



1  
2 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ALIMENTOS E NUTRIÇÃO - PPGAN  
3 CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE - CCBS  
4 UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO - UNIRIO  
5  
6  
7

8 **LEONARDO MAX EVANGELISTA**  
9

10  
11  
12  
13 **Avaliação da composição química e da capacidade antioxidante**  
14 **de óleos essenciais isolados de amostras comercializadas no Rio**  
15 **de Janeiro sob a designação de erva doce**  
16

17 Evaluation of the chemical composition and antioxidant capacity of essential oils  
18 isolated from samples sold in Rio de Janeiro under the name of aniseed  
19  
20  
21  
22  
23  
24

25  
26 RIO DE JANEIRO  
27 2024  
28

29

30

LEONARDO MAX EVANGELISTA

31

32

33

34        **Avaliação da composição química e da capacidade**  
35        **antioxidante de óleos essenciais isolados de amostras**  
36        **comercializadas no Rio de Janeiro sob a designação**  
37        **de erva doce**

38

39

40        **Evaluation of the chemical composition and antioxidant capacity of**  
41        **essential oils isolated from samples sold in Rio de Janeiro under the**  
42        **name of aniseed**

43

44

45

46

Dissertação de Mestrado apresentada ao  
Programa de Pós-Graduação em  
Alimentos e Nutrição, da Universidade  
Federal do Estado do Rio de Janeiro,  
como requisito parcial para obtenção do  
título de Mestre em Alimentos e Nutrição.

47

48

49

50

51

52

53

54

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Felipe Alves Moreira

55

Coorientadora: Profa. Dra. Cristiane Barbosa Rocha

56

57

58

RIO DE JANEIRO

59

2024

60

61  
62  
63  
64  
65

E92 Evangelista, Leonardo Max  
Avaliação da composição química e da capacidade antioxidante de óleos essenciais isolados de amostras comercializadas no Rio de Janeiro sob a designação de erva doce / Leonardo Max Evangelista. -- Rio de Janeiro : UNIRIO, 2024.  
1

Orientador: Ricardo Felipe Alves Moreira.  
Coorientadora: Cristiane Barbosa Rocha.  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição, 2024.

1. Pimpinella anisum L.. 2. Foeniculum vulgare Mill..  
3. erva doce. I. Moreira, Ricardo Felipe Alves , orient.  
II. Rocha, Cristiane Barbosa, coorient. III. Título.

66  
67  
68  
69  
70  
71

LEONARDO MAX EVANGELISTA

**Avaliação da composição química e da capacidade antioxidante de óleos essenciais isolados de amostras comercializadas no Rio de Janeiro sob a designação de erva doce**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Alimentos e Nutrição.


Data de Aprovação: 09/09/2024

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente  
 RICARDO FELIPE ALVES MOREIRA  
Data: 22/09/2024 10:57:16 -0300  
Verifique em <https://validar.it.gov.br>


---

Prof. Dr. Ricardo Felipe Alves Moreira (orientador/presidente da banca)  
(PPGAN / UNIRIO)

Documento assinado digitalmente  
 FERNANDA KAMP  
Data: 22/09/2024 20:31:39 -0300  
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

---

Profa. Dra. Fernanda Kamp (1ª examinadora)  
(IFRJ)

Documento assinado digitalmente  
 CRISTINA YOSHIE TAKEITI  
Data: 23/09/2024 11:51:12 -0300  
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

---

Profa. Dra. Cristina Yoshie Takeiti (2ª examinadora)  
(Embrapa/PPGAN)

RIO DE JANEIRO  
2024

79

80 **AGRADECIMENTOS**

81

82 - Agradeço à minha família, em especial à minha mãe e à minha avó, pelo apoio,  
83 incentivo e amor incondicionais ao longo de toda a minha vida.

84

85 - Agradeço ao Programa de Pós-graduação em Alimentos e Nutrição  
86 (PPGAN/UNIRIO) e ao seu corpo docente que me permitiram chegar até o final  
87 dessa etapa da minha vida.

88

89 - Ao meu orientador, prof. Ricardo Felipe Alves Moreira, pelo apoio e dedicação  
90 para a realização desse trabalho.

91

92 - À professora Cristiane Barbosa Rocha pelo incentivo e parceria.

93

94 - A todos os demais colegas dos laboratórios LACAPA e LEEM que me auxiliaram  
95 ao longo dessa jornada.

96

97 - À CAPES pela bolsa de estudo que me foi concedida durante parte do meu  
98 mestrado.

99

100

101

102

103

104

105

106

107

108

109

## RESUMO

A erva doce é amplamente utilizada pela população brasileira na forma de infusão para tratamento de problemas digestivos, combate à tosse e à bronquite. Seu óleo essencial é muito utilizado para conferir sabor e odor em preparações farmacêuticas, licores e guloseimas. As espécies normalmente associadas ao nome erva doce são a *Pimpinella anisum* L. e *Foeniculum vulgare* Mill.. O objetivo do presente estudo foi avaliar o perfil químico e a capacidade antioxidante dos óleos essenciais isolados de amostras comercializadas na cidade do Rio de Janeiro sob a designação de erva doce. Amostras das dez principais marcas de erva doce (três vendidas na forma de sachês e sete em sacos de polietileno) foram avaliadas. Os óleos essenciais foram obtidos através de hidrodestilação em aparelho de Clevenger e foram analisados através de técnicas cromatográficas. A avaliação da capacidade antioxidante foi feita por técnica espectrofotométrica com os reagentes DPPH e ABTS. Óleos essenciais de referência para ambas as espécies foram adquiridos da LASZLO. Foram encontrados 12 compostos distintos nessas dez amostras comerciais. As amostras S1, S2, SP1, SP2, SP3, SP4, SP5, SP6 e SP7 apresentaram óleos essenciais com perfis químicos muito semelhantes. O principal composto químico encontrado nessas amostras foi o anetol. Apesar da semelhança dos perfis químicos, nessas nove amostras a concentração de anetol dos sachês mostrou-se maior ( $p < 0,0001$ ) do que a encontrada nas embalagens de polietileno. A amostra S3 foi a que mais diferiu quimicamente das demais, apresentando como principais componentes o estragol e o limoneno. Com base na comparação com os óleos essenciais de referência, é provável que a amostra S3 seja da espécie *Foeniculum vulgare* Mill., enquanto que as demais parecem estar associadas à espécie *Pimpinella anisum* L.. Todos os óleos essenciais testados (isolados das amostras comerciais ou de referência) apresentaram potencial antioxidante relevante, alguns superiores ao observado, por exemplo, para o padrão de rutina. Não foi observada diferença estatística entre esses óleos essenciais ( $p > 0,05$ ) com relação a esse parâmetro. A capacidade antioxidante dos óleos essenciais de *P. anisum* L. é, provavelmente, resultado da contribuição sinérgica de vários dos seus compostos constituintes.

Palavras-chave: *Pimpinella anisum* L., *Foeniculum vulgare* Mill., erva doce, óleos essenciais; potencial antioxidante; composição química.

## ABSTRACT

Aniseed is widely used by the Brazilian population in the form of infusions to treat digestive problems and combat coughs and bronchitis. Its essential oil is widely used to impart flavor and odor to pharmaceutical preparations, liqueurs and sweets. The species normally associated with the name aniseed are *Pimpinella anisum* L. and *Foeniculum vulgare* Mill.. The objective of this study was to evaluate the chemical profile and antioxidant capacity of essential oils isolated from samples marketed in the city of Rio de Janeiro under the name aniseed. Samples of the ten top brands of aniseed (three sold in sachets and seven in polyethylene packages) were evaluated. The essential oils were isolated by hydrodistillation in a Clevenger apparatus and were analyzed by chromatographic techniques. The antioxidant capacity was evaluated by spectrophotometric techniques with DPPH and ABTS reagents. Reference essential oils for both species were purchased from LASZLO. Twelve distinct compounds were found in these ten commercial samples. Samples S1, S2, SP1, SP2, SP3, SP4, SP5, SP6 and SP7 presented essential oils with very similar chemical profiles. The main chemical compound found in these samples was anethole. Despite the similarity of the chemical profiles, in these nine samples the anethole concentration in the sachets was higher ( $p < 0.0001$ ) than that found in the polyethylene packages. The chemical profile of sample S3 differed from the others, presenting estragole and limonene as its main components. Based on the comparison with the reference essential oils, sample S3 is probably from the species *Foeniculum vulgare* Mill., while the other samples appear to be associated with the species *Pimpinella anisum* L.. All essential oils tested (reference oils or isolated from commercial samples) presented relevant antioxidant potentials, some of them higher than that observed, for instance, for the rutin standard. No statistical difference was observed between these essential oils ( $p > 0.05$ ) in relation to this parameter. The antioxidant capacity of *P. anisum* L. essential oils is probably the result of the synergistic contribution of several of its constituents.

Keywords: *Pimpinella anisum* L., *Foeniculum vulgare* Mill., aniseed, essential oil; antioxidant potential; chemical composition

174

175

## LISTA DE TABELAS

176

<b>Tabela 1</b> - Composição química dos óleos essenciais da erva <i>Pimpinella anisum</i> L. (erva-doce importada).	_____	15
<b>Tabela 2</b> - Composição química dos óleos essenciais da erva <i>Foeniculum vulgare</i> Mill. (erva-doce nacional).	_____	18
<b>Tabela 3</b> - Propriedades farmacológicas dos principais constituintes dos óleos essenciais de <i>Pimpinella anisum</i> L. e <i>Foeniculum vulgare</i> Mill.	_____	21
<b>Tabela 4</b> -: Rendimento percentual do processo de extração dos óleos essenciais das amostras comercializadas sob a designação de erva doce.	_____	29
<b>Tabela 5</b> - Compostos voláteis identificados nos óleos essenciais isolados das amostras comercializadas sob a designação de erva-doce na cidade do Rio de Janeiro.	_____	30
<b>Tabela 6</b> - Concentração % média dos compostos voláteis presentes nos óleos essenciais das amostras de <i>P. anisum</i> L. comercializadas em sachês ou em embalagens de polietileno.	_____	31
<b>Tabela 7</b> - Perfil químico dos óleos essenciais de referência para as espécies <i>Pimpinella anisum</i> L. e <i>Foeniculum vulgare</i> Mill.	_____	33
<b>Tabela 8</b> - Capacidade antioxidante dos óleos essenciais isolados das amostras comerciais vendidas sob a designação de erva doce.	_____	35
<b>Tabela 9</b> - Capacidade antioxidante dos óleos essenciais de referência das espécies <i>P. anisum</i> L. e <i>F. vulgare</i> Mill..	_____	36

177

178

179

180

181

182

183

184

185



186

## LISTA DE FIGURAS

187

**Figura 1** – Isômeros de posição do anetol. \_\_\_\_\_ 17

188

189

190

191

192

193

194

195

196

197

198

199

200

201

202

203

204

205

206

207

208

209

210

211

212

213

214

Introdução .....	11
Referencial teórico .....	12
Considerações iniciais .....	12
Estratégia para a seleção dos estudos .....	14
Composição química dos óleos essenciais de <i>Pimpinella anisum</i> L. ....	14
Composição química dos óleos essenciais de <i>Foeniculum vulgare</i> Mill. .	17
Bioatividade dos principais constituintes dos óleos essenciais de .....	20
<i>Pimpinella anisum</i> L. e <i>Foeniculum vulgare</i> Mill.	
Toxicidade dos principais constituintes dos óleos essenciais de .....	22
<i>Pimpinella anisum</i> L. e <i>Foeniculum vulgare</i> Mill.	
Potencial odorífero dos principais constituintes dos óleos essenciais .....	23
de <i>Pimpinella anisum</i> L. e <i>Foeniculum vulgare</i> Mill.	
Objetivos .....	24
Objetivos gerais .....	24
Objetivos específicos .....	24
Material e métodos .....	25
Amostras .....	25
Materiais .....	25
Isolamento dos óleos essenciais .....	25
Identificação e quantificação dos constituintes dos óleos essenciais .....	26
Determinação da atividade antioxidante dos óleos essenciais pelo .....	27
ensaio com DPPH	
Determinação da atividade antioxidante dos óleos essenciais pelo .....	28
ensaio com ABTS	
Análise estatística .....	28
Resultados e discussão .....	28
Conclusões .....	36
Agradecimentos .....	37
Referências .....	37
ANEXOS .....	47

218

## 219 1. INTRODUÇÃO

220 As ervas das espécies *Pimpinella anisum* L. e *Foeniculum vulgare* Mill. são  
221 comercializadas no Brasil sob a designação de erva doce. A infusão (chá) é uma  
222 das principais formas de consumo dessas ervas. Para tanto, elas são adquiridas  
223 no comércio do Rio de Janeiro em caixas contendo sachês ou embaladas em  
224 sacos de polietileno. Sendo comercializadas como alimentos, não há necessidade  
225 de registro na ANVISA, o que pode facilitar fraudes e adulterações. Nesses  
226 formatos (sachês e sacos de polietileno), nem sempre há indicação da espécie no  
227 rótulo do produto, atribuindo-se apenas o nome vulgar de erva doce ao mesmo  
228 (CARVALHO et al., 2012).

229 As ervas associadas ao nome erva doce são amplamente utilizadas pela  
230 população brasileira para tratamento de problemas digestivos, combate à tosse e  
231 à bronquite e seus óleos essenciais são muito utilizados para conferir sabor e odor  
232 em preparações farmacêuticas, licores e guloseimas. Apesar da espécie  
233 *Foeniculum vulgare* Mill. também ser tratada como erva doce, ela é mais  
234 conhecida como funcho. A *Pimpinella anisum* L., por outro lado, é mais conhecida  
235 simplesmente pelo nome de erva doce (SANTOS; ABRANTES, 2015). É  
236 importante que seja possível diferenciar a espécie de erva doce que se pretende  
237 consumir. Variações de composição entre as espécies podem interferir em seus  
238 potenciais bioativos e, também, em sua toxicidade (SOUZA et al., 2019).

239 Como a bioatividade dessas plantas está relacionada com substâncias  
240 produzidas pelo seu metabolismo secundário, variações de composição e  
241 bioatividade podem ser observadas até mesmo entre amostras de uma mesma  
242 espécie. Os padrões de síntese desses metabólitos secundários respondem a  
243 estímulos de fatores bióticos ou abióticos aos quais o vegetal está exposto  
244 (HELDT; PIECHULLA, 2011; LI et al., 2021; SHARMA et al., 2019; ZHOU et al.,  
245 2017). Monitorar a composição química e o potencial bioativo de plantas  
246 consumidas amplamente pela população brasileira é algo relevante, pois pode  
247 garantir um melhor controle e seleção dos produtos produzidos a partir delas. Isso

248 pode tornar o consumo desses produtos vegetais mais agradável e seguro,  
249 garantindo um uso mais consciente dos mesmos por parte de seus consumidores.

250 Com tudo que foi exposto acima, fica fácil entender a importância de  
251 caracterizar as ervas comercializadas no Brasil através da realização de análises  
252 químicas em algumas de suas frações.

253

## 254 **2.1. REFERENCIAL TEÓRICO**

### 255 **2.1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS**

256 A variedade do clima e a riqueza da flora brasileira garantem uma  
257 quantidade enorme de ervas com diferentes propriedades terapêuticas. Nesse  
258 grupo figuram as ervas da família Apiacea, conhecidas como *Pimpinella Anisum* L.  
259 e *Foeniculum vulgare* Mill. (SANTOS; ABRANTES, 2015).

260 A espécie *Pimpinella Anisum* L. (Umbelliferae) é conhecida como erva  
261 doce, anis ou pimpinela branca ou, ainda, como erva doce importada (SANTOS;  
262 ABRANTES, 2015). É uma planta aromática anual, ereta, de até 50 cm de altura.  
263 Suas folhas são fendidas, possuindo várias formas, e suas flores são brancas e  
264 dispostas em umbelas. Seus frutos são aquênios, de sabor doce e odor forte  
265 (LORENZI; MATOS, 2008). Essa espécie tem origem no sudoeste asiático e no  
266 mediterrâneo oriental (Egito e Grécia), sendo amplamente cultivada em partes da  
267 Rússia, Japão, Índia, Líbano e América do Sul (CHARLES, 2013). No Brasil, é  
268 cultivada principalmente na região Sul (LORENZI; MATOS, 2008).

269 A espécie *Foeniculum vulgare* Mill. também é conhecida como erva doce  
270 ou, mais especificamente, como erva doce brasileira, erva doce nacional, falsa  
271 erva doce ou funcho (SANTOS; ABRANTES, 2015). É uma erva perene,  
272 aromática, entouceirada, de 40 a 90 cm de altura. Possui folhas inferiores largas e  
273 superiores estreitas, flores pequenas, hermafroditas e amarelas, dispostas em  
274 estruturas compostas por 10 a 20 umbelas. Seus frutos são oblongos e compostos  
275 por dois aquênios (LORENZI; MATOS, 2008). Essa espécie é cultivada em países  
276 como a Argentina, Alemanha, Brasil, China, Estados Unidos, Índia, Itália, França e  
277 Japão. É originária da Europa mediterrânea e da África, mas pode ser cultivada  
278 em outros países fora da sua região de origem devido a sua boa adaptabilidade,

279 ou seja, pode ser cultivada em regiões de clima ameno até zonas tropicais. Foi  
280 trazida ao Brasil na época da colonização e é amplamente cultivada em solo  
281 nacional em estados como Bahia, Sergipe, Pernambuco, Paraíba, entre outros  
282 (CARVALHO et al., 2011).

283 Segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a  
284 Agricultura (FAO, 2016), a Índia e a Rússia foram as nações líderes na exportação  
285 das ervas *Pimpinella Anisum* L. e *Foeniculum vulgare* Mill. no mercado global; a  
286 Índia exportou 187.397 toneladas e a Rússia exportou 60.056 toneladas. Já o  
287 Brasil exportou em 2016 cerca de 3 mil toneladas de erva doce de ambas as  
288 espécies. Esta estatística contemplou ambas as ervas, erva doce e funcho, assim  
289 como o coentro e a badiana, que são duas especiarias semelhantes.

290 Os frutos de ambas (*Pimpinella anisum* L. e *Foeniculum vulgare* Mill.),  
291 vulgarmente chamados de sementes, têm sido amplamente utilizados como  
292 ingredientes em processos culinários e, também, como agentes fitoterápicos por  
293 conta de suas atividades antioxidante, antisséptica, antimicrobiana, digestiva,  
294 antiespasmódica, expectorante, estrogênica, anti-inflamatória, anti-hiperlipidêmica,  
295 cardioprotetora, gastroprotetora, ansiolítica, antidiabética, anticâncer e diurética.  
296 Essas ervas também são amplamente empregadas na indústria farmacêutica na  
297 preparação de artigos de perfumaria e boa parte dessas propriedades fitoterápicas  
298 pode ser associada ao óleo essencial contido em suas “sementes” (LORENZI;  
299 MATOS, 2008; RUBERTO et al., 2000; CHOI; HWANG, 2004; SINGH; KALE,  
300 2008; REBEY et al., 2018; NOREEN et al., 2023).

301 Os óleos essenciais compreendem misturas complexas de compostos  
302 voláteis (principalmente compostos terpênicos) extraídos das glândulas secretoras  
303 de diferentes partes das plantas, como folhas e flores. Em comparação com  
304 outros grupos de substâncias, podemos dizer que esses compostos terpênicos  
305 têm sido relativamente negligenciados, apesar de alguns possuírem ação  
306 farmacológica cientificamente comprovada e, também, potencial tóxico. Esses  
307 óleos essenciais são conhecidos desde a antiguidade, onde eram utilizados como  
308 essências. Atualmente, encontram aplicação em diferentes seguimentos  
309 industriais, como o farmacêutico, de alimentos e de cosméticos. O método de

310 extração mais utilizado é o processo de destilação conhecido como  
311 hidrodestilação. Esse método consiste na imersão do material vegetal em água  
312 fervente, resultando na formação de vapores de água que carregam os compostos  
313 voláteis componentes do óleo essencial. Após a condensação, esses compostos  
314 se separam da fase aquosa por decantação. Para a aplicação dessa técnica é  
315 frequente o uso do aparelho de Clevenger. O processo é de baixo custo e oferece  
316 grande praticidade (PRINS; LEMOS; FREITAS, 2006).

317

### 318 **2.1.2. ESTRATÉGIA PARA A SELEÇÃO DOS ESTUDOS**

319 Os textos incluídos nessa revisão atenderam aos seguintes critérios: texto  
320 integral disponível em português ou inglês, acesso gratuito, artigos e livros. Foram  
321 excluídos os resumos simples ou estendidos de trabalhos publicados em anais e  
322 apresentados em congressos, simpósios ou demais eventos científicos; trabalhos  
323 de conclusão de cursos de graduação, dissertações, teses e trabalhos fora dos  
324 idiomas definidos também foram excluídos.

