outros compostos também podem ser encontrados nessa parte da planta, como oligofrutose e outros frutanos importantes, fibras, minerais (cálcio, fósforo e ferro) e vitaminas B e C (López, 2017; Widowati *et al.*, 2005). Além disso, sua aceitação é favorecida também pelo teor de sólidos solúveis em sua composição, que são responsáveis pela doçura do alimento, conferindo ao mesmo a característica de ser mais agradável ao paladar da maioria dos consumidores, além de resultar em maior rendimento de produtos processados, fazendo com que se mostre viável para indústria (Oliveira *et al.*, 2020; Rivera-Espejel *et al.*, 2019).

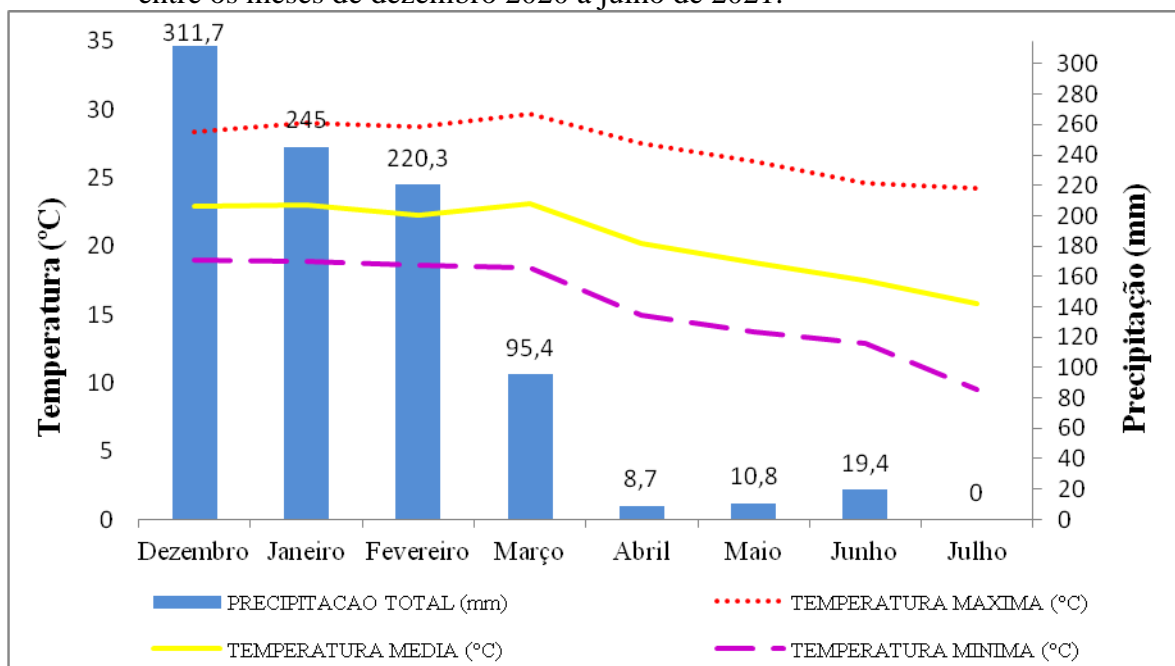
Diante o exposto, o trabalho teve como objetivo analisar a composição química, concentração de compostos bioativos e atividade antioxidante de raízes de plantas de dalias com flores decorativas amarelas, pompons amarelas, decorativas vermelhas, pompons vermelhas e decorativas roxas.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Obtenção da matéria-prima

O experimento foi instalado no setor de olericultura do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no município de Lavras - MG que se situa à latitude de 21°14'S, longitude 45°00'W e altitude de 918 metros, com duas estações definidas (seca de abril a setembro e chuvoso de outubro a março). O clima é do tipo subtropical de altitude (Cwb), conforme a classificação climática de Köppen. A temperatura média anual da região está em torno de 19,3 °C, e a precipitação anual normal é de 1.530 mm, a evaporação total do ano igual a 1.034,3 mm e a umidade relativa média anual de 76% (Alvares *et al.*, 2013). Os dados climatológicos da região durante o período de cultivo das dalias encontram-se na Figura 1.

Figura 1 – Dados climatológicos da estação meteorológica da Universidade Federal de Lavras, entre os meses de dezembro 2020 a julho de 2021.



Fonte: Adaptado do INMET (2024).

Raízes de cinco tipos de dália, oriundas de doações de cultivadores da região, foram utilizadas como formas de propagação, a saber: decorativa amarela, pompom amarela, decorativa vermelha, pompom vermelha e decorativa roxa. As denominações levam em consideração a classificação da instituição *The National Dahlia Society*. As exsiccatas dos exemplares estudados foram depositadas no herbário PAMG, da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), com registros 58944, 58945, 58942, 58946, 58943, respectivamente.

O solo do local do cultivo apresentava as seguintes características: pH em água= 6,7; K= 243,57 mg/ dm<sup>3</sup>; P = 105,11 mg/ dm<sup>3</sup>; Na = 11,00 mg/ dm<sup>3</sup>; Ca = 4,89 cmolc/ dm<sup>3</sup>; Mg = 1,32 cmolc/ dm<sup>3</sup>; Al = 0,10 cmolc/ dm<sup>3</sup>; H + Al= 1,10 cmolc/ dm<sup>3</sup>; CTC = 7,93 cmolc/ dm<sup>3</sup>; V = 86,19%; M.O. (matéria orgânica) = 2,52 dag/kg; P-Rem = 34,80 mg/L; Zn = 8,30 mg/ dm<sup>3</sup>; Fe = 48,50 mg/ dm<sup>3</sup>; Mn = 28,10 mg/ dm<sup>3</sup>; Cu = 1,23 mg/ dm<sup>3</sup>; B = 0,20 mg/ dm<sup>3</sup> e S = 9,20 mg/ dm<sup>3</sup>.

Para plantio, foi realizado o preparo de solo e abertura de covas rasas (0,15 m), onde as raízes saudáveis foram colocadas em espaçamento de aproximadamente 0,60 x 0,60 m, de forma casualizada. As plantas foram conduzidas de forma orgânica, utilizando esterco bovino no momento do plantio e após emergência das plantas. As plantas foram irrigadas por sistema de gotejamento três vezes ao dia, no intervalo de 8 horas, durante quatro minutos de irrigação. As ervas daninhas foram eliminadas por meio de capinas manuais conforme necessidade.

A colheita das raízes foi realizada manualmente, após o período de floração (aproximadamente 210 dias após o plantio), quando a parte aérea da planta entrou em fase de senescência. Imediatamente após a colheita, as raízes foram separadas do resto da planta e lavadas com água corrente para eliminar o excesso de solo e impurezas.

## **2.2 Preparação das amostras**

As raízes de dália foram congeladas em ultrafreezer à temperatura de aproximadamente -80 °C e, em seguida, liofilizadas (liofilizador L108 da Liotop, -50 °C e vácuo parcial de 38 µm Hg), até peso constante. Posteriormente, foram trituradas com gral e pistilo para a realização das análises (Figura 2).

Figura 2 – Amostras de raízes de dália secas: pompom amarela, decorativa amarela, pompom vermelha, decorativa vermelha, decorativa roxa (rosa), respectivamente.



Fonte: Da autora (2024).

### 2.3 Caracterização das raízes de dália

As amostras foram avaliadas quanto aos teores de umidade, proteína bruta, pH, acidez total titulável, sólidos solúveis totais, *ratio*, minerais (P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn), carotenoides totais ( $\alpha$ -caroteno,  $\beta$ -caroteno,  $\delta$ -caroteno,  $\gamma$ -caroteno, licopeno), antocianinas, Vitamina C, inulina, fenólicos totais, atividade antioxidante por fosfomolibdênio, porcentagem de inibição do DPPH e porcentagem de proteção do  $\beta$ -caroteno, atividade das enzimas antioxidantes ascorbato peroxidase (APX), superóxido dismutase (SOD) e catalase (CAT) e teor de peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ).

As análises relacionadas aos compostos químicos, bioativos e atividade antioxidante foram realizadas no Laboratório de Pós-Colheita de Frutos e Hortaliças do Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras (UFLA), as de minerais foram conduzidas no Laboratório de Nutrição do Departamento de Ciência dos Solos (UFLA) e as relacionadas à atividade de enzimas antioxidantes no laboratório de cultura de tecidos do Departamento de Agricultura também da UFLA.

As análises foram realizadas em 3 repetições e em triplicata, e expressas em matéria fresca, exceto para nutrientes, no qual foram utilizadas três repetições e os resultados expressos em matéria seca.

#### 2.3.1 Teores de umidade, proteína bruta, pH, Sólidos Solúveis Totais, Acidez Total Titulável, *Ratio* e Minerais

O teor de umidade foi determinado pelo método gravimétrico sugerido pelas Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2008), onde as raízes foram secas em estufa à 40 °C, sendo feitas pesagens em balança analítica até a obtenção de peso constante. O resultado foi expresso em porcentagem (%) de umidade em massa fresca.

O teor de proteína bruta foi determinado pelo método de micro-Kjeldahl, utilizando-se o fator de conversão de nitrogênio total em proteína bruta de 6,25 (AOAC, 2012). Os resultados foram expressos em porcentagem de massa fresca.

O pH foi determinado utilizando-se um pHmetro TECNAL®, o teor de sólidos solúveis (SS) utilizando refratômetro digital e a determinação da acidez titulável (AT) por titulometria, utilizando-se solução de hidróxido de sódio 0,01N e fenolftaleína como indicador (Instituto Adolfo Lutz, 2005). Os resultados de SS e AT foram expressos em porcentagem, utilizando-se o ácido cítrico como base de cálculo da AT. O *ratio* foi calculado pela razão entre SS e AT.

As análises seguiram a metodologia descrito por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997). Os teores dos minerais (P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn) foram determinados após digestão ácida. As amostras digeridas foram analisadas por meio do espectrômetro de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP OES) e os resultados dos macrominerais foram expressos em g kg<sup>-1</sup>, enquanto os dos microminerais em mg kg<sup>-1</sup>, em matéria seca.

