



**KRISNANDA KELLY CASTRO DE SOUZA**

**POTENCIAL ANTIOXIDANTE, MINERAL,  
INIBITÓRIO DE ENZIMAS  $\alpha$ -AMILASE E  
LIPOXIGENASE E COMPOSIÇÃO  
CENTESIMAL DE ESPÉCIES DA FAMÍLIA  
APIACEAE**

**LAVRAS – MG  
2016**

**KRISNANDA KELLY CASTRO DE SOUZA**

**POTENCIAL ANTIOXIDANTE, MINERAL, INIBITÓRIO DE ENZIMAS  
 $\alpha$ -AMILASE E LIPOXIGENASE E COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DE  
ESPÉCIES DA FAMÍLIA APIACEAE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Plantas Medicinais, Aromáticas e Condimentares, para a obtenção do título de Mestre.

Orientadora  
Dra. Luciane Vilela Resende  
Co-orientadora  
Dra. Suzan Kelly Vilela Bertolucci

**LAVRAS – MG  
2016**

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

Souza, Krisnanda Kelly Castro de.

Potencial antioxidante, mineral, inibitório de enzimas  $\alpha$ -amilase e lipoxigenase e composição centesimal de espécies da família Apiaceae / Krisnanda Kelly Castro de Souza. – Lavras : UFLA, 2016.

105 p. : il.

Dissertação (mestrado acadêmico)–Universidade Federal de Lavras, 2016.

Orientador(a): Luciane Vilela Resende.

Bibliografia.

1. Antioxidante. 2. Inibição enzimática. 3. Hortaliças não-convencionais. 4. Composição centesimal. 5. Minerais. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

**KRISNANDA KELLY CASTRO DE SOUZA**

**POTENCIAL ANTIOXIDANTE, MINERAL, INIBITÓRIO DE ENZIMAS  
 $\alpha$ -AMILASE E LIPOXIGENASE E COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DE  
ESPÉCIES DA FAMÍLIA APIACEAE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Plantas Medicinais, Aromáticas e Condimentares, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 13 de Abril de 2016

Dra. Luciane Vilela Resende (Presidente) – UFLA

Dra. Suzan Kelly Vilela Bertolucci – UFLA

Dra. Patrícia de Fátima Pereira Goulart - UNILAVRAS

Orientadora  
Dra. Luciane Vilela Resende  
Co-orientadora  
Dra. Suzan Kelly Vilela Bertolucci

**LAVRAS – MG  
2016**

À Deus, pois sem Ele eu nada posso realizar. Ao meu pai e minha mãe, que dentre todas as pessoas neste mundo são aqueles que mais profundamente me amam e lutam por mim.

Com todo o meu carinho e gratidão,

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

À Deus, pela vida e por me sustentar em todo tempo e por nunca desistir de mim.

Ao meu pai, José Alexandrino, pelo exemplo de força, fé e pelo apoio incondicional, confiança e amor. O senhor é a pessoa mais importante para mim neste mundo.

À minha mãe, Nicéia Castro, que apesar de não estar mais presente neste mundo, foi fundamental para que eu tivesse vida.

À minha irmã, pelo amor, amizade e paciência dedicados durante todo este tempo.

Aos amigos que trago em meu coração e aos amigos que a UFLA me presenteou, em especial Simony Mendonça, Carla Resueno e Livia Lima, vocês foram muito importantes nesta jornada.

Ao Rodrigo Botelho pela ajuda sempre que precisei, pela amizade, paciência e companheirismo fundamentais na conclusão deste trabalho.

À minha orientadora, professora Dra. Luciane Vilela Resende, pela confiança em mim depositada, pela orientação, paciência e participação em minha formação profissional e pessoal. Você foi mais que uma orientadora, foi uma grande amiga.

Aos professores José Eduardo e Suzan Bertolucci pelo ensino, conselhos, orientação e por serem um exemplo de profissionalismo e dedicação. À Anette, Luizinho, Dico e Paulinho por sempre estarem dispostos a ajudar e aos colegas do Núcleo de Estudos em Plantas Mediciniais (NEMAC).

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), pela oportunidade de realização do mestrado.

À FAPEMIG, pela concessão da bolsa de estudos e à CAPES e ao CNPq, pela concessão dos recursos financeiros necessários para realização da pesquisa.

**MUITO OBRIGADA!**

“A ciência nunca resolve um problema sem criar pelo menos outros dez”.

(George Bernard Shaw)

## RESUMO GERAL

*Eryngium foetidum* L., *Eryngium cf. campestre* e *Coriandrum sativum* L. são hortaliças da família *Apiaceae* apreciadas devido ao seu sabor peculiar e consumidas, principalmente, no norte e nordeste do Brasil. As hortaliças são fontes ricas em proteínas, vitaminas, fibras, minerais, fenólicos totais e outros bioativos fundamentais para uma saúde equilibrada. Apesar disso, muitas hortaliças estão caindo em desuso pela população, em substituição de alimentos industrializados. O resgate ao consumo dessas espécies é de grande importância, visando seus benefícios nutricionais, antioxidantes e terapêuticos. Neste trabalho foram quantificados os teores de fenólicos, flavonoides e dihidroflavonoides totais por espectrofotometria de absorção molecular no ultravioleta. O potencial antioxidante total também foi avaliada, utilizando cinco metodologias de ensaios *in vitro*: teste de Capacidade Antioxidante Total, sequestro de radicais DPPH e ABTS, Poder Redutor e Poder Quelante. Também foi avaliado o poder inibidor das enzimas  $\alpha$ -amilase e lipoxigenase dos extratos. Todas as espécies apresentaram teores significativos em fenólicos, flavonóides e dihidroflavonoides totais em sua composição. Todos os tratamentos apresentaram atividade antioxidante de 50% com exceção das folhas de *E. cf. campestre*, *C. sativum* e brácteas de *E. foetidum* em DPPH e brácteas de *E. foetidum* em ABTS. Todos os tratamentos também apresentaram 50% de atividade de inibição da enzima lipoxigenase. Em  $\alpha$ -amilase somente as folhas de *E. cf. campestre* e *C. sativum* apresentaram IC<sub>50</sub>. Avaliou-se a composição fitoquímica, visando conhecer o potencial nutricional de hortaliças da família *Apiaceae*, denominadas não-convencionais: *Eryngium foetidum* L., *Eryngium cf. campestre*; e convencionais: *Coriandrum sativum* L. Na análise da composição centesimal *Coriandrum sativum* L. apresentou os maiores teores em proteínas. As folhas de *Eryngium foetidum* L. exibiram valores superiores às demais espécies em fibra alimentar, enquanto que *Eryngium cf. campestre* se destacou com resultados superiores em lipídios. Com relação aos minerais analisados, as folhas de *Eryngium cf. campestre* expressaram resultados superiores às demais em N, Ca, Mg, S e Cu. A quantidade de ferro destacou-se em folhas de *E. foetidum*, enquanto que P, K, Mn, Zn e B foram mais expressivos nas folhas de *C. sativum*. Concluiu-se que os teores de compostos fenólicos totais encontrados nessas hortaliças, caracterizam-nas pelo seu elevado potencial antioxidante e de inibição das enzimas lipoxigenases e  $\alpha$ -amilase. Seus teores proteicos e de minerais as enquadram como espécies que podem ser utilizadas como fonte nutricional na preparação de outros alimentos, podendo o seu consumo regular trazer benefícios à saúde humana.

**Palavras-chave:** Antioxidante.  $\alpha$ -amilase. Lipoxigenase. Minerais. Hortaliças não-convencionais.

## GENERAL ABSTRACT

*Eryngium foetidum* L., *Eryngium cf. campestre* and *Coriandrum sativum* L. are Apiaceae family vegetable appreciated due to its peculiar flavor and consumed mainly in the north and northeast of Brazil. The vegetables are rich in protein, vitamins, fiber, minerals, total phenolics and other essential bioactives for a balanced health. Nevertheless, many vegetables are falling into disuse by the population, instead of processed foods. The rescue consumption of these species is very important, aiming at their nutritional, therapeutic and antioxidant benefits. In this study, was quantified the levels of total phenolic, flavonoids and dihydroflavonoides by molecular absorption spectrophotometry in the ultraviolet. The total antioxidant capacity was also evaluated using five methodologies of *in vitro* assays: test Total Antioxidant Capacity (TAC), scavenging of DPPH and ABTS radical, Power Reducing and Power Chelating. It was also evaluated the power inhibitor of  $\alpha$ -amylase and lipoxygenase extracts. All species showed significant levels of total phenolics, flavonoids and dihydroflavonoides in its composition. All treatments showed antioxidant activity of 50% except the sheets of *E. cf. campestre*, *C. sativum* and bracts of *E. foetidum* in DPPH and bracts of *E. foetidum* in ABTS. All treatments also exhibited 50% inhibition activity of the enzyme lipoxygenase. In  $\alpha$ -amylase only the leaves of *E. cf. campestre* and *C. sativum* showed  $IC_{50}$ . It was evaluate the phytochemical composition, aiming to meet the nutritional potential of Apiaceae family vegetables, called unconventional: *Eryngium foetidum* L., *Eryngium cf. campestre*; and conventional: *Coriandrum sativum* L. At the centesimal composition analysis *Coriandrum sativum* L. presented the highest levels of protein. The leaves of *Eryngium foetidum* L. exhibited higher values than other species in dietary fiber, while *Eryngium cf. campestre* detach with superior results in lipids. About the analyzed minerals, the leaves of *Eryngium cf. campestre* expressed results superior to the other in N, Ca, Mg, S and Cu. The amount of iron highlighted in sheets of *E. foetidum*, whereas P, K, Mn, Zn and B were most significant on leaves of *C. sativum*. It was concluded that the levels of total phenolic compounds found in these vegetables, characterize them for its high potential in the antioxidant and inhibition of lipoxygenase and  $\alpha$ -amylase enzymes. Their protein and mineral levels classify them as species that can be used as a nutritional source in the preparation of other foods and may their regular consumption bring benefit to human health.

**Keywords:** Antioxidant.  $\alpha$ -amylase. Lipoxygenase. Minerals. Unconventional vegetables.

## LISTA DE FIGURAS

### PRIMEIRA PARTE

- Figura 1 Aspectos gerais da espécie *Eryngium foetidum* L. .... 27
- Figura 2 Aspectos gerais da espécie *Eryngium cf. campestre*. .... 29
- Figura 3 Inflorescência da espécie *Eryngium cf. campestre*. .... 29
- Figura 4 (A) Folhas de *Coriandrum sativum* L.; (B) Flores e frutos de *C. sativum* L. .... 30
- Figura 5 Núcleo fundamental dos flavonoides. .... 35

### SEGUNDA PARTE – ARTIGOS

#### ARTIGO 1

- Figura 1 (A) Biplot com eixos preditivos considerando as variáveis fenólicas totais, flavonoides e DPPH; (C) fenólicos totais, flavonoides, DPPH e dihidroflavonóides das folhas *E. foetidum* L., *E. cf. campestre* e *C. sativum* e brácteas de *E. foetidum*. .... 64
- Figura 2 (A) Biplot com eixos preditivos considerando as variáveis fenólicas totais, flavonoides, DPPH e ABTS; (C) fenólicos totais,

flavonoides, DPPH e Capacidade antioxidante total das folhas *E. foetidum* L., *E. cf. campestre*, *C. sativum* e brácteas de *E. foetidum*.  
..... 70

Figura 3 (A) Biplot com eixos preditivos considerando as variáveis fenólicas totais, flavonoides, DPPH e poder quelante das folhas *E. foetidum*, *E. cf. campestre*, *C. sativum* e brácteas de *E. foetidum* ..... 72

Figura 4 Determinação do poder redutor de amostras de folhas de *Eryngium cf. campestre*, *E. foetidum*, *Coriandrum sativum* e brácteas de *E. foetidum* ..... 74

Figura 5 (A) Biplot com eixos preditivos considerando as variáveis fenólicas totais, flavonoides, DPPH e inibição da enzima Lipoxigenase das folhas *E. foetidum* L., *E. cf. campestre*, *C. sativum* e brácteas de *E. foetidum* ..... 76

## ARTIGO 2

Figura 1 (A) Gráfico dos componentes principais utilizados na discriminação das folhas de *E. foetidum*, *C. sativum* e *E. cf. campestre* e brácteas de *E. foetidum* conforme o teor mineral em folhas..... 97

## LISTA DE TABELAS

### SEGUNDA PARTE – ARTIGOS

#### ARTIGO 1

Tabela 1 Teor de bioativos das folhas de *E. foetidum*, *E. cf. campestre*, *C. sativum* e brácteas de *E. foetidum* ..... 61

Tabela 2 Atividade antioxidante em diferentes extratos de folhas de *Eryngium foetidum*, *E. cf. campestre* e *C. sativum* e brácteas de *E. foetidum*.. 69

Tabela 3 Atividade inibitória da enzima lipoxigenase por diferentes extratos de folhas de *E. foetidum L.*, *E. cf. campestre*, *C. sativum L.* e brácteas de *E. foetidum L.* ..... 75

Tabela 4 Atividade de inibição da enzima  $\alpha$ -amilase por diferentes extratos de folhas de *E. cf. campestre* e *C. sativum L.*..... 77

#### ARTIGO 2

Tabela 1 Caracterização físico-química das folhas de *E. foeditum*, *E. cf. campestre*, *C. sativum* e brácteas de *E. foetidum* ..... 94

Tabela 2 Características de cor de folhas de *E. cf. campestre*, *E. foetidum*, *C. sativum* e brácteas de *E. foetidum*..... 98

Tabela 3	Composição mineral de <i>E. cf. campestre</i> , <i>E. foetidum</i> , <i>C. sativum</i> e brácteas de <i>E. foetidum</i> . .....	98
----------	---	----

## LISTA DE ABREVIATURAS

FEN	Fenóis totais
FLAV	Flavonóides
DIH	Dihidroflavonoides
MOL	Molibdato ou Teste de Capacidade Antioxidante Total
QUEL	Quelante ou Teste de poder Quelante
LIP	Lipoxigenase ou Teste de Inibição da Enzima Lipoxigenase
ESP	<i>E. cf. campestre</i>
ESP	<i>E. cf. campestre</i>
ESP	<i>E. cf. campestre</i>
EFFB	<i>Eryngium foetidum</i> L. folhas basais
EFB	<i>Eryngium foetidum</i> L. brácteas
CS	<i>Coriandrum sativum</i> L.
REF	Refluxo
TEA	Turboextração Aquosa
TEHA	Turboextração Hidroalcoólica 70%

## LISTA DE SIGLAS

DPPH	2,2-difenil-1-picrilhidrazil
ABTS	2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid)

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	18
2.2	Hortaliças como alimento funcional .....	22
2.3	Família Apiaceae.....	23
2.3.1	Gênero <i>Eryngium</i> .....	24
2.3.2	<i>Eryngium foetidum</i> e <i>Eryngium cf. campestre</i> .....	26
2.3.3	Gênero <i>Coriandrum</i> e espécie <i>C. sativum</i> L. ....	29
2.4	Radicais livres e antioxidantes .....	32
2.5	Potencial enzimático .....	37
2.5.1	Enzimas Lipoxigenase e $\alpha$ -amilase .....	37
	REFERÊNCIAS .....	41
	ARTIGO 1 .....	47
1	INTRODUÇÃO .....	50
2	MATERIAIS E MÉTODOS .....	52
2.1	Material vegetal e preparação dos extratos .....	52
2.2	Determinação dos fenóis totais .....	53
2.3	Quantificação de flavonoides (flavonas e flavonóis totais) .	53
2.4	Quantificação dos dihidroflavonóides.....	54
2.5	Atividades Antioxidantes .....	54
2.6	Atividade de inibição da enzima $\alpha$ -amilase .....	58
2.7	Atividade de inibição da enzima lipoxigenases .....	58
2.8	Análise estatística.....	59
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	59
3.1	Teor de compostos fenólicos.....	59

3.2	Ação antioxidante em extratos de amostras frescas.....	65
3.3	Poder quelante e redutor.....	71
3.4	Atividade de inibição da enzima Lipoxigenase .....	74
3.5	Atividade de inibição da enzima $\alpha$ -amilase .....	77
	CONCLUSÃO .....	79
	REFERÊNCIAS .....	80
	ARTIGO 2.....	84
	RESUMO .....	85
1	INTRODUÇÃO .....	87
2	MATERIAIS E MÉTODOS .....	89
2.1	Material vegetal.....	89
2.2	Composição centesimal.....	89
2.3	Análise de componentes minerais.....	91
2.4	Análise estatística.....	91
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	92
3.1	Composição centesimal.....	92
3.2	Teor de minerais.....	96
	CONCLUSÃO .....	100
	REFERÊNCIAS .....	101
	ANEXO A .....	103

## PRIMEIRA PARTE

### 1 INTRODUÇÃO

As hortaliças são plantas de grande importância para o fornecimento de nutrientes ao organismo. Pertencem ao grupo de alimentos conhecidos como reguladores ou protetores por serem ricos em sais minerais, vitaminas e fibras. Algumas também atuam como fonte de proteínas e carboidratos, tornando-se essenciais para o consumo diário (BRASIL, 2010b). Apesar de serem, nutricionalmente, tão ricas, o cultivo e consumo de hortaliças não convencionais tem diminuído, cada vez mais, em todas as regiões do país, tanto em áreas rurais quanto urbanas, devido ao crescente uso de alimentos industrializados acarretando mudanças na alimentação dos brasileiros, perda de características culturais e da identidade com o uso de alguns alimentos regionais (BRASIL, 2010a).

*Eryngium foetidum* L. é uma erva bienal (PAUL; SEAFORTH; TIKASINGH, 2011) conhecida popularmente como Chicória do Pará e está incluída entre as principais hortaliças não convencionais cultivadas no Brasil (BRASIL, 2010b). São encontradas nas regiões tropicais do mundo, como América, Ásia do Sul, Ilhas do Pacífico, Europa e Sul da África (SINGH; RAMAKRISHNA; NGACHAN, 2014). Medicinalmente ela é utilizada como sudorífico, diurético, febrífugo, antioxidante, estimulante, laxante, em resfriados e febre, para reduzir a pressão arterial, entre outros usos (BANOUT et al., 2010).

*Coriandrum sativum* L. é uma hortaliça convencional, popularmente conhecida como coentro, utilizada na culinária como tempero, principalmente nas regiões Norte e Nordeste brasileiro (BRASIL, 2010b). Como planta medicinal o coentro tem ação eletiva sobre o sistema nervoso autônomo e o

aparelho digestivo, depurativo do sangue, entre outras indicações (TELCI; BAYRAM; AVCI, 2006).

Além das propriedades nutricionais e funcionais, os teores de minerais e compostos fenólicos encontrados nas hortaliças, caracterizam essa “classe” de vegetais como possuidores de elevado potencial antioxidante. Em decorrência desse fato, seu consumo regular pode estar associado a benefícios à saúde humana (VIANA et al., 2015).

Os alimentos com função antioxidante tem capacidade de inibir a oxidação de um substrato por meio da redução da concentração de radicais livres no organismo. Entre as substâncias que conferem aos alimentos essa ação antioxidante estão a vitamina E (tocoferol), vitamina C (ácido ascórbico), os carotenoides e os flavonoides. Este último está incluso na classe dos compostos fenólicos (PIENIZ et al., 2009).

O consumo de uma dieta rica em hortaliças contribui com a defesa antioxidante do organismo, inibindo danos oxidativos em macromoléculas (PIENIZ et al., 2009). Em especial, as hortaliças não convencionais apresentam teores significativos de compostos fenólicos, carotenoides totais, vitamina C e outros antioxidantes (VIANA et al., 2015).

Estudos apresentam relação entre o consumo de hortaliças e a proteção a vários tipos de doenças isquêmicas, câncer e diabetes. Contudo, são necessários estudos mais aprofundados, especialmente acerca do mecanismo de ação, absorção, metabolização, excreção e toxicidade. No entanto, os flavonoides são importantes antioxidantes, tanto em dietas como em terapias de suplementação antioxidante (SOARES; ANDREAZZA; SALVADOR, 2005).

Além destas propriedades, algumas hortaliças também apresentam capacidade de inibição enzimática, como a  $\alpha$ -amilase e lipoxigenase. Os inibidores de enzimas do tipo  $\alpha$ -amilase são responsáveis por inibirem a hidrólise de carboidratos no trato digestivo. Isto acarreta uma diminuição na absorção de

glicose, constituindo uma das opções terapêuticas utilizadas no controle do *Diabetes mellitus* tipo 2 (SALES, 2012).

A enzima lipoxigenase atua catalisando a adição molecular de oxigênio aos ácidos graxos que possuem uma estrutura de cis, cis-1,4-pentadieno. Este sistema advém de hidroperóxidos de ácidos graxos insaturados. Compostos capazes de inibir esta enzima são considerados como antioxidantes, ao passo que também desempenham importante papel nos processos antiinflamatórios (BEN-NASR et al., 2015).