325 As consultas foram realizadas nas seguintes bases de dados: Google  
326 Acadêmico, Scielo, Pubmed e Periódicos CAPES. Durante essas consultas, os  
327 seguintes descritores foram empregados: "erva doce", "funcho", "óleo essencial",  
328 "anise", "fennel", "*Pimpinella anisum* L.", "*Foeniculum vulgare* Mill" e "essential oil".  
329 Os nomes vulgares ou científicos das plantas (tanto em inglês, quanto em  
330 português) foram sempre combinados aos pares com os descritores "óleo  
331 essencial" ou "essential oil", pelo emprego dos operadores booleanos "e" ou "and".  
332 Os artigos selecionados de acordo com os critérios mencionados acima foram  
333 separados em duas pastas no Windows Explorer, uma para cada espécie, para  
334 melhor organização.

335

### 336 **2.1.3. COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS ÓLEOS ESSENCIAIS DE *PIMPINELLA*** 337 ***ANISUM* L.**

338 Sessenta e oito (68) compostos foram identificados como constituintes dos  
339 óleos essenciais de *Pimpinella anisum* L na última década (Tabela 1). Os  
340 compostos voláteis presentes nos óleos essenciais dessa erva podem ser

341 separados em seis diferentes grupos com base em suas funções químicas:  
 342 fenilpropanoides (14 representantes), monoterpenos (14), monoterpenos  
 343 oxigenados (13), sesquiterpenos (26) e hidrocarbonetos simples (1).

344 A análise da tabela 1 mostra que os compostos mais frequentemente  
 345 identificados como componentes dos óleos essenciais da erva *Pimpinella anisum*  
 346 L. são os isômeros cis-anetol (estragol) e trans-anetol (E-anetol) (Figura 1),  
 347 citados em todos os seis artigos selecionados para a montagem dessa tabela  
 348 (REBEY et al., 2018; FITSIU et al., 2016; ASADOLLAHPOOR; ABDOLLAHI;  
 349 RAHIMI, 2017; CHOI, 2018; MAHDAVI; HOSSEINI; SHARIFAN, 2018; VIEIRA et  
 350 al., 2019). Além deles, o limoneno também é frequentemente indicado como  
 351 constituinte desse tipo de óleo essencial, aparecendo em 5 desses 6 artigos. No  
 352 aspecto quantitativo, o trans-anetol é indubitavelmente o componente majoritário  
 353 dos óleos essenciais dessa espécie de erva, com sua concentração variando de  
 354 74,40% a 94,30% do teor total desses óleos essenciais.

355

Tabela 1 – Composição química dos óleos essenciais da erva *Pimpinella anisum* L. (erva-doce importada).

Compostos	Teor (%) nos óleos essenciais					
	Art. 1	Art. 2	Art. 3	Art. 4	Art. 5	Art. 6
<b>4-Alilanisol</b> <sup>[1]</sup> ; <b>cis-Anetol</b> <sup>[2, 6]</sup> ; <b>Z-Anetol</b> <sup>[4]</sup> ; <b>Estragol</b> <sup>[1, 2, 3, 5]</sup> ; <b>Metil-chavicol</b> <sup>[4, 6, F]</sup>	1,21/8,21	2,46	1,87	0,19/2,72	3,74 <sup>E</sup> /0,2 <sup>T</sup>	1,525/0,435
<b>trans-Anetol</b> <sup>[1, 2, 4, 5, 6]</sup> ; <b>anetol</b> <sup>[3, F]</sup>	82,78	94,01	74,40	89,24	90,41 <sup>E</sup> / 94,30 <sup>T</sup>	88,130
<b>Anisalaldeído</b> <sup>[6]</sup> ; <b>p-Anisalaldeído</b> <sup>[5, F]</sup>	---	---	---	---	0,1 <sup>E</sup> /0,17 <sup>T</sup>	0,545
<b>Anisil metil cetona</b> <sup>[6, F]</sup>	---	---	---	---	---	0,025
<b>Anisol</b> <sup>[5, F]</sup>	---	---	---	---	0,52 <sup>E</sup> 0,97 <sup>T</sup>	---
<b>α-trans-Bergamoteno</b> <sup>[4, S]</sup>	---	---	---	0,08	---	---
<b>β-Bisaboleno</b> <sup>[4, 5, 6, S]</sup>	---	---	---	0,13	0,85 <sup>E</sup> /0,19 <sup>T</sup>	0,473
<b>β-Bourboneno</b> <sup>[6, S]</sup>	---	---	---	---	---	0,033
<b>Borneol</b> <sup>[6, MO]</sup>	---	---	---	---	---	Tr
<b>α-Calacoreno</b> <sup>[6, S]</sup>	---	---	---	---	---	Tr
<b>p-Cuminaldeído</b> <sup>[2, MO]</sup>	---	0,16	---	---	---	---
<b>ar-Curcumeno</b> <sup>[6, S]</sup>	---	---	---	---	---	0,091
<b>β-Cadineno</b> <sup>[6, S]</sup>	---	---	---	---	---	0,091

<b>β-Chamigreno</b> <sup>[2], S</sup>	---	0,13	---	---	---	---
<b>β-Chimachaleno</b> <sup>[6], S</sup>	---	---	---	---	---	0,243
<b>Calameneno</b> <sup>[6], S</sup>	---	---	---	---	---	0,019
<b>Cânfora</b> <sup>[6], MO</sup>	---	---	---	---	---	0,022
<b>Cariofileno</b> <sup>[3], S</sup>	---	---	0,72	---	---	---
<b>(+)-Carvona</b> <sup>[2], Carvona<sup>[4], MO</sup></sup>	---	0,29	---	1,01	---	---
<b>Chavicol</b> <sup>[1], F</sup>	1,08	---	---	---	---	---
<b>Ciclosativeno</b> <sup>[6], S</sup>	---	---	---	---	---	0,041
<b>δ-Cadineno</b> <sup>[6], S</sup>	---	---	---	---	---	0,091
<b>ρ-Cimeno</b> <sup>[4, 6], M</sup>	---	---	---	0,06	---	0,088
<b>p-Cimeno</b> <sup>[6], MO</sup>	---	---	---	---	---	0,016
<b>Desidro-p-cimeno</b> <sup>[6], M</sup>	---	---	---	---	---	0,013
<b>Desidro-neo-isolongifoleno</b> <sup>[6], S</sup>	---	---	---	---	---	0,079
<b>Di-epi-α-Cedreno</b> <sup>[2, 5], S</sup>	---	0,24	---	---	0,08 <sup>E</sup> /0,91 <sup>T</sup>	---
<b>Diidrocarvona</b> <sup>[4], MO</sup>	---	---	---	0,12	---	---
<b>Dilapiol</b> <sup>[3], F</sup>	---	---	0,74	---	---	---
<b>Dimetilacetal-p-anisalaldeído</b> <sup>[4], F</sup>	---	---	---	0,16	---	---
<b>β-Elemeno</b> <sup>[4, 5, 6], S</sup>	---	---	---	0,07	0,09 <sup>E</sup> /0,07 <sup>T</sup>	0,098
<b>δ-Elemeno</b> <sup>[4, 6], S</sup>	---	---	---	0,14	---	0,149
<b>Epóxi-felandreno</b> <sup>[6], MO</sup>	---	---	---	---	---	Tr
<b>Epóxi-linalol</b> <sup>[6], MO</sup>	---	---	---	---	---	Tr
<b>α-Farneseno</b> <sup>[6], S</sup>	---	---	---	---	---	0,054
<b>α-Felandreno</b> <sup>[4, 6], M</sup>	---	---	---	0,07	---	0,089
<b>β-Felandreno</b> <sup>[6], M</sup>	---	---	---	---	---	0,016
<b>α-Himachaleno</b> <sup>[4, 6], S</sup>	---	---	---	0,25	---	0,381
<b>β-Himachaleno</b> <sup>[4, 5], S</sup>	---	---	---	0,15	0,11 <sup>E</sup> /0,12 <sup>T</sup>	---
<b>cis-(-)-2,4a,5,6,9a-Hexahidro-3,5,5,9-tetrametil(1H)benzocicloheptene</b> <sup>[2], S</sup>	---	1,7/0,83	---	---	---	---
<b>γ-Himachaleno</b> <sup>[4, 5, 6], S</sup>	---	---	---	2,89	1,08 <sup>E</sup> /2,32 <sup>T</sup>	4,155
<b>Cis-isoeugenol</b> <sup>[5], F</sup>	---	---	---	---	0,22 <sup>E</sup>	---
					0,14 <sup>T</sup>	
<b>Ilangeno</b> <sup>[6]; α-Ilangeno<sup>[4], S</sup></sup>	---	---	---	0,07	---	0,050
<b>Isolongifoleno</b> <sup>[5], S</sup>	---	---	---	---	0,02 <sup>E</sup> /0,04 <sup>T</sup>	---
<b>α-Longipineno</b> <sup>[6], S</sup>	---	---	---	---	---	0,061
<b>Limoneno</b> <sup>[1, 2, 4, 6]; dl-Limoneno<sup>[3], M</sup></sup>	2,55	0,18	2,06	1,88	---	0,035
<b>Linalol</b> <sup>[1, 5, 6], MO</sup>	2,74	---	---	---	0,04 <sup>E</sup> /0,13 <sup>T</sup>	0,278
<b>β-Mirceno</b> <sup>[3], Mirceno<sup>[6], M</sup></sup>	---	---	0,17	---	---	0,010

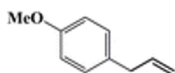


Metil-iso Eugenol <sup>[6], F</sup>	---	---	---	---	---	0,088
Metóxi-propiofenona <sup>[6], F</sup>	---	---	---	---	---	0,048
Miristicina <sup>[6], F</sup>	---	---	---	---	---	0,045
cis-Ocimeno <sup>[6], M</sup>	---	---	---	---	---	0,016
trans-Ocimeno <sup>[6], M</sup>	---	---	---	---	---	Tr
$\alpha$ -Pinenol <sup>[1, 6], M</sup>	0,85	---	---	---	---	0,081
$\beta$ -Pinenol <sup>[3, 6], M</sup>	---	---	0,18	---	---	0,054
Pseudo-iso Eugenil-2-metil butirato <sup>[6], F</sup>	---	---	---	---	---	4,155
Pulegona <sup>[3], MO</sup>	---	---	0,62	---	---	---
$\beta$ -Sesquifelandreno <sup>[4], S</sup>	---	---	---	0,06	---	---
Sabineno <sup>[6], M</sup>	---	---	---	---	---	0,06
$\alpha$ -Terpineno <sup>[5], M</sup>	---	---	---	---	0,02 <sup>E</sup> /0,06 <sup>T</sup>	---
$\alpha$ -Terpineol <sup>[6], MO</sup>	---	---	---	---	---	0,012
$\alpha$ -Tujona <sup>[3], MO</sup>	---	---	1,52	---	---	---
Terpinoleno <sup>[6], M</sup>	---	---	---	---	---	0,046
1-Tetradeceno <sup>[3], H</sup>	---	---	1,55	---	---	---
Timol <sup>[3], MO</sup>	---	---	11,44	---	---	---
$\gamma$ -Terpineno <sup>[3, 6], M</sup>	---	---	4,61	---	---	0,034
p-Vinil-anisol <sup>[6], F</sup>	---	---	---	---	---	0,017
Zingibereno <sup>[5, 6]; <math>\alpha</math>-Zingibereno<sup>[4], S</sup></sup>	---	---	---	0,67	0,25 <sup>E</sup> /0,3 <sup>T</sup>	0,570

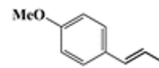
F – fenilpropanóide; H – hidrocarboneto; M – monoterpene; MO – monoterpene oxigenado; S - sesquiterpene; Tr – quantidade traço; Art. 1 – CHOI, 2018; Art. 2 – VIEIRA et al., 2019; Art. 3 - MAHDAVI; HOSSEINI; SHARIFAN, 2018; Art. 4 - ASADOLLAHPOOR; ABDOLLAHI; RAHIMI, 2017; Art. 5 – REBEY et al., 2018; E – amostras de erva doce do Egito; T – Amostras de erva doce da Tunísia; Art. 6 – FITSIU et al., 2016.

356

Figura 1: Isômeros de posição do anetol.



Estragol (cis-anetol)



E-Anetol (trans-anetol)

Fonte: modificado de LASTRA-BARREIRA; CROCHET, 2010.

357

#### 358 2.1.4. COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS ÓLEOS ESSENCIAIS DE *FOENICULUM*

359 *VULGARE MILL.*

360 Quarenta e nove (49) compostos já foram identificados como constituintes  
 361 dos óleos essenciais de *Foeniculum vulgare* Mill. nos últimos doze anos (Tabela  
 362 2). Os compostos voláteis presentes nos óleos essenciais dessa erva podem ser  
 363 separados em oito diferentes grupos com base em suas funções químicas:  
 364 fenilpropanoides (8 representantes), monoterpenos (16), monoterpenos  
 365 oxigenados (17), sesquiterpenos (4), sesquiterpenos oxigenados (1), estrógeno  
 366 não esteroide (1), butenolida (1) e éster (1).

367 A análise da tabela 2 mostra que os compostos mais frequentemente  
 368 identificados como componentes dos óleos essenciais da erva *Foeniculum vulgare*  
 369 Mill. são os compostos cis-anetol (estragol), fenchona e  $\alpha$ -pineno, citados em  
 370 todos os seis artigos selecionados para a montagem dessa tabela (CARVALHO et  
 371 al., 2011; VIEIRA et al., 2019; DAMAYANTI; SETYAWAN, 2012; RAAL; ORAV;  
 372 ARAK, 2012; MOTA et al., 2015; SALAMI; RAHIMMALEK; EHTEMAM, 2017),  
 373 seguidos dos compostos trans-anetol (E-anetol) e limoneno, citados em cinco  
 374 desses seis artigos. No aspecto quantitativo, destacam-se os isômeros cis-anetol  
 375 (estragol) (0,001% – 66,0% do teor total desses óleos essenciais) e trans-anetol  
 376 (E-anetol) (7,9% - 90,70%) e, também, os compostos conhecidos como fenchona  
 377 (1,6% - 34,7%), limoneno (0,21% – 31,23%) e  $\alpha$ -pineno (0,01% - 46,11%).

378

Tabela 2 – Composição química dos óleos essenciais da erva *Foeniculum vulgare* Mill. (erva-doce nacional).

Compostos	Teor (%) nos óleos essenciais					
	Art. 7	Art. 8	Art. 9	Art. 10	Art. 11	Art. 2
Acetato de $\alpha$ -fenchil <sup>[10], MO</sup>	---	---	---	Nd – 0,2	---	---
Estragol <sup>[8], [9], [10], [11], [2]</sup> , Metil-chavicol <sup>[7]</sup> ; cis- Anetol <sup>[9], [10], [2], F</sup>	24,5	22,41 <sup>T</sup> /21,37 <sup>L</sup>	1,29 – 2,53 / 0,001 – 0,06	2,4 – 17,0 / 0,1 – 8,6	2,5 – 66,0	3,65 / 3,65
( $\alpha$ )-Anetol <sup>[7]</sup> , Anetol <sup>[8]</sup> ; trans-Anetol <sup>[9], [10], [11], F</sup>	25,23	47,51 <sup>T</sup> /52,38 <sup>L</sup>	41,28 – 90,70	34,8 – 82,0	7,9 – 77,7	---
Anis álcool <sup>[10], F</sup>	---	---	---	Nd – 0,7	---	---
Anisaldeído <sup>[4]</sup> , p-Anisaldeído <sup>[9], <math>\beta</math>- Anisaldeído<sup>[10], F</sup></sup>	0,10	---	0,01 – 2,1	Nd – 1,2	---	---
Aniscetona <sup>[9], [10], F</sup>	---	---	0,01 – 0,08	Nd – 0,2	---	---
$\delta$ -Cadineno <sup>[9], S</sup>	---	---	0,01 – 0,69	---	---	---
Canfeno <sup>[9], [10], [11], M</sup>	---	---	0,01 – 0,14	Tr – 0,3	Nd – 0,1	---
$\alpha$ -Canfolenal <sup>[9], MO</sup>	---	---	0,001 – 0,09	---	---	---

<b>Cânfora</b> <sup>[8], [10], [11], MO</sup>	---	0,33 <sup>T</sup> /0,22 <sup>L</sup>	---	Tr – 0,5	0,2 – 0,5	---
<b>δ-Careno</b> <sup>[8], [10], [11], M</sup>	---	1,23 <sup>T</sup> /1,53 <sup>L</sup>	---	---	---	---
<b>Carvona</b> <sup>[10], MO</sup>	---	---	---	Nd – 1,5	---	---
<b>Champeno</b> <sup>[8], M</sup>	---	0,17 <sup>T</sup> /0,21 <sup>L</sup>	---	---	---	---
<b>p-Cimeno</b> <sup>[9], [10], [11], M</sup>	---	---	0,03 – 20,06	0,1 – 2,2	Tr – 0,1	---
<b>1,8-Cineol</b> <sup>[9], [10], [11], MO</sup>	---	---	0,02 – 2,15	Tr – 0,5	0,2 – 0,4	---
<b>trans-Diidro-carvona-anetol</b> <sup>[2], F</sup>	---	---	---	---	---	79,62
<b>Epóxido de (E)-Anetol</b> <sup>[9], F</sup>	---	---	0,01 – 0,06	---	---	---
<b>Estilboestrol</b> <sup>[7], ENE</sup>	2,24	---	---	---	---	---
<b>α-Felandreno</b> <sup>[9], [10], [11], M</sup>	---	---	0,01 – 0,39	Nd – 0,4	0,1 – 0,2	---
<b>α-Fencho</b> <sup>[10], MO</sup>	---	---	---	Nd – 0,3	---	---
<b>Funchona</b> <sup>[7], α-Fenchona<sup>[8], Fenchona<sup>[9], [10], [11], [2], MO</sup></sup></sup>	13,08	21,92 <sup>T</sup> /15,74 <sup>L</sup>	2,11 – 6,16	1,6 – 22,8	16,9 – 34,7	12,19
<b>Geranial</b> <sup>[7], MO</sup>	3,45	---	---	---	---	---
<b>Germacreno D</b> <sup>[10], S</sup>	---	---	---	Nd – 0,1	---	---
<b>Hidrato de trans-Sabineno</b> <sup>[9], MO</sup>	---	---	0,001 – 0,08	---	---	---
<b>Limoneno</b> <sup>[7], [8], [9], [10], [11], M</sup>	2,37	3,73 <sup>T</sup> /4,56 <sup>L</sup>	0,21 – 31,23	0,8 – 16,5	0,7 – 1,6	---
<b>Linalol</b> <sup>[7], [9], [10], MO</sup>	6,48	---	0,01 – 0,71	0,1 – 0,2	---	---
<b>Metil nonadecanoato</b> <sup>[2], E</sup>	---	---	---	---	---	2,89
<b>β-Mirceno</b> <sup>[8], [10], Mirceno<sup>[9], [11], M</sup></sup>	---	0,26 <sup>T</sup> /0,45 <sup>L</sup>	0,31 – 1,11	0,1 – 1,2	0,1 – 0,3	---
<b>Miristicina</b> <sup>[10], F</sup>	---	---	---	Nd – 0,3	---	---
<b>γ-Muuroleno</b> <sup>[9], S</sup>	---	---	0,02 – 0,63	---	---	---
<b>Neral</b> <sup>[7], MO</sup>	2,24	---	---	---	---	---
<b>(E)-α-Ocimeno</b> <sup>[9], M</sup>	---	---	0,002 – 0,09	---	---	---
<b>(Z)-α-Ocimeno</b> <sup>[9], M</sup>	---	---	0,01 – 0,69	---	---	---
<b>(Z)-β-Ocimeno</b> <sup>[9], [10], β-Ocimeno<sup>[11], M</sup></sup>	---	---	0,01 – 4,22	Tr – 0,5	0,1 – 0,4	---
<b>Óxido de cariofileno</b> <sup>[7], SO</sup>	5,04	---	---	---	---	---
<b>Óxido de cis-limoneno</b> <sup>[10], MO</sup>	---	---	---	Tr – 0,7	---	---
<b>Óxido de trans-limoneno</b> <sup>[10], MO</sup>	---	---	---	Tr – 1,2	---	---
<b>α-Pineno</b> <sup>[7], [8], [9], [10], [11], 1R-α-Pineno <sup>[2], M</sup></sup>	3,35	2,45 <sup>T</sup> /2,97 <sup>L</sup>	0,01 – 46,11	0,3 – 4,0	0,1 – 0,6	1,65
<b>β-Pineno</b> <sup>[8], [9], [10], M</sup>	---	0,26 <sup>L</sup>	0,02 – 0,76	Tr – 0,3	---	---
<b>Sabineno</b> <sup>[9], [10], [11], M</sup>	---	---	0,01 – 0,26	Tr – 0,4	Tr – 0,1	---
<b>Sesquiterpeno</b> <sup>[10], S</sup>	---	---	---	Nd – 0,9	---	---
<b>Sotolona</b> <sup>[10], B</sup>	---	---	---	Nd – 0,3	---	---
<b>α-Terpineol</b> <sup>[10], MO</sup>	---	---	---	Nd – 0,3	---	---
<b>γ-Terpineno</b> <sup>[10], [11], M</sup>	---	---	---	0,2 – 0,8	Nd – 0,1	---
<b>4-Terpineol</b> <sup>[7], [9], Terpinen-4-ol<sup>[10], [11], MO</sup></sup>	11,92	---	0,001 – 0,005	Nd – 0,2	Nd – 2,5	---

Terpinoleno <sup>[9], [10], M</sup>	---	---	0,002 – 0,06	Nd – 0,1	---	---
Timol <sup>[10], MO</sup>	---	---	---	Nd – 1,3	---	---
Tujeno <sup>[8], α-Tujeno<sup>[10], M</sup></sup>	---	0,30 <sup>L</sup>	---	Tr – 0,1	---	---
α-Tujona <sup>[11], MO</sup>	---	---	---	---	Tr	---

S- sesquiterpeno; SO – Sesquiterpeno oxigenado; M – monoterpene; MO – monoterpene oxigenado; F – fenilpropanoide; B – butenolida; E –Éster; ENE – estrógeno não esteroide; T – Amostras túrbidas; L - Amostras límpidas; Art. 7 – CARVALHO et al., 2011; Art. 8 – DAMAYANTI; SETYAWAN, 2012; Art. 9 – SALAMI; RAHIMMALEK; EHTEMAM, 2017; Art. 10 – RAAL; ORAV; ARAK, 2012; Art. 11 – MOTA et al., 2015; Art. 2 – VIEIRA et al., 2019; Nd – não detectado; Tr – quantidades traço (para “MOTA et al., 2015” significa < 0,05%).