## **2.3.2 Componentes do metabolismo antioxidante**

### **2.3.2.1 Antocianinas**

O teor total de antocianinas foi estimado, espectrofotometricamente, segundo Lees e Francis (1972) adaptado por Barcia *et al.* (2012). A leitura foi efetuada em espectrofotômetro, no comprimento de onda de 535 nm, realizando a leitura do branco com solução de etanol acidificado. A quantificação de antocianinas totais se baseou no coeficiente de extinção molar da cianidina-3-glicosídeo. Os resultados foram expressos em miligramas de cianidina-3-glicosídeo por 100 gramas de amostra.

### **2.3.2.2 Carotenoides**

Para a determinação de carotenoides foi utilizada metodologia proposta por Rodriguez-Amaya (2001), utilizando acetona P.A. e éter de petróleo para extração, em funil de separação. Foram feitas leituras nos comprimentos de ondas 444 nm; 450 nm; 456 nm; 462 nm; 470 nm determinando  $\alpha$ -caroteno,  $\beta$ -caroteno,  $\delta$ -caroteno,  $\gamma$ -caroteno e licopeno, respectivamente e os teores foram somados para obtenção do teor de carotenoides totais. Os resultados foram expressos em  $\mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$  de amostra.

### 2.3.2.3 Vitamina C

A vitamina C foi determinada pelo método proposto por Strohecker e Henning (1967). A vitamina C foi extraída com ácido oxálico 0,5%, sua determinação realizada, espectrofotometricamente, a 520 nm e os resultados expressos em mg de ácido ascórbico 100 g<sup>-1</sup> de amostra fresca.

### 2.3.2.4 Inulina

O teor de inulina foi quantificado seguindo o método de Anan'Ina *et al.* (2009), onde aproximadamente 0,1 g de amostras de raízes de dália em pó foram acondicionados em Erlenmeyer, juntamente com água purificada (100 mL), dissolvido por aquecimento em banho de água fervente (Solução A). A solução A (1,0 mL) foi colocada em um frasco com solução de HCl (25 mL, 5%), equipado com um condensador de refluxo e aquecido em água fervente em banho maria por 2,5 h, resfriando-se à temperatura ambiente. O volume foi ajustado a 25 mL com solução de HCl (5%, Solução B). A densidade óptica da Solução B foi determinada em 285 nm. Como padrão foi utilizado a solução A (1,0 mL) ajustada a 25 mL com solução de HCl (5%). O teor de inulina (X) foi calculado como frutose (%) usando a Fórmula 1:

$$X = \left( \frac{D \times 100 \times 25}{289} \right) \times m \times 1 \quad (1)$$

onde,

X é o teor de inulina %

D = densidade óptica do teste solução (= 285 nm)

298 = o índice específico de absorção do produto de transformação da frutose após hidrólise ácida

m = o peso em g.

### 2.3.2.5 Obtenção do extrato para as análises de fenólicos totais e atividade antioxidante

Para obtenção do extrato, as amostras foram acondicionadas em frascos revestidos com papel alumínio, homogeneizadas com metanol 50%, mantidas em repouso no escuro por 60 minutos e centrifugadas por 15 minutos a 10000 rpm. O sobrenadante foi transferido para um balão volumétrico de 50 mL (âmbar) e o resíduo submetido ao mesmo procedimento, utilizando

acetona 70%, em vez de metanol. O sobrenadante da segunda extração foi juntado ao primeiro, completando-se o volume do balão volumétrico com água destilada.

### 2.3.2.6 Fenólicos totais

Os fenólicos foram determinados espectrofotometricamente a 720 nm, pelo de método de *Folin Ciocalteau* (Waterhouse, 2020). O teor de fenólicos totais foi quantificado e expresso em mg de ácido gálico  $100 \text{ g}^{-1}$  em massa fresca.

### 2.3.2.7 Atividade antioxidante pelo método do Complexo Fosfomolibdênio

A atividade antioxidante pelo método de redução pelo complexo fosfomolibdênio, seguiu metodologia descrita por Prieto, Pineda e Aguilar (1999), avaliando a capacidade antioxidante total de uma mistura complexa de compostos, tanto de componentes lipofílicos quanto de hidrofílicos. Foi feita leitura a 695 nm. A atividade antioxidante das amostras foi expressa em relação a vitamina C cuja atividade antioxidante de referência foi considerada 100%.

### 2.3.2.8 Atividade antioxidante pelo método de Porcentagem de inibição do DPPH

A atividade antioxidante pelo 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH), que se baseia na captura do radical livre, foi avaliada conforme descrito por Brand-Williams *et al.* (1995), com modificações. A mistura de reação consistiu em 7,5  $\mu\text{L}$  de extrato vegetal e 292,5  $\mu\text{L}$  de uma solução etanólica de DPPH $\bullet+$  (6,10 – 2 mM). Após 30 minutos, as leituras foram feitas em leitor de microplacas (EZ Read, 2000) a 515 nm, com etanol (P.A.) como espaço em branco. A capacidade da amostra de reduzir radicais DPPH $\bullet+$  (% atividade antioxidante ou % AA) foi calculada usando a seguinte Equação 1:

$$\%AA = \left( \frac{A_{\text{controle}} - A_{\text{amostra}}}{A_{\text{controle}}} \right) \times 100 \quad (1)$$

onde:

$A_{\text{controle}}$  = Absorbância da solução inicial de DPPH;

$A_{\text{amostra}}$  = Absorbância da mistura reacional após 30 min.

Os resultados foram expressos em % de inibição.

### **2.3.2.9 Atividade antioxidante pelo método de Porcentagem de proteção do $\beta$ -caroteno/ácido linoléico**

A atividade antioxidante pelo método  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico foi determinada conforme descrito por Rufino *et al.* (2010). Os extratos das amostras foram usados diretamente e os resultados foram apresentados como porcentagem de inibição da oxidação (% proteção).

### **2.3.2.10 Obtenção do extrato de enzimas antioxidantes**

Os extratos para quantificação da atividade das enzimas foram obtidos de acordo com a metodologia descrita por Biemelt *et al.* (1998), onde o tecido foliar foi macerado a frio com almofariz e submetido a extração em solução contendo 100 mM de tampão fosfato de potássio (pH 7,8), 0,1 mM de EDTA e 10 mM de ácido ascórbico, com volume total de 1,5 mL. O extrato foi centrifugado a 13000 xg por 10 minutos à 4 °C, e o sobrenadante foi utilizado nas intubações enzimáticas.

### **2.3.2.11 Atividade da ascorbato peroxidase (APX)**

A atividade da APX determinada de acordo com Nakano e Asada (1981). O extrato foi adicionado de 190  $\mu$ L de tampão composto por 100 $\mu$ L de tampão fosfato de potássio 200 mM (pH 7,0), 10  $\mu$ L de ácido ascórbico 10 mM, 10  $\mu$ L de peróxido de hidrogênio 2 mM e 70  $\mu$ L de água destilada. A atividade da enzima foi determinada pelo acompanhamento da oxidação do ascorbato, a cada 15 segundos, durante 3 minutos. A reação oxidativa foi monitorada por meio das medidas espectrofotométricas a 290 nm. Uma unidade da atividade da APX foi definida como a conversão de 1  $\mu$ M de ácido ascórbico em monodehidroascorbato durante um minuto.

### **2.3.2.12 Atividade da superóxido dismutase (SOD)**

A atividade da SOD foi avaliada segundo Giannopolitis e Ries (1977), pela capacidade da enzima em inibir a fotorredução do azul de nitrotetrazólio (NBT), com algumas modificações. O extrato enzimático foi adicionado ao meio de reação composto por: tampão de fosfato de potássio 50 mM (pH 7,8), metionina 14 mM, EDTA 0,1  $\mu$ M, NBT 75  $\mu$ M e riboflavina 2  $\mu$ M. Então a solução foi iluminada com lâmpada fluorescente de 15W por 10 minutos. As leituras de absorbância foram feitas a 560 nm em espectrofotômetro (EPOCH-

BIOTECK-ELISA). Uma unidade de SOD foi definida como a quantidade necessária da enzima para inibir em 50% a fotoredução do NBT nas condições do ensaio.

### **2.3.2.13 Atividade da catalase (CAT)**

A atividade da catalase (CAT) foi obtida segundo Havir e McHale (1987). O extrato enzimático foi adicionado ao meio de reação, contendo 100µL de fosfato de potássio 200 mM (pH 7,0) e 10 µL de peróxido de hidrogênio 12,5 mM e 80 µL de água destilada e incubado a 28 °C. A atividade da enzima foi determinada em espectrofotômetro a 240 nm (EPOCH-BIOTECK-ELISA), por meio da redução da absorbância a cada 15 segundos, em um período de 3 minutos, monitorado pelo consumo de peróxido de hidrogênio. Uma unidade da atividade da CAT foi definida como a degradação de 1 µM de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> durante um minuto.

### **2.3.2.14 Peróxido de Hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)**

Foi quantificado segundo Velikova, Yordanov e Edreva, (2000), onde uma alíquota do sobrenadante da amostra foi adicionada em eppendorf contendo tampão fosfato de potássio 10 mM pH 7 e iodeto de potássio 1M. Foi feita a leitura em espectrofotômetro a 390 nm e os cálculos foram feitos baseados na curva padrão de peróxido de hidrogênio.

## **2.4 Análise estatística**

As análises foram realizadas em delineamento inteiramente casualizados (DIC) com três repetições, em triplicata. Foi feito o teste de Grubbs a 5% de significância para eliminar os outliers e os resultados submetidos à análise de variância e ao teste de médias Tukey a 5% de significância pelo Software Minitab® 21.4.2.

Para a análise de correlograma foi utilizado o Software Minitab® 21.4.2 e para a análise de componentes principais (PCA) utilizou-se o software R para construção dos biplots, fazendo uso dos pacotes “factoextra, ggplot2, ggbiplot, devtools ggalt e ggforce”.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Teores de umidade, proteína bruta, pH, Sólidos Solúveis Totais, Acidez Total Titulável, *Ratio* e Minerais

Diferenças significativas foram observadas entre as raízes das diferentes variedades de dália, relativas à umidade, proteína bruta, pH, sólidos solúveis totais, acidez total titulável, *ratio* e composição mineral, exceto para teores de ferro e zinco (Tabela 1).

