

CLAUDINEI ANDRADE FILOMENO

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA E ATIVIDADE INSETICIDA DE ÓLEOS
ESSENCIAIS DE ESPÉCIES DE MYRTACEAE CONTRA *Plutella xylostella* e
*Rhyzopertha dominica***

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agroquímica, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2016

Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa

T

F488c
2016
Filomeno, Claudinei Andrade, 1975-
Composição química e atividade inseticida de óleos
essenciais de espécies de Myrtaceae contra *Plutella xylostella* e
Rhyzopertha dominica / Claudinei Andrade Filomeno. – Viçosa,
MG, 2016.
xi, 162f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui apêndice.

Orientador: Luiz Cláudio de Almeida Barbosa.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Essências e óleos essenciais. 2. Inseticidas vegetais. 3.
Plutella xylostella. 4. *Rhyzopertha dominica*. I. Universidade
Federal de Viçosa. Departamento de Química. Programa de
Pós-graduação em Agroquímica. II. Título.

CDD 22 ed. 661.806

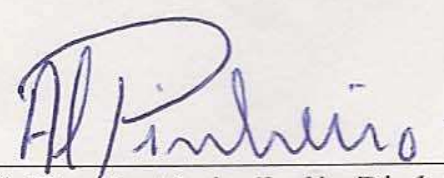
CLAUDINEI ANDRADE FILOMENO


**COMPOSIÇÃO QUÍMICA E ATIVIDADE INSETICIDA DE ÓLEOS
ESSENCIAIS DE ESPÉCIES DE MYRTACEAE CONTRA *Plutella*
xylostella e *Rhyzopertha dominica***


Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agroquímica, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

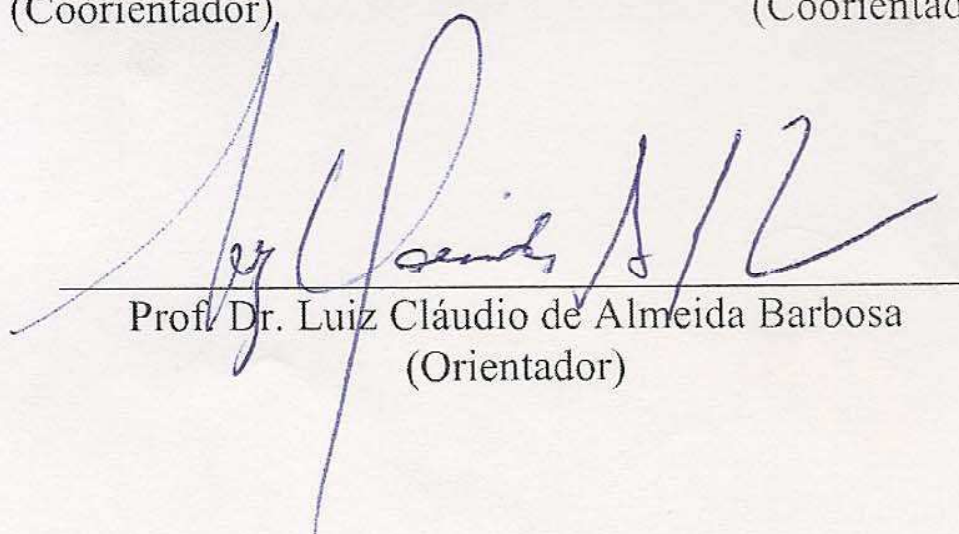
APROVADA: 22 de dezembro de 2016.


Prof.^a. Dr.^a. Vanderlúcia Fonseca de Paula


Prof. Dr. Antônio Lelis Pinheiro


Prof. Dr. Robson Ricardo Teixeira
(Coorientador)


Prof. Dr. Marcelo Coutinho Picanço
(Coorientador)


Prof. Dr. Luiz Cláudio de Almeida Barbosa
(Orientador)

*Dedico a minha família,
minha esposa Tereza e minha
filha Ana Luiza que foram o
apoio e força nos períodos de
incertezas.*

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Química, pela oportunidade de realização deste trabalho de pesquisa.

Ao professor Luiz Cláudio de Almeida Barbosa, pela oportunidade de realização deste trabalho, pela orientação segura e competente, dedicação, atenção e liberdade durante a realização deste trabalho, além do apoio nos momentos de angústias.

Ao professor Robson Ricardo Teixeira, pela amizade, disponibilidade, estímulo e ajuda imprescindível à realização desta tese.

Aos professores Marcelo Coutinho Picanço e Antônio Lelis Pinheiro, pela ajuda indispensável e essencial para realização deste trabalho.

À professora Vanderlúcia Fonseca de Paula, pela participação na banca de defesa, por suas críticas, sugestões e correções para melhoria de meu aprendizado.

Ao professor Serginho pela amizade e disponibilidade no empréstimo de solventes e equipamentos.

Aos estudantes da Entomologia, orientados do professor Marcelo Picanço, em especial ao mestrando Elizeu, cuja contribuição foi fundamental nos bioensaios.

Ao meu grande amigo Adilson, pela amizade e palavras certas em momentos de dúvidas, além da ajuda durante a realização deste trabalho.