379

### 380 **2.1.5. BIOATIVIDADE DOS PRINCIPAIS CONSTITUINTES DOS ÓLEOS**

#### 381 **ESSENCIAIS DE *PIMPINELLA ANISUM* L. E *FOENICULUM VULGARE* MILL.**

382 O trans-anetol é considerado um agente fumigante eficiente contra a barata  
383 *Blattella germanica* (DE PAULA; GOMES-CARNEIRO; PAUMGARTTEN, 2003) e  
384 também mostrou ação larvídica eficaz contra mosquitos (CONTI et al., 2010;  
385 CHANTRAINE et al., 1998; CHENG et al., 2004; HE; HUANG, 2011). Esse  
386 composto também é considerado um agente anti-inflamatório, sendo capaz de  
387 suprimir a produção da interleucina 1 $\beta$  (IL-1 $\beta$ ) e do fator de necrose tumoral  $\alpha$   
388 (TNF- $\alpha$ ), de modo similar ao medicamento cetoprofeno, em ratos com periodontite  
389 (MARINOV; VALCHEVA-KUZMANOVA, 2015).

390 O estragol possui várias propriedades farmacológicas, incluindo seus  
391 efeitos antioxidante (*in vitro* e *in vivo*), anti-inflamatório, imunomodulatório,  
392 bactericida e antiviral (MAHENDRA et al., 2023).

393 O trans-anetol e, também, o estragol mostraram-se capazes de inibir a  
394 formação de edema induzido por substâncias como a histamina, a serotonina e o  
395 TNF- $\alpha$  (PONTE et al., 2012).

396 O limoneno, por sua vez, possui potencial acaricida e ansiolítico, amplo  
397 espectro de ação antimicrobiana, efeitos anti-inflamatório, anticâncer e antiviral  
398 (JÚNIOR; PASTORE, 2007; MILLER et al., 2010; MARIANO et al., 2019).

399 Um estudo *in-silico* revelou que o trans-anetol, o estragol e o limoneno têm  
400 potencial antioxidante devido a sua possível capacidade de inibir a tirosinase e a  
401 NAD(P)H oxidase humanas (EL-KERSH et al., 2022).

402 A fenchona possui atividade anti-inflamatória, antioxidante, antinociceptiva,  
 403 antidiarreica, broncodilatadora e cicatrizante (PESSOA et al., 2020; BASHIR et al.,  
 404 2023). Esse composto também apresenta atividade antifúngica contra *C.*  
 405 *cladosporioides*, *Penicillium helianthi* e *Trichophyton mentagrophytes* (HE;  
 406 HUANG, 2011; MIMICA-DUKIĆ et al., 2003; SINGH et al., 2006)].

407 Segundo Rohman e Putra (2021), o anetol e a fenchona têm potencial para  
 408 atuarem como inibidores de  $\alpha$ -glicosidase e, dessa forma, poderiam atuar como  
 409 reguladores de glicemia.

410 O  $\alpha$ -pineno é capaz de inibir algumas linhagens de bactérias gram-positivas  
 411 (*S. aureus*, *S. epidermidis*, *S. pyogenes*, *S. pneumoniae*) que podem causar a  
 412 endocardite infecciosa (LEITE et al., 2007). Além disso, esse monoterpene é  
 413 tóxico contra algumas cepas de *Actinomyces madurae*, bactérias responsáveis  
 414 pelo micetoma actinomicótico (STOJKOVIC et al., 2008; FAHAL; 2004). O  $\alpha$ -  
 415 pineno também já foi associado a um potencial inseticida (MARIANO et al., 2019;  
 416 CHAGAS et al., 2002).

417

Tabela 3 – Propriedades farmacológicas dos principais constituintes dos óleos essenciais de *Pimpinella anisum* L. e *Foeniculum vulgare* Mill.

Substância	Propriedades farmacológicas
<b>Estragol</b>	Anti-inflamatório, antioxidante, efeito imunomodulatório, gastroprotetor, antimicrobiano e antiviral (MAHENDRA et al., 2023; EL-KERSH et al., 2022).
<b>Fenchona</b>	Anti-inflamatório, antioxidante, antinociceptivo, antifúngico, anti-hiperglicêmico (HE; HUANG, 2011; PESSOA et al., 2020; MIMICA-DUKIĆ et al., 2003; SINGH et al., 2006; ROHMAN; PUTRA, 2021).
<b>Limoneno</b>	Acaricida, ansiolítico, antimicrobiano, anti-inflamatório, anticâncer, antiviral, antioxidante (JÚNIOR; PASTORE, 2007; MILLER et al., 2010; MARIANO et al., 2019; EL-KERSH et al., 2022).
<b>Trans-anetol</b>	Agente anti-helmíntico, inseticida, fumigante, larvicida, anti-inflamatório, antinociceptivo, sedativo, estrogênico, gastroprotetor, antioxidante, anti-hiperglicêmico (DE PAULA; GOMES-CARNEIRO; PAUMGARTTEN, 2003; CONTI et al., 2010; CHANTRAINE et al., 1998; CHENG et al., 2004; HE; HUANG, 2011; MARINOV; VALCHEVA-KUZMANOVA, 2015; EL-KERSH et al., 2022).

418

419 **2.1.6. TOXICIDADE DOS PRINCIPAIS CONSTITUINTES DOS ÓLEOS**420 **ESSENCIAIS DE *PIMPINELLA ANISUM* L. E *FOENICULUM VULGARE* MILL.**

421 O estragol pode ser carcinogênico. Observou-se, por exemplo, que esse  
422 fenilpropanoide pode atuar como um agente carcinogênico genotóxico no fígado  
423 de roedores. A genotoxicidade parece estar associada à sua metabolização no  
424 fígado com a produção de 1'-sulfóxi-estragol, após hidroxilação (MAHENDRA et  
425 al., 2023; WISEMAN et al., 1987; SCHULTE-HUBBERT et al, 2020; BERGAU et  
426 al., 2021). Mais estudos precisam ser realizados para que se determine a dose  
427 capaz de disparar os efeitos tóxicos e carcinogênicos dessa substância.

428 O trans-anetol em grandes quantidades pode ser levemente tóxico e  
429 irritante (MARINOV; VALCHEVA-KUZMANOVA, 2015). Segundo Lin (1991), os  
430 valores de dose letal mediana (DL<sub>50</sub>) relativos à ingestão oral desse  
431 fenilpropanoide (trans-anetol) por camundongos, ratos e porquinhos da Índia são  
432 1,8 – 5,0 g, 2,1 – 3,2 g e 2,16 g por kg de peso corporal. O processo de  
433 metabolização do trans-anetol é similar ao do estragol. O trans-anetol é  
434 metabolizado por hidroxilação seguida de sulfoconjugação, havendo a formação  
435 do derivado 3'-sulfóxi-anetol, que é capaz de reagir, por exemplo, com o DNA  
436 (BERGAU et al., 2021). Apesar de sofrerem bioativação de forma parecida, as  
437 evidências de efeito carcinogênico para o anetol são limitadas, o que pode ser  
438 explicado por uma genotoxicidade muito mais leve do anetol em relação ao  
439 estragol. Esse potencial genotóxico relacionado à sulfoconjugação do anetol pode  
440 ser duas ordens de grandeza menor em comparação ao do estragol (BERGAU et  
441 al., 2021).

442 A exposição prolongada ao limoneno ou aos seus produtos de oxidação  
443 pode provocar irritação na pele e no sistema respiratório (MARIANO et al., 2019).  
444 É possível que o limoneno seja um agente citotóxico por conta de sua atividade  
445 anti-angiogênica (JOMAA et al., 2012). Doses elevadas de limoneno podem  
446 causar cancro renal em ratos machos (JAMESON, 1990; TSUDA et al., 2004).

447 Entretanto, de acordo com Sun (2007) ainda não há evidências de que o limoneno  
448 possa exercer efeitos carcinogênicos e genotóxicos ou teratogênicos e  
449 embriotóxicos em seres humanos.

450 O  $\alpha$ -pineno, por sua vez, foi capaz de provocar instabilidade genômica,  
451 inibindo o processo mitótico em uma linhagem celular de hamster chinês (V79-  
452 C13). Essa ação pode ser provocada pela capacidade do  $\alpha$ -pineno estimular o  
453 estresse oxidativo e a destruição do DNA (CATANZARO et al., 2012).

454 Bashir e colaboradores (2023) realizaram estudo com ratas para avaliar a  
455 toxicidade aguda da fenchona. A  $DL_{50}$  da fenchona foi superior a 2.000 mg/kg e  
456 nenhuma mortalidade ou sinais de toxicidade foram relatados ao final do estudo  
457 (BASHIR et al., 2023). Entretanto, um estudo conduzido com o modelo de  
458 carcinoma ascítico de Ehrlich para avaliar a atividade antitumoral e a toxicidade da  
459 fenchona concluiu que esse monoterpene oxigenado era hepatotóxico e  
460 imunossupressor (ROLIM et al., 2017).

461

#### 462 **2.1.7. POTENCIAL ODORÍFERO DOS PRINCIPAIS CONSTITUINTES DOS** 463 **ÓLEOS ESSENCIAIS DE *PIMPINELLA ANISUM* L. E *FOENICULUM VULGARE*** 464 **MILL.**

465 O trans-anetol, com seu aroma de anis, possui um limiar de odor em água  
466 de  $15 \mu\text{g L}^{-1}$ . O estragol, que também apresenta um odor tipo anis e de alcaçuz,  
467 possui um limiar de odor em água de  $6,0 \mu\text{g L}^{-1}$  e o limoneno, com seu aroma  
468 fresco de pinheiro e de laranja, apresenta um limiar de odor em água de  $10 \mu\text{g L}^{-1}$   
469 (MARIANO et al., 2019; CZERNY et al., 2008). A fenchona possui um aroma tipo  
470 mofado e de eucalipto e um limiar de odor em água de  $110 \mu\text{g L}^{-1}$ . Já o  $\alpha$ -pineno,  
471 com seu odor agudo e penetrante de pinho, notas florais, de erva e cedro, possui  
472 um limiar de odor em água de  $6 \mu\text{g L}^{-1}$  (CZERNY et al., 2008; BUTTERY et al.,  
473 1974; TAMURA; PADRAYUTTAWAT; TOKUNAGA, 1999; MOOKDASANIT et al.,  
474 2003; TEIXEIRA et al., 2020).

475 O limiar de odor é definido como a concentração mínima de um composto  
476 volátil que pode ser percebida pelo olfato humano. Quanto menor o valor de limiar  
477 de odor de uma substância, maior será seu potencial odorífero (MARQUES;

478 MOREIRA; AYRES, 2022). Em função de seu baixo limiar de odor e elevada  
479 concentração nos óleos essenciais de *Pimpinella anisum* L., o trans-anetol possui  
480 as características necessárias para ser considerado o principal composto de odor  
481 ativo dessa erva. Pelos mesmos motivos, nos óleos essenciais de *Foeniculum*  
482 *vulgare* Mill., o estragol é provavelmente o principal composto responsável pelo  
483 aroma global exalado por esse tipo de produto natural. Entretanto, compostos  
484 como o trans-anetol, o limoneno, o  $\alpha$ -pineno e a fenchona também podem ter  
485 importante participação no aroma desses óleos essenciais, principalmente  
486 naqueles onde seus teores foram mais relevantes.

487

### 488 **3. OBJETIVOS**

#### 489 **3.1. Objetivos gerais**

490 O objetivo geral desse trabalho foi avaliar a composição química e a  
491 capacidade antioxidante dos óleos essenciais isolados de amostras  
492 comercializadas na cidade do Rio de Janeiro sob a designação de erva doce.

493

#### 494 **3.2. Objetivos específicos**

- 495 ✓ Isolar os óleos essenciais das amostras, vendidas sob a designação de  
496 erva doce, por hidrodestilação em aparelho de Clevenger;
- 497 ✓ Obter óleos essenciais de referência para as espécies em estudo;
- 498 ✓ Determinar a composição química dos óleos essenciais (de referência e  
499 isolados das amostras) por cromatografia gasosa acoplada à  
500 espectrometria de massas (CG/EM) e por cromatografia gasosa com  
501 detector de ionização de chamas (CG/DIC);
- 502 ✓ Avaliar o potencial antioxidante dos óleos essenciais de referência e  
503 isolados das amostras (DPPH e ABTS);

504



505

## 506 **4. MATERIAL E MÉTODOS**

### 507 **4.1. AMOSTRAS**

508 Amostras de erva doce de cada uma das dez principais marcas  
509 comercializadas na cidade do Rio de Janeiro foram obtidas de três locais distintos  
510 de coleta (supermercados, lojas de produtos naturais, bancas de jornal, farmácias,  
511 entre outros). As amostras de cada uma dessas marcas foram reunidas e  
512 homogeneizadas para que pudessem seguir para as análises. Três dessas  
513 marcas (S1, S2 e S3) eram comercializadas na forma de caixas contendo de dez  
514 a vinte e cinco sachês, cada um com 1,0 g a 2,0 g da erva seca. As outras sete  
515 amostras desidratadas de erva doce (SP1, SP2, SP3, SP4, SP5, SP6 e SP7)  
516 eram comercializadas na forma de embalagens de polietileno, contendo cada uma  
517 de 20 a 30 g da erva.

518

### 519 **4.2. MATERIAIS**

520 O solvente acetato de etila (99,9% de pureza), a solução de Folin-Ciocalteu e os  
521 reagentes DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazil) e ABTS (2,2'-azinobis-(3-  
522 etilbenzotiazolina-6-sulfonato)) foram adquiridos da Sigma-Aldrich (Milwaukee, WI,  
523 EUA). A mistura de alcanos saturados de C<sub>9</sub>-C<sub>26</sub>, usada como marcadora de  
524 índice de retenção, foi adquirida da Supelco (Bellefonte, PA, EUA). Todos os  
525 demais reagentes e padrões apresentavam grau analítico. Óleos essenciais de  
526 referência foram adquiridos da empresa LASZLO: óleo essencial de erva-doce  
527 (*Pimpinella anisum*; código do produto: 002383; Egito; três frascos) e óleo  
528 essencial de funcho-doce (*Foeniculum vulgare*; código do produto: 002039;  
529 Espanha; três frascos).

530

### 531 **4.3. ISOLAMENTO DOS ÓLEOS ESSENCIAIS**

532 O isolamento dos óleos essenciais das amostras comerciais foi realizado  
533 por hidrodestilação em aparelho de Clevenger com pequenas modificações em  
534 relação ao processo descrito por Oliveira, Rocha & Moreira (2023). Os óleos  
535 essenciais foram isolados de 50 g de cada amostra, usando 1.000 mL de água

536 destilada em um processo de extração conduzido a uma temperatura de 100°C  
537 por duas horas. Os óleos essenciais foram extraídos do sistema com o auxílio de  
538 10 mL de acetato de etila. A água residual foi eliminada do extrato pela adição de  
539 sulfato de sódio anidro e o solvente (acetado de etila) com fluxo de gás nitrogênio  
540 industrial. Os óleos essenciais foram armazenados em *vials* âmbar de 1,5 mL  
541 de volume máximo a uma temperatura de cerca de -18°C até a realização das  
542 análises cromatográficas.

543

#### 544 **4.4. IDENTIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DOS CONSTITUINTES DOS** 545 **ÓLEOS ESSENCIAIS**

546 Para a quantificação dos compostos voláteis constituintes dos óleos  
547 essenciais (isolados ou adquiridos), as análises de cromatografia gasosa com  
548 detector de ionização em chamas (CG/DIC) foram realizadas em um cromatógrafo  
549 GC-2010Plus (Shimadzu, Japão). Os compostos voláteis foram separados em  
550 uma coluna capilar de sílica fundida (30 m x 0,25 mm d.i.) revestida de dimetil-poli-  
551 siloxano (100%), com espessura de filme de 0,25 µm (SPB-1, Supelco, EUA). A  
552 temperatura do forno cromatográfico foi programada para subir de 50°C a 200°C  
553 em uma taxa constante de 2°C/minuto. A temperatura de 200°C foi mantida por  
554 um minuto. Depois disso, a temperatura voltou a subir em uma taxa de  
555 10°C/minuto até a temperatura final de 230°C, onde permaneceu por mais um  
556 minuto. A temperatura do injetor foi fixada em 230°C, enquanto a temperatura do  
557 detector foi mantida em 240°C. O gás hélio foi usado como gás carreador em um  
558 fluxo de 1,0 mL minuto<sup>-1</sup>. As injeções dos óleos essenciais não diluídos (1 µL)  
559 foram realizadas em *split* de 1:100. Os índices de retenção dos compostos na  
560 coluna foram estimados pelo método de Kovats modificado (VAN DEN DOOL;  
561 KRATZ, 1963), com o auxílio da mistura de alcanos saturados mencionada  
562 anteriormente (1.000 µg mL<sup>-1</sup> de cada componente em hexano). As concentrações  
563 dos compostos voláteis dos óleos essenciais foram estimadas através do método  
564 de normalização de área.

565 Para a identificação dos constituintes dos óleos essenciais (isolados ou  
566 adquiridos), as análises foram desenvolvidas em um sistema de cromatografia

567 gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG/EM) do tipo GC-  
568 2010Plus/GCMS-QP2010 da Shimadzu (Japão). A coluna e as condições  
569 cromatográficas foram as mesmas descritas para as análises de CG/DIC. O  
570 espectrômetro de massas operou em uma voltagem de ionização de 70 eV,  
571 realizando varreduras nos fragmentos na faixa de 30 a 400 m/z, em ciclos de 3  
572 décimos de segundo. As temperaturas da fonte de íons e da interface com o CG  
573 foram mantidas em 240°C. Não houve necessidade de estabelecer tempo de corte  
574 para solvente, pois os óleos essenciais foram injetados puros. A identificação dos  
575 espectros de massas dos compostos em análise baseou-se na comparação com  
576 os dados contidos nas bibliotecas NIST12.lib e NIST62.lib, disponíveis no software  
577 gerenciador desse sistema de CG/EM. A identificação foi complementada pela  
578 comparação dos índices de Kovats calculados com aqueles disponíveis na  
579 literatura e com a coeluição com padrões de compostos voláteis disponíveis no  
580 laboratório.

581

#### 582 **4.5. DETERMINAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DOS ÓLEOS** 583 **ESSENCIAIS PELO ENSAIO COM DPPH**

584 A metodologia usada para a análise do potencial antioxidante pelo emprego  
585 do reagente DPPH foi a descrita por Souza et al., 2019. Os óleos essenciais foram  
586 diluídos em metanol nas seguintes concentrações: 10, 50, 100 e 200  $\mu\text{g mL}^{-1}$ . A  
587 atividade antioxidante foi determinada após a mistura de 167  $\mu\text{L}$  de cada solução  
588 com 1333  $\mu\text{L}$  de solução de trabalho de DPPH, com absorvância de  $0,800 \pm 0,05$   
589 (volume total de 1,5 mL). A absorvância foi mensurada em espectrofotômetro  
590 digital (EDUTECH EEQ-9023, Brasil) no comprimento de onda de 515 nm, após 60  
591 minutos de reação ao abrigo da luz. A  $CI_{50}$  (concentração de óleo essencial que  
592 reduz o conteúdo de radicais DPPH• em 50%) foi calculada através de uma curva  
593 de regressão linear. A solução de trabalho de DPPH foi feita a partir de uma  
594 solução estoque de DPPH ( $0,4 \text{ mg mL}^{-1}$ ). Ácido gálico e rutina foram utilizados  
595 como controles positivos.