O teor de umidade foi maior para as raízes de plantas decorativa roxa (85,05 %) e menor nas raízes de plantas decorativa vermelha (73,37%).

Tais teores se assemelharam aos encontrados para as raízes de dália de diferentes cores de flores avaliadas por Nsabimana e Jiang (2011) com teores de 83,36% para raiz de planta de flor amarela a 86,49% para a de flor vermelha. Os valores também foram semelhantes aos vistos para diferentes variedades de dália avaliadas por Rivera-Espejel *et al.* (2019) (75,62% a 88,71 %) e para yacon (88,86% a 91,21%) por Silva *et al.* (2018), que afirmam que o alto teor de umidade pode ser favorável para seu baixo teor calórico, entretanto, requer maiores cuidados no armazenamento, sendo que a refrigeração na pós-colheita é uma prática que pode contribuir para a maior qualidade dessas raízes.

Tabela 1 – Valores médios de umidade (U%), proteína bruta (PB%), pH, sólidos solúveis totais (SS%), acidez total titulável (AT %), *ratio* e composição mineral (Nitrogênio, Fósforo, Potássio, Cálcio, Magnésio, Enxofre, Boro, Cobre, Ferro, Manganês e Zinco) de raízes de dalias de diferentes variedades.

<b>Amostra</b>	<b>Raiz decorativa amarela</b>	<b>Raiz pompom amarela</b>	<b>Raiz decorativa vermelha</b>	<b>Raiz pompom vermelha</b>	<b>Raiz decorativa roxa</b>
<b>Variável<sup>a</sup></b>					
<b>U (%)</b>	81,15 ± 0,02ab	74,81 ± 1,90cd	73,37 ± 0,86d	79,12 ± 3,62bc	85,05 ± 1,95a
<b>PB (%)</b>	1,54 ± 0,04ab	1,34 ± 0,32b	1,80 ± 0,05a	1,31 ± 0,08b	0,76 ± 0,01c
<b>pH</b>	5,56 ± 0,02b	5,73 ± 0,03a	5,72 ± 0,02a	5,69 ± 0,01a	5,36 ± 0,01c
<b>AT (%)</b>	0,29 ± 0,01a	0,23 ± 0,01b	0,31 ± 0,03a	0,16 ± 0,03c	0,17 ± 0,00c
<b>SS (%)</b>	12,40 ± 0,26bc	12,97 ± 1,45b	17,22 ± 1,33a	10,41 ± 0,63c	10,39 ± 0,42c
<b>Ratio</b>	42,64 ± 1,56b	57,62 ± 7,84ab	56,27 ± 8,80ab	67,48 ± 13,84a	62,03 ± 2,71ab
<b>P (g kg<sup>-1</sup>)<sup>b</sup></b>	2,88 ± 0,04b	2,45 ± 0,04c	2,33 ± 0,02c	2,05 ± 0,09d	3,26 ± 0,08a
<b>K (g kg<sup>-1</sup>)<sup>b</sup></b>	10,31 ± 0,33a	8,42 ± 0,14c	9,28 ± 0,28b	8,20 ± 0,39c	9,43 ± 0,08b
<b>Ca (g kg<sup>-1</sup>)<sup>b</sup></b>	2,81 ± 0,08a	1,26 ± 0,05b	1,30 ± 0,07b	1,00 ± 0,08c	1,34 ± 0,03b
<b>Mg (g kg<sup>-1</sup>)<sup>b</sup></b>	1,46 ± 0,06a	1,18 ± 0,03bc	1,29 ± 0,04b	1,07 ± 0,06c	1,08 ± 0,06c
<b>S (g kg<sup>-1</sup>)<sup>b</sup></b>	1,16 ± 0,03a	0,77 ± 0,02c	0,94 ± 0,01b	0,99 ± 0,01b	0,96 ± 0,02b
<b>B (mg kg<sup>-1</sup>)<sup>b</sup></b>	2,52 ± 0,30a	1,92 ± 0,26ab	1,64 ± 0,00ab	1,57 ± 0,42b	1,64 ± 0,53ab
<b>Cu (mg kg<sup>-1</sup>)<sup>b</sup></b>	7,19 ± 0,28a	5,06 ± 0,49b	5,66 ± 0,16b	5,45 ± 0,06b	3,80 ± 0,19c
<b>Fe (mg kg<sup>-1</sup>)<sup>b</sup></b>	35,59 ± 0,20a	33,23 ± 5,75a	33,44 ± 5,13a	35,28 ± 3,58a	28,18 ± 4,66a
<b>Mn (mg kg<sup>-1</sup>)<sup>b</sup></b>	3,47 ± 0,09a	2,32 ± 0,06c	2,50 ± 0,05b	2,06 ± 0,05d	2,58 ± 0,08b
<b>Zn (mg kg<sup>-1</sup>)<sup>b</sup></b>	28,33 ± 4,67a	31,62 ± 0,51a	30,16 ± 0,42a	29,61 ± 0,32a	31,69 ± 1,12a

<sup>a</sup>Valores médios obtidos em 3 repetições, em triplicata, em base integral. <sup>b</sup>Base seca. Médias seguidas de letras iguais na linha, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Da autora (2024).

O teor de proteína bruta encontrado no presente trabalho para as raízes foi baixo, o que é algo característico da maioria de alimentos vegetais, que geralmente são considerados pobres em proteínas. Os resultados se assemelharam ao maior teor visto por Nsabimana e Jiang (2011) para raiz de dália de flor vermelha cultivar “XM” (5,16%), entretanto, foi inferior ao relatado por Rivera-Espejel *et al.* (2019) que obtiveram teores de proteínas para a cultura de até 10,16 % para *D. merckii*, demonstrando assim vantagem sobre as raízes do presente trabalho quando considerando-se a busca por alimentos que possam incrementar a dieta alimentar no requisito proteico.

O pH não diferenciou para as raízes das plantas pompom amarela, decorativa vermelha e pompom vermelha, apresentando os maiores valores, em média 5,71, seguidas por decorativa amarela (5,56) e decorativa roxa (5,36). Essa é uma variável relacionada à acidez dos alimentos, sendo considerados altamente ácidos aqueles que possuem pH menor do que 4, moderadamente ácidos os que se encontram com pH variando entre 4,0 e 4,5 e levemente ácidos os quais o pH superam o índice de 4,5 (Franco; Landgraf, 1996).

O pH das raízes em estudo se mostraram inferiores aos avaliados por Silva *et al.* (2018) para raízes tuberosas de yacon, planta da mesma família e de composição semelhante à de dália, com valores variando de 6,57 a 6,83, entretanto, considerando a classificação descrita por Franco e Landgraf (1996), as raízes de dália em questão são consideradas levemente ácidas.

As maiores médias de AT foram observadas nas raízes de dália decorativa amarela e decorativa vermelha, enquanto as menores médias foram observadas nas da pompom vermelha e decorativa roxa. A raiz da planta pompom amarela apresentou média de AT intermediária.

Os resultados vistos para acidez titulável se mostram bem semelhantes aos de Rivera-Espejel *et al.* (2019), que também encontraram, para diferentes tipos de dália, teor mínimo de 0,17% e máximo de 0,31% de ácido cítrico. Costa *et al.* (2022), ao analisarem raiz de dália roxa também encontraram valores intermediários dessa variável (0,20%).

Por outro lado, em comparação com raízes de yacon, as de dália analisadas e citadas podem ser consideradas mais ácidas, visto que em experimento conduzido por Silva *et al.* (2018) foram observados teores de 0,07 a 0,09 %.

Além disso, deve-se considerar o fato de que a acidez e o pH dos alimentos estão relacionados à ação de microrganismos nos alimentos, onde aqueles que possuem baixa acidez ( $\text{pH} > 4,5$ ) são os mais sujeitos a multiplicação microbiana, podendo favorecer o crescimento de colônias de espécies patogênicas e deteriorantes. Dessa forma, se torna imprescindível a determinação de acidez e pH nos alimentos, o que possibilita a avaliação da microbiota predominante, assim como o potencial e a possível natureza dos processos de deterioração que

esses alimentos são passíveis a sofrer, buscando assim, as melhores estratégias de controle microbiano, a exemplo da salga, acidificação, processamento térmico, adição de conservantes, entre outros (Franco; Landgraf, 2005).

Outro parâmetro capaz de interferir sobre o sabor do alimento é o teor de sólidos solúveis (SS). A raiz da planta com flor decorativa vermelha apresentou maior teor para esse constituinte (17,22%), enquanto pompom vermelha e decorativa roxa, os menores valores. O teor de SS observado na raiz decorativa roxa (10,39%) está próximo ao relatado por Costa *et al.* (2022), que também analisaram raiz de dália decorativa roxa (11,08 %), bem como por Silva *et al.* (2018), que estudaram raízes de yacon, planta da mesma família da dália (8,58% a 13,60 %).

Quando comparados aos valores expressos por Rivera-Espejel *et al.* (2019), que quantificaram a presença de sólidos solúveis em raízes de dália, as raízes do presente estudo obtiveram vantagem, com a menor e maior médias atingindo quase o dobro do menor e maior valor visto por eles (4,98% a 9,11%). A concentração vantajosa de sólidos solúveis pode ser considerada como um indicador de maior qualidade das raízes estudadas, pois pode ser primordial para determinação de seu sabor, além de indicar também que a época de colheita das amostras foi em momento apropriado, a qual deve ser feita quando ocorre a translocação expressiva de carboidratos para as raízes (Rivera-Espejel *et al.*, 2019).