Diante da importância nutricional e carência da população de alimentos saudáveis e fontes naturais de substâncias protetoras à saúde, objetivou-se com este trabalho avaliar o potencial antioxidante, mineral, inibitório das enzimas  $\alpha$ -amilase e lipoxigenase e a composição centesimal de *Eryngium foetidum*, *Eryngium cf. campestre* e *Coriandrum sativum*, todas elas espécies da família Apiaceae.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Hortaliças não convencionais**

São denominadas hortaliças não-convencionais espécies hortícolas presentes em determinadas localidades ou regiões, mas que tiveram seu uso esquecido ou desvalorizado, ao longo dos anos. Além disso, são espécies que não estão organizadas enquanto cadeia produtiva, fazendo com que haja pouco ou nenhum interesse econômico por parte dos produtores com relação a elas (BRASIL, 2010b). Todavia, o cultivo dessa “classe” de plantas exerce grande influência na alimentação de populações tradicionais, que compõem um grupo de agricultores que tem, geralmente, sua sobrevivência ligada ao campo (BRASIL, 2010a).

Outros termos também são utilizados para nomear esse grupo de plantas, como “Hortaliças negligenciadas” que são as plantas que uma vez foram cultivadas primeiramente em seus centros de origem por agricultores familiares, onde ainda são importantes para a subsistência das comunidades locais. Também “Hortaliças subutilizadas” sendo aquelas que foram muito utilizadas pela população e caiu em desuso e por último o termo “Hortaliças tradicionais” que se refere a um grupo de hortaliças que são cultivadas por comunidades tradicionais, mas que também podem ser confundidas com vegetais muito utilizadas como tomate, alface e batata. Este termo tem causado muito confusão em meio à comunidade popular e científica (BRASIL, 2010b). Por esta razão esta expressão não será utilizada neste trabalho.

A produção de hortaliças é uma atividade que tem crescido em todo o mundo, decorrente da necessidade de melhorar a saúde humana e de preservar o meio ambiente. Esse sistema de produção é usado, especialmente, por

agricultores familiares (SEDIYAMA; SANTOS; LIMA, 2014) e pequenos produtores.

As hortaliças não-convencionais são plantas que foram muito apreciadas no passado, mas que principalmente pela migração da população rural para a cidade e pelo aumento do consumo de alimentos conhecidos como “fast food”, foram desvalorizadas (KINUPP; BARROS, 2008). Atualmente, grande parte dessas plantas são popularmente chamadas de “mato” ou “daninhas”, entretanto são uma alternativa alimentar de qualidade (VIANA et al., 2015).

O resgate ao consumo dessa classe de hortícolas é de grande importância, pois visa, além de outros fatores, a preservação da biodiversidade brasileira, novas fontes de antioxidantes naturais para a indústria alimentícia, além dos benefícios nutricionais das mesmas (VIANA et al., 2015).

Pesquisas recentes revelaram que as plantas não-convencionais são nutricionalmente mais ricas do que muitas plantas domesticadas. Algumas hortaliças apresentam valores altos em proteínas como serralha (2,7g), Taioba (2,9g), Almeirão (1,8g) e Caruru (3,2g). Esses valores são superiores aos de hortaliças convencionais citadas na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO) como alface americana (0,6g), cenoura (1,9g) e rúcula (1,8g) (UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS - UNICAMP, 2011). Outros estudos também demonstraram a existência de vários compostos químicos com atividade biológica, destacando-se compostos com propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias em alimentos como legumes, verduras e frutas (BRASIL, 2014).

## **2.2 Hortaliças como alimento funcional**

A relação entre alimentação e saúde tem se estreitado a cada dia. Uma alimentação dita “ideal” deve conter doses equilibradas de carboidratos, proteínas, vitaminas, fibras, minerais e água. Dietas ricas em gorduras, açúcar e

sal, atrelados a uma vida sedentária tem contribuído para o surgimento de várias doenças, tais como obesidade, câncer, diabetes e problemas cardiovasculares. Estudos comprovam que o consumo de hortaliças auxilia na prevenção destas doenças (VIANA et al., 2015).

Hoje em dia a nutrição vai além de dietas balanceadas ou para o emagrecimento, pois visa não somente a prevenção ou tratamento de doenças, mas também a manutenção do bom estado fisiológico da saúde humana. Nessas dietas, as hortaliças desempenham um papel importante na nutrição, apresentando elevados teores de vitaminas, proteínas, fibras, entre outros nutrientes. Espécies hortícolas como Azedinha tipo (I e II), Beldroega, Peixinho e principalmente, o Caruru apresentam teores altos em proteínas e fibras (VIANA et al., 2015).

As hortaliças são um importante componente da dieta, sendo tradicionalmente servida junto com um alimento protéico (carne ou peixe) e um carboidrato (massa ou arroz). Fornecem não apenas variedade de cor e textura às refeições, mas também nutrientes importantes. As hortaliças têm pouca gordura e calorias, mas são ricas em carboidratos, fibras e proteínas, como é o caso das espécies do gênero *Amaranthus* fornecendo níveis significativos de micronutrientes à dieta. Além disso, as hortaliças possuem uma variada gama de compostos que as enquadram na classe de alimentos ditos como alimentos funcionais (WESLEY et al., 2005).

### **2.3 Família Apiaceae**

A família Apiaceae apresenta cerca de 400 gêneros e 4.000 espécies, distribuídas mundialmente e representa uma das maiores famílias de Angiospermas. No Brasil ocorrem, aproximadamente, 8 gêneros e 100 espécies (SOUZA, 2005). Esta família também é conhecida como pioneira das praias,

sendo capaz de habitar em locais de alto teor de salinidade, além de suportar a ação das ondas e dos ventos (MARTINS, 2008).

Grande parte de suas espécies são aromáticas, anuais, bianuais ou perenes e com folhas compostas, raras vezes simples, com exceção do gênero *Eryngium*, partidas, alternas (rosuladas ou opostas) e com larga bainha envolvendo o caule. Apresenta flores geralmente pequenas, dispostas em inflorescência do tipo andróginas, umbela ou panícula, dialipétalas, diclamídeas, às vezes protândricas (amadurece o gineceu somente após a queda dos estames), muitas vezes com cinco estames, ovário ínfero, bicarpelar, bilocular e uniovulado. A morfologia polínica de seus grãos de pólen mostra estruturas esferoidais, circulares, reticuladas a micro reticuladas, de tamanho variado (MERCADO-GOMEZ; JIMENEZ-BULLA; SANCHEZ-MONTANO, 2011).

Esta família apresenta canais oleíferos e conseqüentemente alguns óleos essenciais em suas folhas. Estes últimos estão presentes em diferentes partes das plantas, tanto nas folhas, como nos frutos, raízes e flores e se encontram distribuídas em outras diferentes famílias de Angiospermas. Suas espécies compreendem diversas culturas hortícolas que também são utilizadas como medicamentos e/ou condimentos. Esta família também possui grande importância econômica por conter espécies comumente utilizadas na alimentação popular, como a cenoura (*Daucus carota*), salsa (*Petroselinum crispum*), aipo (*Apium graveolens*), mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) e coentros (*Coriandrum sativum*) (REIS; NASCIMENTO, 2011).

### **2.3.1 Gênero *Eryngium***

O gênero *Eryngium* é provavelmente o gênero mais extenso e taxonomicamente mais complexo da família Apiaceae, incluindo cerca de 250 espécies de plantas, distribuídas em todo o mundo, principalmente na Eurásia, Norte da África e Sul da América, também são frequentemente usadas na

alimentação e como plantas medicinais, em diferentes países. Algumas espécies deste gênero são utilizadas como especiarias e cultivadas em todo o mundo, enquanto que outras são empregadas para o tratamento de problemas gastrointestinais, queimaduras, hipertensão, diarreia, asma, febre, malária, entre outros. Em análise fitoquímica as espécies do gênero *Eryngium* mostraram que são uma rica fonte de flavonoides, taninos, saponinas, e triterpenóides. Além disto, “eringial”, um dos compostos mais importantes e de maior teor de óleo essencial do gênero, possui um efeito antibacteriano expressivo (CAVALEIRO et al., 2011; ERDEM et al., 2015).

As mais variadas espécies deste gênero têm sido utilizadas popularmente nas mais diversas áreas de tratamento à saúde humana. Estudo realizado com extrato metanólico de *Eryngium thorifolium* apresentou atividade de quimiosupressão da malária. Este fator foi atrelado à presença de flavonoides, terpenóides e antraquinonas presentes na espécie (URAL et al., 2014). *Eryngium cretium* apresentou poder de inibição à atividade hemolítica provocada pelo veneno de cobra (*Cerastes cerastes*) e escorpião (*Leiurus quinquesteirtus*) (ALKOFAHI; SALLAL; DISI, 1997).

O gênero *Eryngium* é facilmente distinguível de outros gêneros da família Apiaceae pelas suas inflorescências capitadas. Entretanto, morfológicamente este gênero apresenta muitas variações entre si, por exemplo, enquanto algumas plantas apresentam apenas alguns centímetros de altura, outras atingem até três metros. Geralmente sua polinização é realizada por insetos ou pelo vento. São plantas herbáceas, bianuais ou perenes, com raízes fortes, folhas simples, lobadas ou espinhoso-dentadas a lineares, com venação variando desde reticuladas à paralelinérveas. Suas flores, geralmente são sésseis, o cálice é mais desenvolvido que a corola e suas pétalas apresentam coloração de branco a púrpura. Seu fruto é muito confundido com uma semente, devido ao seu tamanho

muito pequeno. Geralmente são globosos ou ovoides e cobertos com escamas (GARCIA-RUIZ, 2013).

Sobre sua história evolutiva, muitos estudiosos concordam que as espécies americanas são originárias de antecessores do velho mundo (Eurásia e África) e seu centro de procedência se encontra no sudoeste da Ásia. Estudos recentes indicam que parte das espécies ocidentais possuem origem no mediterrâneo. Por meio de estudos moleculares, foi confirmada a monofilia de *Eryngium* e revelou uma relação deste com o gênero *Sanicula* L. Nas Américas, *Eryngium* se desenvolve em diversos habitats. Suas espécies crescem em quase todo o mundo, destacando América Central e do Sul, oeste, centro e sudeste dos Estados Unidos (CALVIÑO; MARTÍNEZ; DOWNIE, 2008).

### **2.3.2 *Eryngium foetidum* e *Eryngium cf. campestre***

*Eryngium foetidum* L. (Apiaceae) (Figura 1) é uma planta herbácea, bianual, de 8-40 cm de altura. Nativa da América Central e atualmente cosmopolita, a espécie é encontrada em regiões tropicais e subtropicais (CARDOZO et al., 2004). Recentemente, *E. foetidum* L. foi incluída entre as principais hortaliças não-convencionais cultivadas em nosso país (BRASIL, 2010b), sendo conhecida popularmente como Chicória-do-Pará, coentrão, coentro-da-índia, coentro-castelo, coentro-bravo, coentro-da-folha-larga, coentro-japonês, chicória, chicória-de-caboclo, chicória-do-amazonas, entre outras (GOMES et al., 2013).



Figura 1 (A) Aspectos gerais da espécie *Eryngium foetidum* L. (B) Inflorescência de *E. foetidum*.

Fonte: Do autor (2015).

Algumas espécies de *Eryngium* são utilizadas na culinária no Sudeste da Ásia, América Latina e Caribe, na produção de doces e como plantas ornamentais. Na medicina popular suas folhas são utilizadas na forma de infusões, como antitussígeno, diurético, antiedema, espasmolítico, estimulante, carminativo, afrodisíaco e, particularmente, usado para distúrbios do sistema urinário, tais como uremia e nefrite (BAYDAN et al., 2014; MEKHORA et al., 2012).

Na medicina popular turca, várias espécies desta planta são usadas em uma variada gama de doenças; particularmente as raízes são utilizadas no tratamento de várias doenças inflamatórias, edema, sinusite, infecções ou inflamações urinárias. Raízes e folhas usadas no tratamento de picadas de cobra ou escorpião, bócio e infertilidade. A infusão de partes aéreas e das raízes dessa espécie é administrada popularmente como antitussígeno, diurético, aperitivo, estimulante e afrodisíaco. O extrato aquoso das raízes de *E. foetidum* é usado por via oral e aplicados na forma de cataplasma. Utilizações semelhantes foram encontradas nos antigos documentos dos séculos medievais, contra feridas e

queimaduras, dores, hemorróidas e doenças sexualmente transmissíveis (KUPELI et al., 2006).

*Eryngium foetidum* também é utilizada como tempero em várias regiões tropicais do mundo, como América Latina, Ilhas do Pacífico, Sul da Europa, Índia, Vietnã e África. Na culinária Asiática essa espécie foi introduzida pelos chineses como um substituto ao coentro (*Coriandrum sativum* L.) e hoje também é utilizada como uma planta medicinal (SINGH et al., 2013).

Avaliações químicas das folhas indicaram a presença de polifenóis, flavonóides, taninos, antocianinas, carotenoides, ácido ascórbico, uma saponina e vários triterpenóides. Em análise realizada por HPLC, do extrato das folhas em metanol, conduziu à confirmação da presença de vários carotenóides, compostos fenólicos e antraquinonas. Não foram relatados a presença de alcalóides. Um componente importante do óleo essencial da planta é E-2-dodecenal ("eringial"), este contém, em proporções menores, isômeros de trimetilbenzaldeído (SINGH et al., 2013).

Informações sobre a composição química das folhas são bastante escassas, bem como estudos sobre o efeito das fases de crescimento na produção de substâncias bioativas, sendo que a maturidade de uma planta é um dos fatores que determinam a composição química qualitativa da mesma. Outro ponto importante que ainda não possui estudos é acerca do florescimento precoce e a poda da inflorescência para aumentar a produtividade em folhas na planta. Entretanto, pela falta de estudos, não se sabe se esta prática, de fato, afeta a composição química da planta (CAMPOS, 2014).

*Eryngium cf. campestre* (Figura 2 e 3) também é uma hortaliça da família Apiaceae, porém que se encontra sob investigação do Herbário EPAMIG para a confirmação da determinação de sua espécie.



Figura 2 Aspectos gerais da espécie *Eryngium cf. campestre*.  
Fonte: Do autor (2015).



Figura 3 Inflorescência da espécie *Eryngium cf. campestre*.  
Fonte: Do autor (2015).

### 2.3.3 Gênero *Coriandrum* e espécie *C. sativum* L.

O gênero *Coriandrum* apresenta espécies anuais, caulescentes ramificadas, folhas glabras e finas, alternas, pecioladas, pinadas lobadas ou ternadas e pecíolo invaginante. Inflorescências umbela composta, pedúnculo lateral e terminal, involúcro ausente, brácteas pequenas e estreitas. Cálice

proeminente, frequentemente desigual. Pétalas oblongas com ápice flexionado e mais estreito, irradiando pétalas exteriores. Frutos globosos ou ovoides (DIAS, 2011).

*Coriandrum sativum* L. popularmente conhecido como coentro, é uma hortaliça bastante apreciada na culinária, principalmente como tempero nas regiões Norte e Nordeste do Brasil. Também é muito consumida na China, Estados Unidos e Turquia. De altíssimo valor, pertence à família *Apiaceae*, é uma herbácea anual, com sua origem na região mediterrânea. Sua cultura é adaptável em climas quentes e intolerante a baixas temperaturas. Apresenta um ciclo de 45 a 60 dias, é pouco exigente em relação ao tipo de solo e tolerante a acidez. Sua comercialização em conjunto com a cebolinha, é conhecida por muitos como cheiro-verde (MEDEIROS, 2014).



Figura 4 (A) Folhas de *Coriandrum sativum* L.; (B) Flores e frutos de *C. sativum* L.

O coentro recebeu sua nomenclatura botânica somente em 1753, mas por causa da existência de variedades intraespecíficas referente à massa e diâmetro das sementes, segue o nome *Coriandrum sativum* L. var. *Sativum* para plantas com cerca de 1000 sementes com massa superior a 10g e com diâmetro superior a 3mm e *Coriandrum sativum* L. var. *Microcarpum* para plantas com cerca de

1000 sementes com massa inferior a 10g e diâmetro igual ou inferior a 3mm (DIAS, 2011).

Apresenta de 0,10-1,8% de óleo essencial, que tem um aroma característico, semelhante a uma mistura de canela e pimenta. O sabor e o odor da semente madura e das folhas frescas são totalmente diferentes. O óleo essencial em suas folhas frescas contém aldeídos alifáticos (principalmente aldeídos em C10-C16) com fétido aroma. O componente majoritário do óleo é o linalol, contendo de 42,1-71,0% dependendo da variedade, além de outros monoterpenos e monoterpenos oxigenados hidrocarbonetos. Possui propriedades antissépticas e é utilizado na preparação de bebidas alcoólicas, composição de perfumes e produtos cosméticos. São, geralmente, utilizados na forma de condimento em especiarias como salmoura, tempero, curry, salsichas, doces, biscoitos e bolos (TELICI; TONCER; SAHBAZ, 2006).

O coentro possui ação eletiva sobre o aparelho digestivo e o sistema nervoso autônomo. Usado também como carminativo, estimulante, depurativo, estomáquico (TELICI; TONCER; SAHBAZ, 2006) e antioxidante (MELO et al., 2003).

Ele também é utilizado na produção de fármacos e para corrigir o odor desagradável de certos medicamentos. Na culinária, os frutos secos são usados como condimento em carnes, doces, pães, pickles, licores e, principalmente, na elaboração de embutidos (TELICI; TONCER; SAHBAZ, 2006). Para alguns, em uma cozinha tradicional e menos variada, porém criativa, percebe-se a importância dos cheiros de poejo, da hortelã e dos coentros na elaboração e condimentação dos cozidos tradicionais, demonstrando sua importância não somente na farmácia e terapêutica, como também no cotidiano de algumas culturas.

## 2.4 Radicais livres e antioxidantes

Na natureza existem vários tipos de substâncias antioxidantes, entre eles estão os compostos fenólicos. Estes estão amplamente distribuídos, apresentando maior concentração nas hortaliças, frutas e seus derivados, embora nem todas as suas formas sejam capazes de ser absorvidas pelo nosso organismo ou pelo menos em grande concentração (SUCUPIRA et al., 2012). As hortaliças destacam-se como fonte de antioxidantes, razão pela qual seu uso tem sido mundialmente recomendado (CAMPOS et al., 2009).

A eficiência dos compostos antioxidantes depende, muitas vezes, da sua concentração no alimento, bem como de sua estrutura química. Nas hortaliças o teor destes fitoquímicos está ligado a fatores como o grau de maturação da planta, sua variedade, entre outros (KAUR; KAPOOR, 2001; KOLEVA et al., 2002; MELO et al., 2006).

Espécies reativas são átomos, moléculas, ou íons derivados do oxigênio, que em geral apresentam alta reatividade. Elas compõem três grupos de compostos. São eles as espécies reativas de oxigênio (ERO's), as espécies reativas de nitrogênio (ERN's) e as espécies reativas de enxofre (ERE's). Dentro destes grupos, ainda pode-se subdividi-los em compostos não radicalares e os radicais livres. Estes últimos são espécies químicas de meia vida curtíssima que possuem, geralmente, um elétron desemparelhado em seus orbitais externos, acarretando a transferência de elétrons com outras moléculas importantes como lipídios de membrana, DNA e enzimas. Já os compostos não radicalares, por sua vez, não possuem elétrons livres, mas também podem reagir com outras moléculas ao seu redor. Alguns exemplos destes compostos são o peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) e o ácido hipocloroso (HOCl) (CAMPOS, 2014; CAROCHO; FERREIRA, 2013).

Os radicais mais importantes encontrados são o ânion superóxido ( $O_2^{\cdot-}$ ) com menor reatividade e capacidade de difundir-se a longas distâncias, o radical hidroxila ( $HO^{\cdot}$ ) com maior reatividade e alta velocidade de reação com todos os tipos de moléculas celulares, o óxido nítrico ( $^{\cdot}NO$ ), o íon peroxil ( $HOH^{\cdot}$ ), alcóxila ( $RO^{\cdot}$ ) e a peróxila ( $ROO^{\cdot}$ ). Eles podem agir como doadores ou receptores de elétrons, alterando o ambiente molecular (CAROCHO; FERREIRA, 2013).

Os radicais podem ser gerados por fontes endógenas ou exógenas. No primeiro caso são criados a partir de processos biológicos que comumente ocorrem no organismo, como por exemplo, pelo resultado da atividade de cicloxigenases, oxidases, lipoxigenases, peroxidases e desidrogenases, entre outros. Nessa formação estão envolvidas várias organelas celulares como lisossomos, mitocôndrias, peroxissomos, retículo endoplasmático, membranas e núcleo. Em contrapartida, entre as fontes exógenas de produção de radicais livres estão o alcoolismo, tabagismo, poluição do ar, radiações, pesticidas, entre outros (SIMÃO, 2010).

Normalmente o organismo humano encontra meios de equilibrar a produção de radicais livres. Quando estes são formados em excesso, sob condições anormais, fugindo ao controle total do corpo, é criada uma situação conhecida como estresse oxidativo. Este causa a peroxidação lipídica nas membranas, danos na estrutura de proteínas, mutagenicidade no DNA e desativação de enzimas (SIMÃO, 2010). Devido a isso, as pesquisas em busca de compostos antioxidantes tem ganhado espaço no meio científico, principalmente os naturais, uma vez que comprovadamente, eles causam menos danos que os sintéticos.

Os antioxidantes são substâncias que, em baixas concentrações, previnem ou retardam a oxidação de um substrato. Para uma substância ser caracterizada como um bom antioxidante algumas características são

fundamentais, como por exemplo, a presença de substituintes doadores de elétrons ou de hidrogênio ao radical; acesso ao local de ação e potencial de quelação de metais de transição encontrados no processo de oxidação (SUCUPIRA et al., 2012).