596

597 **4.6. DETERMINAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DOS ÓLEOS**  
598 **ESSENCIAIS PELO ENSAIO COM ABTS**

599 A metodologia usada para a análise do potencial antioxidante pelo emprego  
600 do reagente ABTS baseou-se no trabalho de Rufino et al., 2007. Quatro soluções  
601 metanólicas (10, 50, 100 e 200  $\mu\text{g mL}^{-1}$ ) de cada óleo essencial foram usadas  
602 para a produção da curva de atividade antioxidante que viabilizou o cálculo da  
603  $\text{CI}_{50}$ . A atividade antioxidante foi determinada após a mistura e homogeneização  
604 de 80  $\mu\text{L}$  dessas soluções metanólicas com 720  $\mu\text{L}$  de solução etanólica do radical  
605 ABTS com absorvância de  $0,800 \pm 0,050$  (volume total de 800  $\mu\text{L}$ ). As  
606 absorvâncias foram registradas a 734 nm em um espectrofotômetro digital  
607 (EDUTECH, EEQ-9023, Brasil), após 15 minutos de incubação ao abrigo da luz. O  
608 Trolox foi utilizado como controle positivo.

609

610 **4.7. ANÁLISE ESTATÍSTICA**

611 Todas as análises estatísticas foram realizadas com o *software* Graph Pad  
612 Prism 6.0. Alguns dos parâmetros analisados foram inicialmente submetidos ao  
613 teste de normalidade de D'Agostino & Pearson. Para aqueles parâmetros que  
614 passaram no teste de normalidade, a existência de diferenças estatísticas  
615 significativas ( $p < 0,05$ ) entre os grupos foi avaliada pelo uso do test-t paramétrico  
616 com correção de Welch. Para aqueles parâmetros que não passaram no teste de  
617 normalidade, o teste não paramétrico de Mann-Whitney foi desenvolvido para  
618 verificar a existência de diferenças estatísticas significativas ( $p < 0,05$ ) entre os  
619 grupos. Os demais parâmetros passaram por uma análise de variância (One-Way  
620 ANOVA), com pós-teste de Tukey, para a avaliação da existência de diferenças  
621 estatísticas significativas ( $p < 0,05$ ) entre os grupos. Correlações entre os  
622 parâmetros analisados foram determinadas pelo emprego do teste do coeficiente  
623 de correlação de Pearson.

624

625 **5. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

626 Não foi observada diferença estatística significativa ( $p > 0,05$ ) (teste t  
627 paramétrico) entre os rendimentos de extração dos óleos essenciais provenientes

628 das amostras de sachês (0,91 - 1,13 g de óleo essencial por 100 g de amostra  
 629 seca de erva doce) e os rendimentos das amostras contidas nas embalagens de  
 630 polietileno (0,53 – 1,76 g de óleo essencial por 100 g de amostra seca) (Tabela 4).  
 631 Das dez amostras analisadas, seis foram indicadas em seus rótulos como  
 632 pertencentes à espécie *Pimpinella anisum* L., três não possuíam indicação da  
 633 espécie no rótulo e uma foi indicada como pertencente à espécie *Foeniculum*  
 634 *vulgare* Mill..  
 635

**Tabela 4: Rendimento percentual do processo de extração dos óleos essenciais das amostras comercializadas sob a designação de erva doce.**

Marca	Rendimento (%)
S1	0,91
S2	1,13
S3	0,91
SP1	0,91
SP2	0,98
SP3	1,46
SP4	1,76
SP5	1,28
SP6	1,48
SP7	0,53

S1– amostra comercial 1 de sachê com indicação de espécie *Pimpinella anisum* L.; S2 – amostra comercial 2 de sachê com indicação de espécie *Pimpinella anisum* L.; S3 – amostra comercial 3 de sachê com indicação de espécie *Foeniculum vulgare* Mill.; SP1 – amostra comercial 1 de embalagem de polietileno com indicação de espécie *Pimpinella anisum* L.; SP2 – amostra comercial 2 de embalagem de polietileno sem indicação de espécie; SP3 – amostra comercial 3 de embalagem de polietileno com indicação de espécie *Pimpinella anisum* L.; SP4 – amostra comercial 4 de embalagem de polietileno com indicação de espécie *Pimpinella anisum* L.; SP5 – amostra comercial 5 de embalagem de polietileno sem indicação de espécie; SP6 – amostra comercial 6 de embalagem de polietileno sem indicação de espécie; SP7 – amostra comercial 7 de embalagem de polietileno com indicação de espécie *Pimpinella anisum* L.

636  
 637 Os compostos voláteis identificados nos óleos essenciais das amostras  
 638 comercializadas sob a designação de erva-doce na cidade do Rio de Janeiro  
 639 estão listados nas Tabelas 5 e 6. Dos doze compostos identificados nesses óleos  
 640 essenciais, três são compostos terpênicos, dois são fenil propanoides e os demais  
 641 (sete) pertencem aos seguintes grupos funcionais: aldeídos (2 representantes),  
 642 hidrocarbonetos (1), ésteres (3) e ácidos graxos (1).  
 643

**Tabela 5: Compostos voláteis identificados nos óleos essenciais isolados das amostras comercializadas sob a designação de erva-doce na cidade do Rio de Janeiro.**

Compostos	IK	IK (NIST)	Concentração % no óleo essencial									
			S1	S2	S3	SP1	SP2	SP3	SP4	SP5	SP6	SP7
Isocineol <sup>(MO)</sup> b,c	1015	1012	nd	nd	0,69	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
D-Limoneno <sup>(M)</sup> a,b,c	1019	1018	nd	nd	6,08	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Estragol <sup>(FP)</sup> b,c	1173	1170	1,93	1,45	84,88	1,86	0,99	1,68	1,28	3,65	1,22	2,82
p-Anisalaldeído <sup>(A)</sup> b,c	1212	1211	1,22	nd	nd	0,97	0,67	0,72	1,02	4,21	1,14	4,14
3-Isopropilbenzalaldeído <sup>(A)</sup> b,c	1225	1230	0,30	0,25	nd	0,28	0,20	0,29	0,21	0,44	0,21	0,29
Anetol <sup>(FP)</sup> b,c	1259	1256	90,11	93,20	1,33	89,23	83,71	88,63	81,16	83,88	89,68	80,53
1S,2S,5R-1,4,4-Trimetiltriciclo[6.3.1.0(2,5)]-dodec-8(9)-eno <sup>(H)</sup> b,c	1460	1462	0,72	1,05	nd	0,78	1,12	0,85	0,99	0,75	0,71	1,27
Curcumeno <sup>(S)</sup> b,c	1480	1480	0,07	0,12	nd	0,10	0,22	0,13	0,21	0,06	0,14	0,08
2-Metóxi-4-(2-propenil)-fenil-2-metil-butirato <sup>(E)</sup> b,c	1805	1786	3,53	2,44	nd	3,39	7,27	3,84	5,05	3,95	4,46	6,40
4-Metóxi-2-(3-metiloxiranyl)fenil-2-metil-butirato <sup>(E)</sup> b,c	1852	1848	0,64	0,52	nd	0,67	2,25	0,82	1,16	0,67	0,91	1,15
Ácido hexadecanóico <sup>(AG)</sup> a,b,c	1953	1968	0,23	0,12	0,16	0,18	0,32	0,37	0,47	0,81	0,49	0,34
(Z,Z)-9,15-Octadecadienoato de metila <sup>(E)</sup> b,c	2113	2093	0,05	nd	nd	0,07	0,12	0,19	0,37	0,41	0,17	nd
<b>Total</b>			<b>98,80</b>	<b>99,15</b>	<b>93,14</b>	<b>97,53</b>	<b>96,87</b>	<b>97,52</b>	<b>91,92</b>	<b>98,83</b>	<b>99,13</b>	<b>97,02</b>

a - identificado por coeluição com compostos voláteis padrões; b - identificado pelos dados de espectrometria de massas; c - identificado pela comparação do índice de Kovats calculado com o índice de Kovats teórico (literatura); IK – índice de Kovats modificado (VAN DEN DOOL; KRATZ, 1963); IK (NIST) – índice de Kovats obtido do National Institute of Standards and Technology (NIST); S1 – amostra comercial 1 de sachê com indicação de espécie *Pimpinella anisum* L.; S2 – amostra comercial 2 de sachê com indicação de espécie *Pimpinella anisum* L.; S3 – amostra comercial 3 de sachê com indicação de espécie *Foeniculum vulgare* Mill.; SP1 – amostra comercial 1 de embalagem de polietileno com indicação de espécie *Pimpinella anisum* L.; SP2 – amostra comercial 2 de embalagem de polietileno sem indicação de espécie; SP3 – amostra comercial 3 de embalagem de polietileno com indicação de espécie *Pimpinella anisum* L.; SP4 – amostra comercial 4 de embalagem de polietileno com indicação de espécie *Pimpinella anisum* L.; SP5 – amostra comercial 5 de embalagem de polietileno sem indicação de espécie; SP6 – amostra comercial 6 de embalagem de polietileno sem indicação de espécie; SP7 – amostra comercial 7 de embalagem de polietileno com indicação de espécie *Pimpinella anisum* L.; nd – não detectado; M – Monoterpeno; MO – Monoterpeno oxigenado; FP – Fenil propanoide; A – Aldeído; H – Hidrocarboneto; S – Sesquiterpeno; E – Éster; AG – Ácido graxo.

645

646 Os 12 compostos apresentados na tabela 5 representaram 96,99% do teor  
 647 médio total dos óleos essenciais das amostras estudadas. O anetol foi o composto  
 648 majoritário do óleo essencial de nove dessas amostras (S1, S2, SP1, SP2, SP3,  
 649 SP4, SP5, SP6 e SP7). Analisando a Tabela 6, pode-se perceber que a  
 650 concentração média do anetol nesses óleos essenciais das amostras de sachês  
 651 [(91,66 ± 2,18) %] mostrou-se estatisticamente superior (p < 0,0001) à  
 652 concentração média desse composto nas amostras provenientes das embalagens  
 653 de polietileno [(85,26 ± 3,88) %]. No óleo essencial da amostra de sachê S3  
 654 (Tabela 5) esse composto não foi o majoritário, estando presente em uma

655 concentração relativamente baixa de 1,33%. Nessa amostra, o composto  
 656 majoritário foi o estragol (84,88%), um isômero de posição do anetol. Pela  
 657 avaliação das embalagens desses produtos comerciais, percebe-se que essa  
 658 amostra S3 é a única associada à espécie *Foeniculum vulgare* Mill.. Todas as  
 659 demais foram indicadas como pertencentes à espécie *Pimpinella anisum* L. (6  
 660 amostras) ou não foram relacionadas a nenhuma das duas espécies (amostras  
 661 SP2, SP5 e SP6). Apesar dessas três amostras não estarem com a espécie  
 662 identificada em seus rótulos, em função da semelhança de perfil com as amostras  
 663 comerciais identificadas como pertencentes à *Pimpinella anisum* L. e, também, da  
 664 maior semelhança com o perfil do óleo essencial de referência dessa mesma  
 665 espécie (Tabela 7), é muito provável que essas três amostras sejam da espécie  
 666 *Pimpinella anisum* L.. Isso mostra o potencial que a análise do perfil químico dos  
 667 óleos essenciais da erva doce tem para uso na diferenciação dessas duas  
 668 espécies (*Pimpinella anisum* L. x *Foeniculum vulgare* Mill.), com destaque, nesse  
 669 contexto, para os conteúdos de estragol e anetol desses óleos essenciais. O D-  
 670 limoneno também pode ser entendido como um potencial marcador químico capaz  
 671 de diferenciar essas duas espécies quando amostras de erva doce  
 672 comercializadas na cidade do Rio de Janeiro estão sendo analisadas.

673

**Tabela 6: Concentração % média dos compostos voláteis presentes nos óleos essenciais das amostras de *P. anisum* L. comercializadas em sachês ou em embalagens de polietileno.**

Compostos	IK	IKL (NIST)	Concentração % no óleo essencial	
			S1 e S2	SP1 - SP7
Estragol <sup>(FP)</sup> b,c	1173	1170	1,69 ± 0,34	1,9 ± 0,97
p-Anisaldeído <sup>(A)</sup> b,c	1212	1211	0,61 ± 0,86	1,84 ± 1,60
3-Isopropilbenzaldeído <sup>(A)</sup> b,c	1225	1230	0,28 ± 0,04	0,27 ± 0,08
Anetol <sup>(FP)</sup> b,c	1259	1256	91,66 ± 2,18****	85,26 ± 3,88****
1S,2S,5R-1,4,4-Trimetiltriciclo[6.3.1.0(2,5)]dodec-8(9)-eno <sup>(H)</sup> b,c	1460	1462	0,89 ± 0,23	0,92 ± 0,21
Curcumeno <sup>(S)</sup> b,c	1480	1480	0,10 ± 0,04	0,13 ± 0,06
2-Metóxi-4-(2-propenil)fenil-2-metil-butirato <sup>(E)</sup> b,c	1805	1786	2,99 ± 0,77	4,91 ± 1,44
4-Metóxi-2-(3-metiloxiranyl)fenil-2-metil-butirato <sup>(E)</sup> b,c	1852	1848	0,58 ± 0,08	1,09 ± 0,55
Ácido hexadecanoico <sup>(AG)</sup> a,b,c	1953	1968	0,18 ± 0,08	0,43 ± 0,20
(Z,Z)-9,15-Octadecadienoato de metila <sup>(E)</sup> b,c	2113	2093	0,03 ± 0,04	0,19 ± 0,15
Total			98,98 ± 0,25	96,97 ± 2,39

a - identificado por coeluição com compostos voláteis padrões; b - identificado pelos dados de espectrometria de massas; c - identificado pela comparação do índice de Kovats calculado com o índice de Kovats teórico (literatura); IK – índice de Kovats modificado (VAN DEN DOOL; KRATZ, 1963); IKL – índice de Kovats da literatura; FP – Fenil propanoide; A – Aldeído; H – Hidrocarboneto; S – Sesquiterpeno; E – Éster; AG – Ácido graxo; S1 – amostra comercial 1 de sachê com indicação de espécie *Pimpinella anisum* L.; S2 – amostra comercial 2 de sachê com indicação de espécie *Pimpinella anisum* L.; S3 – amostra comercial 3 de sachê com indicação de

espécie *Foeniculum vulgare* Mill.; SP1 – amostra comercial 1 de embalagem de polietileno com indicação de espécie *Pimpinella anisum* L.; SP2 – amostra comercial 2 de embalagem de polietileno sem indicação de espécie; SP3 – amostra comercial 3 de embalagem de polietileno com indicação de espécie *Pimpinella anisum* L.; SP4 – amostra comercial 4 de embalagem de polietileno com indicação de espécie *Pimpinella anisum* L.; SP5 – amostra comercial 5 de embalagem de polietileno sem indicação de espécie; SP6 – amostra comercial 6 de embalagem de polietileno sem indicação de espécie; SP7 – amostra comercial 7 de embalagem de polietileno com indicação de espécie *Pimpinella anisum* L.; \*\*\*\* -  $p < 0,0001$ .

674

675 Óleos essenciais adquiridos da empresa LASZLO foram utilizados como  
676 padrões de referência para cada uma das espécies de erva doce em estudo. No  
677 óleo essencial de referência da *P. anisum* L. foram identificados 13 compostos  
678 químicos, enquanto que no óleo essencial de referência da espécie *F. vulgare* Mill.  
679 apenas 12 compostos químicos foram detectados. Esses óleos essenciais usados  
680 como referência apresentaram perfis químicos distintos. Dos vinte e um  
681 compostos identificados pela análise dos dois óleos essenciais, apenas quatro  
682 estavam presentes em ambas as matrizes: D-limoneno, estragol, p-anisaldeído e  
683 anetol. Desses, apenas o D-limoneno e o anetol diferiram de forma  
684 estatisticamente significativa ( $p < 0,0001$ ) com relação aos seus teores em cada  
685 um desses óleos essenciais. A razão  $q$  (trans-anetol/estragol) foi mais elevada  
686 para os óleos essenciais de referência da espécie *P. anisum* L. ( $q = 50,75$ ) do que  
687 para os óleos essenciais de referência da espécie *F. vulgare* Mill. ( $q = 17,28$ ).  
688 Esse comportamento se repetiu com as amostras comerciais. A razão trans-  
689 anetol/estragol para as amostras comerciais classificadas como pertencentes à  
690 espécie *Pimpinella anisum* L. foi de 49,88, bem próxima à obtida para os óleos de  
691 referência dessa espécie. O valor de  $q$  para a única amostra comercial  
692 classificada como *Foeniculum vulgare* Mill. foi de 0,016, mantendo um  
693 comportamento de diminuição quando comparado ao valor de  $q$  das amostras de  
694 *P. anisum* L.. O D-limoneno estava presente no óleo essencial de referência da  
695 espécie *F. vulgare* Mill. (12,91%) em uma concentração aproximadamente 645  
696 vezes superior à concentração encontrada para esse composto no óleo essencial  
697 de referência da espécie *P. anisum* L. (0,02%). Nas amostras comerciais esse  
698 composto não foi detectado em nenhuma das amostras classificadas pelo  
699 presente estudo como pertencentes à *P. anisum* L. (Tabela 5). O  $\alpha$ -pineno foi  
700 encontrado apenas no óleo essencial de referência da espécie *F. vulgare* Mill.  
701 [(8,16  $\pm$  0,40) %]. Há algumas diferenças entre os óleos essenciais de referência



702 de cada espécie (*P. anisum* L. e *F. vulgare* Mill.) e os óleos essenciais obtidos das  
 703 amostras comercializadas na cidade do Rio de Janeiro. Essas diferenças podem  
 704 ser explicadas, por exemplo, pela diferença de origem das amostras (Egito,  
 705 Espanha e Rio de Janeiro).

706

**Tabela 7: Perfil químico dos óleos essenciais de referência para as espécies *Pimpinella anisum* L. e *Foeniculum vulgare* Mill.**

Compostos	IK	IK (NIST)	Concentração % nos óleos essenciais (Med ± DP)	
			<i>P. anisum</i> L.	<i>F. vulgare</i> Mill.
$\alpha$ -Tujeno <sup>(M)b,c</sup>	917	921	---	0,03 ± 0,00
$\alpha$ -Pineno <sup>(M)b,c</sup>	924	926	---	8,16 ± 0,40
Canfeno <sup>(M)b,c</sup>	934	934	---	0,06 ± 0,00
$\beta$ -Pineno <sup>(M)b,c</sup>	960	966	---	0,08 ± 0,00
$\beta$ -Mirceno <sup>(M)b,c</sup>	979	980	---	0,24 ± 0,04
$\alpha$ -Felandreno <sup>(M)b,c</sup>	991	992	---	0,36 ± 0,04
o-Cimeno <sup>(M)b,c</sup>	1007	1009	---	0,15 ± 0,00
D-Limoneno <sup>(M)a,b,c</sup>	1018	1017	0,02 ± 0,00 <sup>d</sup>	12,68 ± 0,33 <sup>d</sup>
Fenchona <sup>(MO)b,c</sup>	1060	1057	---	2,88 ± 0,16
$\beta$ -Linalol <sup>(MO)b,c</sup>	1083	1083	1,45 ± 0,02	---
$\alpha$ -Terpineol <sup>(MO)b,c</sup>	1166	1166	0,79 ± 0,01	---
Estragol <sup>(FP)b,c</sup>	1171	1170	1,82 ± 0,01	3,82 ± 0,10
p-Anisalaldeído <sup>(A)b,c</sup>	1212	1213	1,23 ± 0,06	2,33 ± 0,22
Anetol <sup>(FP)b,c</sup>	1270	1270	91,88 ± 0,04 <sup>e</sup>	66,02 ± 1,73 <sup>e</sup>
$\alpha$ -Bergamoteno <sup>(S)b,c</sup>	1400	1398	0,04 ± 0,00	---
$\beta$ -Bergamoteno <sup>(S)b,c</sup>	1423	1424	0,04 ± 0,00	---
$\alpha$ -Himachaleno <sup>(S)b,c</sup>	1428	1428	0,10 ± 0,01	---
Germacreno D <sup>(S)b,c</sup>	1459	1458	0,07 ± 0,06	---
$\alpha$ -Curcumeno <sup>(S)b,c</sup>	1462	1464	0,11 ± 0,03	---
$\beta$ -Bisaboleno <sup>(S)b,c</sup>	1493	1494	0,13 ± 0,01	---
4-Metóxi-2-(3-metil-2-oxiranyl)fenil-2-metilbutirato <sup>(E)b,c</sup>	1849	1848	0,10 ± 0,01	---
Total			97,36	96,80

a - identificado por coeluição com compostos voláteis padrões; b - identificado pelos dados de espectrometria de massas; c - identificado pela comparação do índice de Kovats calculado com o índice de Kovats teórico (literatura); IK – índice de Kovats modificado (VAN DEN DOOL; KRATZ, 1963); IK (NIST) – índice de Kovats da literatura; Med – Média; DP – Desvio padrão; M – Monoterpeno; MO – Monoterpeno oxigenado; FP – Fenil propanoide; A – Aldeído; S – Sesquiterpeno; E – Éster; d - p < 0,0001; e - p < 0,0001.