A relação entre sólidos solúveis e acidez total titulável (*ratio*), é um indicador usado para determinar a qualidade de um alimento, visto que valida seu sabor através do equilíbrio de açúcares e ácidos (Cunha *et al.*, 2023). Para tal indicador, a raiz de planta pompom vermelha apresentou maior valor que a decorativa amarela, nenhuma outra diferença sendo notada para essa variável. Visto que ambas não diferiram quanto aos SS, a AT foi o fator determinante para a diferenciação quanto ao *ratio* (Tabela 1).

Os minerais encontrados nas raízes de dália são essenciais à dieta humana, possuindo diferentes funções. Tais raízes, em sua maioria, apresentaram maiores concentrações de macrominerais para K, P, Ca, Mg, S, e de microminerais Fe, Zn, Cu, Mn e B, consecutivamente (Tabela 1).

A raiz da planta de flor decorativa amarela se mostrou superior a respeito à concentração de K (10,31 g kg<sup>-1</sup>), Ca (2,81 g kg<sup>-1</sup>), Mg (1,46 g kg<sup>-1</sup>), S (1,16 g kg<sup>-1</sup>), B (2,52 mg kg<sup>-1</sup>), Cu (2,81 mg kg<sup>-1</sup>) e Mn (3,47 mg kg<sup>-1</sup>).

As raízes de dália estudadas demonstraram altos teores de Fe e Zn, sendo que as amostras não tiveram diferenças significativas, com médias 33,14 mg kg<sup>-1</sup> e 30,28 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente.

Fica evidente que, com relação aos minerais, a raiz de planta com flor decorativa amarela se destacou por apresentar maior teor para maioria deles. Entretanto, todas as raízes estudadas se mostraram com aptidão para serem implantadas em programas de melhoramento que visem a fortificação de alimentos, principalmente em Fe e Zn.

### **3.2 Componentes do metabolismo antioxidante**

Quando observados os compostos bioativos presentes nas raízes de dália e a capacidade antioxidante delas, pode-se observar diferenças significativas em muitas das variáveis, com exceção para antocianinas, atividade antioxidante pelo complexo fosfomolibdênio, atividade da APX e teor de  $H_2O_2$  (Tabela 2).

Tabela 2 – Teores médios de antocianinas,  $\alpha$ -caroteno,  $\beta$ -caroteno,  $\delta$ -caroteno,  $\gamma$ -caroteno, Licopeno, Carotenoides Totais, Vitamina C, Fenólicos totais, Atividade antioxidante por fosfomolibdênio, % de Inibição DPPH, % Proteção  $\beta$ -caroteno, atividade das enzimas APX, SOD e CAT, conteúdo de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> e inulina de raízes de dália de diferentes variedades. (continua...)

<b>Amostra</b> <b>Variável</b>	<b>Raiz decorativa amarela</b>	<b>Raiz pompom amarela</b>	<b>Raiz decorativa vermelha</b>	<b>Raiz pompom vermelha</b>	<b>Raiz decorativa roxa</b>
<b>Antocianinas (mg 100g<sup>-1</sup>)</b>	0,17 ± 0,08a	0,29 ± 0,07a	0,23 ± 0,07a	0,26 ± 0,06a	0,20 ± 0,05a
<b><math>\alpha</math>-caroteno (<math>\mu</math> 100g<sup>-1</sup>)</b>	1,73 ± 0,15b	0,65 ± 0,05c	2,28 ± 0,06a	2,19 ± 0,10a	1,63 ± 0,09b
<b><math>\beta</math>-caroteno (<math>\mu</math>g 100g<sup>-1</sup>)</b>	1,73 ± 0,17b	0,66 ± 0,04c	2,24 ± 0,03a	2,13 ± 0,11a	1,63 ± 0,09b
<b><math>\delta</math>-caroteno (<math>\mu</math>g 100g<sup>-1</sup>)</b>	1,23 ± 0,15b	0,48 ± 0,03c	1,57 ± 0,02a	1,52 ± 0,05a	1,18 ± 0,07b
<b><math>\gamma</math>-caroteno (<math>\mu</math>g 100g<sup>-1</sup>)</b>	1,21 ± 0,16b	0,48 ± 0,04c	1,51 ± 0,03a	1,47 ± 0,05a	1,17 ± 0,09b
<b>Licopeno (<math>\mu</math>g 100g<sup>-1</sup>)</b>	1,00 ± 0,14ab	0,40 ± 0,03c	1,21 ± 0,06a	1,20 ± 0,04a	0,98 ± 0,09b
<b>Carotenoides Totais (<math>\mu</math>g 100g<sup>-1</sup>)</b>	6,89 ± 0,75b	2,67 ± 0,19c	8,80 ± 0,03a	8,52 ± 0,32a	6,59 ± 0,38b
<b>Vitamina C (mg 100g<sup>-1</sup>)</b>	40,04 ± 7,08ab	28,97 ± 1,33b	47,03 ± 9,37a	38,59 ± 1,66ab	33,02 ± 7,46ab
<b>Inulina (%)</b>	45,97 ± 1,06bc	43,12 ± 1,14cd	60,12 ± 0,60a	49,36 ± 3,22b	40,55 ± 0,87d
<b>Fenólicos Totais (mg 100g<sup>-1</sup>)</b>	79,48 ± 2,63a	48,48 ± 6,42b	72,51 ± 4,93a	57,13 ± 2,46b	36,37 ± 2,39c
<b>Fosfomolibdênio (mg g<sup>-1</sup>)</b>	80,03 ± 12,29a	110,37 ± 10,16a	99,54 ± 28,56a	89,33 ± 11,94a	107,35 ± 2,66a
<b>% Inibição DPPH</b>	32,27 ± 4,95a	20,93 ± 5,76b	18,04 ± 1,74b	15,44 ± 1,76b	21,66 ± 1,56b

Tabela 2 – Teores médios de antocianinas,  $\alpha$ -caroteno,  $\beta$ -caroteno,  $\delta$ -caroteno,  $\gamma$ -caroteno, Licopeno, Carotenoides Totais, Vitamina C, Fenólicos totais, Atividade antioxidante por fosfomolibdênio, % de Inibição DPPH, % Proteção  $\beta$ -caroteno, atividade das enzimas APX, SOD e CAT, conteúdo de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> e inulina de raízes de dália de diferentes variedades. (conclusão)

<b>Amostra</b> <b>Variável</b>	<b>Raiz decorativa amarela</b>	<b>Raiz pompom amarela</b>	<b>Raiz decorativa vermelha</b>	<b>Raiz pompom vermelha</b>	<b>Raiz decorativa roxa</b>
<b>% Proteção <math>\beta</math>-caroteno</b>	75,77 $\pm$ 1,98a	76,84 $\pm$ 1,05a	55,56 $\pm$ 2,25b	50,71 $\pm$ 5,10b	53,97 $\pm$ 8,47b
<b>APX</b> ( $\mu\text{mol ASA g}^{-1}\text{min}^{-1}$ )	1,07 $\pm$ 0,15a	1,06 $\pm$ 0,16a	1,32 $\pm$ 0,32a	0,88 $\pm$ 0,19a	1,22 $\pm$ 0,13a
<b>SOD</b> (U SOD $\text{g}^{-1}\text{min}^{-1}$ )	77,54 $\pm$ 0,37a	17,30 $\pm$ 10,13c	12,93 $\pm$ 5,12c	41,11 $\pm$ 17,52bc	69,67 $\pm$ 13,46ab
<b>CAT</b> ( $\mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{g}^{-1}\text{min}^{-1}$ )	11,84 $\pm$ 2,48bc	28,16 $\pm$ 6,54a	21,54 $\pm$ 5,19ab	24,51 $\pm$ 2,69a	10,49 $\pm$ 0,85c
<b>H<sub>2</sub>O<sub>2</sub></b> (mmol H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> $\text{mg}^{-1}$ )	0,83 $\pm$ 0,29a	0,43 $\pm$ 0,11a	0,52 $\pm$ 0,03a	0,52 $\pm$ 0,28a	0,49 $\pm$ 0,16a

\*Valores médios obtidos em 3 repetições em base fresca. Médias seguidas de letras iguais na linha, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Fonte: Da autora (2024).

Com relação as antocianinas, principais cromóforos que pertencentes ao grupo dos flavonóides, o teor foi baixo para todas as raízes, com média  $0,23 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$  não apresentando diferenças (Tabela 2). Os baixos valores observados provavelmente se devem ao fato de que tais compostos estão altamente relacionados com a coloração vermelha, roxa ou azul dos alimentos e as raízes de dália geralmente possuem cores esbranquiçadas não aparentando apresentar pigmentos (Khoo *et al.*, 2017).

Os teores de  $\alpha$ -caroteno,  $\beta$ -caroteno,  $\delta$ -caroteno,  $\gamma$ -caroteno, licopeno e, conseqüentemente, de carotenoides totais foram superiores para as raízes de dália com flores de coloração vermelha, com médias 2,23; 2,19; 1,55; 1,50; 1,21 e  $8,66 \mu 100 \text{ g}^{-1}$ , respectivamente. Já as raízes da decorativa amarela e decorativa roxa tiveram concentrações intermediárias, sem demonstrar diferenças entre si, com média de  $6,74 \mu 100 \text{ g}^{-1}$  para carotenoides totais, enquanto a raiz da planta pompom amarela apresentou a menor quantidade desses compostos ( $2,67 \mu 100 \text{ g}^{-1}$ ).

Assim como para antocianinas, as raízes de dália obtiveram baixos teores de carotenoides, visto que são pigmentos que geralmente conferem coloração amarela, laranja e vermelha aos alimentos, o que não é característico das amostras em estudo. Amaro *et al.* (2013) estudando duas variedades de batatas-doces coloridas obtiveram maior sucesso na observação desse composto, com 18,84 para a variedade “roxa” e 35,67 para a “Jorge”, superando em aproximadamente quatro vezes a de dália, confirmando que a presença de pigmentos pode interferir no teor de carotenoides.