Existem duas categorias básicas de antioxidantes: os naturais e os sintéticos. Eles atuam na reação de óxido-redução, por meio da neutralização dos radicais livres, quelando o oxigênio triplete ou singlete e decompondo os peróxidos (BRENNAN; PAGLIARINI, 2001; ZHENG; WANG, 2001).

O butil-hidroxi-tolueno (BHT), butil-hidroxi-anisol (BHA) e butilhidroquinonas terciárias são os compostos antioxidantes sintéticos mais comumente utilizados pela indústria, somente em alguns casos faz-se necessário a utilização do ácido cítrico de forma a gerar um efeito sinérgico juntamente com estes outros compostos. Essas substâncias estabilizam os ácidos graxos, através da quelação de íons metálicos, que por sua vez interferem na propagação da oxidação lipídica e na reação com os radicais livres. Contudo, estes compostos tem tido sua salubridade questionada, visto que estudos tem relacionado o surgimento de casos de câncer e mutagênese ao uso destas substâncias sintéticas (BIRCH; DAVISON, 2001).

Os compostos fenólicos são uma das maiores classes de metabólitos especiais presentes na natureza. São substâncias que possuem um anel aromático contendo um ou mais grupos hidroxila. Sua síntese não ocorre nos seres humanos. Estes compostos abrangem os flavonoides, os dihidroflavonóides, os ácidos fenólicos, cumarinas e taninos. Os compostos fenólicos, assim como a vitamina C, atuam como antioxidantes hidrofílicos, ao passo que os carotenoides agem como lipofílicos. Os flavonoides (Figura 5) são uma das mais importantes classes dentre os compostos fenólicos. Eles estão subdivididos em flavononas, isoflavonóides, antocianinas, flavanas e flavonóis (SIMÃO, 2010).

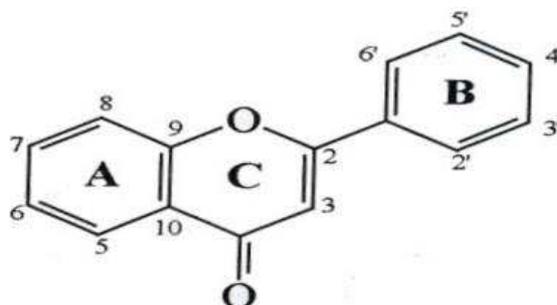


Figura 5 Núcleo fundamental dos flavonoides.  
Fonte: (SIMÕES et al., 2007)

As propriedades dos compostos fenólicos devem-se especialmente às suas características ácidas conferidas pela quebra da ligação oxigênio-hidrogênio, que leva à formação de um ânion fenóxido estável. Este ânion é estabilizado devido à deslocalização da carga negativa pelos diversos carbonos no anel aromático, conhecido como efeito de ressonância. Apesar de todos os compostos fenólicos exibirem propriedades ácidas, seu grau de ionização é alterado por meio da presença de diversos substituintes no anel aromático. Isto explica os diferentes comportamentos dos compostos fenólicos (DEEPA; ANURADHA, 2011).

Geralmente são sensíveis à perda durante processamentos como, por exemplo, a lixiviação em água. Sua capacidade antioxidante pode ser reduzida ou aumentada dependendo do método de cocção da hortaliça, isto é, de acordo com a temperatura utilizada, tempo de cocção ou se o tratamento é realizado em sistema aberto ou fechado (CAMPOS et al., 2009).

Nas plantas os fenólicos são formados a partir de condições de estresse como ferimentos, radiações, infecções, entre outros. Sua diversidade estrutural é explicada pelas modificações que essas substâncias sofrem, de acordo com sua hidroxilação, metilação e acetilação, por exemplo. Eles também compõem um

grupo de extrema importância na natureza por conferirem a pigmentação, a resistência a patógenos, o crescimento e a reprodução nas plantas, além de serem potentes antioxidantes (SIMÃO, 2010).

Nos seres humanos, as defesas antioxidantes são promovidas por um sistema de defesa endógeno, que inclui enzimas antioxidantes, como a catalase, superóxido dismutase, peroxidase, glutatona, proteínas e sequestradores de baixo peso molecular como a vitamina E, ácido úrico e a coenzima Q (FINI et al., 2011).

Espera-se que os antioxidantes reduzam os níveis de ERO's sem impedir que suas funções úteis sejam executadas nas reações redox e sinalização celular. Em contrapartida, o trabalho aumentado dos radicais livres tende a onerar os mecanismos de defesa das ERO's, cooperando para o desenvolvimento de doenças (HALLIWELL, 2012).

Estudos apontam a formação de radicais livres pelo oxigênio, sendo um dos principais fatores para o desencadeamento de doenças mutagênicas, dado que eles atacam, principalmente, proteínas de DNA e lipídios (BIRCH; DAVISON, 2001; BRENNAN; PAGLIARINI, 2001).

Nos últimos anos tem aumentado o interesse da comunidade, não somente a científica, por alimentos naturais que contenham altos teores de compostos antioxidantes como vitamina E, vitamina C, compostos fenólicos, carotenoides, entre outros, visando à melhoria na saúde e qualidade de vida da população. Na comunidade científica, em específico, tem se intensificado o interesse e os estudos acerca desses alimentos, objetivando também o tratamento e prevenção de doenças não transmissíveis como aterosclerose, câncer, entre outras (CAMPOS et al., 2009).

Em uma investigação feita com 32 especiarias, o alecrim e a sálvia obtiveram os melhores resultados com relação à atividade antioxidante.

Anteriormente, esta ação também foi comprovada no coentro, pimenta, gengibre, mostarda e tomilho (SHAHIDI, 2000).

Todavia, ainda são poucas as investigações, até o momento, que avaliaram para além dessa atividade antioxidante, intentando verificar também, a estabilidade dos compostos antioxidantes e enzimáticos dessas hortaliças frente ao armazenamento e processamento, tanto em grande escala quanto doméstica, visto que as preparações caseiras geralmente não seguem uma padronização (CAMPOS et al., 2009). Daí a importância em se avaliar o potencial antioxidante das espécies em estudo, como também o seu potencial enzimático.

## **2.5 Potencial enzimático**

### **2.5.1 Enzimas Lipoxigenase e $\alpha$ -amilase**

Os padrões na alimentação em todo o mundo estão mudando muito rapidamente, principalmente nos países emergentes, devido à mudança no estilo de vida das pessoas. As principais mudanças compreendem a substituição de alimentos de origem vegetal, produtos pouco processados, in natura e com poucas quantidades de conservantes, por produtos industrializados, prontos para serem consumidos e feitos para durar por mais tempo. Essas modificações são observadas com muita frequência, principalmente, no Brasil e acarretam uma ingestão muito alta de calorias e baixa oferta de nutrientes importantes ao organismo, em função disso aumenta a cada dia a frequência de casos de pessoas com diabetes e obesidade (BRASIL, 2014).

Após o incentivo dado pela Organização Mundial de Saúde (OMS) em 1978, quando reconheceu a importância das plantas medicinais, recomendando a difusão em nível mundial, vários pesquisadores, das mais diversas áreas, despertaram interesse no estudo dessas espécies vegetais, bem como órgãos

governamentais, centros de pesquisa e a indústria farmacêutica, visando obter medicamentos eficazes e com menores efeitos colaterais (CAMPOS et al., 2009).

O alvo das pesquisas na área de medicamentos tem sido os fármacos que inibem enzimas chave em processos metabólicos, apresentando uma atividade seletiva e com poucos efeitos indesejáveis. Desta forma,  $\alpha$ -amilase,  $\alpha$ -glicosidade, acetilcolinesterase, lipoxigenases e tirosinas são algumas enzimas destes estudos voltados para a busca de inibidores para serem usados na terapêutica (SALES, 2012).

Em decorrência do aumento global e de suas consequências, existe hoje um grave problema de saúde populacional que são as alterações no metabolismo de carboidratos, que podem estar associadas a doenças como *Diabetes mellitus* tipo 2 (DM2), obesidade, hipertensão e problemas cardíacos. No intuito de prevenir e tratar esses problemas, é de extrema importância terapêutica reconhecer agentes que atuem inibindo enzimas chave como, por exemplo, as glicosidases, suscitando atividades como, antitumoral, antiviral e também no controle do DM2 (VAN STRIEN; VAN DE LAAR, 2008).

A deficiência de secreção de insulina resulta na DM2 acarretando em alterações no metabolismo de proteínas, carboidratos e gorduras (SALES, 2012). A redução da hiperglicemia é uma das abordagens terapêuticas no tratamento de DM2, onde é feita a inibição de enzimas, como a  $\alpha$ -amilase e  $\alpha$ -glicosidase, que hidrolisam os carboidratos. Estas enzimas também transformam dissacarídeos e oligossacarídeos em monossacarídeos. Acarbose é um dos inibidores que retardam a digestão dos carboidratos e conseqüentemente, reduzem o nível de absorção da glicose (VAN STRIEN; VAN DE LAAR, 2008).

As amilases são hidrolases que catalisam a hidrólise inicial do amido em oligossacarídeos menores por meio da clivagem das ligações glicosídicas  $\alpha$ -1-4 (TANGPHATSORNRUANG, 2005). Existem outras enzimas amilolíticas que participam da hidrólise do amido, entretanto a atividade da  $\alpha$ -amilase é essencial

no início do processo de degradação dos polissacarídeos (TANGPHATSORNRUANG et al., 2005).

As lipoxigenases são isoenzimas, isto é, enzimas que diferem na sequência de aminoácidos, mas que catalisam a mesma reação química. Elas estão largamente distribuídas nas plantas, catalisando a adição do oxigênio molecular ao sistema pentadieno dos ácidos graxos polinsaturados, ocasionando os hidroperóxidos de ácidos graxos correspondentes, além de conter ferro não-heme, que é necessário para sua atividade catalítica (TANGPHATSORNRUANG et al., 2005).

No corpo humano, durante períodos de estresse, ocorrem danos físicos às células, causando uma deterioração sequencial dos lipídios, por meio das lipoxigenases. Elas formam os hidroperóxidos de ácidos graxos e são imediatamente metabolizados, formando novos produtos. Estes produtos são participantes dos processos inflamatórios (VAN STRIEN; VAN DE LAAR, 2008).

Os compostos fenólicos e flavonoides promovem efeito tanto anti-inflamatório, quanto na prevenção de doenças cardiovasculares, afetando o metabolismo final do ácido araquidônico. As prostaglandinas, tromboxanos e leucotrienos são produtos das enzimas lipoxigenase e cicloxigenase. Eles são agentes na homeostase e atuam na integridade dos sistemas cardiovascular, renal e inflamatório. Quando há um desequilíbrio na homeostase dos leucotrienos ocorrem respostas inflamatórias com distúrbios respiratórios, como no caso da asma e rinite alérgica. Estas alterações também podem ocasionar desordens inflamatórias no intestino e artrites. Da mesma forma que um desequilíbrio na síntese de prostaglandinas pode acarretar em doenças renais e/ou cardiovasculares, podendo gerar, inclusive, derrames. Desta forma os compostos fenólicos atuam inibindo a ação dessas enzimas, prevenindo a ocorrência de diversas enfermidades (BUNKER et al., 1995).

Mesmo em posse dessas informações, ainda são escassas as pesquisas sobre a ação das espécies de *Eryngium* e *Coriandrum sativum* na inibição de tais enzimas, fazendo-se pertinente este estudo em questão.

## REFERÊNCIAS

ALKOFAHI, A.; SALLAL, A. J.; DISI, A. M. Effect of *Eryngium creticum* on the haemolytic activities of snake and scorpion venoms. **Phytotherapy Research**, London, v. 11, n. 7, p. 540-542, Nov. 1997.

BANOUT, J. et al. Effect of solar drying on the composition of essential oil of *sacha culantro* (*eryngium foetidum* l.) grown in the peruvian amazon. **Journal of Food Process Engineering**, Westport, v. 33, n. 1, p. 83-103, 2010.

BAYDAN, E. et al. Contractile Effects of *Eryngium kotschy* Boiss. on Rat Isolated Ileum and Detrusor Muscle. **Kafkas Universitesi Veteriner Fakultesi Dergisi**, Kars, v. 20, n. 5, p. 779-785, Sep-Oct 2014.

BEN-NASR, S. et al. Antioxidant and anti-lipoxygenase activities of extracts from different parts of *Lavatera cretica* L. grown in Algarve (Portugal).(Original Article). **Fresenius Environmental Bulletin**, Freising, v. 11, n. 41, p. 48, 2015.

BIRCH, L. L.; DAVISON, K. K. Family environmental factors influencing the developing behavioral controls of food intake and childhood overweight. **Pediatric Clinics**, Philadelphia, v. 48, n. 4, p. 893-907, 2001.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Hortaliças não-convencionais**: (tradicionais). Brasília, 2010a. 54 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de hortaliças não-convencionais**. Brasília, 2010b. 92 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Guia alimentar para a população brasileira**. 2. ed. Brasília, 2014. 156 p.

BRENNA, O. V.; PAGLIARINI, E. Multivariate Analysis of Antioxidant Power and Polyphenolic Composition in Red Wines. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 49, n. 10, p. 4841-4844, 2001.

BUNKER, T. W. et al. Sink limitation induces the expression of multiple soybean vegetative lipoxygenase mRNAs while the endogenous jasmonic acid level remains low. **The Plant cell**, Rockville, v. 7, n. 8, p. 1319, 1995.

CALVIÑO, C. I.; MARTÍNEZ, S. G.; DOWNIE, S. R. The evolutionary history of *Eryngium* (Apiaceae, Saniculoideae): Rapid radiations, long distance dispersals, and hybridizations. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, Orlando, v. 46, n. 3, p. 1129-1150, 2008.

CAMPOS, F. M. et al. Estabilidade de compostos antioxidantes em hortaliças processadas: uma revisão. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 19, n. 4, p. 481, 2009.

CAMPOS, R. A. S. **Produtividade, compostos bioativos e atividade antioxidante em *Eryngium foetidum* L.** 2014. 58 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2014.

CARDOZO, E. et al. Composition of the essential oil from the leaves of *Eryngium foetidum* L. from the Venezuelan Andes. **Journal of Essential Oil Research**, Carol Stream, v. 16, n. 1, p. 33-34, Jan./Feb. 2004.

CAROCHO, M.; FERREIRA, I. C. F. R. A review on antioxidants, prooxidants and related controversy: Natural and synthetic compounds, screening and analysis methodologies and future perspectives. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v. 51, p. 15, 2013.

CAVALEIRO, C. et al. Composition of a volatile extract of *Eryngium duriaei* subsp. *juresianum* (M. Lainz) M. Lainz, signalised by the antifungal activity. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, Amsterdam, v. 54, n. 3, p. 619-622, Feb. 2011.

DIAS, M. I. M. F. **Caracterização química e molecular de amostras de *Coriandrum sativum* L. obtidas in vivo e in vitro.** 2011. 123 p. (Mestrado em Biotecnologia) - Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, 2011.

ERDEM, S. A. et al. Blessings in disguise: a review of phytochemical composition and antimicrobial activity of plants belonging to the genus *Eryngium*. **Daru : Journal of Faculty of Pharmacy**, Tehran, v. 23, p. 53, 2015.

FINI, A. et al. Stress-induced flavonoid biosynthesis and the antioxidant machinery of plants. **Plant Signaling and Behavior**, London, v. 6, n. 5, p. 709-711, 2011.

GARCIA-RUIZ, I. Contribution to the knowledge of the genus *Eryngium* (Apiaceae) in the state of Michoacan, Mexico. **Acta Botánica Mexicana**, México, v. 103, p. 65-118, 2013.

GOMES, R. F. et al. Production chicory Amazon cultivated under density planting and pruning of floral tassel. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 26, n. 3, p. 9-14, 2013.

HALLIWELL, B. Free radicals and antioxidants: updating a personal view. **Nutrition Reviews**, New York, v. 70, n. 5, p. 257-265, 2012.

KAUR, C.; KAPOOR, H. C. Antioxidants in fruits and vegetables – the millennium's health. **International Journal of Food Science & Technology**, Oxford, v. 36, n. 7, p. 703-725, 2001.

KINUPP, V. F.; BARROS, I. B. I. Teores de proteína e minerais de espécies nativas, potenciais hortaliças e frutas Protein and mineral contents of native species, potential vegetables, and fruits. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 4, p. 846-857, 2008.

KOLEVA, I. I. et al. Screening of plant extracts for antioxidant activity: a comparative study on three testing methods. **Phytochemical Analysis**, Sussex, v. 13, n. 1, p. 8-17, 2002.

KUPELI, E. et al. Comparative evaluation of the anti-inflammatory and antinociceptive activity of Turkish *Eryngium* species. **Journal of Ethnopharmacology**, Lausanne, v. 107, n. 1, p. 32-37, Aug. 2006.

MARTINS, M. B. G. et al. Caracterização anatômica e química da folha e do sistema radicular de *Hydrocotyle umbellata* (Apiaceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, São Paulo, v. 18, n. 3, p. 402-414, jul./set. 2008.

MEDEIROS, G. K. C. Q. **Estudo comparativo da influência da adubação química e orgânica nos parâmetros químicos do solo de cultivo das hortaliças jambu ( *Acmella oleracea* L.R.K. Jansen) e coentro (*Coriandrum sativum* L).** 2014. 36 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Centro de Ciências Naturais e Tecnologia, Universidade do Estado do Pará, Belém, 2014.

MEKHORA, C. et al. *Eryngium foetidum* Suppresses Inflammatory Mediators Produced by Macrophages. **Asian Pacific Journal of Cancer Prevention**, Bangkok, v. 13, n. 2, p. 653-664, 2012.

MELO, E. A. et al. Atividade Antioxidante de extratos de coentro (*Coriandrum sativum* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, p. 195-199, dez. 2003. Suppl.

MELO, E. A. et al. Capacidade antioxidante de hortaliças usualmente consumidas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 3, p. 639-644, jul./set. 2006.

MERCADO-GOMEZ, J. D.; JIMENEZ-BULLA, L. C.; SANCHEZ-MONTANO, L. R. Polen de las magnoliopsida en El Volcan (Pamplona, Colombia) I: familias Apiaceae, Asteraceae, Cunoniaceae, Ericaceae, Fabaceae y Gentianaceae. **Caldasia**, Bogotá, v. 33, n. 2, p. 619, 2011.

PAUL, J. H. A.; SEAFORTH, C. E.; TIKASINGH, T. *Eryngium foetidum* L.: a review. **Fitoterapia**, Milano, v. 82, n. 3, p. 302-308, 2011.

PIENIZ, S. et al. Avaliação in vitro do potencial antioxidante de frutas e hortaliças In vitro assessment of the antioxidant potential of fruits and vegetables. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 2, p. 552-559, 2009.

REIS, A.; NASCIMENTO, W. M. New apiaceous hosts of *Sclerotinia sclerotiorum* in the Cerrado region of Brazil. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 1, p. 122-124, 2011.

SALES, P. M. **Estudo biomonitorado do epicarpo do fruto de pouteria torta (mart.) Raldk por ensaio de atividade de inibição da alfa-amilase**. 2012. 165 p. Tese (Doutorado em em ciências da saúde) - Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2012.

SEDIYAMA, M. A. N.; SANTOS, I. C. d.; LIMA, P. C. D. Cultivo de hortaliças no sistema orgânico. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 61, p. 829-837, 2014. Suppl.

SHAHIDI, F. Antioxidants in food and food antioxidants. **Food Nahrung**, Berlin, v. 44, n. 3, p. 158-163, 2000.

SIMÃO, A. A. **Antioxidantes, clorofila e perfil de ácidos graxos em folhas de mandioca**. 2010. 86 p. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

SIMÕES, C. M. O. et al. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 6. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2007. 1104 p.

SINGH, B. K.; RAMAKRISHNA, Y.; NGACHAN, S. V. Spiny coriander (*Eryngium foetidum* L.): a commonly used, neglected spicing-culinary herb of Mizoram, India. **Genetic Resources and Crop Evolution**, Dordrecht, v. 61, n. 6, p. 1085-1090, 2014.

SINGH, S. et al. Determination of bioactives and antioxidant activity in *Eryngium foetidum* L.: a traditional culinary and medicinal herb. **Proceedings of the National Academy of Sciences India Section B - Biological Sciences**, Allahabad, v. 83, n. 3, p. 453-460, 2013.

SOARES, D. G.; ANDREAZZA, A. C.; SALVADOR, M. Avaliação de compostos com atividade antioxidante em células da levedura *Saccharomyces cerevisiae* Evaluation of compounds with antioxidant activity in *Saccharomyces cerevisiae* yeast cells. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, São Paulo, v. 41, n. 1, p. 95-100, 2005.

SOUZA, V. C. L. H. **Botânica sistemática**: guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2005. 640 p.

SUCUPIRA, N. R. et al. Métodos para determinação da atividade antioxidante de frutos. **UNOPAR Científica. Ciências Biológicas e da Saúde**, Londrina, v. 14, n. 4, p. 263-269, 2012.

TANGPHATSORNRUANG, S. et al. Isolation and characterization of an  $\alpha$ -amylase gene in cassava (*Manihot esculenta*). **Plant Physiology and Biochemistry**, Paris, v. 43, n. 9, p. 821-827, 2005.