707

708 O trans-anetol e o p-anisalaldeído possuem aromas tipo anis. O estragol  
 709 também possui um odor tipo anis e de alcaçuz. O trans-anetol já foi associado a  
 710 limiares de odor (ou limites de detecção de odor) em água de 15 e 73  $\mu\text{g L}^{-1}$ ,  
 711 enquanto o p-anisalaldeído possui um limiar de odor em água de 47  $\mu\text{g L}^{-1}$ . Limiares  
 712 de odor em água de 6,0 e 16  $\mu\text{g L}^{-1}$  já foram atribuídos ao estragol (CABAROGLU  
 713 & YILMAZTEKIN, 2011; MARIANO et al., 2019; CZERNY et al., 2008). Quanto

714 menor o limite de detecção de odor de um composto pelo olfato humano, maior  
715 será seu potencial para influenciar o aroma da matriz na qual está contido. Por  
716 conta do seu limite de detecção de odor baixo e de suas concentrações nos óleos  
717 essenciais, o anetol parece ser o principal composto responsável pelo aroma de  
718 anis das amostras S1, S2, SP1, SP2, SP3, SP4, SP5, SP6 e SP7. Apesar de estar  
719 em uma concentração relativamente menor nessas amostras, o estragol também  
720 deve contribuir para o aroma de anis das mesmas. Por último, o p-anisaldeído  
721 também pode ser considerado um composto de impacto para o aroma de anis de  
722 algumas dessas amostras (CABAROGLU & YILMAZTEKIN, 2011). No caso da  
723 amostra S3, devemos destacar o estragol como principal responsável por seu  
724 aroma de anis. Entretanto, a contribuição odorífera do anetol não deve ser  
725 desprezada.

726 Os valores de  $CI_{50(DPPH)}$  e  $CI_{50(ABTS)}$  dos óleos essenciais isolados das  
727 amostras comercializadas na cidade do Rio de Janeiro sob a designação de erva  
728 doce são apresentados na Tabela 8. O  $CI_{50}$  deve ser entendido como a  
729 concentração de óleo essencial capaz de reduzir os radicais livres DPPH·ou ABTS  
730 em 50%. Dessa forma, quanto menor o valor de  $CI_{50}$ , maior será o potencial  
731 antioxidante da substância ou do produto em análise. Não houve diferença  
732 estatística significativa ( $p > 0,05$ ) entre o valor médio de  $CI_{50(DPPH)}$  dos óleos  
733 essenciais de *Pimpinella anisum* L. isolados das amostras de sachês e o valor  
734 médio de  $CI_{50(DPPH)}$  dos óleos essenciais dessa mesma espécie isolados das  
735 amostras de sacos de polietileno. O mesmo comportamento foi observado quando  
736 os valores de  $CI_{50(ABTS)}$  dos óleos essenciais provenientes das amostras de sachês  
737 e de sacos de polietileno dessa espécie (*P. anisum* L.) foram comparados. O teste  
738 de correlação de Pearson produziu coeficientes de correlação negativos elevados  
739 e estatisticamente significativos ( $r = - 0,9443$ ;  $p = 0,0001$ ) apenas quando os  
740 valores de  $CI_{50(ABTS)}$  foram associados aos somatórios dos teores de vários dos  
741 compostos presentes nos óleos essenciais das amostras comerciais de *P. anisum*  
742 L. Por exemplo, o coeficiente de correlação ( $r$ ) entre o  $CI_{50(ABTS)}$  e o somatório dos  
743 teores dos compostos estragol, p-anisaldeído, 3-isopropilbenzaldeído, anetol,  
744 1S,2S,5R-1,4,4-Trimetiltriciclo[6.3.1.0(2,5)]-dodec-8(9)-eno, curcumeno e 2-

745 metóxi-4-(2-propenil)-fenil-2-metil-butirato das amostras foi de -0,863 ( $p = 0,003$ ).  
 746 Acrescentando ao grupo o 4-metóxi-2-(3-metiloxiranil)fenil-2-metil-butirato, o valor  
 747 de  $r$  foi para  $-0,921$  ( $p = 0,0004$ ); acrescentando o ácido hexadecanóico obteve-  
 748 se  $r = -0,938$  ( $p = 0,0002$ ). Considerando a concentração de todos os compostos  
 749 identificados, ou seja, adicionando-se ao grupo o (Z,Z)-9,15-Octadecadienoato de  
 750 metila, obteve-se um  $r = -0,944$  ( $p = 0,0001$ ). Isso pode indicar que o potencial  
 751 antioxidante desses óleos essenciais não está associado a apenas um ou dois  
 752 dos compostos majoritários presentes nessas matrizes; nas amostras da espécie  
 753 *P. anisum* L., esse potencial antioxidante deve ser entendido como resultado da  
 754 contribuição sinérgica de vários dos compostos identificados (Tabela 2).  
 755

**Tabela 8 – Capacidade antioxidante dos óleos essenciais isolados das amostras comerciais vendidas sob a designação de erva doce.**

Análises	S1	S2	S3	SP1	SP2	SP3	SP4	SP5	SP6	SP7
CI <sub>50</sub> (DPPH) ( $\mu\text{g mL}^{-1}$ )	148,4	95,41	135,29	91,37	76,62	39,13	112,41	191,08	197,47	51,94
CI <sub>50</sub> (DPPH) médio ( $\mu\text{g mL}^{-1}$ )	121,91 $\pm$ 37,47		135,29	108,57 $\pm$ 63,34						
CI <sub>50</sub> (ABTS) ( $\mu\text{g mL}^{-1}$ )	41,34	28,99	83,63	72,55	35,37	35,69	189,07	15,59	26,48	66,88
CI <sub>50</sub> (ABTS) médio ( $\mu\text{g mL}^{-1}$ )	35,17 $\pm$ 8,73		83,63	63,09 $\pm$ 59,29						

CI<sub>50</sub> – concentração de um antioxidante capaz de neutralizar 50% dos radicais livres DPPH ou ABTS. S1– amostra comercial 1 de sachê com indicação de espécie *Pimpinella anisum* L.; S2 – amostra comercial 2 de sachê com indicação de espécie *Pimpinella anisum* L.; S3 – amostra comercial 3 de sachê com indicação de espécie *Foeniculum vulgare* Mill.; SP1 – amostra comercial 1 de embalagem de polietileno com indicação de espécie *Pimpinella anisum* L.; SP2 – amostra comercial 2 de embalagem de polietileno sem indicação de espécie; SP3 – amostra comercial 3 de embalagem de polietileno com indicação de espécie *Pimpinella anisum* L.; SP4 – amostra comercial 4 de embalagem de polietileno com indicação de espécie *Pimpinella anisum* L.; SP5 – amostra comercial 5 de embalagem de polietileno sem indicação de espécie; SP6 – amostra comercial 6 de embalagem de polietileno sem indicação de espécie; SP7 – amostra comercial 7 de embalagem de polietileno com indicação de espécie *Pimpinella anisum* L. Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre as amostras com relação aos parâmetros avaliados.

756

757 Também não houve diferença estatística significativa ( $p > 0,05$ ) entre os  
 758 valores de CI<sub>50</sub>(DPPH) ou CI<sub>50</sub>(ABTS) quando os óleos essenciais isolados das  
 759 amostras comerciais de *P. anisum* L. foram comparados com os óleos essenciais  
 760 de referência para essa espécie (Tabela 9). A análise dessa última tabela mostra  
 761 que não há diferença estatística significativa ( $p > 0,05$ ) entre os potenciais  
 762 antioxidantes dos óleos essenciais de ambas as espécies, independente da forma  
 763 como eles foram medidos (DPPH ou ABTS).

764

**Tabela 9 – Capacidade antioxidante dos óleos essenciais de referência das espécies *P. anisum* L. e *F. vulgare* Mill..**

Análises	<i>P. anisum</i> L.	<i>F. vulgare</i> Mill.
CI <sub>50</sub> (DPPH) médio (µg mL <sup>-1</sup> )	180,71 ± 54,16	209,19 ± 6,97
CI <sub>50</sub> (ABTS) médio (µg mL <sup>-1</sup> )	38,48 ± 16,98	50,91 ± 8,26

CI<sub>50</sub> – concentração de um antioxidante capaz de neutralizar 50% dos radicais livres *DPPH* ou *ABTS*. Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os óleos essenciais de referência com relação aos parâmetros avaliados.

766

767 Os resultados de CI<sub>50</sub>(DPPH) obtidos para os padrões de rutina e ácido gálico  
 768 foram 93 µg mL<sup>-1</sup> e 8,5 µg mL<sup>-1</sup>, respectivamente (OLIVEIRA, ROCHA &  
 769 MOREIRA, 2023). A maioria dos óleos essenciais analisados no presente estudo,  
 770 isolados das amostras comerciais ou adquiridos da LASZLO, parecem ser  
 771 antioxidantes menos poderosos do que a rutina. Também não há dúvidas de que  
 772 o ácido gálico se destaca como um antioxidante mais forte do que todos esses  
 773 óleos essenciais analisados. O valor de CI<sub>50</sub>(ABTS) do Trolox foi estimado em 28 µg  
 774 mL<sup>-1</sup> (MARQUES, MOREIRA & AYRES, 2022). A maioria dos óleos essenciais  
 775 analisados no presente estudo parece ter um potencial antioxidante um pouco  
 776 menor do que o apresentado pelo Trolox.

777 No trabalho de Ouis & Hariri (2021), o valor médio de CI<sub>50</sub>(DPPH) encontrado  
 778 para o óleo essencial de *Pimpinella anisum* L. foi de (118 ± 1,5) µg mL<sup>-1</sup>. Os  
 779 valores médios de CI<sub>50</sub>(DPPH) encontrados no presente estudo estão próximos  
 780 desse valor médio encontrado por Ouis & Hariri em 2021, principalmente no caso  
 781 dos óleos essenciais isolados das amostras comerciais de *P. Anisum* L..  
 782 Analisando os resultados de CI<sub>50</sub>(DPPH) do óleo de referência dessa espécie, a  
 783 diferença com os dados de Ouis & Hariri (2021) mostrou-se maior.

784

## 785 6. CONCLUSÕES

786 Os perfis químicos dos óleos essenciais das amostras de erva doce  
 787 comercializadas na cidade do Rio de Janeiro foram elucidados, pelo menos de  
 788 forma parcial. O uso da composição química desses óleos essenciais como  
 789 ferramenta para avaliar a autenticidade e a espécie de erva doce que está sendo  
 790 comercializada parece ter potencial. Nesse contexto, destacam-se os compostos

791 orgânicos voláteis estragol, anetol e D-limoneno. A maioria das amostras  
792 selecionadas para o estudo parece pertencer à espécie *P. Anisum* L.. Apenas uma  
793 das amostras foi caracterizada como pertencente à espécie *Foeniculum vulgare*  
794 Mill.. O anetol parece ser o principal composto orgânico volátil responsável pelo  
795 aroma das amostras comerciais de erva doce pertencentes à espécie *P. Anisum*  
796 L., enquanto o estragol parece ser o composto de odor ativo mais importante para  
797 a amostra comercial associada à espécie *F. vulgare* Mill.. É possível que o p-  
798 anisaldeído contribua de forma relevante para o aroma de algumas das amostras  
799 analisadas. Os óleos essenciais das amostras comerciais de *P. anisum* L. não  
800 diferiram estatisticamente com relação ao seu potencial antioxidante, que parece  
801 ser resultado da contribuição sinérgica de vários de seus compostos orgânicos  
802 voláteis constituintes.

803

## 804 **7. AGRADECIMENTOS**

805 Os autores agradecem o suporte financeiro da UNIRIO e das seguintes  
806 agências de fomento à pesquisa: CAPES, FAPERJ e CNPq.

807

## 808 **8. REFERÊNCIAS**

809 - Asadollahpoor A, Abdollahi M, Rahimi R. *Pimpinella anisum* L. fruit: Chemical  
810 composition and effect on rat model of nonalcoholic fatty liver disease. *Journal of*  
811 *Research in Medical Science*. 2017; 22, 37.

812

813 - Bashir A et al. Fenchone, a monoterpene: toxicity and diuretic profiling in rats.  
814 *Frontiers in Pharmacology*. 2023; 14, 1119360.

815

816 - Bergau N et al. Bioactivation of estragole and anethole leads to common adducts  
817 in DNA and hemoglobina. *Food and Chemical Toxicology*. 2021; 153, 112253.

818

819 - Buttery RC et al. California Bay Oil. I. Constituents, Odor Properties. *Journal of*  
820 *Agricultural and Food Chemistry*. 1974; 22(5): 773-777.

821

- 822 - Cabaroglu T, Yilmaztekin M. Methanol and Major Volatile Compounds of Turkish  
823 Raki and Effect of Distillate Source. Journal of the Institute of Brewing. 2011;  
824 117(1): 98–105.
- 825
- 826 - Carvalho ACB, Branco PF, Fernandes LA, Marques RFO, Cunha SC, Perfeito  
827 JPS. Regulação Brasileira em Plantas Medicinais e Fitoterápicos. Revista Fitos.  
828 2012; 7(1): 5–16.
- 829
- 830 - Carvalho LM et al. Caracterização da produtividade do funcho (*Foeniculum*  
831 *vulgare* Mill.) no sertão de Sergipe. Revista Brasileira de Plantas Medicinais. 2011;  
832 13: 527–532.
- 833
- 834 - Catanzaro I et al. Genomic instability induced by alpha-pinene in Chinese  
835 hamster cell line. Mutagenesis. 2012; 27: 463–469.
- 836
- 837 - Chagas ACS et al. Acaricide effect of *Eucalyptus spp* essential oils and  
838 concentrated emulsion on *Boophilus microplus*. Brazilian Journal of Veterinary  
839 Research and Animal Science. 2002; 39(5): 247–253.
- 840
- 841 - Chantraine JM et al. A. Insecticidal activity of essential oils on *Aedes aegypti*  
842 larvae. Phytotherapy Research. 1998; 12(5): 350-354.
- 843
- 844 - Charles DJ. Antioxidant properties of spices, herbs and other sources. Frontier  
845 Natural Products Co-op, Norway, IA (USA): Springer; 2013.
- 846
- 847 - Cheng S et al. Chemical composition and mosquito larvicidal activity of essential  
848 oils from leaves of different *Cinnamomum osmophloeum* provenances. Journal of  
849 Agricultural and Food Chemistry. 2004; 52: 4395-4400.
- 850
- 851 - Choi E, HWANG J. Antiinflammatory, analgesic and antioxidant activities of the  
852 fruit of *Foeniculum vulgare*. Fitoterapia. 2004; 75: 557-565.

853

854 - Choi H-J. Chemical constituents of essential oils possessing anti-influenza  
855 A/WS/33 virus activity. *Osong Public Health and Research Perspectives*. 2018;  
856 9(6): 348–353.

857

858 - Conti B et al. Essential oil composition and larvicidal activity of six Mediterranean  
859 aromatic plants against the mosquito *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae).  
860 *Parasitology Research*. 2010; 107(6): 1455-1461.

861

862 - Czerny M, Christlbauer M, Christlbauer M, Fischer A, Granvogl M, Hammer M,  
863 Hartl C, Hernandez NM, Schieberle P. Re-investigation on odour thresholds of key  
864 food aroma compounds and development of an aroma language based on odour  
865 qualities of defined aqueous odorant solutions. *European Food Research and*  
866 *Technology*. 2008; 228: 265–273.

867

868 - Damayanti A, Setyawan E. Essential Oil Extraction of Fennel Seed (*Foeniculum*  
869 *vulgare*) Using Steam Distillation. *International Journal of Science and*  
870 *Engineering*. 2012; 3(2): 12-14.

871

872 - De Paula JP, Gomes-Carneiro MR, Paumgarten FJR. Chemical composition,  
873 toxicity and mosquito repellency of *Ocimum selloi* oil. *Journal of*  
874 *Ethnopharmacology*. 2003; 88(2-3): 253-260.

875

876 - El-Kersh DM et al. GC-MS metabolites profiling of anethole-rich oils by different  
877 extraction techniques: antioxidant, cytotoxicity and *in-silico* enzymes inhibitory  
878 insights. *Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry*. 2022; 37(1): 1974–  
879 1986.

880

881 - Fahal AH. Mycetoma thorn on the flesh. *Transactions of the Royal Society of*  
882 *Tropical Medicine and Hygiene*. 2004; 98: 3–11.

883

884 - FAO: Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura; FAO  
885 [Internet]; 2016. Disponível em: [http://www.fao.org/brasil/noticias/detail-](http://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/pt/c/1037611/)  
886 [events/pt/c/1037611/](http://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/pt/c/1037611/). Acesso em: 24 nov. 2023.

887

888 - Fitsiou E et al. Phytochemical Profile and Evaluation of the Biological Activities of  
889 Essential Oils Derived from the Greek Aromatic Plant Species *Ocimum basilicum*,  
890 *Mentha spicata*, *Pimpinella anisum* and *Fortunella margarita*. *Molecules*. 2016;  
891 21(8): 1069.

892

893 - He W, Huang B. A review of chemistry and bioactivities of a medicinal spice:  
894 *Foeniculum vulgare*. *Journal of Medicinal Plants Research*. 2011; 5(16): 3595–  
895 3600.

896

897 - Heldt HW, Piechulla B. *Plant Biochemistry*. 4th ed. Amsterdam: Elsevier; 2011.

898

899 - Jameson CW. Toxicology and Carcinogenesis Studies of d-Limonene (CAS No.  
900 5989-27-5) in F344/N Rats and B6C3F1 Mice (Gavage Studies). USA: National  
901 Toxicology Program Technical Report Series. 1990; 347: 1–165.

902

903 - Jomaa S et al. The cytotoxic effect of essential oil of Syrian citrus limon peel on  
904 human colorectal carcinoma cell Line (Lim1863). *Middle East Journal of Cancer*.  
905 2012; 3(1): 15 – 21.

906

907 - Júnior MRM, Pastore GM. Biotransformação de limoneno: uma revisão das  
908 principais rotas metabólicas. *Química Nova*. 2007; 30(2): 382-387.

909

910 - Lastra-barreira B, CROCHET P. Ruthenium-catalyzed estragole isomerization:  
911 high trans-selective formation of anethole. *Green Chemistry*. 2010; 12: 1311-1314.

912



913 - Leite AM et al. Inhibitory effect of  $\beta$ -pinene,  $\alpha$ -pinene and eugenol on the growth  
914 of potential infectious endocarditis causing Gram-positive bacteria. Revista  
915 Brasileira de Ciências Farmacêuticas. 2007; 43(1): 121–126.

916

917 - Li J, Hu H, Chen Y, Xie J, Li J, Zeng T, Wang M, Luo J, Zheng R, Jongsma MA,  
918 Wang C. Tissue specificity of (E)- $\beta$ -farnesene and germacrene D accumulation in  
919 pyrethrum flowers. Phytochemistry. 2021; 187: 112768.

920

921 - Lin FSD. Trans-anethole. In: Joint FAO/WHO Expert Committee on Food  
922 Additives. Toxicological evaluation of certain food additives and contaminants.  
923 WHO Food Additives Series 28. WHO Geneva. 1991, p. 135-152.

924

925 - Lorenzi H, Matos FJA. Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas. 2ª ed.  
926 Nova Odessa (SP): Instituto Plantarum; 2008.

927

928 - Mahdavi V, Hosseini SE, Sharifan A. Effect of edible chitosan film enriched with  
929 anise (*Pimpinella anisum* L.) essential oil on shelf life and quality of the chicken  
930 burger. Food Science & Nutrition. 2018; 6: 269–279.

931

932 - Mahendra MY et al. Estragole: A review of its pharmacology, effect on animal  
933 health and performance, toxicology, and market regulatory issues. Iraqi Journal of  
934 Veterinary Sciences. 2023; 37(2): 537–546.

935

936 - Mariano XM, Souza WFM, Rocha CB, Moreira RFA. Bioactive volatile fraction of  
937 Chilean boldo (*Peumus boldus* Molina) – an Overview. Journal of Essential Oil  
938 Research. 2019; 31(6): 474–486.

939

940 - Marinov V, Valcheva-Kuzmanova S. Review on the pharmacological activities of  
941 anethole. Scripta Scientifica Pharmaceutica. 2015; 2(2): 14–19.