Considerando a vitamina C a raiz da planta de flor decorativa vermelha demonstrou superioridade em relação às demais estudadas ( $47,03 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$  de ácido ascórbico). Em contrapartida, a da pompom amarela teve o menor teor de ácido ascórbico ( $28,97 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ), com as demais intermediando a essas, sem serem consideradas diferentes entre si. Apesar disso, até mesmo a raiz com menor conteúdo de vitamina C foi superior ao obtido por Rivera-Espejel *et al.* (2019) e Ferreira, Lima e Sánchez. (2021) para dália ( $0,05 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ) e batata-doce (25 mg), respectivamente.

Por outro lado, Costa *et al.* (2022) encontraram um teor de mais de quatro vezes ao encontrado para a raiz de planta com flor roxa estudando a mesma variedade, pressupondo assim, que além da espécie e órgão amostrado, as condições edafoclimáticas de cultivo podem interferir de forma expressiva na concentração desse constituinte no alimento.

As raízes de dália recebem destaque por sua alta concentração de inulina, e no presente ensaio o maior teor desse composto foi observado na raiz de planta de flor decorativa vermelha (60,12 % em base seca), seguida pela da pompom vermelha (49,36%), decorativa amarela

(45,97 %), pompom amarela (43,12 %) e decorativa roxa (40,55 %), consecutivamente. Diante dos resultados, pode-se considerar a dália como uma potente fonte de inulina (Tabela 2).

Os teores de inulina observados no presente estudo se enquadram a alguns relatados na literatura para a cultura, podendo deduzir que a concentração de inulina está ligada a fatores genéticos, fisiológicos e ambientais, além da época de colheita das raízes, visto que os maiores teores foram encontrados em seu estágio de maturação, o que pode estar relacionado ao aumento da atividade de enzimas, em especial da frutossiltransferase (De Luna Garcia, 2018; Legorreta *et al.*, 2016; Rivera-Espejel *et al.*, 2019).

As raízes das flores decorativas amarela e vermelha apresentaram maiores teores de fenólicos totais, com a da amarela (79,48 mg 100 g<sup>-1</sup>) exibindo mais que o dobro da raiz de planta com flor decorativa roxa (36,37 mg 100 g<sup>-1</sup>), que foi a que menos se destacou. As raízes de flores pompom não se diferenciaram, com média de 52,81 mg 100 g<sup>-1</sup>.

As concentrações de fenólicos das raízes aqui estudadas, de forma geral, foram inferiores às vistas por Rivera-Espejel *et al.* (2019), assim como para a raiz de yacon (130 mg 100 g<sup>-1</sup>), planta com certa semelhança à dália e da mesma família, avaliada por Pereira *et al.* (2016). Entretanto, maiores teores de compostos fenólicos nos alimentos podem ser resultantes de estresses sofridos pelas plantas, os quais podem ter sido causados por fatores bióticos e abióticos, como salinidade, umidade, mudanças de temperatura, ataque de pragas e doenças, dentre outros (Rivera-Espejel *et al.*, 2019). Sendo assim, deduz-se que as dalias avaliadas podem ter sido submetidas a condições de cultivo com menores interferências de estresses.

A presença de vitaminas antioxidantes (vitamina C) e compostos bioativos, como fenólicos (flavonóis, flavonas, flavonona e antocianinas) e carotenoides em raízes de dália podem inibir ou reduzir o estresse oxidativo gerado por espécies reativas de oxigênio, fazendo com que essas plantas apresentem atividade antioxidante por diferentes mecanismos (Rivera-Espejel *et al.*, 2019). Existem diferentes mecanismos usados para a avaliação da capacidade antioxidante dos alimentos, dentre esses foram utilizados três para testes com as raízes de dália em análise: mecanismo de poder de redução do fosfomolibdênio, percentual de inibição do DPPH e auto-oxidação do sistema  $\beta$ -caroteno.

Para a atividade antioxidante determinada pelo mecanismo de poder de redução do fosfomolibdênio não foi observada diferença significativa, com valores variando de 80,03 a 110,37 mg g<sup>-1</sup> equivalente de ácido ascórbico para as raízes da decorativa e pompom amarelas, respectivamente. Considerando os resultados, sugere-se que 1 g das raízes de dália possui a atividade equivalente à de 0,11 g de ácido ascórbico, ou seja, possuem a nona parte da atividade antioxidante de 1 g do composto.

Camarena (2016) avaliando a atividade antioxidante em equivalentes de ácido ascórbico de raízes de mashua (*Tropaeolum tuberosum*) e olluco (*Ullucus tuberosus*), encontrou teores valores exorbitantes aos vistos para dália (730 a 1000 e 250 a 660 mg g<sup>-1</sup> equivalente de ácido ascórbico, respectivamente, para as farinhas dessas culturas passadas por diferentes peneiras). A alta capacidade antioxidante das culturas pode estar relacionada às cores dessas raízes, que são mistura de azul-vermelho (mashua) e amarelo-verde (olluco), o que ao contrário do que ocorre com as raízes de dália.

A atividade antioxidante testada pelo percentual de inibição do DPPH pode ser considerada baixa para as raízes estudadas, visto que a que apresentou maior capacidade de inibir os radicais livres (decorativa amarela) teve o percentual de apenas 32,27%, enquanto variedades de batatas-doces coloridas estudadas por Amaro *et al.* (2013) se mostraram muito mais eficientes pelo mecanismo em questão, com inibição de 82,83 % a 83,39 %. Um dos fatores que responde essa diferença e inferioridade das raízes de dália avaliadas é seu baixo teor de antocianinas, que resulta na diminuição da capacidade de captura de radicais livres (Vidal; Araujo; Barbosa Junior, 2021).

Por outro lado, as raízes demonstraram maior atividade antioxidante pelo método da auto-oxidação do sistema β-caroteno, com média de 76,31 % de capacidade de proteção para as raízes de cor amarela, as quais se mostraram superiores. As demais raízes não mostraram diferenças entre si, com capacidades de 50,71% a 55, 56%. Diante do observado, fica evidente a importância da avaliação de diferentes mecanismos para determinação da capacidade antioxidante, visto que os antioxidantes naturais presentes nos alimentos possuem distintas formas de atuação por sua variabilidade estrutural e de expressão de sua atividade biológica (NECO *et al.*, 2022).

As raízes de dália apresentaram capacidade de proteção da oxidação semelhante às outras hortaliças não convencionais, a exemplo do cará-moela (*Dioscorea bulbifera*) com 72 %, demonstrando a elevada atividade antioxidante dessas espécies que vêm retomando seu espaço (Carneiro *et al.*, 2020).

O sistema antioxidante enzimático também desempenha importante papel na eliminação e regulação de espécies reativas de oxigênio geradas em processos metabólicos aeróbicos (Dinu *et al.*, 2018). Na Tabela 2 encontram-se as atividades das enzimas avaliadas nas raízes de dália em estudo.

Para a enzima APX não foram observadas diferenças estatísticas (0,88 a 1,32 μmol ASA g<sup>-1</sup> min<sup>-1</sup>). A atividade da SOD foi maior em raízes da planta de flor decorativa amarela (77,54 U SOD g<sup>-1</sup> min<sup>-1</sup>), seguida pela decorativa roxa (69,67 U SOD g<sup>-1</sup> min<sup>-1</sup>), pompom vermelha

(41,11 U SOD  $\text{g}^{-1} \text{min}^{-1}$ ) e, por fim, pompom amarela, juntamente com a decorativa vermelha, que foram consideradas estatisticamente iguais, com valores consideravelmente inferiores (17,30 e 12,93 U SOD  $\text{g}^{-1} \text{min}^{-1}$ , respectivamente). A CAT obteve atividade intermediária às outras enzimas, com a raiz de planta de flor pompom amarela e pompom vermelha apresentando as maiores atividades (28,16  $\mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{ g}^{-1} \text{min}^{-1}$  e 24,51  $\mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{ g}^{-1} \text{min}^{-1}$ , respectivamente) e a decorativa roxa a menor (10,49  $\mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{ g}^{-1} \text{min}^{-1}$ ).

A maior atividade da CAT em relação a APX pode ter sido resultado do baixo teor de Vitamina C, pois a APX é extremamente sensível a concentrações de ascorbato, perdendo a estabilidade e reduzindo sua atividade quando em presença de baixos teores de ácido ascórbico (Farias, 2012).

Por outro lado, a superioridade da atividade da SOD em relação às enzimas APX e CAT pode ser considerada uma característica negativa, visto que a SOD gera como metabólito o peróxido de hidrogênio, que é citotóxico e precisa ser eliminado pelas demais enzimas, então, seria essencial o aumento simultâneo da atividade delas com a da SOD, resultando em efeitos benéficos (Do Vale Oliveira, 2015).

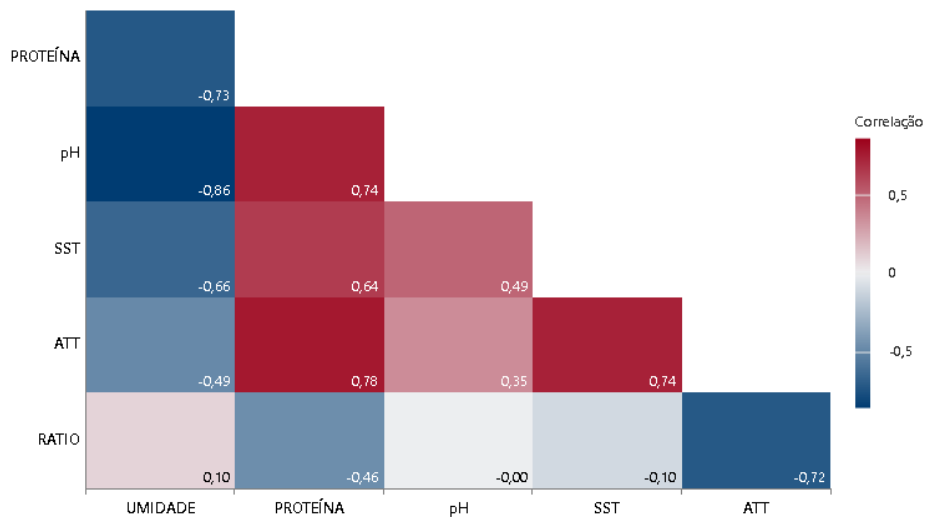
Apesar da atividade das enzimas SOD e CAT terem mostrado diferenças entre as amostras, essa diferença não foi vista nos teores de  $\text{H}_2\text{O}_2$  nas raízes em avaliação, as quais obtiveram teores variando de 0,43 a 0,83  $\text{mmol H}_2\text{O}_2 \text{ mg}^{-1}$ . A variação no teor de peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) e ânion superóxido ( $\text{O}_2^-$ ) pode dever-se a fatores ambientais, tanto bióticos como abióticos (Dinu *et al.*, 2018). As plantas utilizadas para a análise foram cultivadas no mesmo ambiente e sem diferenciação no cultivo, o que pode ter resultado na ausência dessa variação. Por outro lado, a variação encontrada para a atividade das enzimas possivelmente é resultante das características individuais e composição das raízes estudadas, assim, a raiz da planta decorativa amarela se mostrou mais eficiente para a dismutação do radical superóxido, enquanto as do grupo pompom mostraram superioridade na transformação dessa substância em água.