Ao meu grande amigo Deuzélio, pela amizade, ajuda durante a realização deste trabalho e aconselhamentos.

Agradeço aos servidores do Departamento de Química, em especial ao grande Zé Luiz pela amizade e colaboração valiosa na realização deste trabalho e pelos bons momentos de convívio, assim como o Eduardo pela preciosa ajuda e amizade.

Ao Gabriel, secretário da Pós-Graduação, pela atenção e auxílio.

A toda a minha família, em especial à minha esposa Tereza pela ajuda e compreensão e à minha Mãe Dona Zita, pelas orações durante a realização deste trabalho. A meu Pai Tuniquinho pelo apoio sempre, assim como meus irmãos Edimar, Ediney e Rudy. Meu cunhado Paulo Rogério pelos conselhos. A meu sogro Juquinha e minha sogra Hilda pelo apoio e auxílio em minha estadia em Viçosa, assim como Tia Maria e seu esposo Zezé pelo acolhimento no período que estive em Belo Horizonte.

Finalmente, a todos que, de uma forma ou de outra, contribuíram para a concretização desta tese.

SUMÁRIO

RESUMO	vii
ABSTRACT	x
INTRODUÇÃO GERAL	1
Referências	4
CAPÍTULO 1	6
VARIABILIDADE QUÍMICA E ATIVIDADES BIOLÓGICAS DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE <i>Eucalyptus</i> spp.	6
RESUMO	6
ABSTRACT	7
1.1. Introdução	8
1.2. Variabilidade química dos óleos essenciais de <i>Eucalyptus</i>	10
1.2.1. <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh.	23
1.2.2. <i>Eucalyptus cinerea</i> F. Muell. ex Benth.	23
1.2.3. <i>Eucalyptus citriodora</i> Hook.	23
1.2.4. <i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	24
1.2.5. <i>Eucalyptus grandis</i> W. Hill ex Maiden.	25
1.2.6. <i>Eucalyptus saligna</i> Smith.	25
1.2.7. <i>Eucalyptus tereticornis</i> Smith.	26
1.3. Atividades biológicas dos óleos essenciais de <i>Eucalyptus</i>	26
1.3.1. Atividade antimicrobiana.	27
1.3.1.1. Atividade antibacteriana	27
1.3.1.2. Atividade antifúngica.	32
1.3.2. Atividade acaricida	36
1.3.3. Atividade inseticida	39
1.3.4. Atividade herbicida.	46
1.4. Observações finais.	50
Referências	52
CAPÍTULO 2	63
COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS ÓLEOS ESSENCIAIS DE ESPÉCIES DA FAMÍLIA MYRTACEAE	63
RESUMO	63
ABSTRACT	64
2.1. Introdução	65
2.2. Materiais e métodos.	66
2.2.1. Material vegetal	66
2.2.2. Extração dos óleos essenciais	67
2.2.3. Identificação e quantificação dos componentes dos óleos essenciais por cromatografia em fase gasosa	67
2.3. Resultados.	68

2.3.1. Teor dos óleos essenciais.....	68
2.3.2. Composição química dos óleos essenciais.....	69
2.4. Discussão.....	81
2.4.1. Teores dos óleos essenciais	81
2.4.2. Composição química dos óleos essenciais.....	83
2.5. Conclusão	89
Referências	91
CAPÍTULO 3	95
AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE INSETICIDA DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE ESPÉCIES DE MYRTACEAE CONTRA <i>Plutella xylostella</i>	95
RESUMO	95
ABSTRACT	96
3.1. Introdução.....	97
3.2. Materiais e métodos.....	98
3.2.1. Reagentes.....	98
3.2.2. Ensaios biológicos	99
3.2.2.1. Bioensaio de triagem para <i>Plutella xylostella</i>	99
3.2.2.2. Bioensaio de dose-mortalidade para <i>Plutella xylostella</i>	99
3.2.2.3. Bioensaio de tempo-mortalidade para <i>Plutella xylostella</i>	100
3.2.2.4. Experimento de sinergismo	100
3.2.2.5. Avaliação de risco para insetos não-alvo.....	101
3.3. Resultados.....	101
3.3.1. Avaliação da atividade inseticida dos óleos essenciais sobre <i>Plutella xylostella</i>	101
3.3.2. Dose-mortalidade e tempo-mortalidade do óleo essencial de <i>Corymbia citriodora</i> sobre <i>Plutella xylostella</i>	103
3.3.3. Sinergismo dos principais componentes do óleo essencial de <i>Corymbia citriodora</i> da estação seca	104
3.3.4. Efeitos do óleo essencial de <i>Corymbia citriodora</i> da estação seca sobre o predador <i>Solenopsis saevissima</i> e a abelha <i>Tetragonisca angustula</i>	106
3.4. Discussão.....	107
3.5. Conclusão	109
Referências	111
CAPÍTULO 4	114
ATIVIDADE INSETICIDA DE CONTATO E FUMIGAÇÃO DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE ESPÉCIES DE MYRTACEAE CONTRA <i>Rhyzopertha dominica</i>	114
RESUMO	114
ABSTRACT	115
4.1. Introdução.....	116
4.2. Materiais e métodos.....	119
4.2.1. Reagentes.....	119
4.2.2. Ensaios biológicos	119
4.2.2.1. Bioensaios de contato	119