TELICI, I.; BAYRAM, E.; AVCI, B. Changes in yields, essential oil and linalool contents of *Coriandrum sativum* varieties (var. *vulgare* Alef. and var. *microcarpum* DC.) harvested at different development stages. **European Journal of Horticultural Science**, Leuven, v. 71, n. 6, p. 267-271, Dec. 2006.

TELICI, I.; TONCER, O. G.; SAHBAZ, N. Yield, essential oil content and composition of *Coriandrum sativum* varieties (var. *vulgare* Alef and var. *microcarpum* DC.) grown in two different locations. **Journal of Essential Oil Research**, Carol Stream, v. 18, p. 189-193, Jan./Feb. 2006.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS. **Tabela brasileira de composição de alimentos**. 4. ed. Campinas, 2011. 161 p.

URAL, I. O. et al. In vivo Antimalarial activity of methanol and water extracts of *Eryngium thorifolium* Boiss (Apiaceae Family) against *P. berghei* in infected mice. **Tropical Journal of Pharmaceutical Research**, Benin, v. 13, n. 8, p. 1313-1317, Aug. 2014.

VAN STRIEN, T.; VAN DE LAAR, F. A. Intake of energy is best predicted by overeating tendency and consumption of fat is best predicted by dietary restraint: A 4-year follow-up of patients with newly diagnosed Type 2 diabetes. **Appetite**, London, v. 50, n. 2, p. 544-547, 2008.

VIANA, M. M. S. et al. Phytochemical composition and antioxidant potential of unconventional vegetables. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 4, p. 504-509, 2015.

WESLEY, C. et al. Estimativa indireta de teores de licopeno em frutos de genótipos de tomateiro via análise colorimétrica Indirect estimation of lycopene concentration in fruits of tomato genotypes via chromaticity values. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 3, p. 819-825, 2005.

ZHENG, W.; WANG, S. Y. Antioxidant Activity and Phenolic Compounds in Selected Herbs. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 49, n. 11, p. 5165-5170, 2001.

**SEGUNDA PARTE**

**ARTIGO 1**

**POTENCIAL ANTIOXIDANTE E INIBITÓRIO DE ENZIMAS  $\alpha$ -  
AMILASE E LIPOXIGENASE DE TRÊS ESPÉCIES DA FAMÍLIA  
APIACEAE**

## RESUMO

*Eryngium foetidum* L., *Eryngium cf. campestre* e *Coriandrum sativum* L. são hortaliças da família Apiaceae apreciadas devido ao seu sabor peculiar e consumidas, principalmente, no norte e nordeste do Brasil. Objetivou-se com este trabalho quantificar os teores de fenólicos, flavonoides e dihidroflavonoides totais por meio de espectrofotometria de absorbância molecular e também avaliar o potencial antioxidante através do teste Capacidade Antioxidante Total, sequestro de radicais DPPH e ABTS, Poder Redutor e Quelante. Também foi avaliado o potencial de inibição das enzimas  $\alpha$ -amilase e lipoxigenase dos extratos. Todas as espécies apresentaram teores significativos em fenólicos, flavonóides e dihidroflavonoides totais em sua composição. Os tratamentos apresentaram valores de IC<sub>50</sub> para as atividades antioxidantes, que variaram entre 1,53 a 7,96 mg/mL em *E. cf. campestre*, 0,60 a 6,50 mg/mL em folhas de *E. foetidum*, 0,95 a 2,20 em brácteas de *E. foetidum* e 1,32 a 4,05 mg/mL em folhas de *C. sativum*, somente as folhas de *E. cf. campestre*, *C. sativum* e brácteas de *E. foetidum* que não atingiram IC<sub>50</sub> nos ensaios de DPPH e brácteas de *E. foetidum* em ABTS. Todos os tratamentos apresentaram IC<sub>50</sub> na atividade de inibição da enzima lipoxigenase. Em  $\alpha$ -amilase somente as folhas de *E. cf. campestre* e *C. sativum* apresentaram IC<sub>50</sub>. Concluiu-se que os teores de compostos fenólicos totais encontrados nessas hortaliças, caracterizam-nas como possuidoras de elevado potencial antioxidante e de inibição da enzima lipoxigenase.

**Palavras-chave:** Atividade Antioxidante. Coentros. Apiaceae. Fenólicos. Hortaliças não convencionais. Lipoxigenase.  $\alpha$ -amilase.

## ABSTRACT

*Eryngium foetidum* L., *Eryngium cf. campestre* and *Coriandrum sativum* are Apiaceae family vegetable appreciated due to its peculiar flavor and consumed mainly in the north and northeast of Brazil. Aimed to this study quantify the total phenolic levels, flavonoids and dihydroflavonoides by spectrophotometry molecular absorption and also evaluate the antioxidant potential through the test Total Antioxidant Capacity (TAC), scavenging of radicals DPPH and ABTS, Power Reducing and Power Chelating. It was also evaluated in the extracts the inhibitor potential of  $\alpha$ -amylase and lipoxygenase enzymes. All species showed significant levels of total phenolics, flavonoids and dihydroflavonoides in its composition. The treatments had IC<sub>50</sub> values for antioxidant activity, ranging from 1.53 to 7.96 mg / mL in *E. cf. campestre*, 0.60 to 6.50 mg / mL in sheets *E. foetidum*, 0.95 to 2.20 of bracts *E. foetidum* and 1.32 to 4.05 mg / mL in leaves of *C. sativum*, only the leaves of *E. cf. campestre*, *C. sativum* and bracts of *E. foetidum* who have not reached the IC<sub>50</sub> at DPPH assay and bracts of *E. foetidum* in ABTS. All treatments had IC<sub>50</sub> inhibition activity of the enzyme lipoxygenase. In  $\alpha$ -amylase only the leaves of *E. cf. campestre* and *C. sativum* showed IC<sub>50</sub>. It was concluded that the levels of total phenolic compounds found in these vegetables, characterize them as having high antioxidant potential and inhibition of lipoxygenase enzyme.

**Keywords:** Antioxidant Activity. Coriander. Apiaceae. Phenolic. Unconventional vegetables. Lipoxygenase.  $\alpha$ -amylase.

## 1 INTRODUÇÃO

A ingestão adequada de determinadas hortaliças, segundo estudos, está associada à redução de doenças crônicas não transmissíveis. Esse efeito é atribuído, em parte, pela presença de vitaminas, proteínas, sais minerais, fibra alimentar e determinados compostos bioativos que conferem, principalmente, ação antioxidante contribuindo para melhorar a qualidade de vida das pessoas (CAMPOS et al., 2009; MELO et al., 2006).

Os alimentos com função antioxidante possuem a capacidade de inibir a oxidação de um substrato por meio da redução da concentração de radicais livres no organismo. Entre as substâncias que conferem aos alimentos essa ação antioxidante estão a vitamina E (tocoferol), vitamina C (ácido ascórbico), os carotenoides e os flavonoides. Este último está incluso na classe dos compostos fenólicos (PIENIZ et al., 2009).

Estudos apontam que as hortaliças, em especial as não-convencionais, possuem elevado potencial antioxidante, pois além das suas propriedades nutricionais e funcionais, possuem altos teores de minerais e compostos fenólicos. Devido a isto, seu consumo regular pode estar associado a benefícios à saúde humana (VIANA et al., 2015).

Além da atividade antioxidante, pesquisas na área de medicamentos tem focado seus estudos para desenvolver produtos que também inibam enzimas chave em processos metabólicos, apresentando uma atividade seletiva e com poucos efeitos indesejáveis. Dentre essas enzimas estão as amilases e as lipoxigenases que estão envolvidas em doenças como diabetes e inflamações. Com isso, estudos tem se voltado na busca de substâncias, preferencialmente naturais, que apresentem capacidade de inibição para serem usados na terapêutica (SALES, 2012).

Dentre as hortaliças, não-convencionais e convencionais, estão *Eryngium foetidum* L., *Eryngium cf. campestre* e *Coriandrum sativum* L. que são as plantas alvos deste estudo.

*Eryngium foetidum* (Apiaceae) é uma hortaliça bienal (PAUL; SEAFORTH; TIKASINGH, 2011) conhecida popularmente como Chicória do Pará e está incluída entre as principais hortaliças não convencionais cultivadas no Brasil (BRASIL, 2010). Medicinalmente é utilizada como sudorífico, antioxidante, diurético, febrífugo, estimulante, em resfriados e febre, para reduzir a pressão arterial, entre outros usos (BANOUT et al., 2010). *Eryngium cf. campestre* também é uma espécie hortícola da família Apiaceae, porém que se encontra sob investigação do Herbário EPAMIG para a confirmação da determinação de sua espécie.

*Coriandrum sativum* (Apiaceae) também conhecido como coentro, é uma hortaliça utilizada na culinária como tempero, principalmente nas regiões Norte e Nordeste do Brasil. Sua comercialização em conjunto com a cebolinha é conhecida como cheiro-verde (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2010). Como planta medicinal o coentro tem ação eletiva sobre o sistema nervoso autônomo e o aparelho digestivo. Seu uso como antisséptico, carminativo, estimulante, estomáquico e depurativo também é registrado (TELICI; TONCER; SAHBAZ, 2006).

Todavia, são necessários análises mais profundas que relatem a presença desses compostos bioativos nestas espécies, amplamente utilizadas como condimentos no Brasil.

Diante do exposto, objetivou-se verificar o potencial antioxidante e a capacidade de inibição das enzimas  $\alpha$ -amilase e lipoxigenase dos extratos das folhas de *Coriandrum sativum* L., *Eryngium foetidum* L., *Eryngium cf. campestre* e das brácteas de *E. foetidum* L. obtidos por diferentes métodos extrativos.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Material vegetal e preparação dos extratos

Amostras de folhas e brácteas de *Eryngium foetidum* e folhas de *Eryngium cf. campestre* e *Coriandrum sativum* foram coletadas no banco de germoplasma de hortaliças não-convencionais da Universidade Federal de Lavras (UFLA), localizada na horta experimental da instituição, no município de Lavras, MG, altitude média de 918 metros. Foram preparadas exsicatas de cada espécie e depositadas no herbário PAMG, da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), sob registro PAMG 57816, para *Coriandrum sativum*, PAMG 57810, para *Eryngium foetidum* e PAMG 57813, para *Eryngium cf. campestre* (cf. = a confirmar), ainda em processo de determinação pelo herbário (Anexo A).

Os extratos vegetais a 10% foram preparados por refluxo, turboextração aquosa e turboextração etanólica (70%) à partir dos materiais vegetais frescos. Por refluxo, as folhas frescas foram previamente trituradas, em seguida foram colocados no aparelho e mantida durante 30 minutos em fervura. Na turboextração etanólica 70% e aquosa (água destilada), as folhas frescas foram levemente rasuradas (1 cm aproximadamente) e submetidas a turboextração em aparelho Torraquec modelo MA102, sob banho de gelo, para evitar superaquecimento e triturados por 30 minutos, com pausas de um minuto a cada dez minutos de extração, após esse processamento as amostras foram filtradas à vácuo e posteriormente congeladas.

## 2.2 Determinação dos fenóis totais

Os compostos fenólicos totais (CFT) foram determinados pelo método colorimétrico utilizando o reagente Folin-Ciocalteu descrito por (SLINKARD; SINGLETON, 1977). As reações foram realizadas em placas de microtitulação, utilizando 20  $\mu\text{L}$  dos extratos, 125  $\mu\text{L}$  de Carbonato de Sódio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) e 100  $\mu\text{L}$  solução etanólica de Folin-Ciocalteu a 10% (v/v). Após estes procedimentos foi realizada a leitura em espectrofotômetro (Leitora de microplacas TECAN Infinity® M200 PRO) a 760 nm. Os testes foram realizados em triplicata e os resultados foram expressos em miligrama equivalentes em ácido gálico por g de peso fresco da amostra (mg EAG /g). A curva de calibração foi realizada com ácido gálico com oito pontos de concentração (1,5; 0,75; 0,375; 0,1875; 0,0937; 0,046875; 0,023438 e 0,011719  $\mu\text{g/mL}$ ).  $Y=1,9129x - 0,1654$ , em que y é a absorbância e x é a concentração;  $R^2 = 0,9801$ ).

## 2.3 Quantificação de flavonoides (flavonas e flavonóis totais)

A quantificação de flavonoides nos extratos foi determinado pelo método de Ahn et al. (2007). Foram utilizados 100  $\mu\text{L}$  de solução de cloreto de alumínio ( $\text{AlCl}_3$ ) a 10% (preparado com etanol 70%) e misturados em 100  $\mu\text{L}$  de cada extrato. Após 60 minutos no escuro e à temperatura ambiente, as absorbâncias das amostras foram lidas a 420 nm, contra um branco 100  $\mu\text{L}$  de solvente (água destilada referente ao de branco de amostras aquosas ou etanol 70% referente ao branco de amostras etanólicas) + 100  $\mu\text{L}$  solução de Cloreto de Alumínio ( $\text{AlCl}_3$ ). O conteúdo total de flavonoides foi determinado usando uma curva padrão de quercetina com oito pontos de concentrações (1; 0,5; 0,25;

0,125; 0,062; 0,0312; 0,0156 e 0,0078 µg/ml).  $Y=17,354x - 0,075$ , em que  $y$  é a absorbância e  $x$  é a concentração;  $R^2 = 0,9995$ ). O conteúdo total de flavonoides foi expresso como miligramas equivalentes de quercetina por grama de matéria fresca (mg EQ /g).

## **2.4 Quantificação dos dihidroflavonóides**

O conteúdo de dihidroflavonóides totais foi realizado de acordo com Popova et al. (2004). Foram misturadas 500 µL de solução metanólica de 2,4-dinitrofenilhidrazina (DNP) a 1% em 200 µL de extrato e aquecidas a 50°C por 50 minutos. Após arrefecimento à temperatura ambiente, foram adicionados 2 mL de hidróxido de potássio (KOH) 10% em metanol (v/v) à solução reagente (amostra+DNP). Logo após, 50 µL da solução reagente (amostra+DNP+KOH) foram diluídos em 500 µL de metanol e centrifugados a 3.000 rpm por 10 minutos. Um volume de 250 µL de cada amostra foi transferido para os poços da microplaca. As absorbâncias foram lidas a 486 nm, contra um branco [200 µL de solvente (água/ etanol 70%)+ 500 µL de DNP + 2.000 µL de KOH 1%]. O conteúdo total de dihidroflavonoides foi determinado utilizando curva padrão de naringenina com seis pontos de concentrações (3; 1,5; 0,75; 0,375; 0,1875 e 0,0937 µg/mL), o qual recebeu o mesmo tratamento que as amostras.  $Y=0,7118x - 0,0611$ , em que  $y$  é a absorbância e  $x$  é a concentração;  $R^2 = 0,9999$ ). Os resultados foram expressos em miligrama equivalentes em naringenina por g de matéria fresca (mg EN/g).

## **2.5 Atividades Antioxidantes**

### **2.5.1 Atividade de sequestro de radicais livres (DPPH)**

A atividade de sequestro de radicais livres por DPPH foi realizada de acordo com Brand-Williams, Cuvelier e Berset (1995). Nas microplacas de titulação foram adicionadas 50 µl das amostras em diferentes concentrações (100; 50; 25; 12,5; 6,25; 3,125 e 1,5625 mg/mL) com 270 µL de solução metanólica de 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH) 0,2 mM. Em seguida, as soluções foram colocadas no escuro sob temperatura ambiente por 60 minutos e as leituras espectrofotométricas realizadas a 517 nm. O BHT (3,5-di-tert-4-butilhidroxitolueno) foi utilizado como controle positivo, enquanto o metanol como controle negativo. A atividade de sequestro de radicais livres por DPPH foi expressa em porcentagem de inibição (50%), calculada pela fórmula:  $IC_{50}(\%) = (A_0 - A_1)/A_0$ , em que  $A_0$  é a absorbância do controle negativo e  $A_1$  a absorbância das amostras. A atividade de eliminação de radicais livres foi expressa em  $IC_{50}$  (mg/mL) em matéria fresca, equivalente à concentração de extrato com capacidade de inibir 50% dos radicais DPPH.

### **2.5.2 Determinação da atividade de eliminação de radicais livres (ABTS)**

A eliminação de radicais livres pelo ensaio de descoloração catiônica do radical ABTS foi realizada utilizando o método descrito por Ling et al. (2009) e Re et al. (1999) com ligeiras modificações. A solução de Ácido 2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico) ABTS ( $ABTS^{\bullet+}$ ) foi produzido pela adição de 0,0768g de sal de ABTS e 0,0132 g de persulfato de potássio em 20 mL de água destilada mantida em repouso à temperatura ambiente e no escuro por 16 h antes da utilização. A solução de  $ABTS^{\bullet+}$  foi diluída em etanol até alcançar a absorbância de  $0,7 \pm 0,02$  em 734 nm. O etanol foi utilizado como controle negativo, enquanto que o Trolox foi usado como controle positivo. Uma solução etanólica/aquosa de 30 µL das amostras sob diferentes concentrações (100; 50;

25; 12,5; 6,25; 3,125 e 1,5625 mg/mL) foi misturada com 270 µL de solução diluída de ABTS em microplaca de titulação. A solução reagiu por 6 minutos à temperatura ambiente e depois a absorbância foi medida a 734 nm. Absorbâncias baixas revelam atividades mais elevadas. A atividade de eliminação de *ABTS*<sup>•+</sup> foi calculada conforme segue (%) =  $[1 - (S - SB) / (C - CB)] * 100\%$  onde S, SB, C e CB são as absorbâncias da amostra, o branco amostra, o controle positivo e o controle negativo, respectivamente. A atividade de eliminação de radicais livres foi expressa em IC<sub>50</sub> (mg/mL) em matéria fresca, equivalente à concentração de extrato com capacidade de inibir 50% dos radicais ABTS.

### **2.5.3 Capacidade antioxidante total pelo método de redução do molibdato de amônio**

A capacidade antioxidante total foi estabelecida de acordo com o método de redução do molibdato de amônio descrito por Prieto, Pineda e Aguilar (1999). Para este ensaio foram utilizados 100 µL dos extratos misturados em 3 mL de solução reagente (fosfato de sódio, 28 mM, molibdato de amônio 4 mM e ácido sulfúrico 0,6 M). A solução reagiu por 90 minutos à temperatura de 95°C e logo após arrefecimento à temperatura ambiente, suas absorbâncias mensuradas a 695 nm. A análise foi realizada em triplicata e os resultados expressos em miligrama equivalentes em ácido ascórbico por g de peso fresco da amostra (mg EAG /g).

### **2.5.4 Determinação do poder redutor**

Para a determinação do poder redutor dos extratos de *Eryngium cf. campestre*, *Eryngium foetidum* e *Coriandrum sativum* foi utilizado o método de Oyaizu (1986). Em tubos de epperdonf de 1,5ml foram adicionados 50µL das amostras com 500µL de tampão fosfato de sódio 0,2M (pH 6,6) e 500µL de

solução aquosa de ferrocianeto de potássio a 1% (p/v) e misturados homogeneamente. A solução foi incubada por 20 minutos a 50°C. Logo após, foi adicionado 500 µL de solução aquosa de ácido tricloroacético a 10% (p/v) e centrifugados a 5.000 rpm por 10 minutos. O sobrenadante (500 µl) foi misturado a 0,5mL de água destilada e 100µL de solução aquosa de cloreto férrico a 0,1% (p/v). As absorbâncias foram medidas a 700 nm. O ensaio foi realizado em triplicata e o ácido ascórbico foi utilizado como controle positivo. Os resultados da análise do poder redutor foram expressos por meio de  $IC_{50}$  (mg/mL) em matéria fresca.

### **2.5.5 Determinação do poder quelante**

O grau de quelação dos íons de ferro II, nos extratos, foi avaliado seguindo a metodologia proposta por Miguel (2010). Em 100 µL dos extratos foram adicionados 30 µL de Cloreto tetra-hidratado de ferro II ( $FeCl_2 \cdot 4H_2O$ ) (2 mM). Logo após, acrescentaram-se 40 µL de ferrozina (5 mM). As soluções foram incubadas por 10 minutos a 25°C. A absorbância foram medidas a 562 nm. O percentual de inibição da formação do complexo ferrozina- $Fe_{2+}$  foi determinada de acordo com a seguinte fórmula:  $[(A_0 - A_1) / A_0 * 100]$ , onde  $A_0$  é a absorbância do complexo ferrozina- $Fe_{2+}$  e  $A_1$  a absorbância das amostras analisadas. Os resultados foram expressos como  $IC_{50}$  (mg/mL), correspondendo à concentração eficaz para a quelação de 50% de íons ferro de II. As análises foram realizadas em triplicata e EDTA foi utilizado como um controle positivo. Os resultados da análise do poder quelante foram expressos por meio de  $IC_{50}$  (mg/mL) em matéria fresca.