### 3.3 Análise de correlograma e análise de componente principal

Foram realizadas análise de correlograma e análise de componente principal (PCA) para avaliar o efeito global dos compostos detectados nas amostras. Para melhor entendimento esses compostos foram separados em grupos, no qual o grupo um foi composto pelas variáveis umidade, proteína, pH, sólidos solúveis, acidez titulável e *ratio*, o grupo dois por minerais e o terceiro grupo pelas variáveis referentes ao sistema antioxidante das amostras.

Pode-se observar pela Figura 3 que o correlograma do grupo de umidade, proteína, pH, sólidos solúveis, acidez titulável e *ratio* mostra que a umidade obteve alta correlação negativa com proteína e pH. Por outro lado, a proteína demonstrou alta correlação positiva com pH e também à acidez titulável, que por sua vez foi altamente correlacionada negativamente ao *ratio*. Neunfeld *et al.* (2022) também puderam observar tal comportamento em acessos de batata-doce, com correlação inversa entre o *Ratio* e a AT, resultado do processo de maturação dos materiais estudados, que apresentaram baixos teores de ácidos cítricos, e consequentemente, superioridade no teor de açúcares presentes.

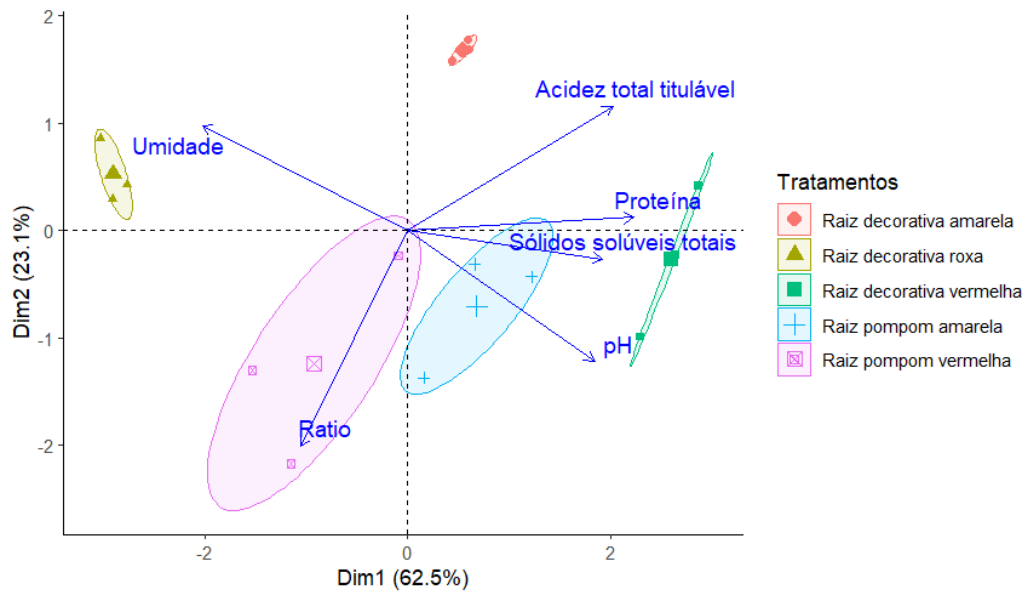
Figura 3 – Correlograma de umidade, proteína bruta, pH, sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT) e *ratio* para raízes de dália.



Fonte: Da autora (2024).

A PCA permitiu explicar 85,6% da variação total dos dados (Figura 4), fazendo o agrupamento das amostras.

Figura 4 – Biplot da análise de componentes principais (PC1 X PC2) para umidade, proteína, pH, sólidos solúveis, acidez titulável e *ratio* de raízes de dália.



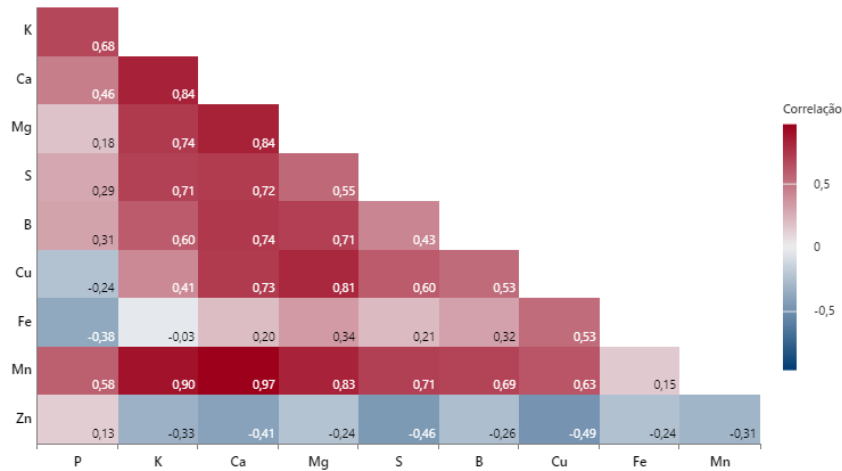
Fonte: Da autora (2024).

A raiz da planta de flor decorativa roxa se associou mais à umidade, e a da pompom vermelha ao *ratio*, formando tais grupos distintos. As raízes da planta de flor pompom amarela e decorativa vermelha formaram um grupo com maior relação com proteína, sólidos solúveis totais e pH, enquanto a da decorativa amarela se isolou com menor interação com as variáveis.

Tratando-se de minerais, o correlograma mostra que, no geral, tiveram correlações positivas entre si, com exceção ao Zn em que as correlações foram baixas, praticamente nulas (Figura 5). Foi observada correlação de alta carga para o K com Ca, Mg, S e Mn, para o Ca com Mg, S, B, Cu e Mn, para Mg com B, Cu e Mn, além de S com Mn.

Visto que o equilíbrio de nutrientes no solo reflete diretamente na composição da planta, a ausência de correlação negativa entre os minerais pode ser um indicativo de uniformidade do solo de cultivo e da ausência de inibição competitiva entre os minerais (Luengo *et al.*, 2018).

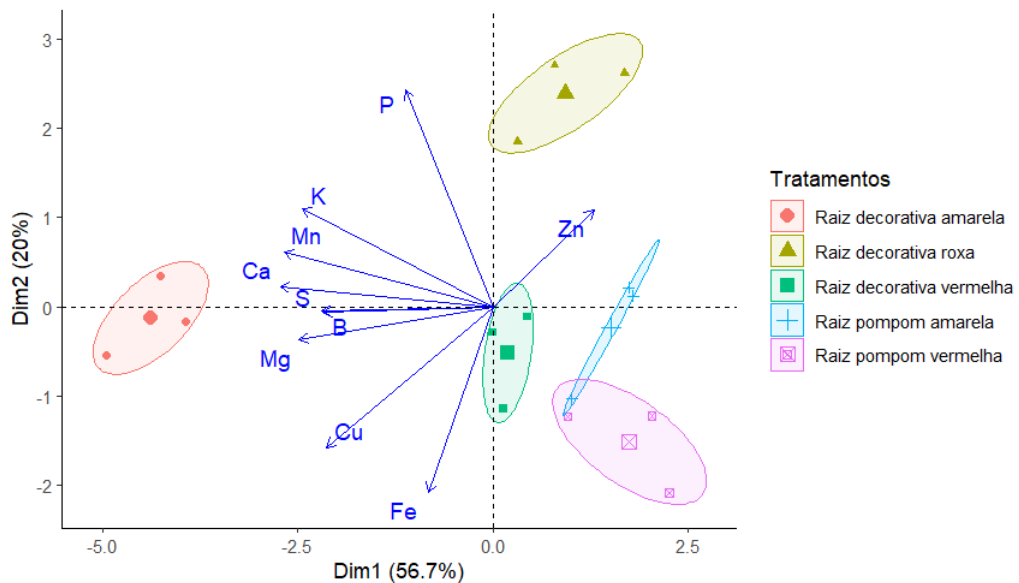
Figura 5 – Correlograma para teores de P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn para raízes de dália.



Fonte: Da autora (2024).

A PCA para os minerais das raízes de dália estudadas explicou 77,1 % da variação (Figura 6). Pode-se observar que o Zn foi responsável por separar a raiz da planta de flor decorativa roxa. A raiz da flor decorativa amarela mostrou maior proximidade com a maioria dos nutrientes, o que fez com que se isolasse no plano, mostrando-se com maior potencial para estudos que visam o aumento dessas substâncias no alimento em questão ou em semelhantes.

Figura 6 – Biplot da análise de componentes principais (Dim1 X Dim2) para teores de P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn de raízes de dália.



Fonte: Da autora (2024).