942

943 - Marques TS, Moreira RFA, Ayres EMM. Characterization of the essential oils  
944 from leaves of different sweet potato cultivars grown in Brazil. South African  
945 Journal of Botany. 2022; 144: 18–22.  
946

947 - Miller JA et al. d-Limonene: a bioactive food component from citrus and evidence  
948 for a potential role in breast cancer prevention and treatment. Oncology Review.  
949 2010; 5: 31–42.  
950

951 - Mimica-Dukić N et al. Essential oils composition and antifungal activity of *F.*  
952 *vulgare* Mill. obtained by different distillation conditions. Phytotherapy Research.  
953 2003; 17(4): . 368-371, 2003.  
954

955 - Mookdasanit J et al. Trace Volatile Components in Essential Oil of *Citrus sudachi*  
956 by Means of Modified Solvent Extraction Method, Food Science and Technology  
957 Research. 2003; 9(1): 54–61.  
958

959 - Mota AS et al. Antimicrobial Activity and Chemical Composition of the Essential  
960 Oils of Portuguese *Foeniculum vulgare* Fruits. Natural Product Communications.  
961 2015; 10(4): 673– 676.  
962

963 - Noreen S et al. Pharmacological, nutraceutical, functional and therapeutic  
964 properties of fennel (*Foeniculum vulgare*). International Journal of Food Properties.  
965 2023; 26(1): 915–927.  
966

967 - Oliveira DA, Rocha CB, Moreira RFA. Evaluation of the essential oils and teas  
968 produced from the Bahia and Pará cocoa almond husks. Scientia Plena.  
969 2023;.19(1): 011502.  
970

971 - Ouis N, Hariri A. Chemical analysis, antioxidant and antibacterial activities of  
972 aniseeds essential oil. Agric. Conspec. Sci. 2021; 86(4): 337–348.  
973

974 - Pessoa MLS et al. Antifungal activity and antidiarrheal activity via antimotility  
975 mechanisms of (-)-fenchone in experimental models. World Journal of  
976 Gastroenterology. 2020; 26(43): 6795–6809.  
977

978 - Ponte EL et al. Comparative study of the anti-edematogenic effects of anethole  
979 and estragole. Pharmacological Reports. 2012; 64: 984-990.  
980

981 - Prins CL, Lemos CSL, Freitas SP. Efeito do tempo de extração sobre a  
982 composição e o rendimento do óleo essencial de alecrim (*Rosmarinus officinalis*).  
983 Revista Brasileira de Plantas Mediciniais. 2006; 8(4): 92-95.  
984

985 - Raal A, Orav A, Arak E. Essential oil composition of *Foeniculum vulgare* Mill.  
986 fruits from pharmacies in different countries. Natural Product Research. 2012;  
987 26(13): 1173–1178.  
988

989 - Rebey IB et al. Comparative assessment of phytochemical profiles and  
990 antioxidant properties of Tunisian and Egyptian anise (*Pimpinella anisum* L.)  
991 seeds. Plant Biosystems. 2018; 152(5): 971–978.  
992

993 - Rohman F, Putra WE. The bioinformatics perspective of *Foeniculum vulgare*  
994 fruit's bioactive compounds as natural anti-hyperglycemic against alpha-  
995 glucosidase. Biodiversitas. 2021; 22(1): 79-84.  
996

997 - Rolim TL et al. Toxicity and antitumor potential of *Mesosphaerum sidifolium*  
998 (Lamiaceae) oil and fenchone, its major componente. BMC Complementary and  
999 Alternative Medicine. 2017; 17: 347.  
1000

1001 - Ruberto G et al. Antioxidant and antimicrobial activity of *Foniculum vulgare* and  
1002 *Crithmum maritimum* essential oils. Planta Medica. 2000; 66(8): 687-693.  
1003

1004 - Rufino MSM, Alves RE, Brito ES, Morais SM, Sampaio CG, Pérez-Jiménez J,  
1005 Saura-Calixto FD. 2007. Metodologia Científica: Determinação da Atividade  
1006 Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre ABTS +. Comunicado  
1007 Técnico, 128. 1ª edição on line. Ministério da Agricultura, Pecuária e  
1008 Abastecimento.  
1009  
1010 - Salami M, Rahimmalek M, Ehtemam MH. Comprehensive research on essential  
1011 oil and phenolic variation in different *Foeniculum vulgare* populations during  
1012 transition from vegetative to reproductive stage. Chemistry & Biodiversity. 2017;  
1013 14(2): 10.1002/cbdv.201600246.  
1014  
1015 - Santos JM, Abrantes SMP. Presença de matérias estranhas em erva-doce,  
1016 *Pimpinella anisum* L. Vigilância Sanitária em Debate: Sociedade, Ciência &  
1017 Tecnologia. 2015; 3(4): 120-127.  
1018  
1019 - Schulte-Hubbert R et al. Estragole: DNA adduct formation in primary rat  
1020 hepatocytes and genotoxic potential in HepG2-CYP1A2 cells. Toxicology. 2020;  
1021 444: 152566.  
1022  
1023 - Sharma A, Shahzad B, Rehman A, Bhardwaj R, Landi M, Zheng B. Response of  
1024 phenylpropanoid pathway and the role of polyphenols in plants under abiotic  
1025 stress. Molecules. 2019; 24: 2452.  
1026  
1027 - Singh B, Kale RK. Chemomodulatory action of *Foeniculum vulgare* (Fennel) on  
1028 skin and for estomach papillomagenesis, enzymes associated with xenobiotic  
1029 metabolism and antioxidant status in murine model system. Food and Chemical  
1030 Toxicology. 2008; 46: 3842–3850.  
1031  
1032 - Singh G et al. Chemical constituents, antifungal and antioxidative potential of *F.*  
1033 *vulgare* volatile oil and its acetone extract. Food Control. 2006; 17(9): 745-752.  
1034

1035 - Souza WFM, Mariano XM, Isnard JL, Souza GS, Gomes ALS, Carvalho RJT,  
1036 Rocha CB, Junior CLS, Moreira RFA. Evaluation of the volatile composition,  
1037 toxicological and antioxidant potentials of the essential oils and teas of commercial  
1038 Chilean boldo samples. *Food Res. Int.* 2019; 124: 27-33.

1039

1040 - Stojkovic D et al. Susceptibility of three clinical isolates of *Actinomadura madurae*  
1041 to  $\alpha$ -pinene, the bioactive agent of *Pinus pinaster* turpentine oil. *Archives of*  
1042 *Biological Sciences.* 2008; 60(4): 697–701.

1043

1044 - Sun J. d-Limonene: safety and clinical applications. *Alternative Medicine Review.*  
1045 2007; 12(3): 259–264.

1046

1047 - Tamura H, Padrayuttawat A, Tokunaga T. Seasonal change of volatile  
1048 compounds of *Citrus sudachi* during maturation. *Food Science and Technology*  
1049 *Research.* 1999; 5(2): 156–160.

1050

1051 - Teixeira IEA-Z et al. A fração volátil da camomila alemã (*Matricaria recutita* L.).  
1052 *Research, Society and Development.* 2020; 9(7): e18973510.

1053

1054 - Tsuda H et al. Cancer prevention by natural compounds. *Drug Metabolism and*  
1055 *Pharmacokinetics.* 2004; 19(4): 245–263.

1056

1057 - Van Den Dool H, Kratz PD. A generalization of the retention index system  
1058 including linear temperature programmed gas—Liquid partition chromatography. *J.*  
1059 *Chromatogr. A.* 1963; 11: 463–471.

1060

1061 - Vieira JN et al. Chemical composition of essential oils from the Apiaceae family,  
1062 cytotoxicity, and their antifungal activity *in vitro* against candida species from oral  
1063 cavity. *Brazilian Journal of Biology.* 2019; 79(3): 432–437.

1064

1065 - Wiseman RW et al. Structure-activity studies of the hepatocarcinogenicities of  
1066 alkenylbenzene derivatives related to estragole and safrole on administration to  
1067 preweanling male C57BL/6J x C3H/HeJ F1 mice. *Cancer Research*. 1987; 47:  
1068 2275-2283.

1069

1070 - Zhou W, Kügler A, McGale E, Haverkamp A, Knaden M, Guo H, Beran F, Yon F,  
1071 Li R, Lackus N, Köllner TG, Bing J, Schuman MC, Hansson BS, Kessler D,  
1072 Baldwin IT, Xu S. Tissue-Specific Emission of (E)- $\alpha$ -Bergamotene Helps Resolve  
1073 the Dilemma When Pollinators Are Also Herbivores. *Current Biology*. 2017; 27(9):  
1074 1336–1341.

1075

- 1076 ANEXOS:  
 1077 ARTIGOS CIENTÍFICOS PUBLICADOS:  
 1078 (1)



REVISTA OBSERVATORIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA

ISSN: 1696-8352

**Erva doce: uma revisão sobre a composição química e a bioatividade de seus óleos essenciais**

**Aniseed: a review of the chemical composition and bioactivity of its essential oils**

**Hierba dulce: una revisión de la composición química y bioactividad de sus aceites esenciales**

DOI: 10.55905/oev-22a6-009  
 Receipt of original: 05/03/2024  
 Acceptance for publication: 05/24/2024

**Leonardo Max Evangelista**  
 Mestrando pelo Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição (PPGAN)  
 Instituição: Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO)  
 Endereço: Centro, Rio de Janeiro, Brasil  
 E-mail: leonardo.maxevangelista@gmail.com

**Cristiane Barbosa Rocha**  
 Doutora em Química Biológica  
 Instituição: Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO)  
 Endereço: Centro, Rio de Janeiro, Brasil  
 E-mail: cristiane.b.rocha@unirio.br

**Ricardo Felipe Alves Moreira**  
 Doutor em Ciências  
 Instituição: Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO)  
 Endereço: Centro, Rio de Janeiro, Brasil  
 E-mail: ricardo.moreira@unirio.br

**RESUMO**  
 As ervas *Pimpinella Anisum* L. e *Foeniculum vulgare* Mill., conhecidas como erva doce, pertencem à família Apiacea e são amplamente utilizadas como ingredientes em processos culinários, como agentes fitoterápicos e para a preparação de artigos de perfumaria. O aroma e boa parte das propriedades bioativas e do potencial toxicológico dessas ervas estão associados a componentes presentes em seus óleos essenciais. Sendo assim, essa revisão bibliográfica procurou estabelecer a composição química dos óleos essenciais dessas duas espécies de erva doce, indicando os teores, propriedades farmacológicas, sensoriais e potencial tóxico de seus principais constituintes. Essas informações foram obtidas em diferentes bases de dados disponíveis online. A parte relativa à composição desses óleos essenciais foi baseada nos dados disponíveis em onze (11) artigos publicados nos últimos doze anos.

Page 1

REVISTA OBSERVATORIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA, Curitiba, v.22, n.6, p. 01-20, 2024.

---



REVISTA OBSERVATORIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA

ISSN: 1696-8352

**Palavras-chave:** *Pimpinella Anisum* L., *Foeniculum vulgare* Mill., Óleos Essenciais, Composição Química, Propriedades Bioativas.

**ABSTRACT**  
 The herbs *Pimpinella Anisum* L. and *Foeniculum vulgare* Mill., known as aniseed or fennel, belong to the Apiacea family and are widely used as ingredients in culinary processes, as phytotherapeutic agents and for the preparation of perfumery articles. The aroma and much of the bioactive properties and toxicological potential of these herbs are associated with components present in their essential oils. Therefore, this bibliographic review sought to establish the chemical composition of the essential oils of these two species of aniseed, indicating the levels, pharmacological and sensory properties and toxic potential of their main constituents. This information was obtained from different databases available online. The part relating to the composition of these essential oils was based on data available in eleven (11) articles published in the last twelve years.

**Keywords:** *Pimpinella Anisum* L., *Foeniculum vulgare* Mill., essential oils, chemical composition, bioactive properties.

**RESUMEN**  
 Las hierbas *Pimpinella Anisum* L. y *Foeniculum vulgare* Mill., conocidas como hierba dulce, pertenecen a la familia Apiacea y son ampliamente utilizadas como ingredientes en procesos culinarios, como agentes fitoterápicos y para la preparación de fragancias. El aroma y buena parte de las propiedades bioactivas y el potencial toxicológico de estas hierbas se asocian con componentes presentes en sus aceites esenciales. Por ello, esta revisión bibliográfica buscó establecer la composición química de los aceites esenciales de estas dos especies de erva dulce, indicando los contenidos, propiedades farmacológicas, sensoriales y tóxicas de sus principales constituyentes. Esta información se ha obtenido en diferentes bases de datos disponibles en línea. La composición de estos aceites esenciales se basó en los datos disponibles en once (11) artículos publicados en los últimos doce años.

**Palabras clave:** *Pimpinella Anisum* L., *Foeniculum vulgare* Mill., Aceites Esenciales, Composición Química, Propiedades Bioactivas.

**1 INTRODUÇÃO**

A variedade do clima e a riqueza da flora brasileira garantem uma quantidade enorme de ervas com diferentes propriedades terapêuticas. Nesse grupo figuram as ervas da família Apiacea, conhecidas como *Pimpinella Anisum* L. e *Foeniculum vulgare* Mill. (Santos; Abrantes, 2015).

Page 2

REVISTA OBSERVATORIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA, Curitiba, v.22, n.6, p. 01-20, 2024.

1079

47

A espécie *Pimpinella Anisum* L. (Umbelliferae) é conhecida como erva doce, anis ou pimpinela branca ou, ainda, como erva doce importada (Santos; Abrantes, 2015). É uma planta aromática anual, ereta, de até 50 cm de altura. Suas folhas são fendidas, possuindo várias formas, e suas flores são brancas e dispostas em umbelas. Seus frutos são aquênios, de sabor doce e odor forte (Lorenzi; Matos, 2008). Essa espécie tem origem no sudoeste asiático e no mediterrâneo oriental (Egito e Grécia), sendo amplamente cultivada em partes da Rússia, Japão, Índia, Líbano e América do Sul (Charles, 2013). No Brasil, é cultivada principalmente na região Sul (Lorenzi; Matos, 2008).

A espécie *Foeniculum vulgare* Mill. também é conhecida como erva doce ou, mais especificamente, como erva doce brasileira, erva doce nacional, falsa erva doce ou funcho (Santos; Abrantes, 2015). É uma erva perene, aromática, entouceirada, de 40 a 90 cm de altura. Possui folhas inferiores largas e superiores estreitas, flores pequenas, hermafroditas e amarelas, dispostas em estruturas compostas por 10 a 20 umbelas. Seus frutos são oblongos e compostos por dois aquênios (Lorenzi; Matos, 2008). Essa espécie é cultivada em países como a Argentina, Alemanha, Brasil, China, Estados Unidos, Índia, Itália, França e Japão. É originária da Europa mediterrânea e da África, mas pode ser cultivada em outros países fora da sua região de origem devido a sua boa adaptabilidade, ou seja, pode ser cultivada em regiões de clima ameno até zonas tropicais. Foi trazida ao Brasil na época da colonização e é amplamente cultivada em solo nacional em estados como Bahia, Sergipe, Pernambuco, Paraíba, entre outros (Carvalho et al., 2011).

É importante diferenciarmos as espécies de erva doce. Apesar da espécie *Foeniculum vulgare* Mill. também ser tratada como erva doce, sendo comercializada no Brasil como erva doce nacional, ela é mais conhecida como funcho. Já a erva doce importada (*Pimpinella anisum* L.) é mais conhecida simplesmente pelo nome de erva doce (Santos; Abrantes, 2015). Segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, 2016), a Índia e a Rússia foram as nações líderes na exportação das ervas *Pimpinella Anisum* L. e *Foeniculum vulgare* Mill. no mercado global; a Índia exportou 187.397 toneladas e a Rússia exportou 60.056 toneladas. Já o Brasil exportou em 2016 cerca de 3 mil toneladas de erva doce de ambas as espécies. Esta estatística contemplou ambas as ervas, erva doce e funcho, assim como o coentro e a

badiana, que são duas especiarias semelhantes.

Os frutos de ambas (*Pimpinella anisum* L. e *Foeniculum vulgare* Mill.), vulgarmente chamados de sementes, têm sido amplamente utilizados como ingredientes em processos culinários e, também, como agentes fitoterápicos por conta de suas atividades antioxidante, antisséptica, antimicrobiana, digestiva, antiespasmódica, expectorante, estrogênica, anti-inflamatória, anti-hiperlipidêmica, cardioprotetora, gastroprotetora, ansiolítica, antidiabética, anti-câncer e diurética. Essas ervas também são amplamente empregadas na indústria farmacêutica na preparação de artigos de perfumaria e boa parte dessas propriedades fitoterápicas pode ser associada ao óleo essencial contido em suas “sementes” (Lorenzi; Matos, 2008; Ruberto et al., 2000; Choi; Hwang, 2004; Singh; Kale, 2008; Rebey et al., 2018; Noreen et al., 2023).

Os óleos essenciais compreendem misturas complexas de compostos voláteis (principalmente compostos terpênicos) extraídos das glândulas secretoras de diferentes partes das plantas, como folhas e flores. Em comparação com outros grupos de substâncias, podemos dizer que esses compostos terpênicos têm sido relativamente negligenciados, apesar de alguns possuírem ação farmacológica cientificamente comprovada e, também, potencial tóxico. Esses óleos essenciais são conhecidos desde a antiguidade, onde eram utilizados como essências. Atualmente, encontram aplicação em diferentes seguimentos industriais, como o farmacêutico, de alimentos e de cosméticos. O método de extração mais utilizado é o processo de destilação conhecido como hidrodestilação. Esse método consiste na imersão do material vegetal em água fervente, resultando na formação de vapores de água que carregam os compostos voláteis componentes do óleo essencial. Após a condensação, esses compostos se separam da fase aquosa por decantação. Para a aplicação dessa técnica é frequente o uso do aparelho de Clevenger. O processo é de baixo custo e oferece grande praticidade (Prins; Lemos; Freitas, 2006).



## 2 ESTRATÉGIA PARA A SELEÇÃO DOS ESTUDOS

Os textos incluídos nessa revisão atenderam aos seguintes critérios: texto integral disponível em português ou inglês, acesso gratuito, artigos e livros. Foram excluídos os resumos simples ou estendidos de trabalhos publicados em anais e apresentados em congressos, simpósios ou demais eventos científicos; trabalhos de conclusão de cursos de graduação, dissertações, teses e trabalhos fora dos idiomas definidos também foram excluídos.

As consultas foram realizadas nas seguintes bases de dados: Google Acadêmico, Scielo, Pubmed e Periódicos CAPES. Durante essas consultas, os seguintes descritores foram empregados: "erva doce", "funcho", "óleo essencial", "anise", "fennel", "*Pimpinella anisum* L.", "*Foeniculum vulgare* Mill" e "essential oil". Os nomes vulgares ou científicos das plantas (tanto em inglês, quanto em português) foram sempre combinados aos pares com os descritores "óleo essencial" ou "essential oil", pelo emprego dos operadores booleanos "e" ou "and". Os artigos selecionados de acordo com os critérios mencionados acima foram separados em duas pastas no Windows Explorer, uma para cada espécie, para melhor organização.

## 3 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS ÓLEOS ESSENCIAIS DE *Pimpinella anisum* L.

Sessenta e oito (68) compostos foram identificados como constituintes dos óleos essenciais de *Pimpinella anisum* L. na última década (Tabela 1). Os compostos voláteis presentes nos óleos essenciais dessa erva podem ser separados em seis diferentes grupos com base em suas funções químicas: fenilpropanoides (14 representantes), monoterpenos (14), monoterpenos oxigenados (13), sesquiterpenos (26) e hidrocarbonetos simples (1).

A análise da tabela 1 mostra que os compostos mais frequentemente identificados como componentes dos óleos essenciais da erva *Pimpinella anisum* L. são os isômeros cis-anetol (estragol) e trans-anetol (E-anetol) (Figura 1), citados em todos os seis artigos selecionados para a montagem dessa tabela (Rebey et al., 2018; Ftsiou et al., 2016;

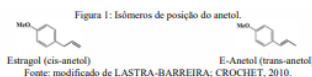
Asadollahpoor; Abdollahi; Rahimi, 2017; Choi, 2018; Mahdavi; Hosseini; Sharifan, 2018; Vieira Et al., 2019). Além deles, o limoneno também é frequentemente indicado como constituinte desse tipo de óleo essencial, aparecendo em 5 desses 6 artigos. No aspecto quantitativo, o trans-anetol é indubitavelmente o componente majoritário dos óleos essenciais dessa espécie de erva, com sua concentração variando de 74,40% a 94,30% do teor total desses óleos essenciais.

Tabela 1 – Composição química dos óleos essenciais da erva *Pimpinella anisum* L. (erva-doce importada).