## 2.6 Atividade de inibição da enzima $\alpha$ -amilase

O ensaio de inibição da  $\alpha$ -amilase foi realizado de acordo com Xiao, Storms e Tsang (2006) com base no teste de amido-iodo. Em 50  $\mu$ L da amostra (das diluições 1/1 a 1/32) foram adicionados 50  $\mu$ L de solução aquosa da enzima a 0,01% e 50  $\mu$ L de tampão fosfato de sódio pH 6,9. Após espera de 10 minutos foram adicionados 50  $\mu$ L da solução aquosa de amido a 0,2%. Após mais 20 minutos foram adicionados 20  $\mu$ L de solução de HCL 0,1M e 100  $\mu$ L de solução aquosa de iodina. A solução de iodina foi feita adicionando 5 mM de I<sub>2</sub> e 10 mM de KI em qsp 100 mL de água. A leitura foi então realizada em 620 nm. A reação de controle representando 100% da atividade da enzima não continha qualquer quantidade dos extratos. A faseolamina (droga pulverizada contendo 1,15% de faseolamina (Gemini)) foi usada como controle positivo (padrão). A cor azul-escuro é indicativa da presença de amido; a cor amarela indica a ausência de amido, enquanto uma cor acastanhada indica amido parcialmente degradado na mistura da reação. Como a reação foi mínima aumentou-se a quantidade da amostra gradativamente até 500  $\mu$ L, aumentando-se também, proporcionalmente, as quantidades dos reagentes. A porcentagem de inibição da enzima foi calculada pela equação: (%) =  $(A_0 - A_1) / A_0 * 100$  em que A<sub>0</sub> é a absorbância do controle negativo e A<sub>1</sub> a absorbância das amostras. A atividade de inibição enzimática da  $\alpha$ -amilase foi expressa por meio de IC<sub>50</sub> (mg/mL) em matéria fresca.

## 2.7 Atividade de inibição da enzima lipoxigenases

O ensaio de inibição da lipoxigenase seguiu a metodologia descrita por Boulanouar *et al.* (2013). A porcentagem de inibição da atividade da enzima foi

calculada por comparação com o controle negativo:  $\% = [(A_0 - A_1) / A_0] \times 100$ , em que  $A_0$  é a absorbância da amostra em branco e  $A_1$  é a absorbância da amostra. Os resultados foram expressos pelos valores de  $IC_{50}$  (mg/mL) em matéria fresca. Todas as análises foram conduzidas em triplicata.

## 2.8 Análise estatística

Com a finalidade de investigar as variáveis referentes aos teores de compostos fenólicos e potencial antioxidante que melhor discriminassem as espécies, procedeu-se à seleção de variáveis utilizando a técnica multivariada de escalonamento multidimensional (EMD). Cada tratamento foi representado por uma coordenada, enquanto que os eixos representavam as variáveis analisadas. O uso desse procedimento consiste em comparar a matriz de distância euclidiana obtida com todas as variáveis. Para avaliar essa proximidade, utilizou-se a função STRESS, sendo o resultado desejado mais próximo de zero. As análises e a rotina computacional para o EMD foram implementadas por meio do sistema de análise estatística R Core Team. Para o teste de inibição da enzima  $\alpha$ -amilase, foi utilizada a técnica univariada de Tukey a 5% de significância. Todas as análises foram realizadas em triplicata e os resultados expressos em matéria fresca.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Teor de compostos fenólicos

Os teores de compostos fenólicos (fenóis totais, flavonoides e dihidroflavonóides) dos extratos de folhas das espécies *E. foetidum* L., *Eryngium*

*cf. campestre*, *C. sativum* e brácteas de *E. foetidum* estão representados na Tabela 1.

Os resultados dos teores de fenóis totais, flavonóides (flavonas e flavonóis totais) e dihidroflavonóides foram explorados estatisticamente pela técnica multivariada do escalonamento multidimensional (EMD) e exibidos nos espaços de representação, na Figura 1C, assim como a confirmação das variáveis usadas na construção dos biplots com eixos preditivos (Figura 1D).

Observando a Tabela 1 verificou-se que o teor de compostos bioativos em cada espécie variou conforme o método de extração utilizado. Considerando o teor de fenóis totais, as folhas de *E. foetidum*, no refluxo, se destacaram com os maiores valores, seguido de suas brácteas, usando como método extrator a turboextração etanólica 70% (Tabela 1). Em média *C. sativum* apresentou menor teor de fenólicos totais. Todavia as três espécies, sob o método de refluxo, apresentaram valores superiores ao extrato etanólico de outras hortaliças convencionais como cenoura (*Daucos carota*) ( $3,54 \pm 0,29$  mg EAG/g), couve (*Brassica oleracea*) ( $5,01 \pm 0,57$  mg EAG/g), repolho (*Brassica oleracea var. Capitata*) ( $5,27 \pm 1,08$  mg EAG/g), beterraba (*Beta vulgaris var. Conditiva*) ( $5,36 \pm 0,50$  mg EAG/g), rabanete (*Raphanus sativus*) ( $7,64 \pm 0,64$  mg EAG/g) e brócolis (*Brassica oleracea var. Italica*) ( $11,08 \pm 0,80$  mg EAG/g) (MELO; FARIA, 2014).

Comparando os resultados obtidos por estes autores, com os dados experimentais do atual trabalho, verificou-se que o teor de fenóis totais encontrados por tais estudiosos foi, na maioria dos casos, inferiores ao do presente estudo, inclusive o extrato hidroalcoólico foi superior ao obtido nos extratos etanólicos dos estudos citados acima.

Há muitas décadas vem sendo utilizada a extração de polifenóis por meio de solventes orgânicos na comunidade científica, entretanto existe uma grande preocupação com relação aos efeitos tóxicos que eles podem provocar e

sua viabilidade de aplicação na indústria, principalmente a farmacêutica. Diante desta realidade, ao longo dos anos os estudiosos de diversas áreas buscam identificar solventes de diferentes polaridades, que não apresentem riscos à saúde humana, além de garantir melhores rendimentos na extração de tais compostos (AGARWAL et al., 2012).

No que se refere ao teor de flavonoides as brácteas de *E. foetidum* e folhas de *C. sativum* apresentaram maiores teores (13,49 mg EQ/g e 13,08 mg EQ/g respectivamente). O primeiro foi obtido por extração por turboextração etanólica 70% e o segundo por refluxo. O mesmo comportamento foi observado para os dihidroflavonoides, onde todas as amostras apresentaram maiores valores para este bioativo quando utilizado a turboextração hidroalcoólica.

Por meio da análise multivariada de escalonamento multidimensional (EMD), no panorama da distribuição dos tratamentos, evidenciados pelas coordenadas e das variáveis, evidenciadas pelos eixos preditivos, certificou-se que as variáveis consideradas importantes e padrões na discriminação das espécies frente aos demais testes, foram os fenólicos totais, os flavonoides (flavonas e flavonóis totais) e a atividade antioxidante pelo sequestro do radical livre DPPH (Figura 1A), confirmadas pela minimização da função STRESS em relação ao número de iterações necessárias, na Figura 1B.

Tabela 1 Teores de compostos fenólicos presentes nas folhas de *E. foetidum*, *E. cf. campestre*, *C. sativum* e brácteas de *E. foetidum* submetidas ao processo de extração por refluxo, turboextração etanólica e turboextração aquosa. UFLA. Lavras, MG, 2015.

Tratamentos	Fenólicos		
	Fenóis Totais mg EAG/g	Flavonóides <sup>1</sup> mg EQ/g	Dihidroflavonoides mg EN/g
ESP_REF <sup>2</sup>	12,92 ± 0,01	8,30 ± 0,50	0,79 ± 0,12
ESP_TEA <sup>3</sup>	5,68 ± 0,05	4,96 ± 0,92	0,80 ± 0,05
ESP_TEHA <sup>4</sup>	11,35 ± 0,50	10,46 ± 0,40	5,87 ± 0,90
EFFB_REF	28,79 ± 0,70	6,07 ± 0,24	1,93 ± 0,47
EFFB_TEA	7,00 ± 0,15	3,20 ± 0,26	1,09 ± 0,07
EFFB_TEHA	13,06 ± 0,64	5,66 ± 0,11	3,05 ± 0,12
EFB_REF	15,44 ± 0,06	3,36 ± 0,05	0,63 ± 0,09
EFB_TEA	4,04 ± 0,60	1,82 ± 0,11	1,08 ± 0,09
EFB_TEHA	17,84 ± 0,15	13,49 ± 0,34	4,09 ± 0,02
CS_REF	15,15 ± 0,26	13,08 ± 0,68	2,04 ± 0,12
CS_TEA	6,61 ± 0,15	3,42 ± 0,22	0,69 ± 0,07
CS_TEHA	9,20 ± 0,37	8,04 ± 0,22	7,63 ± 0,28

<sup>1</sup> Flavonas e flavonóis totais. <sup>2</sup> REF = Extrato por refluxo. <sup>3</sup> TEA = Turboextração Aquosa. <sup>4</sup> TEHA = Turboextração hidroalcoólica. ESP = *Eryngium sp. ou Eryngium cf. campestre*; EFFB = *E. foetidum* folhas basais; EFB = *E. foetidum* brácteas e CS = *C. sativum*

Averiguando o comportamento dos tratamentos em relação às variáveis (Figura 1A), nota-se que eles distribuíram-se no espaço dimensional do gráfico, de acordo com o teor de cada elemento verificado nos extratos obtidos à partir das folhas e brácteas das espécies vegetais. Também pode-se observar que os tratamentos foram separados no espaço dimensional, conforme o método extrativo, independente da espécie analisada, evidenciando a dissimilaridade na ação de cada método extrativo nas diferentes espécies.

Por meio da Figura 1A observa-se que o tratamento EFFB\_REF manteve-se próximo aos maiores valores de acordo com o eixo que representa os fenólicos totais. Ainda analisando a Figura 1A nota-se a similaridade,

evidenciada pela nuvem de pontos, entre os tratamentos ESP\_TEA, CS\_TEA e EFB\_TEA, na quantificação de fenólicos totais (FEN) e principalmente, flavonoides (flavonas e flavonóis totais - FLAV). Quando inserida a variável dihidroflavonóides (DIH), na Figura 1C, percebe-se uma leve mudança no comportamento destes três tratamentos, realocando-os totalmente para o espaço entre as variáveis DIH e FLAV.

Ainda na figura 1A e C percebe-se, também, que a presença da variável dihidroflavonóides provocou o distanciamento do tratamento CS\_TEA do EFB\_TEA, demonstrando que grande parte dos flavonoides encontrados em CS\_TEA são dihidroflavonóides. Estes valores também podem ser confirmados por meio da Tabela 1.

Também na Figura 1A e C percebe-se um distanciamento entre os tratamentos EFB\_REF e EFB\_TEA. Tratando-se de folhas da mesma espécie, mesmo solvente (água), porém metodologia extrativa diferente, pode-se conjecturar que a água sob a influência da temperatura e pressão exercidas dentro do aparelho, foi possível uma maior lixiviação e consequente concentração destes compostos bioativos no extrato.

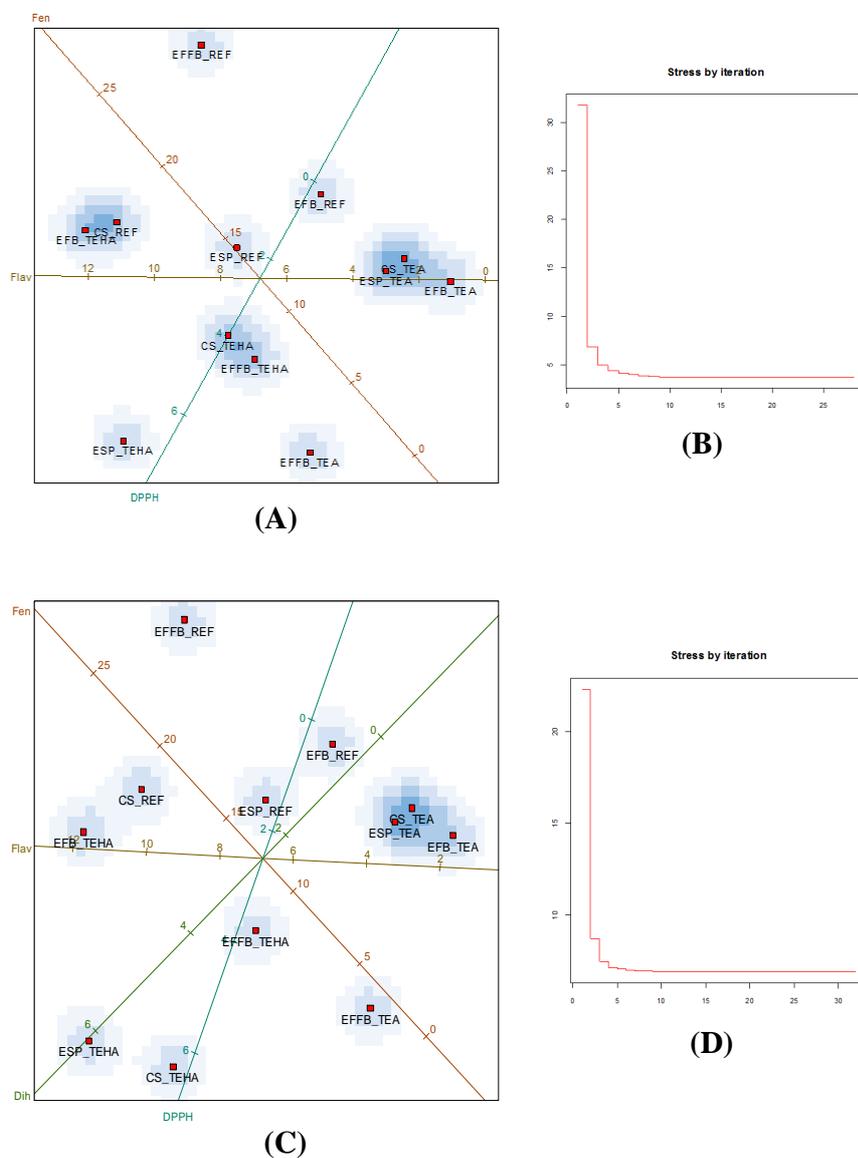


Figura 1 (A e C) Biplot com eixos preditivos considerando as variáveis fenólicas totais (FEN), flavonoides (FLAV), DPPH e dihidroflavonóides (DIH). Refluxo (REF), Turboextração aquosa (TEA) e hidroalcoólica (TEHA). Minimização da função STRESS em relação ao número de iterações necessárias para a confirmação da seleção das variáveis ilustradas nas Figuras A(B) e C(D).

### 3.2 Ação antioxidante em extratos de amostras frescas

Os resultados das atividades antioxidantes dos extratos aquoso e hidroalcoólico das folhas e brácteas de *E. foetidum* e folhas de *E. cf campestre* e *C. sativum* estão apresentados na Tabela 2, sendo que a maior capacidade de sequestro é representada pelos menores valores de IC<sub>50</sub> (mg/mL).

A exceção dos tratamentos CS\_TEA, ESP\_TEA e EFB\_TEA, todos os demais tratamentos apresentaram atividade de captura do radical DPPH• (Tabela 2). Comparando as espécies e os diferentes extratos ao controle positivo (BHT, IC<sub>50</sub>=0,18 mg/mL), as folhas de *E. foetidum* submetidas ao refluxo apresentaram o maior poder antioxidante (Tabela 2). Este extrato apresentou eficiência na captura de radicais livres DPPH e ABTS, exibida pelos menores valores de IC<sub>50</sub> 0,60 mg/mL e 0,48 mg/mL respectivamente.

Em contrapartida, o resultado menos expressivo foi encontrado nas folhas basais de *E. foetidum* quando utilizada a turboextração aquosa como extrator. Somente as brácteas desta espécie na Turboextração aquosa não apresentaram 50% de atividade (Tabela 2).

As folhas de *C. sativum*, apresentaram resultados bem diferentes em entre turboextração aquosa (IC<sub>50</sub>=2,43 mg/ml) e hidroalcoólica (IC<sub>50</sub>=2,69 mg/ml) do refluxo (IC<sub>50</sub>= 5,34mg/ml) (Tabela 2) revelando, contudo ação antioxidante em ambos. Melo et al. (2003) também encontrou ação antioxidante através de suas folhas, entretanto os compostos ativos não foram identificados.

Na Figura 1A, por meio do escalonamento multidimensional, percebe-se com clareza que para a variável DPPH houve uma nítida separação nas coordenadas referente aos extratos que utilizaram o REF daqueles com etanol 70% (TEHA), sendo os melhores resultados sempre voltados às espécies tratadas no sistema de refluxo.

Apesar de apresentarem teores de fenólicos totais semelhantes, o extrato ESP\_REF se distanciou dos extratos CS\_REF e EFB\_TEHA (Figura 1A) no espaço dimensional. Mesmo ESP\_REF apresentando apenas cerca de 22% de flavonoides, subclasse dos fenólicos totais, enquanto que os outros dois extratos apresentam mais de 50%, ainda assim ESP\_REF obteve melhores resultados no teste de DPPH. Isso pode ser explicado pelo fato de que os 78% de fenólicos totais restantes, aproximadamente, pertencerem a outras subclasses de compostos antioxidantes mais eficientes na captura deste radical livre.

A estrutura química do componente ativo do extrato, sua composição ou a combinação de diferentes componentes bioativos em um vegetal, são fatores relevantes que afetam a eficácia do antioxidante natural. O número de hidroxilas presentes e sua posição nas moléculas é um fator importante nesta atividade. Acredita-se que a orto-dihidroxilação contribui notadamente para a atividade antioxidante de um composto. Portanto, a atividade antioxidante não pode ser explicada apenas baseada em seu teor de fenólicos totais, torna-se necessária a caracterização da estrutura do composto ativo (HEINONEN; LEHTONEN; HOPIA, 1998; SHAHIDI; JANITHA; WANASUNDARA, 1992).

Na Figura 2A em comparação com o gráfico padrão (Figura 1A) nota-se que a inserção da variável ABTS influenciou a distribuição das coordenadas no espaço dimensional demonstrando uma similaridade entre os tratamentos ESP\_REF e EFB\_REF; EFFB\_TEHA e CS\_TEHA; CS\_TEA e ESP\_TEA, sempre agrupando-os de acordo o método extrativo e solvente, conforme apresenta a nuvem de pontos. Nota-se também que houve um distanciamento do tratamento EFB\_TEA do grupamento CS\_TEA/ ESP\_TEA uma vez que este tratamento não atingiu o  $IC_{50}$ . Em contrapartida a variável ABTS não influenciou significativamente a distribuição das demais coordenadas. *Eryngium foetidum* (no sistema de refluxo) se manteve estável no posicionamento espacial, apresentando também no teste de ABTS os melhores resultados, frente aos

demais tratamentos. Este fator pode ser explicado devido ao seu elevado teor de fenólicos totais que contrasta com o teor dos demais.

Os resultados da capacidade antioxidante total (CAT) dos extratos aquoso e hidroalcoólico das folhas e brácteas de *E. foetidum* e folhas de *E. cf campestre* e *C. sativum* estão apresentados na Tabela 2, sendo que a maior capacidade antioxidante é representada, também pelos maiores valores em mg/g.

No teste de capacidade antioxidante total, todos os tratamentos apresentaram resultados positivos, destacando os melhores resultados para as folhas de *Eryngium foetidum* (REF), seguidas das folhas de *C. sativum* (REF), brácteas de *E. foetidum* (TEHA) e folhas de *C. sativum* (TEHA), nessa mesma ordem (Tabela 2).

Os valores obtidos neste teste reforçam os resultados de DPPH e ABTS em relação ao teor de compostos fenólicos e flavonoides. A Figura 2C mostra que a variável fenólicos totais (FEN) foi responsável pela resposta positiva dos tratamentos. Observa-se que quanto maior a quantidade de fenólicos, melhores são os resultados encontrados em CAT.

Estudos apontam uma forte relação entre o desenvolvimento de algumas doenças com respostas negativas de CAT no organismo, como por exemplo, pacientes com diabetes melito (tipo 2), com ou sem proteinúria, tiveram valores séricos de CAT relevantemente menores que pacientes sem a doença (OPARA et al., 1999). Também foi notado em pacientes infantis, com diabetes melito (tipo 1) uma diminuição da CAT plasmáticas e do GSH e aumento da peroxidação lipídica. Isto se deve pelo fato da hiperglicemia induzir a redução da funcionalidade das células beta, uma vez que isto está atrelado a um acentuado estresse oxidativo (VARVAŘOVSKÁ et al., 2003). À medida que a doença progride, os níveis plasmáticos de CAT reduzem. Quando estes pacientes são diagnosticados com diabetes, suas defesas antioxidantes já estão prejudicadas,

sendo possível perceber um aumento ao dano no DNA. Pacientes diabéticos sem controle glicêmico apresentam baixos valores de CAT plasmática, ao contrário dos valores encontrados em pacientes cuja glicemia está controlada (MOLNÁR; DECSI; KOLETZKO, 2004; RYSZ et al., 2007).



Tabela 2 Atividade antioxidante em diferentes extratos de folhas de *Eryngium foetidum*, *E. cf. campestre* e *C. sativum* e brácteas de *E. foetidum* submetidas ao processo de extração por refluxo, turboextração etanólica e turboextração aquosa. UFLA. Lavras, 2015.