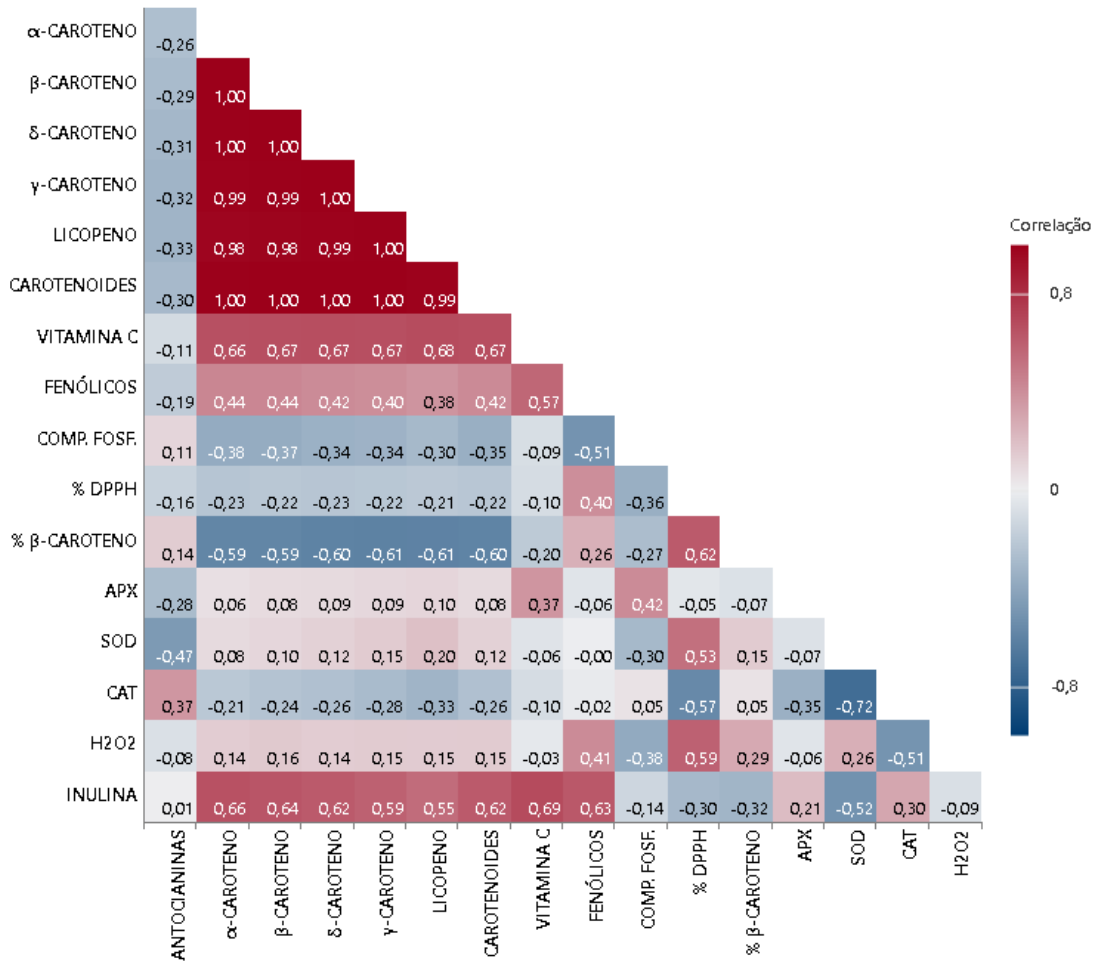
O correlograma para os compostos bioativos, atividade antioxidante e atividade de enzimas antioxidantes das raízes nos mostra que a atividade antioxidante pelos diferentes

métodos teve correlação negativa com vários dos compostos bioativos (Figura 7), o que provavelmente ocorreu pela falta de pigmentos nas raízes analisadas, dessa forma, a atividade antioxidante da amostra pode ocorrer devido à contribuição de compostos não fenólicos presentes nas amostras, assim como os compostos presentes nas mesmas podem atuar na atividade antioxidante por outro mecanismo não avaliado (Rivera-Espejel *et al.*, 2019).

Por outro lado, o teor de inulina mostrou correlação positiva (de forma moderada) com todos os compostos considerados bioativos. Assim como no presente experimento, Rivera-Espejel *et al.* (2019) avaliando a correlação entre compostos de raízes de dália puderam observar correlação positiva entre vitamina C e teor de inulina. Dessa forma, o aumento de uma dessas substâncias acarreta também na elevação da outra, o que pode tornar as raízes de dália atraentes para programas de melhoramento que buscam por produtos funcionais.

Com relação às enzimas antioxidantes, a correlação negativa entre SOD e CAT não se mostra interessante, pois indica que a CAT não está eliminando o peróxido de hidrogênio na mesma proporção que a SOD o gera (Do Vale Oliveira, 2015). Entretanto, outros mecanismos podem estar participando desse mecanismo de eliminação, visto os baixos teores do composto na amostra.

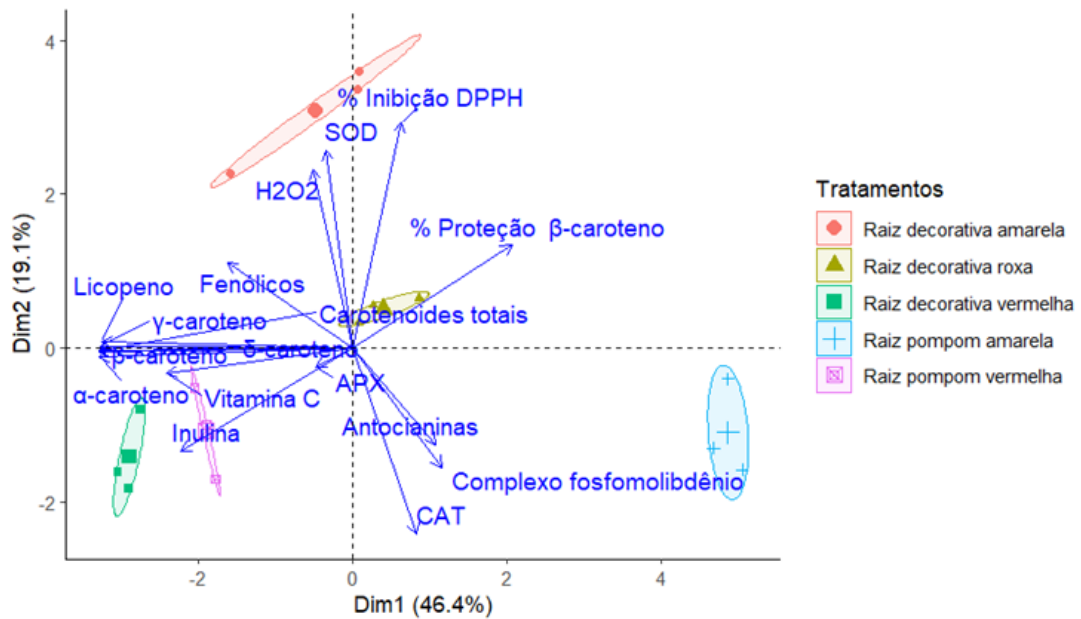
Figura 7 – Correlograma de antocianinas,  $\alpha$ -caroteno,  $\beta$ -caroteno,  $\delta$ -caroteno,  $\gamma$ -caroteno, licopeno, carotenoides, vitamina c, fenólicos, Comp. Fosf., % DPPH; %  $\beta$ -caroteno; APX, SOD, CAT,  $H_2O_2$  e inulina de raízes de dália.



Fonte: Da autora (2024).

A PCA para esse grupo de variáveis nas raízes explicou 65,5 % das variações, agrupando as amostras das raízes em praticamente 4 grupos, nos quais a atividade antioxidante determinada pela porcentagem de inibição do DPPH, a atividade da SOD e concentração de  $H_2O_2$  separou a raiz da planta de flor decorativa amarela em um grupo, enquanto a raiz das flores vermelhas (decorativa e pompom) se uniram em um único grupo, determinado principalmente pelos carotenoides, vitamina C e inulina. As raízes das plantas decorativa roxa e pompom amarela foram separadas sem maiores associações aos compostos avaliados (Figura 8).

Figura 8 – Biplot da análise de componentes principais (PC1 X PC2) para antioxidantes não enzimáticos e enzimáticos de raízes de dália.



Fonte: Da autora (2024).

Dessa forma, pode-se deduzir que as estratégias buscadas para melhorar a composição, em quesitos bioativos, das raízes de planta decorativa vermelha, também vão obter sucesso quando adotadas para as da pompom vermelha.

#### 4 CONCLUSÃO

As raízes de dália estudadas apresentaram teores nutricionais semelhantes às de hortaliças comumente consumidas. A raiz de planta com flor decorativa amarela teve superioridade no conteúdo de minerais, entretanto, todas as raízes se mostraram ricas em Fe e Zn, que foram os minerais com teores mais expressivos.

Com relação aos compostos bioativos, as raízes das plantas vermelhas se destacaram quanto ao teor de carotenoides, sendo que a decorativa vermelha também obteve maiores teores para vitamina C, inulina e, juntamente com a decorativa amarela, para fenólicos. A raiz da decorativa amarela também apresentou maior capacidade antioxidante. De forma geral, as raízes de plantas decorativa vermelha e decorativa amarela foram as que apresentaram melhor qualidade nutricional e, conseqüentemente, podem ser indicadas como mais promissoras ao consumo.