Compostos	Teor (%) nos óleos essenciais					
	Art. 1	Art. 2	Art. 3	Art. 4	Art. 5	Art. 6
4-Alilnisol <sup>1,2</sup> ; cis-Anetol <sup>3,4</sup> ; Z-Anetol <sup>5</sup> ; Estragol <sup>6,7</sup> ; 1,21; 8,21	2,46	1,87	0,19; 2,72	3,74; 0,2	1,525; 0,435	
trans-Anetol <sup>1, 3, 4, 5, 6</sup> ; anetol <sup>3,7</sup>	82,78	94,01	74,40	89,24	90,415/ 94,30 <sup>7</sup>	88,130
Anisalaldeído <sup>8</sup> ; p-Anisalaldeído <sup>9</sup>	---	---	---	---	0,1 <sup>5</sup> ; 0,17 <sup>7</sup>	0,545
Anisil metil cetona <sup>10</sup>	---	---	---	---	---	0,025
Anisul <sup>11</sup>	---	---	---	---	0,52 <sup>5</sup>	---
α-trans-Bergamoteno <sup>12, 13</sup>	---	---	---	0,08	0,97 <sup>7</sup>	---
β-Bisaboleno <sup>14, 15, 16</sup>	---	---	---	0,13	0,85 <sup>5</sup> ; 0,19 <sup>7</sup>	0,473
β-Bourboneno <sup>17, 18</sup>	---	---	---	---	---	0,033
Borneol <sup>19, 20</sup>	---	---	---	---	---	Tr
α-Calacoreno <sup>21, 22</sup>	---	---	---	---	---	Tr
p-Cuminaldeído <sup>23, 24</sup>	---	0,16	---	---	---	---
α-Carumeno <sup>25, 26</sup>	---	---	---	---	---	0,091
β-Cadineno <sup>27, 28</sup>	---	---	---	---	---	0,091
β-Chamigreno <sup>29, 30</sup>	---	0,13	---	---	---	---
β-Chimachaleno <sup>31, 32</sup>	---	---	---	---	---	0,243
Calamemeno <sup>33, 34</sup>	---	---	---	---	---	0,019
Cáfora <sup>35, 36</sup>	---	---	---	---	---	0,022
Cariofileno <sup>37, 38</sup>	---	---	0,72	---	---	---
(+)-Carvona <sup>39</sup> ; Carvona <sup>40, 41</sup>	---	0,29	---	1,01	---	---
Chavicol <sup>42, 43</sup>	1,08	---	---	---	---	---
Ciclosativano <sup>44, 45</sup>	---	---	---	---	---	0,041
δ-Cadineno <sup>46, 47</sup>	---	---	---	---	---	0,091
p-Cimeno <sup>48, 49, 50</sup>	---	---	---	0,06	---	0,088
p-Cimeno <sup>51, 52, 53</sup>	---	---	---	---	---	0,016
Desidro-p-cimeno <sup>54, 55</sup>	---	---	---	---	---	0,013
Desidro-neo-isolongifaleno <sup>56, 57</sup>	---	---	---	---	---	0,079
Di-epi-α-Cedreno <sup>58, 59</sup>	---	0,24	---	---	0,08 <sup>5</sup> ; 0,91 <sup>7</sup>	---
Dihidrocarvona <sup>60, 61</sup>	---	---	---	0,12	---	---
Dilapio <sup>62, 63</sup>	---	---	0,74	---	---	---
Dimetilacetol-p-anisalaldeído <sup>64, 65</sup>	---	---	---	0,16	---	---
β-Elemento <sup>66, 67, 68</sup>	---	---	---	0,07	0,09 <sup>5</sup> ; 0,07 <sup>7</sup>	0,098
δ-Elemento <sup>69, 70</sup>	---	---	---	0,14	---	0,149

Epóxi-felandreno <sup>MO</sup>	---	---	---	---	---	Tr
Epóxi-linalol <sup>MO</sup>	---	---	---	---	---	Tr
$\alpha$ -Farneseno <sup>MO</sup>	---	---	---	---	---	0,054
$\alpha$ -Felandreno <sup>MO</sup>	---	---	---	0,07	---	0,089
$\beta$ -Felandreno <sup>MO</sup>	---	---	---	---	---	0,016
$\alpha$ -Himachaleno <sup>MO</sup>	---	---	---	0,25	---	0,381
$\beta$ -Himachaleno <sup>MO</sup>	---	---	---	0,15	0,11 <sup>5</sup> 0,12 <sup>7</sup>	---
cis-(+)-2,4a,5,6,9a-Hexahidro-3,5,9b-tetrametil-1(1H)indeno[1,2-b]pipereno <sup>MO</sup>	---	1,70,83	---	---	---	---
$\gamma$ -Himachaleno <sup>MO</sup>	---	---	---	2,89	1,08 <sup>5</sup> 2,32 <sup>7</sup>	4,155
Cis-isoeugenol <sup>MO</sup>	---	---	---	---	0,22 <sup>6</sup>	---
Ilungeno <sup>MO</sup> ; $\alpha$ -Ilungeno <sup>MO</sup>	---	---	---	0,07	---	0,050
Isolongifoleno <sup>MO</sup>	---	---	---	---	0,02 <sup>5</sup> 0,04 <sup>7</sup>	---
$\alpha$ -Lingulino <sup>MO</sup>	---	---	---	---	---	0,061
Limonenol <sup>MO</sup> ; $\alpha$ -Limoneno <sup>MO</sup>	2,55	0,18	2,06	1,88	---	0,035
Linalol <sup>MO</sup> ; $\beta$ -Linalol <sup>MO</sup>	2,74	---	---	---	0,04 <sup>5</sup> 0,13 <sup>7</sup>	0,278
$\beta$ -Mirreno <sup>MO</sup> ; Mirreno <sup>MO</sup>	---	---	0,17	---	---	0,010
Metil-isoeugenol <sup>MO</sup>	---	---	---	---	---	0,088
Metil-propilfenona <sup>MO</sup>	---	---	---	---	---	0,048
Miristicina <sup>MO</sup>	---	---	---	---	---	0,045
cis-Ocimeno <sup>MO</sup>	---	---	---	---	---	0,016
trans-Ocimeno <sup>MO</sup>	---	---	---	---	---	Tr
$\alpha$ -Pino <sup>MO</sup>	0,85	---	---	---	---	0,081
$\beta$ -Pino <sup>MO</sup>	---	---	0,18	---	---	0,054
Pseudo-isoeugenil-2-metil butirato <sup>MO</sup>	---	---	---	---	---	4,155
Paltona <sup>MO</sup>	---	---	---	0,62	---	---
$\beta$ -Sesquifelandreno <sup>MO</sup>	---	---	---	0,06	---	---
Sabineno <sup>MO</sup>	---	---	---	---	---	0,06
$\alpha$ -Terpineno <sup>MO</sup>	---	---	---	---	0,02 <sup>5</sup> 0,06 <sup>7</sup>	---
$\alpha$ -Terpineno <sup>MO</sup>	---	---	---	---	---	0,012
$\alpha$ -Tujano <sup>MO</sup>	---	---	1,52	---	---	---
Terpinoleno <sup>MO</sup>	---	---	---	---	---	0,046
1-Tetradeceno <sup>MO</sup>	---	---	1,55	---	---	---
Timol <sup>MO</sup>	---	---	---	11,44	---	---
$\gamma$ -Terpineno <sup>MO</sup>	---	---	---	4,61	---	0,034
p-Vinil-anisol <sup>MO</sup>	---	---	---	---	---	0,017
Zingibereno <sup>MO</sup> ; $\alpha$ -Zingibereno <sup>MO</sup>	---	---	---	0,67	0,25 <sup>5</sup> 0,3 <sup>7</sup>	0,570

F = fenilpropanóide; H = hidrocarboneto; M = monoterpene; MO = monoterpene oxigenado; S = sesquiterpene; Tr = quantidade traço; Art. 1 - CHOI, 2018; Art. 2 - VIEIRA et al., 2019; Art. 3 - MAHDAVI, HOSSEINI, SHARIFAN, 2018; Art. 4 - ASADOLLAHPOOR; ABDOLLAH; RAHIMI, 2017; Art. 5 - REBEY et al., 2018; E = amostras de erva doce do Egito; T = Amostras de erva doce da Tunísia; Art. 6 - FITSIUJ et al., 2016.  
Fonte: Autores.



#### 4 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS ÓLEOS ESSENCIAIS DE *Foeniculum vulgare* MILL.

Quarenta e nove (49) compostos já foram identificados como constituintes dos óleos essenciais de *Foeniculum vulgare* Mill. nos últimos doze anos (Tabela 2). Os compostos voláteis presentes nos óleos essenciais dessa erva podem ser separados em oito diferentes grupos com base em suas funções químicas: fenilpropanóides (8 representantes), monoterpene (16), monoterpene oxigenado (17), sesquiterpene (4), sesquiterpene oxigenado (1), estrógeno não esteroide (1), butenolida (1) e éster (1).

A análise da tabela 2 mostra que os compostos mais frequentemente identificados como componentes dos óleos essenciais da erva *Foeniculum vulgare* Mill. são os compostos cis-anetol (estragol), fenchona e  $\alpha$ -pino, citados em todos os seis artigos selecionados para a montagem dessa tabela (Carvalho et al., 2011; Vieira et al., 2019; Damayanti; Setyawan, 2012; Raal; Orav; Arak, 2012; Mota et al., 2015; Salami; Rahimmalek; Ehtemam, 2017), seguidos dos compostos trans-anetol (E-anetol) e limoneno, citados em cinco desses seis artigos. No aspecto quantitativo, destacam-se os isômeros cis-anetol (estragol) (0,001% - 66,0% do teor total desses óleos essenciais) e trans-anetol (E-anetol) (7,9% - 90,70%) e, também, os compostos conhecidos como fenchona (1,6% - 34,7%), limoneno (0,21% - 31,23%) e  $\alpha$ -pino (0,01% - 46,11%).

Tabela 2 - Composição química dos óleos essenciais da erva *Foeniculum vulgare* Mill. (erva-doce nacional).

Compostos	Teor (%) nos óleos essenciais					
	Art. 7	Art. 8	Art. 9	Art. 10	Art. 11	Art. 2
Acetato de $\alpha$ -fenchil <sup>MO</sup>	---	---	---	Nd - 0,2	---	---
Estragol <sup>MO</sup> ; (1R,2S)-2-(4-metoxifenil)propano-1-ol	24,5	22,41 <sup>7</sup> 21,37 <sup>5</sup>	1,29 - 2,53 / 0,001 - 0,06	2,4 - 17,0 / 0,1 - 8,6	2,5 - 66,0	3,65 / 3,65
(E)-Anetol <sup>MO</sup> ; Anetol <sup>MO</sup> ; trans-Anetol <sup>MO</sup> ; (1R,2S)-2-(4-metoxifenil)propano-1-ol	25,23	47,51 <sup>7</sup> 52,38 <sup>5</sup>	41,28 - 90,70	34,8 - 82,0	7,9 - 77,7	---
Anis álcool <sup>MO</sup>	---	---	---	Nd - 0,7	---	---
Anisalaldeído <sup>MO</sup> ; p-Anisalaldeído <sup>MO</sup> ; $\beta$ -Anisalaldeído <sup>MO</sup>	0,10	---	0,01 - 2,1	Nd - 1,2	---	---
Aniseton <sup>MO</sup>	---	---	0,01 - 0,08	Nd - 0,2	---	---
$\delta$ -Cadineno <sup>MO</sup>	---	---	0,01 - 0,69	---	---	---

Canfeno <sup>16</sup> , 196, 193, M	---	---	0,01 - 0,14	Tr - 0,3	Nd - 0,1	---
$\alpha$ -Canfolena <sup>17</sup> , MO	---	---	0,001 - 0,09	---	---	---
Clánfora <sup>18</sup> , 196, 193, MO	---	0,33 <sup>17</sup> , 0,22 <sup>18</sup>	---	Tr - 0,5	0,2 - 0,5	---
$\delta$ -Careno <sup>19</sup> , 196, 193, M	---	1,23 <sup>17</sup> , 1,53 <sup>18</sup>	---	---	---	---
Carvona <sup>20</sup> , MO	---	---	---	Nd - 1,5	---	---
Champeno <sup>21</sup> , M	---	0,17 <sup>17</sup> , 0,21 <sup>18</sup>	---	---	---	---
p-Cimeno <sup>22</sup> , 196, 193, M	---	---	0,03 - 20,06	0,1 - 2,2	Tr - 0,1	---
1,8-Cineol <sup>23</sup> , 196, 193, MO	---	---	0,02 - 2,15	Tr - 0,5	0,2 - 0,4	---
trans-Diidro-carvona-anetol <sup>24</sup> , F	---	---	---	---	---	79,62
Epóxido de (E)-Anetol <sup>25</sup> , F	---	---	0,01 - 0,06	---	---	---
Estilboestrol <sup>26</sup> , KNE	2,24	---	---	---	---	---
$\alpha$ -Felandreno <sup>27</sup> , 196, 193, M	---	---	0,01 - 0,39	Nd - 0,4	0,1 - 0,2	---
$\alpha$ -Fencol <sup>28</sup> , MO	---	---	---	---	Nd - 0,3	---
Funciona <sup>29</sup> , $\alpha$ -Funciona <sup>30</sup> , Funciona <sup>31</sup> , 196, 193, MO	13,08	21,92 <sup>17</sup> , 15,74 <sup>18</sup>	2,11 - 6,16	1,6 - 22,8	16,9 - 34,7	12,19
Geranial <sup>32</sup> , MO	3,45	---	---	---	---	---
Germacreno D <sup>33</sup> , S	---	---	---	Nd - 0,1	---	---
Hidrato de trans-Sabineno <sup>34</sup> , MO	---	---	0,001 - 0,08	---	---	---
Limono <sup>35</sup> , 196, 193, 196, 193, M	2,37	3,73 <sup>17</sup> , 4,56 <sup>18</sup>	0,21 - 31,23	0,8 - 16,5	0,7 - 1,6	---
Linolol <sup>36</sup> , 196, 193, MO	6,48	---	0,01 - 0,71	0,1 - 0,2	---	---
Metil nonadecanoato <sup>37</sup> , K	---	---	---	---	---	2,89
$\beta$ -Mirreno <sup>38</sup> , 196, 193, M	---	0,26 <sup>17</sup> , 0,45 <sup>18</sup>	0,31 - 1,11	0,1 - 1,2	0,1 - 0,3	---
Miristicina <sup>39</sup> , F	---	---	---	---	Nd - 0,3	---
$\gamma$ -Muroloeno <sup>40</sup> , S	---	---	0,02 - 0,63	---	---	---
Nera <sup>41</sup> , MO	2,24	---	---	---	---	---
(E)- $\alpha$ -Ocimeno <sup>42</sup> , M	---	---	0,002 - 0,09	---	---	---
(Z)- $\alpha$ -Ocimeno <sup>43</sup> , M	---	---	0,01 - 0,69	---	---	---
(Z)- $\beta$ -Ocimeno <sup>44</sup> , 196, 193, M	---	---	0,01 - 4,22	Tr - 0,5	0,1 - 0,4	---
Óxido de cariofileno <sup>45</sup> , MO	5,04	---	---	---	---	---
Óxido de cis-limono <sup>46</sup> , MO	---	---	---	Tr - 0,7	---	---

Óxido de trans-limono <sup>47</sup> , MO	---	---	---	---	Tr - 1,2	---
$\alpha$ -Pinoeno <sup>48</sup> , 196, 193, 196, 193, 1R- $\alpha$ -Pinoeno <sup>49</sup> , M	3,35	2,45 <sup>17</sup> , 2,97 <sup>18</sup>	0,01 - 46,11	0,3 - 4,0	0,1 - 0,6	1,65
$\beta$ -Pinoeno <sup>50</sup> , 196, 193, M	---	0,26 <sup>18</sup>	0,02 - 0,76	Tr - 0,3	---	---
Sabineno <sup>51</sup> , 196, 193, M	---	---	0,01 - 0,26	Tr - 0,4	Tr - 0,1	---
Sesquiterpeno <sup>52</sup> , S	---	---	---	---	Nd - 0,9	---
Sotolona <sup>53</sup> , R	---	---	---	---	Nd - 0,3	---
$\alpha$ -Terpinolo <sup>54</sup> , MO	---	---	---	---	Nd - 0,3	---
$\gamma$ -Terpineno <sup>55</sup> , 196, 193, M	---	---	---	0,2 - 0,8	Nd - 0,1	---
4-Terpinol <sup>56</sup> , 196, 193, M	11,92	---	0,001 - 0,005	Nd - 0,2	Nd - 2,5	---
Terpinoleno <sup>57</sup> , 196, 193, M	---	---	0,002 - 0,06	Nd - 0,1	---	---
Timo <sup>58</sup> , MO	---	---	---	---	Nd - 1,3	---
Tujeno <sup>59</sup> , $\alpha$ -Tujeno <sup>60</sup> , M	---	0,30 <sup>18</sup>	---	Tr - 0,1	---	---
$\alpha$ -Tujona <sup>61</sup> , MO	---	---	---	---	---	Tr

S - sesquiterpeno; SO - Sesquiterpeno oxigenado; M - monoterpene; MO - monoterpene oxigenado; F - fenilpropanoide; B - butenolida; E - Éster; ENE - estrógeno não esteroidal; T - Amostras turbadas; L - Amostras limpiadas; Ref. 4 - CARVALHO et al., 2011; Ref. 18 - DAMAYANTI; SETYAWAN, 2012; Ref. 21 - SALAMI; RAHIMMALEK; EHTEMAM, 2017; Ref. 19 - RAAL; ORAV; ARAK, 2012; Ref. 20 - MOTA et al., 2015; Ref. 16 - VIEIRA et al., 2019; Nd - não detectado; Tr - quantidades traço (para "MOTA et al., 2015" significa < 0,05%).  
Fonte: Autores.

##### 5 BIOATIVIDADE DOS PRINCIPAIS CONSTITUINTES DOS ÓLEOS ESSENCIAIS DE *Pimpinella anisum* L. E *Foeniculum vulgare* Mill.

O trans-anetol é considerado um agente fumigante eficiente contra a barata *Blattella germanica* (De Paula; Gomes-Carneiro; Paumgarten, 2003) e também mostrou ação larvicida eficaz contra mosquitos (Conti et al., 2010; Chantraine et al., 1998; Cheng et al., 2004; He; Huang, 2011). Esse composto também é considerado um agente anti-inflamatório, sendo capaz de suprimir a produção da interleucina 1 $\beta$  (IL-1 $\beta$ ) e do fator de necrose tumoral  $\alpha$  (TNF- $\alpha$ ), de modo similar ao medicamento cetoprofeno, em ratos com periodontite (Marinov; Valcheva-Kuzmanova, 2015).

O estragol possui várias propriedades farmacológicas, incluindo seus efeitos antioxidante (*in vitro* e *in vivo*), anti-inflamatório, imunomodulatório, bactericida e antiviral (Mahendra et al., 2023).

O trans-anetol e, também, o estragol mostraram-se capazes de inibir a formação de edema induzido por substâncias como a histamina, a serotonina e o TNF- $\alpha$  (Ponte et al., 2012).

O limoneno, por sua vez, possui potencial acaricida e ansiolítico, amplo espectro de ação antimicrobiana, efeitos anti-inflamatório, anticâncer e antiviral (Júnior, Pastore, 2007; Miller et al., 2010; Mariano et al., 2019).

Um estudo *in-silico* revelou que o trans-anetol, o estragol e o limoneno têm potencial antioxidante devido a sua possível capacidade de inibir a tirosinase e a NAD(P)H oxidase humanas (El-Kersh et al., 2022).

A fenchona possui atividade anti-inflamatória, antioxidante, antinociceptiva, anti-diarréica, broncodilatadora e cicatrizante (Pessoa et al., 2020; Bashir et al., 2023). Esse composto também apresenta atividade antifúngica contra *C. cladosporioides*, *Penicillium helianthi* e *Trichophyton mentagrophytes* (He; Huang, 2011; Mimica-Dukić et al., 2003; Singh et al., 2006).

Segundo Rohman e Putra (2021), o anetol e a fenchona têm potencial para atuarem como inibidores de  $\alpha$ -glicosidase e, dessa forma, poderiam atuar como reguladores de glicemia.

O  $\alpha$ -pineno é capaz de inibir algumas linhagens de bactérias gram-positivas (*S. aureus*, *S. epidermidis*, *S. pyogenes*, *S. pneumoniae*) que podem causar a endocardite infecciosa (Leite et al., 2007). Além disso, esse monoterpene é tóxico contra algumas cepas de *Actinomyces madurae*, bactérias responsáveis pelo micetoma actinomicótico (Stojkovic et al., 2008; Fahal; 2004). O  $\alpha$ -pineno também já foi associado a um potencial inseticida (Mariano et al., 2019; Chagas et al., 2002).

Tabela 3 – Propriedades farmacológicas dos principais constituintes dos óleos essenciais de *Pimpinella anisum* L. e *Foeniculum vulgare* Mill.

Substância	Propriedades farmacológicas
Estragol	Anti-inflamatório, antioxidante, efeito imunomodulatório, gastroprotetor, antimicrobiano e

Page 11

REVISTA OBSERVATORIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA, Curitiba, v.22, n.6, p. 01-20, 2024.

	antiviral (MAHENDRA et al., 2023; EL-KERSH et al., 2022).
Fenchona	Anti-inflamatório, antioxidante, antinociceptivo, antifúngico, anti-hiperglicêmico (HE; HUANG, 2011; PESSOA et al., 2020; MIMICA-DUKIĆ et al., 2003; SINGH et al., 2006; ROHMAN; PUTRA, 2021).
Limoneno	Acaricida, ansiolítico, antimicrobiano, anti-inflamatório, anticâncer, antiviral, antioxidante (JÚNIOR; PASTORE, 2007; MILLER et al., 2010; MARIANO et al., 2019; EL-KERSH et al., 2022).
Trans-anetol	Agente anti-helmíntico, inseticida, fumigante, larvicida, anti-inflamatório, antinociceptivo, sedativo, estrogênico, gastroprotetor, antioxidante, anti-hiperglicêmico (DE PAULA; GOMES-CARNEIRO; PAUMGARTTEN, 2003; CONTI et al., 2010; CHANTRAINE et al., 1998; CHENG et al., 2004; HE; HUANG, 2011; MARINOV; VALCHEVA-KUZMANOVA, 2015; EL-KERSH et al., 2022).
$\alpha$ -Pineno	Bactericida, inseticida (MARIANO et al., 2019; LEITE et al., 2007; STOJKOVIC et al., 2008; FAHAL; 2004; CHAGAS et al., 2002).

Fonte: Autores.