Tratamentos	DPPH <sup>1</sup> IC50 (mg/mL)	ABTS <sup>2</sup> IC50 (mg/mL)	Quelante IC50 (mg/mL)	Redutor (nm)	CAT <sup>3</sup> mgEAG/g
ESP_REF <sup>4</sup>	1,53 ± 0,04	1,23 ± 0,02	6,69 ± 0,26	1,17	6,87 ± 0,16
ESP_TEA <sup>5</sup>	ND	3,31 ± 0,04	39,17 ± 0,76	0,31	5,08 ± 0,07
ESP_TEHA <sup>6</sup>	7,96 ± 0,23	1,69 ± 0,05	15,07 ± 2,35	0,52	7,47 ± 0,03
EFFB_REF	0,60 ± 0,01	0,48 ± 0,01	2,50 ± 0,09	2,02	10,05 ± 0,03
EFFB_TEA	6,50 ± 0,13	7,22 ± 0,10	9,08 ± 2,42	0,39	5,49 ± 0,05
EFFB_TEHA	4,76 ± 0,06	1,91 ± 0,17	5,00 ± 0,85	0,82	7,43 ± 0,18
EFB_REF	0,95 ± 0,01	2,29 ± 0,20	7,57 ± 0,79	1,38	7,12 ± 0,22
EFB_TEA	ND	ND	13,34 ± 0,37	0,27	5,73 ± 0,06
EFB_TEHA	2,20 ± 0,07	1,99 ± 0,15	5,16 ± 0,21	1,17	8,54 ± 0,03
CS_REF	1,32 ± 0,02	5,34 ± 1,13	2,46 ± 0,77	0,99	8,89 ± 0,14
CS_TEA	ND	2,43 ± 0,10	7,30 ± 0,24	0,37	4,40 ± 0,12
CS_TEHA	4,05 ± 0,05	2,69 ± 0,11	2,42 ± 0,08	0,62	8,06 ± 0,21
CP <sup>7</sup>	0,18 ± 0,001	0,01 ± 0,001	0,02 ± 0,001	2,12	-

<sup>1,2,3</sup> Método de captura dos radicais livres DPPH e ABTS e Capacidade Antioxidante Total em IC50. <sup>4</sup> REF = Refluxo. <sup>5</sup> TEA = Turboextração aquosa. <sup>6</sup> TEHA = Turboextração hidroalcoólica. ESP = *Eryngium cf. campestre*; EFFB = *E. foetidum* folhas basais; EFB = *E. foetidum* brácteas e CS = *C. sativum*. <sup>7</sup> CP = Controle Positivo. ND = Não detectado.

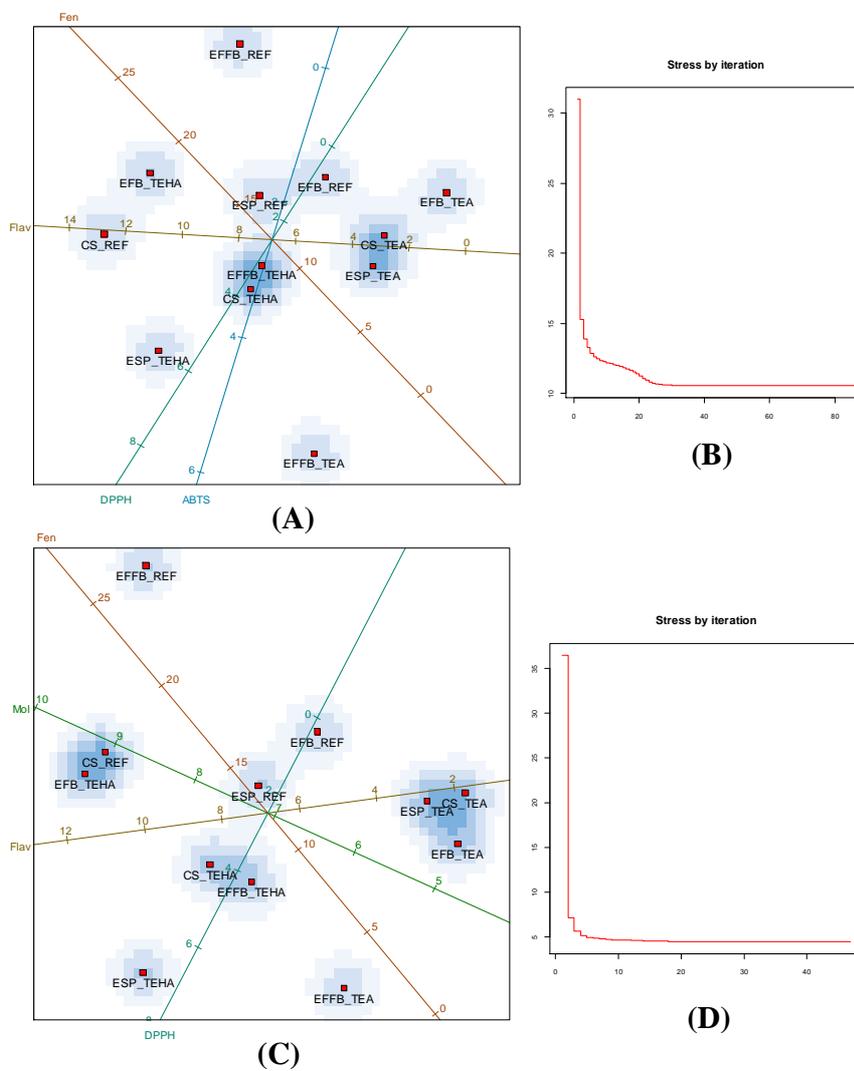


Figura 2 (A e C) Biplot com eixos preditivos considerando as variáveis fenólicas totais (FEN), flavonoides (FLAV), DPPH, ABTS e Capacidade antioxidante total (MOL) das folhas *E. foetidum* L. (EFFB), *E. cf. campestre* (ESP) e *C. sativum* (CS) e brácteas de *E. foetidum* (EFB). Refluxo (REF), turboextração aquosa (TEA) e hidroalcoólica (TEHA). Minimização da função STRESS em relação ao número de iterações necessárias para a confirmação da seleção das variáveis ilustradas nas Figuras A(B) e C(D).

### 3.3 Poder quelante e redutor

No teste de poder quelante foi analisada a capacidade dos extratos em reduzir  $\text{Fe}^{3+}$  a  $\text{Fe}^{2+}$  comparado com o EDTA (ácido etilenodiamino tetra-acético), de acordo com a metodologia de Oyaizu (1986). Na atividade quelante, a ferrozina é um agente cromogênico que torna a solução rosada de acordo com a quantidade disponível de ferro, sendo assim quanto menor a quelação de íons, tanto maior será a quantidade de íons disponíveis para reagir com a ferrozina e proporcionalmente, maior será a absorbância (MIGUEL, 2010). Através de uma reação chamada de Fenton, que ocorre na cadeia de transporte de elétrons, o  $\text{O}_2$  é transformado em superóxido pela adição de um elétron. Com a adição de mais elétrons e hidrogênio é formado o peróxido de hidrogênio que na presença de metais de transição dá origem ao hidroxil ( $\bullet\text{OH}$ ), que é um dos mais reativos radicais. Por este motivo tornou-se necessário analisar o potencial que os extratos tem de quelar metais de transição.

As folhas de *C. sativum* em REF e TEHA e as folhas basais de *E. foetidum* mostraram os melhores resultados, sendo eles semelhantes entre si. Ao analisar os métodos extrativos, mais uma vez constata-se que o tratamento térmico utilizando a técnica de refluxo apresentou melhores resultados, seguido da turboextração hidroalcoólica e menos expressivo em turboextração aquosa.

Mediante a nuvem de pontos na Figura 3A percebe-se que a variável quelante (QUEL) inserida no gráfico promoveu uma aproximação entre os tratamentos EFFB\_TEHA, CS\_TEHA, ESP\_REF, EFB\_REF, CS\_TEA e EFB\_TEA, separando-os dentro da nuvem conforme o método extrativo.

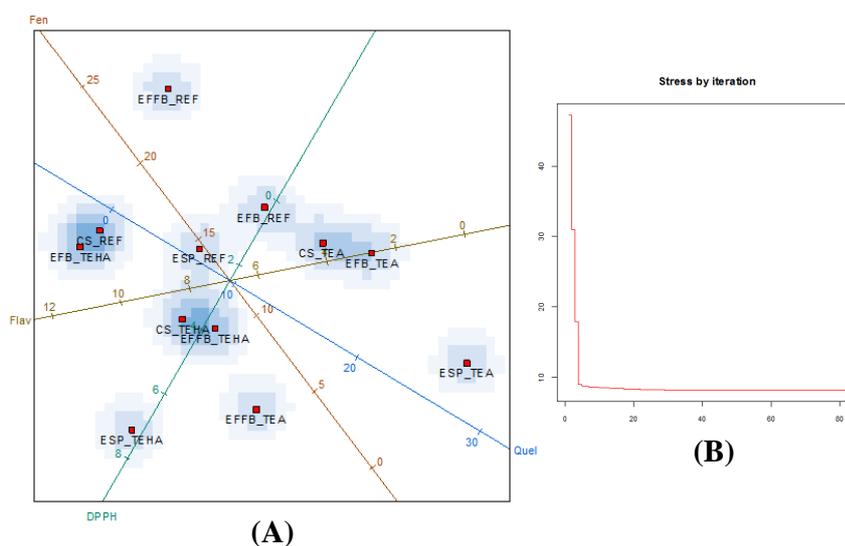


Figura 3 (A) Biplot com eixos preditivos considerando as variáveis fenólicos totais (FEN), flavonoides (FLAV), DPPH e poder quelante (QUEL) das folhas *E. foetidum* (EFFB), *E. cf. campestre* (ESP) e *C. sativum* (CS) e brácteas de *E. foetidum* (EFB), por meio da técnica de refluxo (REF), turboextração aquosa (TEA) e hidroalcoólica (TEHA); (B) Minimização da função STRESS em relação ao número de iterações necessárias para a confirmação da seleção das variáveis ilustradas na Figuras A.

Verificou-se ainda que o tratamento ESP\_TEA teve um comportamento diferenciado, afastando-se dos demais tratamentos, devido ao seu resultado de poder quelante ter sido muito inferior aos outros.

Mais uma vez nota-se que devido ao valor encontrado nas folhas de *E. foetidum* no teste de fenólicos totais, esta amostra manteve sua coordenada estável no gráfico, mesmo após a inserção de diversas outras variáveis, inclusive no poder quelante.

Oh et al. (2012) relataram que, geralmente, extratos aquosos extraem menos compostos fenólicos que os etanólicos. Mohsen e Ammar (2009) também citam que o metanol e o etanol são melhores extratores de compostos fenólicos

comparados a solventes menos polares e a água. Em contrapartida, Melo et al. (2003) apresentou em seu trabalho maior capacidade de extração de fenólicos através de extrato aquoso do que em extrato etanólico e etéreo para *Coriandrum sativum*.

Farnad, Heidari e Aslanipour (2014) ao analisar a atividade antioxidante em diferentes solventes para *M. piperita* notaram grande atividade para o etanol. Spagolla et al. (2009) também observaram uma relação positiva entre o aumento de polifenóis e flavonoides com a capacidade antioxidante total dos extratos alcoólicos de *Vaccinium ashei* contra a reação do molibdato em meio ácido.

A Figura 4 representa o comportamento dos extratos aquosos e hidroalcoólicos no teste de poder redutor. Os resultados foram expressos por meio das absorvâncias dos extratos e comparados com a absorvância do controle positivo.

Com um pico de absorvância de 2,02 nm as folhas de *E. foetidum* extraídas por meio do refluxo apresentaram resultado muito semelhante à da solução padrão de ácido ascórbico (Figura 4), utilizada na faixa de concentração de 3,6 a 3,8 mg/mL. Este resultado, provavelmente, está relacionado ao seu elevado teor de fenólicos totais, que tem conferido a este tratamento, excelentes resultados em todos os testes realizados neste estudo. Contudo, não foi determinado quais as substâncias presentes nessa classe de fenólicos que tem conferido tais resultados.

O menor pico de absorvância foi detectado nas brácteas de *E. foetidum* por meio da turboextração aquosa (Figura 4). Resultados muito semelhantes foram encontrados nas folhas de *E. cf. campestre*, *C. sativum* e *E. foetidum* quando extraídas por esta mesma técnica.

Resultados muito semelhantes entre si também foram encontrados entre as folhas de *E. cf. campestre*, *E. foetidum* e *C. sativum*, variando entre 0,52 a 0,82 nm quando submetidas a tratamento com etanol 70%.

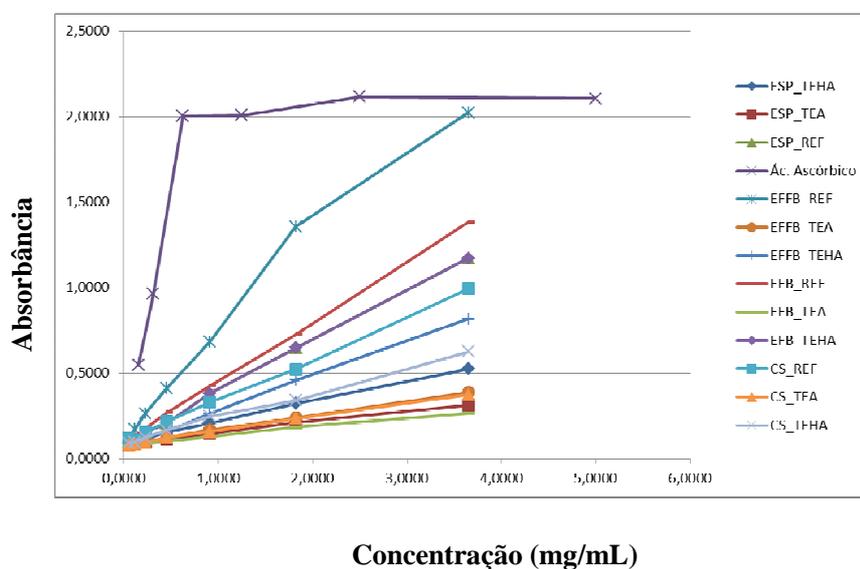


Gráfico 1 Determinação do poder redutor de amostras de folhas de *Eryngium cf. campestre* (ESP), *E. foetidum* (EFFB), *Coriandrum sativum* (CS) e brácteas de *E. foetidum* (EFB). Refluxo (REF), turboextração aquosa (TEA) e turboextração hidroalcoólica 70% (TEHA)

### 3.4 Atividade de inibição da enzima Lipoxigenase

O refluxo das folhas de *Coriandrum sativum* apresentaram resultados superiores aos demais extratos com relação à inibição da enzima lipoxigenase ( $IC_{50} = 0,91$  mg/mL), conforme apresenta a Tabela 3. Resultados semelhantes foram obtidos nos extratos das folhas de *E. cf. campestre* (TEHA) e nas brácteas de *E. foetidum* (REF e TEHA).

As lipoxigenases são isoenzimas que se encontram largamente distribuídas nas plantas, catalisando a adição do oxigênio molecular ao sistema cis, cis-1,4-pentadieno dos ácidos graxos polinsaturados, ocasionando os

hidroperóxidos de ácidos graxos correspondentes (TANGPHATSORNRUANG et al., 2005).

Tabela 3 Atividade inibitória da enzima lipoxigenase por diferentes extratos de folhas de *E. foetidum* L., *E. cf. campestre*, *C. sativum* e brácteas de *E. foetidum*. UFLA. Lavras, MG, 2015.

Tratamentos	Lipoxigenase IC <sub>50</sub>
ESP_REF <sup>1</sup>	3,42 ± 0,04
ESP_TEA <sup>2</sup>	3,10 ± 0,12
ESP_TEHA <sup>3</sup>	1,98 ± 0,20
EFFB_REF	3,54 ± 0,03
EFFB_TEA	4,19 ± 0,03
EFFB_TEHA	5,14 ± 0,06
EFB_REF	1,21 ± 0,06
EFB_TEA	5,31 ± 0,05
EFB_TEHA	1,02 ± 0,02
CS_REF	0,91 ± 0,01
CS_TEA	5,08 ± 0,19
CS_TEHA	4,28 ± 0,08
CP <sup>4</sup>	0,01 ± 0,004

<sup>1</sup> REF = Extrato por refluxo. <sup>2</sup> TEA = Extrato de turboextração aquosa. <sup>3</sup> TEHA = Extrato de turboextração hidroalcoólica. ESP = *Eryngium cf. campestre*; EFFB = *E. foetidum* folhas basais; EFB = *E. foetidum* brácteas e CS = *C. sativum*. <sup>4</sup>CP = Controle Positivo.

No corpo humano, durante períodos de estresse, ocorrem danos físicos às células, causando uma deterioração sequencial dos lipídios, por meio das lipoxigenases, formando hidroperóxidos de ácidos graxos. Estes são imediatamente metabolizados, gerando novos produtos que desempenham um papel chave no processo inflamatório. Devido a esses peróxidos, os extratos que

são capazes de inibir a enzima lipoxigenase também são considerados como antioxidantes, além de possuírem propriedades anti-inflamatórias (VAN STRIEN; VAN DE LAAR, 2008).

Por meio da Figura 4 nota-se que o tratamento EFFB\_REF apresentou altos teores de compostos fenólicos, que lhe conferiu resultados antioxidantes satisfatórios, entretanto, eles não foram suficientes para lhe atribuir melhores resultados para a inibição da lipoxigenase, não pela baixa quantidade de substâncias antioxidantes, mas pode-se conjecturar que a qualidade e o tipo das substâncias presentes não possuem ações impactantes sobre a inibição de tal enzima.

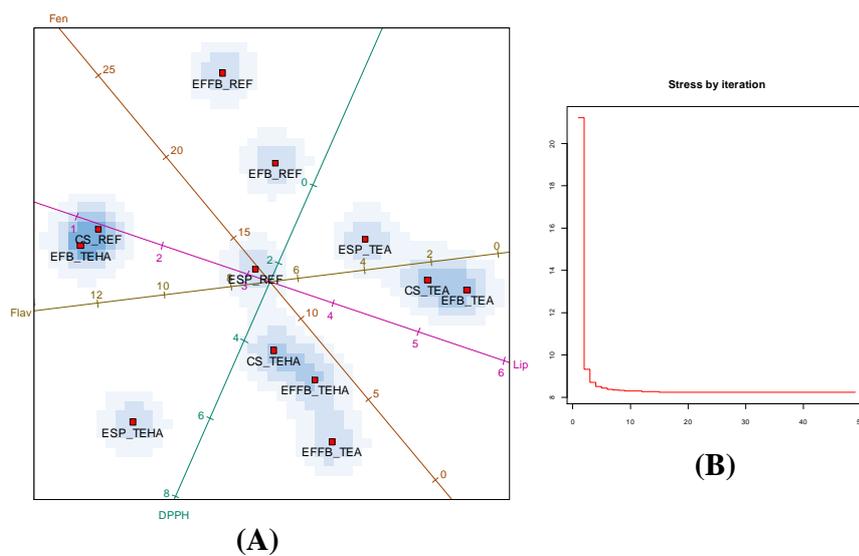


Figura 4 (A) Biplot com eixos preditivos considerando as variáveis fenólicos totais (FEN), flavonoides (FLAV), DPPH e inibição da enzima Lipoxigenase (LIP) das folhas *E. foetidum* L. (EFFB), *E. cf. campestre* (ESP) e *C. sativum* (CS) e brácteas de *E. foetidum* (EFB), por meio da técnica de refluxo (REF), turboextração aquosa (TEA) e hidroalcoólica (TEHA); (B) Minimização da função STRESS em relação ao número de iterações necessárias para a confirmação da seleção das variáveis ilustradas na Figuras A.

### 3.5 Atividade de inibição da enzima $\alpha$ -amilase

Apenas os extratos da turboextração hidroalcoólica das folhas de *Eryngium cf. campestre* e *Coriandrum sativum* apresentaram concentração inibitória da  $\alpha$ -amilase a 50%. Embora sejam espécies de gêneros diferentes, as duas não apresentaram diferenças significativas (Tabela 4).

Apesar dos extratos aquosos terem obtido porcentagem de inibição abaixo de 50%, Sales (2012) obteve em seus trabalhos melhores atividades para extratos aquosos em epicarpo de frutos de *Pouteria torta*, atingindo uma capacidade máxima inibitória de 88% ( $IC_{50} = 79 \mu\text{g/mL}$ ) em comparação com a atividade dos extratos etanólicos que obtiveram uma taxa inibitória de 64% ( $IC_{50} = 139,2 \mu\text{g/mL}$ ).

Tabela 4 Atividade de inibição da enzima  $\alpha$ -amilase por diferentes extratos de folhas de *E. cf. campestre* e *C. sativum*. UFLA. Lavras, MG, 2015. UFLA. Lavras, MG, 2015.

Tratamento	$\alpha$ -amilase ( $IC_{50}$ )*
ESP_TEHA	23,00 $\pm$ 2,6 a
CS_TEHA	20,00 $\pm$ 1,5 a
CP	0,0067 $\pm$ 0,00

TEHA = Extrato de turboextração hidroalcoólica. ESP = *Eryngium cf. campestre* e CS = *Coriandrum sativum*. CP = Controle Positivo - Faseolamina. \*Na coluna letras diferentes significam diferenças significativas pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

De acordo com as análises feitas por Dalar et al. (2014) para a inibição da enzima  $\alpha$ -amilase a partir de folhas de *Eryngium bornmuelleri*, pode-se concluir que a atividade inibidora do extrato etanólico e acetona foi duas vezes

maior que da água. Este resultado sugere que os flavonóis e/ou seus glicosídeos, em especial a rutina que se encontra predominantemente em extratos com etanol e acetona, assim como também os ácidos hidroxicinâmicos ou ácido clorogênico, foram os constituintes ativos para tal atividade.