## REFERÊNCIAS

- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.D.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- AMARO, F. S. *et al.* 14295-Compostos Bioativos e Atividade Antioxidante em Duas Etnovarietades de Batata Doce (*Ipomoea batatas*) Cultivadas em Sistema Orgânico. **Cadernos de Agroecologia**, v. 8, n. 2, 2013.
- ANAN'INA, N. A. *et al.* Standardization of inulin extracted from Dahlia single tubers and some physicochemical properties of inulin. **Pharmaceutical Chemistry Journal**, v. 43, n. 3, p. 157-159, Mar 2009.
- AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis**. 19<sup>th</sup> ed. Washington: AOAC, 2012.
- BARCIA, M.T. *et al.* Bioactive compounds, antioxidant activity and percent composition of jambolão fruits (*Syzygium cumini*). **The Natural Products Journal**, v. 2, n. 2, p. 129-138, 2012.
- BIEMELT, S. *et al.* Re-Aeration following hypoxia or anoxia leads to activation of the antioxidative defense system in roots of wheat seedlings. **Plant Physiology**, Washington, v.116, p.651- 658, 1998.
- BRAND-WILLIAMS, W., CUVELIER, M.E., BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT - Food Sci. Technol.**, Lebensmittel-Wissenschaft - Technol., v. 28, p. 25–30, 1995.
- CAMARENA, D.E.M. **Produção e caracterização de amidos e farinhas de Tubérculos Andinos**: mashua (*Tropaeolum tuberosum*) e olluco (*Ullucus tuberosus*). 2016. Dissertação (Mestrado em Química) - Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2016.
- CARNEIRO, G.R. *et al.* Avaliação física e química de farinhas de casca e polpa de *Dioscorea bulbifera* L. com possibilidade de aplicação na panificação. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 12, p. 96201-96211, 2020.
- COSTA, P.A. *et al.* Nutritional and functional compounds in dahlia flowers and roots. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 25, 2022.
- CUNHA, J. S. *et al.* Revestimentos comestíveis na qualidade pós-colheita de Pequi. **PesquisAgro**, v. 7, n. 1, p. 57-71, 2023.
- DE ALMEIDA, S.H. *et al.* Capacidade antioxidante de flores de capuchinha (*Tropaeolum majus* L.). **Revista Ponto de Vista**, v. 9, n. 1, p. 73-84, 2020.
- DE LUNA GARCIA, I. **Acumulación de inulina durante el desarrollo en especies de dalia (*Dahlia spp.*)**. 2018, 59 p. Tese (Doutorado em Horicultura) - Universidad Autónoma Chapingo, 2018.

DINU, M. *et al.* Analysis of nutritional composition and antioxidant activity of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) leaf and petiole. **Journal of Applied Botany & Food Quality**, v. 91, 2018.

DOMINGUEZ-LOPEZ, A. **Extracción y evaluación de inulina a partir de dalias silvestres mexicanas (*Dahlia coccinea* Cav.)**. 2015. Tese (Ciências Agrícolas e Recursos Naturais) - Universidade Autônoma do Estado do México, México, 2015.

DO VALE OLIVEIRA, M. **Byproducts of araticum and pequi: study of antioxidant activity of bioactive compounds in the protection of oxidative stress**. Subprodutos de araticum e pequi: estudo da atividade antioxidante dos compostos bioativos na proteção ao estresse oxidativo. 2015. 128 p. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2015.

FARIAS, J.G. *et al.* **Caracterização bioquímico-fisiológica de genótipos de batata (*Solanum tuberosum*) cultivados em solos com acúmulo de cobre**. 2012, 118 p. Dissertação (Mestrado em Agrobiologia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

FERREIRA, M.E.; LIMA, M.; SÁNCHEZ, C.I. A planta da batata-doce. **Batata doce**. Manual de boas práticas agrícolas. Oeiras: Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária (INIAV), 2021. p. 25-35,

FRANCO, B.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1996. v. 182.

GARZÓN SOLIS, C. *et al.* Fenologia de dalia campanulata (*Dahlia campanulata saar.*): Nueva especie para la horticultura ornamental. **Revista Chapingo Serie Zonas Áridas**, v. 8, n. 1, p. 18-24, 2009.

GIANNOPOLITIS, C.N.; RIES, S.K. Superoxide dismutases I. Occurrence in higher plants. **Plant Physiology**, Washington, v. 59, n. 2, p. 309-314, 1977.

GONÇALVES, J.; SILVA, G.C.O.; ALMEIDA, C.L. Compostos bioativos em flores comestíveis. **Biológicas & Saúde**, v. 9, n. 29, 2019.

HAVIR, E.A.; McHALE, N.A. Biochemical and developmental characterization of multiple forms of catalase in tobacco leaves. **Plant Physiology**, Washington, v. 67, n. 3, p. 450-455, 1987.

KHOO, H.E.; AZLAN, A.; TANG, S.T.E.; LIM, S.M. Antocianidinas e antocianinas: pigmentos coloridos como alimentos, ingredientes farmacêuticos e potenciais benefícios à saúde. **Pesquisa em Alimentos e Nutrição**, v. 61, n. 1, p. 1361779, 2017.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Mapa de estações**. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/>. Acesso em 10 jan. 2024.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2005. 1018 p.

\_\_\_\_\_. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p.

KHOO, H.E., AZLAN, A., TANG, S.T. E., LIM, S.M. Antocianidinas e antocianinas: pigmentos coloridos como alimentos, ingredientes farmacêuticos e potenciais benefícios à saúde. **Pesquisa em Alimentos e Nutrição**, v. 61, n. 1, p. 1361779, 2017.

LEES, D.; FRANCIS, F. Standardization of pigment analyses in cranberries. **HortScience**, v. 7, p. 83-84.1972.

LEGORRETA, S. *et al.* Evaluation of inulin extracted from Mexican wild dahlias (*Dahlia coccinea* Cav.). **Phyton**, v. 85, n. 63, 2016.

LÓPEZ, K.A.D. Usos gastronômicos de la planta Dalia (*Dahlia* spp). 2017. 97 p. Tese (Ciencias de La Nutrición y Alimentos-Licenciatura en Gastronomía) - Universidade de Ciências e Artes de Chiapas, Chiapas, 2017.

LUENGO, R. de F. A. *et al.* Determinação de minerais no solo e análise de folhas de couve produzida em Brasília. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21, p. e2017141, 2018.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

NSABIMANA, C.; JIANG, B. The chemical composition of some garden Dahlia tubers. **British Food Journal**, v. 113, n. 9, p. 1081-1093, 2011.

NAG, K. *et al.* Evaluation of different Dahlia (*Dahlia variabilis* L.) cultivars for cut flower and garden display under Chhattisgarh plains. **Pharma Innovation**, v. 11, n. 9, p. 2001-2005, 2022.

NAKANO, Y.; ASADA, K. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. **Plant and Cell Physiology**, Oxford, v. 22, n. 5, p. 867-880, 1981.

NECO, G.L.P.L. *et al.* Avaliação in vitro do potencial biológico da espécie Passiflora suberosa L. **Revista RG News**, v. 8, p. 2, 2022.

NEUNFELD, T.H. *et al.* Características físico-químicas e compostos bioativos de acessos de batata-doce na região centro-sul do Paraná. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 25, p. e2020268, 2022.

OLIVEIRA, M.C. *et al.* Physicochemical characterization, bioactive compounds and correlations in native fruits of western Mato Grosso do Sul. **British Food Journal**, v. 122 n. 3, p. 841-851, 2020.

PEREIRA, J.A.R. *et al.* Total antioxidant activity of yacon tubers cultivated in Brazil. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 40, p. 596-605, 2016.

PRIETO, P.; PINEDA, M.; AGUILAR, M. Spectrophotometric quantification of antioxidant capacity through the formation of a fosphomolybdenum complex: specific application to the determination of vitamin E. **Anal Biochem** v. 269 p. 337-341, 1999.

PETKOVA, N.T.; SHEROVA, G.; DENEV, P.P. Characterization of inulin from dahlia tubers isolated by microwave and ultrasound-assisted extractions. **International Food Research Journal**, v. 25, n. 5, 2018.

PRIETO, P.; PINEDA, M.; AGUILAR, M. Spectrophotometric quantification of antioxidant capacity through the formation of a fosphomolybdenum complex: specific application to the determination of vitamin E. **Anal Biochem.**, v. 269 p. 337-341, 1999.

RIVERA-ESPEJEL, E.A. *et al.* Physicochemical quality, antioxidant capacity and nutritional value in tuberous roots of some wild dahlia species. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**, v. 47, n. 3, p. 813-820, 2019.

RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. **A guide to carotenoid analysis in foods**. ILSI press Washington: Printed in the United States of America, 2001.

RUFINO, M. do *et al.* Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chem.** v. 121, p. 996–1001, 2010.

SILVA, D. *et al.* Caracterização física e química de raízes tuberosas de yacon produzida em diferentes altitudes e épocas de plantio. **Horticultura Brasileira**, v. 36, p. 199-204, 2018.

STROHECKER, R.; HENNING, H.M. **Análisis de vitaminas, métodos comprobados**. Madri: Paz Montalvo, 1967. 428 p.

THE NATIONAL DAHLIA SOCIETY. **Dahlia Classification and Formation**. Disponível em: <https://www.dahlia-nds.co.uk/about-dahlias/classification/>. Acesso em 10 jan. 2024.

VELIKOVA, V.; YORDANOV, I.; EDREVA, A.J.P.S. Oxidative stress and some antioxidant systems in acid rain-treated bean plants: protective role of exogenous polyamines. **Plant Science**, v. 151, n. 1, p. 59-66, 2000.

VIDAL, H.; ARAUJO, L.F. de; BARBOSA JUNIOR, J.L. Drying temperatures on the functional properties of purple-fleshed sweet potato. **Ciência Rural**, v. 52, p. e20201044, 2021.

WATERHOUSE, A.L. Polyphenolics: determination of total phenolics. **Current protocols in food analytical chemistry**, p. 1.1, 2002.

WIDOWATI, S.; SUNARTI, T.C.; ZAHARANI, A. Ekstraksi, karakterisasi, dan kajian potensi prebiotik inulin dari umbi dahlia (*Dahlia pinnata* L.). Seminar Rutin Puslitbang Tanaman Pangan, **Bogor**, v. 16, 2005.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Em geral, as flores e raízes de dália apresentaram teores interessantes de compostos bioativos e minerais, mostrando assim, significativa atividade antioxidante. A determinação das plantas com maiores potenciais é dependente do órgão de interesse, onde as flores pompons e a decorativa vermelha são as mais indicadas ao consumo por se mostrarem superiores nutricionalmente. Quanto as raízes, as de plantas decorativa vermelha e decorativa amarela são as mais promissoras ao uso por apresentarem melhor qualidade. Através da correlação observada entre os parâmetros sugere-se que certos compostos são capazes de interferir nos teores de outros, seja de forma positiva ou negativa, o que facilita estratégias para potencializar as propriedades alimentares da planta e, conseqüentemente, incentivar seu consumo.