## 6 TOXICIDADE DOS PRINCIPAIS CONSTITUINTES DOS ÓLEOS ESSENCIAIS DE *Pimpinella anisum* L. E *Foeniculum vulgare* Mill.

O estragol pode ser carcinogênico. Observou-se, por exemplo, que esse fenilpropanoide pode atuar como um agente carcinogênico genotóxico no fígado de roedores. A genotoxicidade parece estar associada à sua metabolização no fígado com a produção de 1'-sulfoxi-estragol, após hidroxilação (Mahendra et al., 2023; Wiseman et al., 1987; Schulte-Hubbert et al., 2020; Bergau et al., 2021). Mais estudos precisam ser realizados para que se determine a dose capaz de disparar os efeitos tóxicos e carcinogênicos dessa substância.

O trans-anetol em grandes quantidades pode ser levemente tóxico e irritante (Marinov; Valcheva-Kuzmanova, 2015). Segundo Lin (1991), os valores de dose letal mediana (DL<sub>50</sub>) relativos à ingestão oral desse fenilpropanoide (trans-anetol) por camundongos, ratos e porquinhos da Índia são 1,8 – 5,0 g, 2,1 – 3,2 g e 2,16 g por kg de peso corporal. O processo de metabolização do trans-anetol é similar ao do estragol. O trans-anetol é metabolizado por hidroxilação seguida de sulfoconjugação, havendo a formação do derivado 3'-sulfoxi-anetol, que é capaz de reagir, por exemplo, com o DNA (Bergau et al., 2021). Apesar de sofrerem bioativação de forma parecida, as evidências de efeito carcinogênico para o anetol são limitadas, o que pode ser explicado por uma

Page 12

REVISTA OBSERVATORIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA, Curitiba, v.22, n.6, p. 01-20, 2024.

genotoxicidade muito mais leve do anetol em relação ao estragol. Esse potencial genotóxico relacionado à sulfoconjugação do anetol pode ser duas ordens de grandeza menor em comparação ao do estragol (Bergau et al., 2021).

A exposição prolongada ao limoneno ou aos seus produtos de oxidação pode provocar irritação na pele e no sistema respiratório (Mariano et al., 2019). É possível que o limoneno seja um agente citotóxico por conta de sua atividade anti-angiogênica (Jomaa et al., 2012). Doses elevadas de limoneno podem causar cancro renal em ratos machos (Jameson, 1990; Tsuda et al., 2004). Entretanto, de acordo com Sun (2007) ainda não há evidências de que o limoneno possa exercer efeitos carcinogênicos e genotóxicos ou teratogênicos e embriotóxicos em seres humanos.

O  $\alpha$ -pineno, por sua vez, foi capaz de provocar instabilidade genômica, inibindo o processo mitótico em uma linhagem celular de hamster chinês (V79-C13). Essa ação pode ser provocada pela capacidade do  $\alpha$ -pineno estimular o estresse oxidativo e a destruição do DNA (Catanzaro et al., 2012).

Bashir e colaboradores (2023) realizaram estudo com ratas para avaliar a toxicidade aguda da fenchona. A  $DL_{50}$  da fenchona foi superior a 2.000 mg/kg e nenhuma mortalidade ou sinais de toxicidade foram relatados ao final do estudo (BASHIR et al., 2023). Entretanto, um estudo conduzido com o modelo de carcinoma ascítico de Ehrlich para avaliar a atividade antitumoral e a toxicidade da fenchona concluiu que esse monoterpeno oxigenado era hepatotóxico e imunossupressor (ROLIM et al., 2017).

#### 7 POTENCIAL ODORÍFERO DOS PRINCIPAIS CONSTITUINTES DOS ÓLEOS ESSENCIAIS DE *Pimpinella anisum* L. E *Foeniculum vulgare* Mill.

O trans-anetol, com seu aroma de anis, possui um limiar de odor em água de 15  $\mu\text{g L}^{-1}$ . O estragol, que também apresenta um odor tipo anis e de alcaçuz, possui um limiar de odor em água de 6,0  $\mu\text{g L}^{-1}$  e o limoneno, com seu aroma fresco de pinheiro e de laranja, apresenta um limiar de odor em água de 10  $\mu\text{g L}^{-1}$  (Mariano et al., 2019; Czerny et al., 2008). A fenchona possui um aroma tipo mofado e de eucalipto e um limiar de odor em água de 110  $\mu\text{g L}^{-1}$ . Já o  $\alpha$ -pineno, com seu odor agudo e penetrante de pinho, notas

florais, de erva e cedro, possui um limiar de odor em água de 6  $\mu\text{g L}^{-1}$  (Czerny et al., 2008; Buttery et al., 1974; Tamura; Padrayuttawat; Tokunaga, 1999; Mookdasanit et al., 2003; Teixeira et al., 2020).

O limiar de odor é definido como a concentração mínima de um composto volátil que pode ser percebida pelo olfato humano. Quanto menor o valor de limiar de odor de uma substância, maior será seu potencial odorífero (Marques; Moreira; Ayres, 2022). Em função de seu baixo limiar de odor e elevada concentração nos óleos essenciais de *Pimpinella anisum* L., o trans-anetol possui as características necessárias para ser considerado o principal composto de odor ativo dessa erva. Pelos mesmos motivos, nos óleos essenciais de *Foeniculum vulgare* Mill., o estragol é provavelmente o principal composto responsável pelo aroma global exalado por esse tipo de produto natural. Entretanto, compostos como o trans-anetol, o limoneno, o  $\alpha$ -pineno e a fenchona também podem ter importante participação no aroma desses óleos essenciais, principalmente naqueles onde seus teores foram mais relevantes.

#### 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente revisão foi capaz de mostrar o perfil químico dos óleos essenciais oriundos das ervas *Pimpinella anisum* L. e *Foeniculum vulgare* Mill.. Além disso, as propriedades farmacológicas, a toxicidade e o potencial odorífero dos principais constituintes desses óleos essenciais também foram discutidos. É possível perceber que várias das propriedades bioativas atribuídas a essas ervas também podem ser observadas em suas frações voláteis (óleos essenciais), com destaque para os componentes majoritários: trans-anetol, estragol, limoneno, fenchona e  $\alpha$ -pineno. Além disso, pela leitura da presente revisão, é possível perceber a importância desses componentes majoritários para a avaliação da segurança alimentar do consumo dessas ervas e de produtos derivados das mesmas, visto que alguns desses componentes apresentam efeitos tóxicos significativos. Por último, com base na presente revisão, é possível inferir quais são os compostos voláteis de maior importância para o aroma global dessas ervas.

#### AGRADECIMENTOS

CAPES, FAPERJ, CNPq e UNIRIO



#### REFERÊNCIAS

- ASADOLLAHPOOR, A.; ABDOLLAH, M.; RAHIMI, R. *Pimpinella anisum* L. fruit: Chemical composition and effect on rat model of nonalcoholic fatty liver disease. **Journal of Research in Medical Science**, v. 22, 37, 2017.
- BASHIR, A. et al. Fenchone, a monoterpene: toxicity and diuretic profiling in rats. **Frontiers in Pharmacology**, v. 14, 1119360, 2023.
- BERGAU, N. et al. Bioactivation of estragole and anethole leads to common adducts in DNA and hemoglobina. **Food and Chemical Toxicology**, v. 153, 112253, 2021.
- BUTTERY, R. C. et al. California Bay Oil. I. Constituents, Odor Properties. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 22, n. 5, p. 773-777, 1974.
- CARVALHO, L. M. et al. Caracterização da produtividade do funcho (*Foeniculum vulgare* Mill.) no sertão de Sergipe. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 13, p. 527-532, 2011.
- CATANZARO, I. et al. Genomic instability induced by alpha-pinene in Chinese hamster cell line. **Mutagenesis**, v. 27, p. 463-469, 2012.
- CHAGAS, A. C. S. et al. Acaricidal effect of *Eucalyptus* spp essential oils and concentrated emulsion on *Boophilus microplus*. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 39, n. 5, p. 247-253, 2002.
- CHANTRAINE, J. M. et al. A. Insecticidal activity of essential oils on *Aedes aegypti* larvae. **Phytotherapy Research**, v. 12, n. 5, p. 350-354, 1998.
- CHARLES, D.J. Antioxidant properties of spices, herbs and other sources. Frontier Natural Products Co-op, Norway, IA (USA): Springer; 2013.
- CHENG, S. et al. Chemical composition and mosquito larvicidal activity of essential oils from leaves of different *Cinnamomum osmophloeum* provenances. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, p. 4395-4400, 2004.
- CHOL, E.; HWANG, J. Antiinflammatory, analgesic and antioxidant activities of the fruit of *Foeniculum vulgare*. **Fitoterapia**, v. 75, p. 557-565, 2004.
- CHOL, H.-J. Chemical constituents of essential oils possessing anti-influenza A/WS/33 virus activity. **Osong Public Health and Research Perspectives**, v. 9, n. 6, p. 348-353, 2018.

CONTI, B. et al. Essential oil composition and larvicidal activity of six Mediterranean aromatic plants against the mosquito *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae). **Parasitology Research**, v. 107, n. 6, p. 1455-1461, 2010.

CZERNY, M. et al. Re-investigation on odour thresholds of key food aroma compounds and development of an aroma language based on odour qualities of defined aqueous odorant solutions. **European Food Research and Technology**, v. 228, p. 265-273, 2008.

DAMAYANTI, A.; SETYAWAN, E. Essential Oil Extraction of Fennel Seed (*Foeniculum vulgare*) Using Steam Distillation. **International Journal of Science and Engineering**, v. 3, n. 2, p. 12-14, 2012.

DE PAULA, J. P.; GOMES-CARNEIRO, M. R.; PAUMGARTTEN, F. J. R. Chemical composition, toxicity and mosquito repellency of *Ocimum selloi* oil. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 88, n. 2-3, p. 253-260, 2003.

EL-KERSH, D. M. et al. GC-MS metabolites profiling of anethole-rich oils by different extraction techniques: antioxidant, cytotoxicity and *in-silico* enzymes inhibitory insights. **Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry**, v. 37, n. 1, p. 1974-1986, 2022.

FAHAL, A. H. Mycetoma thorn on the flesh. **Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene**, v. 98, p. 3-11, 2004.

FAO: Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura: FAO [Internet]; 2016. Disponível em: <http://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/p/c/1037611/>. Acesso em: 24 nov. 2023.

FITSIOU, E. et al. Phytochemical Profile and Evaluation of the Biological Activities of Essential Oils Derived from the Greek Aromatic Plant Species *Ocimum basilicum*, *Mentha spicata*, *Pimpinella anisum* and *Fortunella margarita*. **Molecules**, v. 21, n. 8, 1069, 2016.

HE, W.; HUANG, B. A review of chemistry and bioactivities of a medicinal spice: *Foeniculum vulgare*. **Journal of Medicinal Plants Research**, v. 5, n. 16, p. 3595-3600, 2011.

JAMESON, C. W. Toxicology and Carcinogenesis Studies of d-Limonene (CAS No. 5989-27-5) in F344/N Rats and B6C3F1 Mice (Gavage Studies). USA: **National Toxicology Program Technical Report Series**, v. 347, p. 1-165, 1990.

JOMAA, S. et al. The cytotoxic effect of essential oil of Syrian citrus limon peel on human colorectal carcinoma cell Line (Lm1863). **Middle East Journal of Cancer**, v. 3, n. 1, p. 15-21, 2012.

JÚNIOR, M. R. M.; PASTORE, G. M. Biotransformação de limoneno: uma revisão das principais rotas metabólicas. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 382-387, 2007.

LASTRA-BARREIRA, B.; CROCHET, P. Ruthenium-catalyzed estragole isomerization: high trans-selective formation of anethole. **Green Chemistry**, v. 12, p. 1311-1314, 2010.

LEITE, A. M. et al. Inhibitory effect of  $\beta$ -pinene,  $\alpha$ -pinene and eugenol on the growth of potential infectious endocarditis causing Gram-positive bacteria. **Revista Brasileira de Ciências Farmacéuticas**, v. 43, n. 1, p. 121-126, 2007.

LIN, F. S. D. Trans-anethole. In: Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Toxicological evaluation of certain food additives and contaminants. WHO Food Additives Series 28. WHO Geneva, 1991, p. 135-152.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas. 2ª ed. Nova Odessa (SP): Instituto Plantarum; 2008.

MAHDAVI, V.; HOSSEINI, S. E.; SHARIFAN, A. Effect of edible chitosan film enriched with anise (*Pimpinella anisum* L.) essential oil on shelf life and quality of the chicken burger. **Food Science & Nutrition**, v. 6, p. 269-279, 2018.

MAHENDRA, M. Y. et al. Estragole: A review of its pharmacology, effect on animal health and performance, toxicology, and market regulatory issues. **Iraqi Journal of Veterinary Sciences**, v. 37, n. 2, p. 537-546, 2023.

MARIANO, X. M. et al. Bioactive volatile fraction of Chilean boldo (*Peumus boldus* Molina) – an Overview. **Journal of Essential Oil Research**, v. 31, n. 6, p. 474-486, 2019.

MARINOV, V.; VALCHEVA-KUZMANOVA, S. Review on the pharmacological activities of anethole. **Scripta Scientifica Pharmaceutica**, v. 2, n. 2, p. 14-19, 2015.

MARQUES, T. S.; MOREIRA, R. F. A.; AYRES, E. M. M. Characterization of the essential oils from leaves of different sweet potato cultivars grown in Brazil. **South African Journal of Botany**, v. 144, p. 18-22, 2022.

MILLER, J. A. et al. d-Limonene: a bioactive food component from citrus and evidence for a potential role in breast cancer prevention and treatment. **Oncology Review**, v. 5, p. 31-42, 2010.

MIMICA-DUKIĆ, N. et al. Essential oils composition and antifungal activity of *F. vulgare* Mill. obtained by different distillation conditions. **Phytotherapy Research**, v. 17, n. 4, p. 368-371, 2003.

- MOOKDASANIT, J. et al. Trace Volatile Components in Essential Oil of *Citrus sudachi* by Means of Modified Solvent Extraction Method. **Food Science and Technology Research**, v. 9, n. 1, p. 54-61, 2003.
- MOTA, A. S. et al. Antimicrobial Activity and Chemical Composition of the Essential Oils of Portuguese *Foeniculum vulgare* Fruits. **Natural Product Communications**, v. 10, n. 4, p. 673-676, 2015.
- NOREEN, S. et al. Pharmacological, nutraceutical, functional and therapeutic properties of fennel (*Foeniculum vulgare*). **International Journal of Food Properties**, v. 26, n. 1, p. 915-927, 2023.
- PESSOA, M. L. S. et al. Antifungal activity and anti-diarrheal activity via antimotility mechanisms of (-)-fenchone in experimental models. **World Journal of Gastroenterology**, v. 26, n. 43, p. 6795-6809, 2020.
- PONTE, E. L. et al. Comparative study of the anti-edematogenic effects of anethole and estragole. **Pharmacological Reports**, v. 64, p. 984-990, 2012.
- PRINS, C. L.; LEMOS, C. S. L.; FREITAS, S. P. Efeito do tempo de extração sobre a composição e o rendimento do óleo essencial de alecrim (*Rosmarinus officinalis*). **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 8, n. 4, p. 92-95, 2006.
- RAAL, A.; ORAV, A.; ARAK, E. Essential oil composition of *Foeniculum vulgare* Mill. fruits from pharmacies in different countries. **Natural Product Research**, v. 26, n. 13, p. 1173-1178, 2012.
- REBEY, I. B. et al. Comparative assessment of phytochemical profiles and antioxidant properties of Tunisian and Egyptian anise (*Pimpinella anisum* L.) seeds. **Plant Biosystems**, v. 152, n. 5, p. 971-978, 2018.
- ROHMAN, F.; PUTRA, W. E. The bioinformatics perspective of *Foeniculum vulgare* fruit's bioactive compounds as natural anti-hyperglycemic against alpha-glucosidase. **Biodiversitas**, v. 22, n. 1, p. 79-84, 2021.
- ROLIM, T. L. et al. Toxicity and antitumor potential of *Mesosphaerum sidifolium* (Lamiaceae) oil and fenchone, its major component. **BMC Complementary and Alternative Medicine**, v. 17, 347, 2017.
- RUBERTO, G. et al. Antioxidant and antimicrobial activity of *Foeniculum vulgare* and *Crithmum maritimum* essential oils. **Planta Medica**, v. 66, n. 8, p. 687-693, 2000.
- SALAMI, M.; RAHIMMALEK, M.; EHTEMAM, M. H. Comprehensive research on essential oil and phenolic variation in different *Foeniculum vulgare* populations during

- transition from vegetative to reproductive stage. **Chemistry & Biodiversity**, v. 14, n. 2, 10.1002/cbdv.201600246, 2017.
- SANTOS, J.M.; ABRANTES, S. M. P. Presença de matérias estranhas em erva-doce, *Pimpinella anisum* L. **Vigilância Sanitária em Debate: Sociedade, Ciência & Tecnologia**, v. 3, n. 4, p. 120-127, 2015.
- SCHULTE-HUBBERT, R. et al. Estragole: DNA adduct formation in primary rat hepatocytes and genotoxic potential in HepG2-CYP1A2 cells. **Toxicology**, v. 444, 152566, 2020.
- SINGH, B.; KALE, R. K. Chemomodulatory action of *Foeniculum vulgare* (Fennel) on skin and for stomach papillomagenesis, enzymes associated with xenobiotic metabolism and antioxidant status in murine model system. **Food and Chemical Toxicology**, v. 46, p. 3842-3850, 2008.
- SINGH, G. et al. Chemical constituents, antifungal and antioxidative potential of *F. vulgare* volatile oil and its acetone extract. **Food Control**, v. 17, n. 9, p. 745-752, 2006.
- STOKOVIC, D. et al. Susceptibility of three clinical isolates of *Actinomodara madurae* to  $\alpha$ -pinene, the bioactive agent of *Pinus pinaster* turpentine oil. **Archives of Biological Sciences**, v. 60, n. 4, p. 697-701, 2008.
- SUN, J. d-Limonene: safety and clinical applications. **Alternative Medicine Review**, v. 12, n. 3, p. 259-264, 2007.
- TAMURA, H.; PADRAYUTTAWAT, A.; TOKUNAGA, T. Seasonal change of volatile compounds of *Citrus sudachi* during maturation. **Food Science and Technology Research**, v. 5, n. 2, p. 156-160, 1999.
- TEIXEIRA, I. E. A.-Z. et al. A fração volátil da camomila alemã (*Matricaria recutita* L.). **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, e18973510, 2020.
- TSUDA, H. et al. Cancer prevention by natural compounds. **Drug Metabolism and Pharmacokinetics**, v. 19, n. 4, p. 245-263, 2004.
- VIEIRA, J. N. et al. Chemical composition of essential oils from the Apiaceae family, cytotoxicity, and their antifungal activity *in vitro* against candida species from oral cavity. **Brazilian Journal of Biology**, v. 79, n. 3, p. 432-437, 2019.
- WISEMAN, R. W. et al. Structure-activity studies of the hepatocarcinogenicities of alkenylbenzene derivatives related to estragole and safrole on administration to preweaning male C57BL/6J x C3H/HeJ F1 mice. **Cancer Research**, v. 47, p. 2275-2283, 1987.



1089 (2) MORAES, T. V.; MONTENEGRO, J.; MARQUES, T. S.; **EVANGELISTA, L. M.**;  
1090 Rocha, C. B.; TEODORO, A. J.; KATO, L.; MOREIRA, R.F.A. Perfil fitoquímico e  
1091 atividade antioxidante de flores e frutos de *Pereskia aculeata* Miller. SCIENTIA  
1092 PLENA, v.17, p.051503, 2021.

1093

#### 1094 **PARTICIPAÇÃO EM EVENTOS CIENTÍFICOS:**

1095

1096 (1). **EVANGELISTA, L. M.**; OLIVEIRA, K. G. N.; MOREIRA, R.F.A. TOTAL  
1097 ANTIOXIDANT CAPACITY OF THE ESSENTIAL OILS AND INFUSIONS  
1098 OBTAINED FROM COMMERCIAL ANISE SAMPLES In: XV Simpósio Latino  
1099 Americano de Ciência de Alimentos e Nutrição (SLACAN), 2023, Campinas. Anais  
1100 do XV Simpósio Latino Americano de Ciência de Alimentos e Nutrição (SLACAN),  
1101 2023.

1102

1103 (2). **EVANGELISTA, L. M.**; FERREIRA, J. P. G.; Rocha, C. B.; MOREIRA, R.F.A.  
1104 ANTIOXIDANT CAPACITY OF THE ESSENTIAL OILS AND TEAS OBTAINED  
1105 FROM COMMERCIAL ANISE SAMPLES In: IV Simpósio de Alimentos e Nutrição,  
1106 2019, Rio de Janeiro. Caderno de resumos do IV Simpósio de Alimentos e  
1107 Nutrição, 2019.

1108

1109 (3). **EVANGELISTA, L. M.**; FERREIRA, J. P. G.; MORAES, T. V.; Rocha, C. B.;  
1110 MOREIRA, R.F.A. Evaluation of the chemical composition of the essential oils  
1111 obtained from commercial anise samples In: XIII Simpósio Latino Americano de  
1112 Ciências de Alimentos (SLACA), 2019, Campinas. Anais do XIII Simpósio Latino  
1113 Americano de Ciência de Alimentos (SLACA), 2019.

1114