Contudo, não se pode concluir quais componentes dentro da classe dos compostos fenólicos totais foram os responsáveis por tais atividade de inibição enzimática dos tratamentos ESP\_TEHA e CS\_TEHA. Todavia os testes apresentaram resultados positivos para estas duas espécies.

Por meio deste trabalho, foi observado que entre os coentros analisados, as folhas de *Eryngium foetidum* apresentaram melhores resultados para compostos fenólicos totais. *Coriandrum sativum* e *Eryngium cf. campestre* apresentaram melhores resultados na quantificação de flavonoides e dihidroflavonóides.

Nos testes de sequestro de radicais DPPH e ABTS, no poder redutor e na capacidade antioxidante total as folhas de *Eryngium foetidum* se destacaram, demonstrando seu elevado potencial antioxidante. No teste de poder quelante, todos os tratamentos apresentaram resultados positivos em IC<sub>50</sub>, destacando as folhas de *C. sativum* e *E. foetidum*.

Todos os tratamentos apresentaram IC<sub>50</sub> no teste de inibição da enzima lipoxigenase, indicando o potencial anti-inflamatório destas espécies. No teste de inibição da enzima  $\alpha$ -amilase somente as folhas de *C. sativum* e *E. cf. campestre* por meio de solvente etanólico (70%) foram capazes de atingir 50% de inibição.

O refluxo e a turboextração alcoólica exibiram maior capacidade extrativa de compostos fenólicos totais, entretanto não se pode afirmar que sejam estes os únicos responsáveis pela ação antioxidante dos extratos. Todavia para cada uma das espécies, dentro de cada análise, um método de extração seria preferível a fim de se obter melhor qualidade nas respostas antioxidantes.

Os resultados desse estudo apontam a eficácia da atividade antioxidante, anti-inflamatória e inibidor de  $\alpha$ -amilase *in vitro*, avaliada por diferentes mecanismos de ação e reforçam a importância medicinal dessas espécies e de seus extratos como fontes de compostos bioativos.

## CONCLUSÃO

Todas as amostras apresentaram resultados positivos na quantificação de fenólicos totais, flavonoides e dihidroflavonoides.

No teste de sequestro de radicais livres DPPH, com exceção de ESP\_TEA, EFB\_TEA e CS\_TEA, todas as demais amostras apresentaram atividade mínima de 50%. Em ABTS todas as três espécies da família Apiaceae atingiram 50% de atividade de captura deste radical, com exceção da amostra EFB\_TEA.

Nos testes de poder quelante, redutor, capacidade antioxidante total (CAT) e inibição da enzima lipoxigenases todas as amostras também apresentaram resultados positivos. Porém, no ensaio de inibição da enzima  $\alpha$ -amilase somente os tratamentos ESP\_TEHA e CS\_TEHA obtiveram 50% de atividade inibitória.

Agradecimentos: CAPES, CNPq e FAPEMIG.

## REFERÊNCIAS

AGARWAL, M. et al. Extraction of polyphenol, flavonoid from emblica officinalis, citrus limon, cucumis sativus and evaluation of their antioxidant activity. **Oriental Journal of Chemistry**, Bhopal, v. 28, n. 2, p. 993-998, 2012.

AHN, M. et al. Antioxidant activity and constituents of propolis collected in various areas of China. **Food Chemistry**, Barking, v. 101, n. 4, p. 1383-1392, 2007.

BANOUT, J. et al. Effect of solar drying on the composition of essential oil of sacha culantro (eryngium foetidum l.) grown in the peruvian amazon. **Journal of Food Process Engineering**, Westport, v. 33, n. 1, p. 83-103, 2010.

BOULANOUAR, B. et al. Antioxidant activities of eight Algerian plant extracts and two essential oils. **Industrial Crops and Products**, Philadelphia, v. 46, p. 85-96, 2013.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT - Food Science and Technology**, London, v. 28, n. 1, p. 25-30, 1995.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de hortaliças não-convencionais**. Brasília, 2010. 92 p.

CAMPOS, F. M. et al. Estabilidade de compostos antioxidantes em hortaliças processadas: uma revisão. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 19, n. 4, p. 481, 2009.

DALAR, A. et al. Phenolic composition, antioxidant and enzyme inhibitory activities of eryngium bornmuelleri leaf. **Plant Foods for Human Nutrition**, Dordrecht, v. 69, n. 1, p. 30-36, Mar. 2014.

FARNAD, N.; HEIDARI, R.; ASLANIPOUR, B. Phenolic composition and comparison of antioxidant activity of alcoholic extracts of Peppermint (Mentha piperita). **Journal of Food Measurement and Characterization**, Berlin, v. 8, n. 2, p. 113-121, 2014.

HEINONEN, M.; LEHTONEN, P. J.; HOPIA, A. Antioxidative activity of berry and fruit wines and liquor. **Journal of agricultural and food chemistry**, Washington, v. 48, n. 1, p. 25-31, 1998.

LING, L. T. et al. Standardised *Mangifera indica* extract is an ideal antioxidant. **Food Chemistry**, Barking, v. 113, n. 4, p. 1154-1159, Apr. 2009.

MELO, C. M. T.; FARIA, J. V. Composition, phenolic compounds and antioxidant activity in conventional not edible parts of six vegetables. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 1, p. 93-100, 2014.

MELO, E. A. et al. Atividade Antioxidante de extratos de coentro (*Coriandrum sativum* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, p. 195-199, dez. 2003.

MELO, E. A. et al. Capacidade antioxidante de hortaliças usualmente consumidas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 3, p. 639-644, jul./set. 2006.

MIGUEL, M. G. Antioxidant and anti-inflammatory activities of essential oils: a short review. **Molecules**, Basel, v. 15, n. 12, 2010.

MOHSEN, S. M.; AMMAR, A. S. M. Total phenolic contents and antioxidant activity of corn tassel extracts. **Food Chemistry**, Barking, v. 112, n. 3, p. 595-598, 2009.

MOLNÁR, D.; DECSI, T.; KOLETZKO, B. Reduced antioxidant status in obese children with multimetabolic syndrome. **International Journal of Obesity**, London, v. 28, n. 10, p. 1197, 2004.

OH, J. et al. Antioxidant and antimicrobial activities of various leafy herbal teas. **Food Control**, Vurrey, v. 31, n. 2, p. 403-409, 2012.

OPARA, E. C. et al. Depletion of total antioxidant capacity in type 2 diabetes. **Metabolism: clinical and experimental**, Baltimore, v. 48, n. 11, p. 1414, 1999.

OYAIZU, M. Studies on products of browning reaction antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. **The Japanese Journal of Nutrition and Dietetics**, Tokyo, v. 44, n. 6, p. 307-315, 1986.

PAUL, J. H. A.; SEAFORTH, C. E.; TIKASINGH, T. *Eryngium foetidum* L.: A review. **Fitoterapia**, Milano, v. 82, n. 3, p. 302-308, 2011.

PIENIZ, S. et al. Avaliação in vitro do potencial antioxidante de frutas e hortaliças. In vitro assessment of the antioxidant potential of fruits and vegetables. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 2, p. 552-559, 2009.

POPOVA, M. et al. Validated methods for the quantification of biologically active constituents of poplar-type propolis. **Phytochemical Analysis**, Sussex, v. 15, n. 4, p. 235-240, 2004.

PRIETO, P.; PINEDA, M.; AGUILAR, M. Spectrophotometric Quantitation of Antioxidant Capacity through the Formation of a Phosphomolybdenum Complex: Specific Application to the Determination of Vitamin E. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 269, n. 2, p. 337-341, 1999.

RE, R. et al. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, New York, v. 26, n. 9-10, p. 1231-1237, 1999.

RYSZ, J. et al. Evaluation of selected parameters of the antioxidative system in patients with type 2 diabetes in different periods of metabolic compensation. **Archivum Immunologiae et Therapiae Experimentalis**, Warsaw, v. 55, n. 5, p. 335-340, 2007.

SALES, P. M. **Estudo biomonitorado do epicarpo do fruto de pouteria torta (mart.) Raldk por ensaio de atividade de inibição da alfa-amilase**. 2012. 165 p. Tese (Doutorado em em ciências da saúde) - Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2012.

SHAHIDI, F.; JANITHA, P. K.; WANASUNDARA, P. D. Phenolic antioxidants. **CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Cleveland, v. 32, n. 1, p. 67-103, 1992.

SLINKARD, K.; SINGLETON, V. Total phenol analysis: automation and comparison with manual methods. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 28, n. 1, p. 49-55, Mar. 1977.

SPAGOLLA, L. C. et al. Extração alcoólica de fenólicos e flavonóides totais de mirtilo "Rabbiteye" (*Vaccinium ashey*) e sua atividade antioxidante. **Revista de**

**Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, Araraquara, v. 30, n. 2, p. 187-191, 2009.

TANGPHATSORNRUANG, S. et al. Isolation and characterization of an  $\alpha$ -amylase gene in cassava ( *Manihot esculenta*). **Plant Physiology and Biochemistry**, Paris, v. 43, n. 9, p. 821-827, 2005.

TELCI, I.; TONCER, O. G.; SAHBAZ, N. Yield, Essential Oil Content and Composition of *Coriandrum sativum* Varieties (var. *vulgare* Alef and var. *microcarpum* DC.) Grown in Two Different Locations. **Journal of Essential Oil Research**, Carol Stream, v. 18, p. 189-193, January/February 2006.

VAN STRIEN, T.; VAN DE LAAR, F. A. Intake of energy is best predicted by overeating tendency and consumption of fat is best predicted by dietary restraint: A 4-year follow-up of patients with newly diagnosed Type 2 diabetes. **Appetite**, London, v. 50, n. 2, p. 544-547, 2008.

VARVAŘOVSKÁ, J. et al. Parameters of oxidative stress in children with Type 1 diabetes mellitus and their relatives. **Journal of Diabetes and Its Complications**, New York, v. 17, n. 1, p. 7-10, 2003.

VIANA, M. M. S. et al. Phytochemical composition and antioxidant potential of unconventional vegetables. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 4, p. 504-509, 2015.

XIAO, Z.; STORMS, R.; TSANG, A. A quantitative starch-iodine method for measuring alpha-amylase and glucoamylase activities. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 351, n. 1, p. 146-148, 2006.

**ARTIGO 2**

**COMPOSIÇÃO MINERAL E CENTESIMAL DE ESPÉCIES DA  
FAMÍLIA APIACEAE**

## RESUMO

As hortaliças são fontes ricas em proteínas, vitaminas, fibras, minerais, fenólicos totais e outros bioativos fundamentais para uma saúde equilibrada. Apesar disso, muitas hortaliças estão caindo em desuso pela população, em substituição de alimentos industrializados. O resgate ao consumo dessas espécies é de grande importância, visando seus benefícios nutricionais. Avaliou-se a composição mineral e centesimal, visando conhecer o potencial nutricional de hortaliças da família Apiaceae, denominadas não-convencionais, *Eryngium foetidum* L., *Eryngium cf. campestre* e convencionais, *Coriandrum sativum* L. Na análise da composição centesimal *Coriandrum sativum* apresentou os maiores teores de proteínas. As folhas de *Eryngium foetidum* exibiram valores superiores às demais espécies em fibra alimentar, enquanto que *Eryngium cf. campestre* se destacou com resultados superiores em lipídios. Com relação aos minerais analisados, as folhas de *Eryngium cf. campestre* expressaram resultados superiores às demais em N, Ca, Mg, S e Cu. A quantidade de ferro destacou-se em folhas de *E. foetidum*, enquanto que P, K, Mn, Zn e B foram mais expressivos nas folhas de *C. sativum*. Concluiu-se que os teores de componentes proteicos e de minerais encontrados nessas hortaliças caracterizam-nas como espécies que podem ser utilizadas como fonte nutricional na preparação de outros alimentos.

**Palavras-chave:** Hortaliças. Minerais. Qualidade nutricional. Coentro.

### ABSTRACT

The vegetables are rich in protein, vitamins, fiber, minerals, total phenolic and other essential bioactives for a balanced health. Nevertheless, many vegetables are falling into disuse by the population, instead of processed foods. The rescue to consumption of these species is very important, aiming at their nutritional benefits. It was evaluate the mineral and centesimal composition, aiming to know the nutritional potential of Apiaceae family vegetables, called unconventional, *Eryngium foetidum* L., *Eryngium cf. campestre* and conventional, *Coriandrum sativum* L. At the analysis of the centesimal composition *Coriandrum sativum* presented the highest levels of protein. The leaves of *Eryngium foetidum* exhibited higher values than the other species in dietary fiber, while *Eryngium cf. campestre* detach with superior results in lipids. About the analyzed minerals, the leaves of *Eryngium cf. campestre* expressed results superior to the other in N, Ca, Mg, S and Cu. The amount of iron highlighted in sheets of *E. foetidum*, whereas P, K, Mn, Zn and B were most significant on leaves of *C. sativum*. It was concluded that the levels of protein components and minerals found in these vegetables characterize them as species that can be used as a nutritional source in the preparation of other food.

**Keywords:** Vegetables. Minerals. nutritional quality. Coriander.

## 1 INTRODUÇÃO

As hortaliças são plantas utilizadas na alimentação que, geralmente, fornecem nutrientes importantes à sobrevivência, desde vitaminas, carboidratos, fibras até proteínas, tornando-se necessárias para o consumo diário. Além das propriedades nutricionais e funcionais, os teores de minerais, e outros compostos, encontrados nas hortaliças, caracterizam essa “classe” de vegetais como possuidores de elevado potencial terapêutico e antioxidante. Em razão desse fato, é recomendado seu consumo regular em função das propriedades terapêuticas que estas conferem ao ser humano. (KINUPP; BARROS, 2008; VIANA et al., 2015).

O consumo de hortaliças, principalmente as não-convencionais, vem diminuindo com o passar dos anos, devido ao consumo exacerbado de produtos industrializados. Essas mudanças estão causando perdas nas características alimentares regionais. Estes alimentos, por sua vez, contribuem para o aumento de açúcar e gorduras no organismo, convergindo em diversas doenças (BRASIL, 2010; KINUPP; BARROS, 2008).

Visando a melhoria da saúde, qualidade de vida e uma dieta mais diversificada e mais saudável para as pessoas, tem aumentado o número de estudos e incentivos efetivos para o aproveitamento econômico, cultural e terapêutico de espécies de hortaliças negligenciadas, visando também a sua conservação e valorização (KINUPP; BARROS, 2008).

*Eryngium foetidum* L., popularmente conhecida como Chicória-do-Pará ou coentrão é uma hortaliça não-convencional da família Apiaceae, comumente utilizada nas regiões norte e nordeste do Brasil como condimento. Na medicina ela também é utilizada em casos de infertilidade, antioxidante, sudorífico, entre outros usos (BANOUT et al., 2010). *Eryngium cf. campestre* também é uma

espécie hortícola da família Apiaceae, porém que se encontra sob a investigação do Herbário EPAMIG para a confirmação da determinação de sua espécie.

*Coriandrum sativum* L., conhecida como coentro, é uma espécie da família Apiaceae, nativa do Mediterrâneo, também muito utilizada nas regiões norte e nordeste do Brasil, como tempero no preparo de carnes, caldos, entre outros (TELICI; TONCER; SAHBAZ, 2006).

Estudos apresentam relação entre o consumo de hortaliças e a proteção a vários tipos de doenças isquêmicas, câncer, diabetes e outros. Entretanto, são necessários estudos mais aprofundados, especialmente acerca do mecanismo de ação e toxicidade dessas espécies vegetais a fim de obter segurança total em seu uso, principalmente o doméstico (SOARES; ANDREAZZA; SALVADOR, 2005).

Diante do exposto objetivou-se analisar a composição centesimal e mineral das folhas de *Eryngium foetidum*, *Eryngium cf. campestre*, *Coriandrum sativum* e as brácteas de *Eryngium foetidum*.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Material vegetal

Para realização deste trabalho utilizou-se folhas frescas para a análise centesimal e de qualidade e folhas secas para a quantificação de minerais de *Eryngium foetidum*, *Coriandrum sativum*, *Eryngium cf. campestre* e brácteas de *Eryngium foetidum*, provenientes da coleção do banco de germoplasma de hortaliças não-convencionais da Universidade Federal de Lavras (UFLA), localizada na horta experimental da instituição, município de Lavras, MG, altitude média de 918 metros. Foram preparadas exsiccatas de cada espécie e depositadas no herbário PAMG, da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), sob registro PAMG 57816, para *Coriandrum sativum*, PAMG 57810, para *Eryngium foetidum* e PAMG 57813, para *Eryngium cf. campestre* (cf. = a confirmar), ainda em processo de determinação pelo herbário (Anexo A).

Em cada espécie, foram coletadas folhas frescas, na porção mediana de mais de uma planta, formando assim uma amostra composta. O conteúdo de cada amostra foi 100 g de folha fresca. Posteriormente as amostras foram conduzidas ao Laboratório de Pós-colheita de Frutas e Hortaliças e Química de Alimentos do Departamento de Ciência dos Alimentos da UFLA e ao Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Ciências do Solo da UFLA, onde foram avaliadas.

### 2.2 Composição centesimal

### **Umidade e Cor**

A umidade foi determinada pelo peso constante em estufa de 65 °C de acordo com Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2007). Os resultados foram expressos em porcentagem (%).

Para avaliar a coloração das folhas foi utilizado o colorímetro Minolta, modelo CR-400, no sistema da *Commission Internationale de Eclairage* (CIE, 1978), pesquisando as coordenadas L\*, a\* e b\*. A coordenada L\* mede a luminosidade ou claridade da amostra, variando entre o preto (0) e o branco (100). As coordenadas a\* e b\* definem a cromaticidade da amostra, uma vez que o a\* corresponde à variação de cor do vermelho ao verde e o b\* indica a variação de cor da amostra do azul ao amarelo. Os valores de a\* e b\* obtidos pela leitura das amostras foram empregados no cálculo da cromaticidade e da tonalidade, conforme recomendações de McGuire (1992).

### **Acidez total titulável e pH**

Na medição do pH foi empregado um pHmetroTecnal (Tec 3M) com eletrodo de vidro, conforme as recomendações da AOAC (2007). A acidez total titulável foi feita conforme AOAC (2005).

### **Sólidos solúveis totais**

Os sólidos solúveis totais foram determinados utilizando o refratômetro digital ATAGO PR-100, com compensação de temperatura, sendo os resultados expressos em porcentagem (%).

### **Proteínas, Fibra alimentar, Lipídios e cinzas**

A proteína bruta foi determinada conforme procedimento proposto pela AOAC (2005). Depois da digestão da amostra com a solução digestora (sulfato de cobre e sulfato de potássio) e ácido sulfúrico e posterior destilação, realizou-se à titulação com a solução de ácido clorídrico (0,02N). Os resultados foram expressos em g 100 g<sup>-1</sup> de matéria integral, empregando-se 6,25 como fator de conversão de nitrogênio em proteína.

Os teores de fibra alimentar e cinzas foram determinados de acordo com a metodologia da AOAC (2005).

Foi utilizado o método de extração contínua em aparelho Soxhlet, utilizando-se como solvente o éter etílico (AOAC, 2005). Os resultados obtidos foram expressos em porcentagem (%).

### **2.3 Análise de componentes minerais**

A análise dos minerais foi realizada de acordo com a metodologia de Malavolta, Vitti e Oliveira (1997)

### **2.4 Análise estatística**

Os testes foram realizados em 5 repetições com uma triplicata em cada. Para os resultados obtidos, observou-se o nível de significância do teste de F e foram realizados os testes das médias por meio do teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Para os resultados da análise de minerais também foram determinados via análise multivariada de componentes principais (ACP).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Composição centesimal

Os valores de pH (5,72 a 6,10) e acidez total titulável (0,15 a 0,26) foram semelhantes entre todas as espécies (Tabela 1). Com base nesses resultados pode-se dizer que as folhas de *E. foetidum*, *E. cf. campestre*, *C. sativum* e brácteas de *E. foetidum* apresentaram baixa acidez, sendo, portanto, suscetíveis a deterioração por bactérias. A acidez também indica a presença de ácidos orgânicos. Os alimentos podem ser classificados, de forma geral, de acordo com o seu pH, em baixa acidez (pH > 4,5), ácidos (pH de 4,00 a 4,50) e alta acidez (pH < 4,00) (SANTOS et al., 2008). De acordo com Cecchi (2003) os dados sobre a acidez dos vegetais são importantes para caracterizar os alimentos nos estudos de pós-colheita, devido à relação desta variável com a proliferação de microorganismos, que contribuem para a qualidade final do produto.

Com relação aos sólidos solúveis totais *E. campestres* e *C. sativum* não diferiram entre si, porém diferiram de *E. foetidum*. Estes valores variaram de 2,00 (*E. foetidum*) a 3,67% (*C. sativum*) (Tabela 1). Resultados similares foram encontrados por Viana et al. (2015) ao analisar as folhas de bertalha (*Basella rubra*), apresentando um valor de 3,14%.

Segundo Chitarra e Chitarra (2005) os sólidos solúveis são todas as substâncias quando se apresentam dissolvidas em um determinado solvente. Em relação aos alimentos, este solvente geralmente é água e as substâncias dissolvidas, em grande parte dos casos são os açúcares.

Os valores de umidade variaram de 82,26% em brácteas de *E. foetidum* a 83,78% em folhas de *E. cf. campestre* (Tabela 1). Estes resultados indicam que a água é o componente majoritário nas hortaliças, com uma variação de 80 a 95% de sua composição (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Conforme já era previsto, os valores de lipídios encontrados nas espécies foram baixos (Tabela 1), uma vez que hortaliças não são fontes ricas de óleo (PINTO et al., 2001). Os menores teores em lipídios foram encontrados nas folhas de *E. cf. campestre* (ESP). As folhas e brácteas de *E. foetidum* (EFFB e EFB, respectivamente) não apresentaram diferenças significativas entre si, todavia apontaram resultados aproximados aos teores de lipídios das folhas de *Coriandrum sativum* (CS). Chitarra e Chitarra (2005) relataram que frutas e hortaliças possuem baixos valores em lipídios, cerca de 1% com algumas exceções, como é o caso da azeitona e do abacate que chegam a ter de 15 a 20%. Os teores observados nas espécies dos gêneros *Eryngium* e *Coriandrum* foram superiores aos encontrados em algumas hortaliças segundo tabela da Universidade Estadual de Campinas -UNICAMP (2011), tais como alface crespa (0,2 %), almeirão (0,2 %), brócolis (0,3 %), espinafre (0,2 %) e couve manteiga (0,5 %).

Os teores de lipídios das folhas de *E. cf. campestre* (ESP) se equipararam com valores encontrados para couve manteiga (0,5 %), serralha (0,7 %), taioba e a batata inglesa, ambas com 0,9 % segundo a Tabela Brasileira de Composição de alimentos (UNICAMP, 2011).

O valor da proteína bruta variou entre as espécies, onde *C. sativum* apresentou 10,63% de proteína e *E. cf. campestre* 1,56%, ou seja 7 vezes menos proteínas do que o coentro. Segundo o Institute of Medicine (2002) os valores de ingestão diária de proteínas recomendado para homens na faixa de 19 a 30 anos é de 56 g/dia e para mulheres, nessa mesma faixa etária é de 46 g/dia. *Eryngium cf. campestre* (ESP) também apresentou o menor teor de cinzas enquanto que as demais espécies apresentaram entre 11,32 a 11,90% de cinzas. As espécies apresentaram valores aproximados em fibra alimentar, destacando o menor teor nas folhas de *C. sativum* e o maior teor em folhas de *Eryngium foetidum* (Tabela 1).

Tabela 1 Caracterização físico-química com seus respectivos desvios-padrão, avaliados nas folhas das hortaliças *Eryngium foeditum* (EFFB), *Eryngium cf. campestre* (ESP) e *Coriandrum sativum* (CS) e brácteas de *Eryngium foetidum* (EFB). UFLA. Lavras, MG, 2015.

Tratamento	pH	Sólidos Solúveis Totais (%)	Acidez total titulável	Umidade (%)	Lipídios (%)	Proteínas (%)	Cinzas (%)	Fibras totais (%)
ESP	5,72 ± 0,04b	3,00 ± 0a	0,21 ± 0a	83,78 ± 0,13a	0,52 ± 0,06c	1,56 ± 0,01c	1,80 ± 0,04b	18,97 ± 0,61c
EFFB	6,02 ± 0,02a	2,00 ± 0b	0,15 ± 0a	83,21 ± 0,27a	4,29 ± 0,11b	7,13 ± 0,02b	11,32 ± 0,06a	22,29 ± 0,45a
EFB	6,02 ± 0,03a	2,00 ± 0b	0,18 ± 0,01a	82,26 ± 0,45b	4,37 ± 0,04b	6,63 ± 0,43b	11,90 ± 0,40a	20,12 ± 0,29b
CS	6,10 ± 0,12a	3,67 ± 0,58a	0,26 ± 0,01a	83,25 ± 0,13a	5,42 ± 0,08a	10,63 ± 0,14a	11,59 ± 0,03a	17,32 ± 0,80d

Valores expressos como medias de três determinações ± desvio padrão por meio de estatística descritiva. /Resultados em base seca (composição centesimal) e em matéria integral (pH, SST e ATT). Análises realizadas a 25°C. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

A cor dos vegetais é devida a quatro principais grupos de pigmentos naturais. São eles os carotenoides, as clorofilas, as betalaínas e os flavonoides. Os carotenoides são amarelos, laranja ou vermelhos; as clorofilas são verdes; as betalaínas são vermelhas ou amarelas e as antocianinas são azuis ou vermelhas e constituem uma importante característica comercial (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Com relação à análise de cor, o componente acromático  $L^*$  (grau de brilho) mede a luminosidade ou a claridade das amostras, variando do preto (0) ao branco (100). As folhas de *E. foetidum* apresentaram valor de  $L^*$  inferior às demais amostras, sugerindo folhas mais escuras. Os resultados para as folhas de *E. cf. campestre*, *C. sativum* e brácteas de *E. foetidum* variaram entre 41,27 a 42,85 (Tabela 2). De acordo com Wesley et al. (2005) o valor de  $L^*$  decai, com o aparecimento da cor vermelha. Em alguns frutos, isso indica que à medida que eles amadurecem, gradualmente perdem o brilho devido à síntese de carotenoides e substituição da síntese de clorofilas.

Os componentes cromáticos  $a^*$  e  $b^*$  variam de -120 a +120. A coordenada  $a^*$  vai do verde (-a) ao vermelho (+a) e o  $b^*$  do azul (-b) ao amarelo (+b) (CHITARRA; CHITARRA, 2005). As folhas de *Eryngium cf. campestre* e *E. foetidum* não apresentaram diferenças significativas com relação ao valor de  $a^*$ . Em contrapartida as folhas de *E. foetidum* diferiram significativamente de suas brácteas. As folhas de *C. sativum* apresentaram valores intermediários referentes às demais espécies. Os resultados obtidos por todas as espécies em  $a^*$  indica a presença do verde em suas folhas. Para a coordenada  $b^*$  os valores variaram de 9,97 a 17,07 (Tabela 2) indicando a coloração amarelo nas folhas de todas as espécies. Os valores de Chroma expressam a saturação ou intensidade da cor. Para esta variável o menor valor foi encontrado nas folhas de *E. foetidum*, enquanto que o maior valor foi obtido nas folhas de *C. sativum*. O

ângulo de matiz (hue°) indica a cor observável e é definido como iniciando no eixo +a\*, em graus, em que 0° é +a\* (vermelho), 90° é +b\* (amarelo), 180° é -a\* (verde), e 270° é -b\* (azul) (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Quanto a Hue o menor e o maior valor foram encontrados em folhas de *C. sativum* e *E. foetidum*, respectivamente (Tabela 2).

### 3.2 Teor de minerais

A composição mineral das folhas de *E. foetidum*, *E. cf. campestre*, *C. sativum* e brácteas de *E. foetidum*, estão relacionados na Tabela 3.

Visando a discriminação das espécies quanto à composição mineral, utilizou-se a análise dos componentes principais (PCA). A porcentagem de variação amostral explicada pelos dois primeiros componentes foi aproximadamente 87,9% (Figura 1A e B) comprovando a eficiência desta técnica na discriminação dos tratamentos.

No biplot (Figura 1 A), observa-se que as espécies se agruparam distintamente considerando a composição mineral. Os tratamentos foram bem distribuídos em três quadrantes de acordo o comportamento das espécies (Figura 1A). No quadrante 1 encontram-se as folhas e brácteas de *E. foetidum*, que apesar de terem sido agrupadas separadamente dentro deste quadrante, ainda assim nota-se a proximidade de suas repetições quanto ao teor de minerais.

Na figura 1B observa-se que o ferro foi o elemento que mais contribuiu para a discriminação das brácteas de *E. foetidum*, em relação aos demais minerais. Apesar de não terem demonstrado resultados impactantes na discriminação, os elementos Zn, B, Mn e K são encontrados no quadrante 2 onde estão localizadas as folhas de *C. sativum*. Da mesma forma, os minerais Ca, S, N e Cu foram distribuídos no quadrante 3 onde encontram-se as folhas de *Eryngium cf. campestre*.

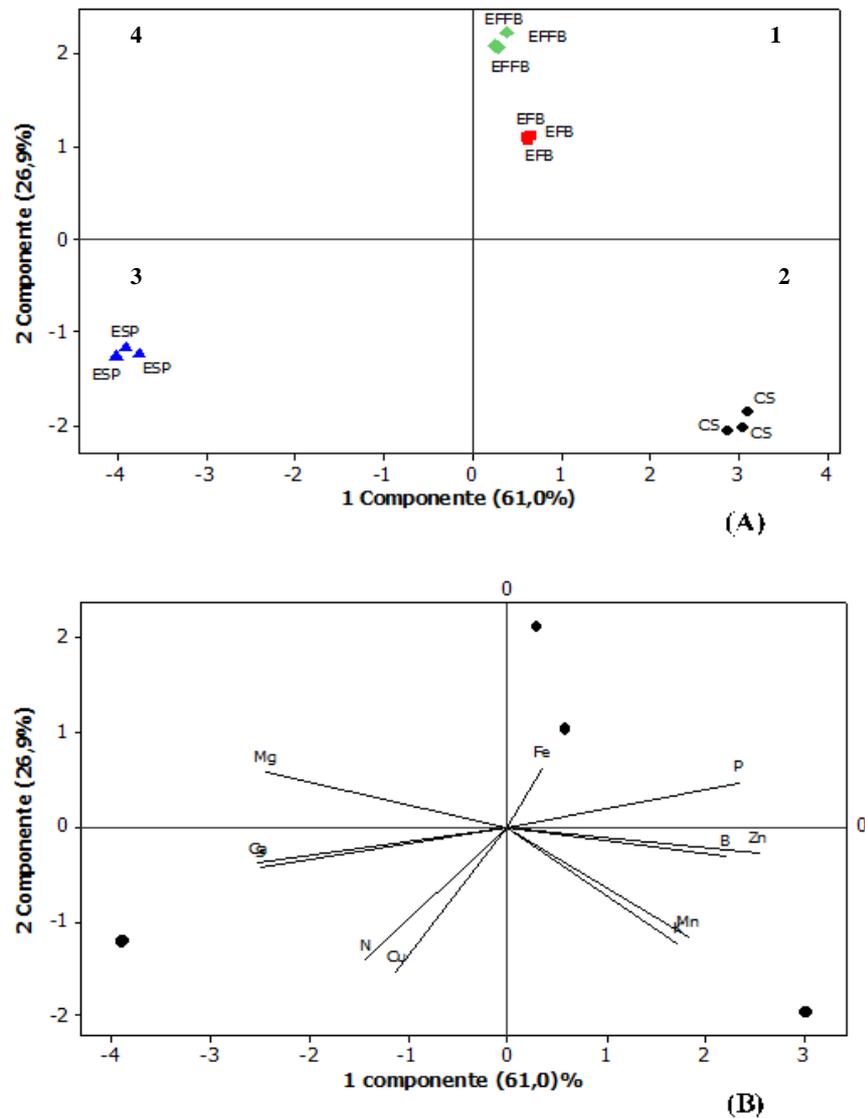


Figura 1 (A) Gráfico dos escores de componentes principais utilizados na discriminação dos tratamentos: *Eryngium foetidum* folhas (EFFB), *Eryngium foetidum* brácteas (EFB), *Eryngium cf. campestre* (ESP) e *Coriandrum sativum* (CS), conforme o teor mineral em folhas; (B) Biplot das variáveis conforme o teor mineral.

Tabela 2 Características de cor de folhas de *E. cf. campestre* (ESP), *E. foetidum* (EFFB), *C. sativum* (CS) e brácteas de *E. foetidum* (EFB). UFLA. Lavras, MG, 2015.

Tratamentos	L*	a*	b*	Chroma	Hue
<b>ESP</b>	42,85 ± 0,11a	-7,41 ± 0,25c	9,97 ± 0,54b	12,81 ± 0,13b	126,02 ± 0,95b
<b>EFFB</b>	35,63 ± 0,11b	-7,11 ± 0,14c	6,82 ± 0,19c	9,85 ± 0,03c	135,29 ± 0,25a
<b>EFB</b>	41,93 ± 0,91a	-14,04 ± 0,86a	16,57 ± 1,14a	20,69 ± 0,53a	127,93 ± 1,53c
<b>CS</b>	41,27 ± 0,45a	-11,58 ± 0,34 b	17,07 ± 1,83a	22,46 ± 1,48a	122,98 ± 1,42d

Valores expressos como medias de três determinações ± desvio padrão por meio de estatística descritiva. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Tabela 3 Composição mineral (em base seca) de *E. cf. campestre* (ESP), *E. foetidum* (EFFB) e *C. sativum* (CS) e brácteas de *E. foetidum* (EFB).UFLA. Lavras, MG, 2015.

Amostras	Macronutrientes (g/kg)						Micronutrientes (mg/kg)				
	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B
ESP	32,31	8,41	7,71	22,55	4,22	3,61	9,85	318,4	53,1	16,1	17,3
EFFB	19,53	14,54	6,99	13,25	3,75	1,66	5	412,8	52,8	48,2	21
EFB	20,12	12,04	6,96	12,49	3,5	1,37	5,56	277	55,6	48,1	31,5
CS	26,43	14,7	21,02	10,69	2,71	1,14	8,33	339,4	189,9	80,5	33

Todos os resultados foram conduzidos em triplicata e os resultados expressos em matéria seca.

A identificação das variáveis que contribuíram para essa discriminação é dada por meio do biplot (Figura 1B), na qual, os vetores localizados no mesmo quadrante em relação aos pontos, representando os tratamentos. Analisando o teor de ferro nas amostras, atenta-se para a importância da manutenção deste mineral nas espécies, uma vez que este tem sido uma das maiores carências nutricionais encontradas atualmente na população, sendo este fator o causador de doenças, como por exemplo, a anemia. Ainda hoje, mesmo a par de tantas informações acerca dos males causados por esta deficiência, a ingestão do ferro na alimentação encontra-se na faixa limítrofe pela população, em relação às recomendações dos órgãos competentes à saúde (COZZOLINO, 2012).

De acordo com Franco (2004), recomenda-se uma ingestão de 10 mg de ferro por dia para homens e 15 mg para mulheres. Ao comparar estes valores com as quantidades encontradas nas hortaliças estudadas percebe-se que essas hortaliças podem contribuir com a nutrição humana, se consumidas diariamente.

Os valores de macronutrientes entre as espécies variaram de 1,14 a 32,31 g/kg. As folhas de *Erygium foetidum* revelaram valores superiores em N, P, Ca quando comparadas a outras hortaliças não-convencionais, como por exemplo, a bertalha (*Basella rubra*) que contém em N (8,3 mg/g); P (3,6mg/g); Ca (10,5 mg/g) em sua composição (VIANA et al., 2015).

Os valores de fósforo não tiveram grandes variações entre as folhas e brácteas de *E. foetidum* e folhas de *C. sativum*, variando entre 12,4 a 14,7 g/kg. Os teores de K, Mn e Zn se destacaram nas folhas de *C. sativum*. Em B os valores foram semelhantes entre folhas de *E. cf. campestre* (ESP) e *E. foetidum* (EFFB) e entre as brácteas de *E. foetidum* e folhas de *C. sativum*.

Com base nesses dados as hortaliças convencionais (*Coriandrum sativum*) e as não-convencionais (*Eryngium foetidum* e *E. cf. campestre*) revelaram teores significativos em minerais e em sua composição centesimal,

podendo ser utilizadas como fonte de alimento/condimento, sobretudo em populações de menor poder aquisitivo. Entretanto, ainda há necessidade de realizar mais estudos acerca destes vegetais.

As três espécies da família Apiaceae analisadas apresentaram teores de proteínas, fibra alimentar e minerais capazes de lhes conferir potencial nutricional, podendo seu uso ser recomendado na alimentação.

As folhas de *Eryngium foetidum*, *Eryngium cf. campestre*, *Coriandrum sativum* e brácteas de *E. foetidum* foram bem discriminadas conforme seu conteúdo mineral, entretanto nenhum dos componentes minerais foi impactante em nenhuma das espécies.

## CONCLUSÃO

As três espécies estudadas apresentaram resultados semelhantes com relação à composição centesimal.

No que diz respeito a constituição mineral *E. cf. campestre* apresentou valores superiores para N, Ca, Mg, S e Cu. *Coriandrum sativum* apresentou valores elevados de ferro, manganês e zinco comparativamente às outras duas espécies.

As folhas e brácteas de *E. foetidum* revelaram resultados semelhantes entre todos os macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e alguns micronutrientes, como Cu, Mn e Zn. Para Ferro as folhas desta mesma espécie se destacaram com valores superiores às demais plantas.

Agradecimentos: CAPES, CNPq e FAPEMIG.

**REFERÊNCIAS**

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of Association of Official Agricultural Chemists**. 17<sup>th</sup>. Washington, 2005. 1410 p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the AOAC International**. 18<sup>th</sup>. Arlington, 2007.

BANOUT, J. et al. Effect of solar drying on the composition of essential oil of sacha culantro (*eryngium foetidum* l.) grown in the peruvian amazon. **Journal of Food Process Engineering**, Westport, v. 33, n. 1, p. 83-103, 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de hortaliças não-convencionais**. Brasília, 2010. 92 p.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análises de alimentos**. 2. ed. Campinas: Unicamp, 2003.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: Ufla, 2005. 785 p.

COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. 4. ed. Barueri: Manole, 2012.

FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos**. São Paulo: Instituto Florestal, 2004.

INSTITUTE OF MEDICINE. **Dietary reference intakes for energy, carbohydrate: fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein and amino acids: applications in dietary planning**. Whashington: National Academy, 2002. Disponível em: <<http://www.nap.edu>>. Acesso em: 15 fev. 2016.

KINUPP, V. F.; BARROS, I. B. I. Teores de proteína e minerais de espécies nativas, potenciais hortaliças e frutas Protein and mineral contents of native species, potential vegetables, and fruits. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 4, p. 846-857, 2008.

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

MCGUIRE, R. G. Reporting of objective color measurements. **Hortscience**, Alexandria, v. 27, n. 12, p. 1254-1255, 1992.

PINTO, N. A. V. D. et al. Variabilidade da composição centesimal, vitamina C, ferro e cálcio de partes da folha de taioba. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 7, p. 205-208, 2001.

SANTOS, G. M. D. et al. Correlação entre atividade antioxidante e compostos bioativos de polpas comerciais de açaí (*Euterpe oleracea* Mart). **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, Caracas, v. 58, n. 2, p. 187-192, 2008.

SOARES, D. G.; ANDREAZZA, A. C.; SALVADOR, M. Avaliação de compostos com atividade antioxidante em células da levedura *Saccharomyces cerevisiae* Evaluation of compounds with antioxidant activity in *Saccharomyces cerevisiae* yeast cells. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, São Paulo, v. 41, n. 1, p. 95-100, 2005.

TELICI, I.; TONCER, O. G.; SAHBAZ, N. Yield, Essential Oil Content and Composition of *Coriandrum sativum* Varieties (var. *vulgare* Alef and var. *microcarpum* DC.) Grown in Two Different Locations. **Journal of Essential Oil Research**, Carol Stream, v. 18, p. 189-193, Jan./Feb. 2006.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS. **Tabela brasileira de composição de alimentos**. 4. ed. Campinas, 2011. 161 p.

VIANA, M. M. S. et al. Phytochemical composition and antioxidant potential of unconventional vegetables. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 4, p. 504-509, 2015.

WESLEY, C. et al. Estimativa indireta de teores de licopeno em frutos de genótipos de tomateiro via análise colorimétrica Indirect estimation of lycopene concentration in fruits of tomato genotypes via chromaticity values. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 3, p. 819-825, 2005.

## ANEXO A



EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS



Avenida José Cândido da Silveira, 1647, Bairro União - Belo Horizonte - Minas Gerais - Brasil  
 CEP 31.170-495 - Fone: 31 3489-5069 - Fax: 31 34895064  
 E-mail: herbario@epamig.br ou andreiasilva@epamig.br

## DECLARAÇÃO

Declaro que Krisnanda Kelly Castro de Souza, estudante do curso de Mestrado em Plantas Medicinais, Aromáticas e Condimentares, da Universidade Federal de Lavras (UFLA) depositou no Herbário PAMG, da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), vouchers (exemplares-testemunho) das espécies listadas abaixo.

Nome Científico	Família	Registro
<i>Coriandrum sativum</i> L.	Apiaceae	PAMG 57816 (1 duplicata)
<i>Coriandrum sativum</i> L.	Apiaceae	PAMG 57817 (2 duplicatas)
<i>Eryngium foetidum</i> L.	Apiaceae	PAMG 57810
<i>Eryngium foetidum</i> L.	Apiaceae	PAMG 57811
<i>Eryngium foetidum</i> L.	Apiaceae	PAMG 57812
<i>Eryngium cf. campestre</i> L.	Apiaceae	PAMG 57813
<i>Eryngium cf. campestre</i> L.	Apiaceae	PAMG 57814
<i>Eryngium cf. campestre</i> L.	Apiaceae	PAMG 57815

  
 Andréia Fonseca Silva  
 967.639.106-72

Pesquisadora da EPAMIG, Curadora do Herbário PAMG  
 Herbário PAMG - Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG)  
 Instituição Fiel Depositária, conforme Deliberação Nº 45, de 18 de Dezembro de 2003