4.2.2.1.1. Bioensaio de triagem para <i>Rhyzopertha dominica</i>	119
4.2.2.1.2. Bioensaio de dose-mortalidade para <i>Rhyzopertha dominica</i>	120
4.2.2.1.3. Bioensaio de tempo-mortalidade para <i>Rhyzopertha dominica</i>	121
4.2.2.1.4. Experimento de sinergismo	121
4.2.2.2. Bioensaios de fumigação	121
4.2.2.2.1. Bioensaio de triagem para <i>Rhyzopertha dominica</i>	121
4.2.2.2.2. Bioensaio de dose-mortalidade para <i>Rhyzopertha dominica</i>	122
4.2.2.2.3. Bioensaio de tempo-mortalidade para <i>Rhyzopertha dominica</i>	122
4.2.2.2.4. Experimento de sinergismo	123
4.3. Resultados.....	123
4.3.1. Bioensaios de contato	123
4.3.1.1. Avaliação da atividade inseticida de óleos essenciais sobre <i>Rhyzopertha dominica</i>	123
4.3.1.2. Dose-mortalidade e tempo-mortalidade do óleo essencial de <i>Eucalyptus resinifera</i> sobre <i>Rhyzopertha dominica</i>	124
4.3.1.3. Sinergismo dos principais componentes do óleo essencial de <i>Eucalyptus resinifera</i>	126
4.3.2. Bioensaios de fumigação	127
4.3.2.1. Avaliação da atividade inseticida de óleos essenciais sobre <i>Rhyzopertha dominica</i>	127
4.3.2.2. Dose-mortalidade e tempo-mortalidade do óleo essencial de <i>Eucalyptus resinifera</i> sobre <i>Rhyzopertha dominica</i>	128
4.3.2.3. Sinergismo dos principais componentes do óleo essencial de <i>Eucalyptus resinifera</i>	130
4.4. Discussão	131
4.5. Conclusão	133
Referências	134
CONCLUSÃO GERAL	137
APÊNDICE	140

RESUMO

FILOMENO, Claudinei Andrade, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 2016. **Composição química e atividade inseticida de óleos essenciais de espécies de Myrtaceae contra *Plutella xylostella* e *Rhyzopertha dominica***. Orientador: Luiz Cláudio de Almeida Barbosa. Coorientadores: Robson Ricardo Teixeira e Marcelo Coutinho Picanço.

Várias espécies de plantas produzem misturas de compostos odoríferos e voláteis conhecidos como óleos essenciais (OEs). Existem mais de 3000 OEs relatados na literatura com aproximadamente 300 em uso comercial, incluindo OEs de espécies de *Eucalyptus*, um grande gênero da família Myrtaceae. Muitos OEs de espécies de *Eucalyptus* têm encontrado aplicações em produtos farmacêuticos, agroquímicos, flavorizantes de alimentos e perfumes, sendo que estas aplicações estão relacionadas com as suas diversas propriedades biológicas e organolépticas. Diante destes fatos, no primeiro capítulo, foi realizada uma revisão das informações mais recentes sobre composição química e atividades biológicas de OEs de diferentes espécies de *Eucalyptus*, sendo destacadas as atividades antimicrobianas, acaricidas, inseticidas e herbicidas. No segundo capítulo, determinou-se a composição química dos OEs das folhas de vinte e duas espécies de plantas da família Myrtaceae, cultivados em Viçosa, Minas Gerais, sendo quatorze espécies de *Eucalyptus* (*E. andrewsii*, *E. siderophloia*, *E. nitens*, *E. pyrocarpa*, *E. phaeotricha*, *E. umbra*, *E. crebra*, *E. resinifera*, *E. cinerea*, *E. phoenicea*, *E. punctata*, *E. sphaerocarpa*, *E. pellita* e o híbrido *E. alba* x *E. tereticornis*), seis espécies de *Corymbia* (*C. citriodora*, *C. maculata*, *C. intermedia*, *C. henryi*, *C. torelliana* e *C. ptychocarpa*), além das espécies *Lophostemon confertus* e *Syncarpia glomulifera*. As folhas foram coletadas em duas épocas, ao final da estação seca e em estação chuvosa. A identificação e a quantificação dos constituintes dos OEs foram realizadas por CG-DIC e CG/EM. Algumas espécies estudadas mostraram constituir fontes promissoras de terpenos bioativos e produtos importantes na indústria química como *C. maculata*, *C. torelliana*, *E. umbra*, *E. phoenicea* e *S. glomulifera* que apresentaram elevados teores de α - e β -pineno, assim como *C. citriodora* que apresentou alto teor de citronelal nos OEs nas amostras coletadas ao final da estação seca. Os OEs das espécies *E. cinerea*, *E. punctata*, *E. resinifera*, *E. phaeotricha*, e o híbrido *E. alba* x *E. tereticornis* apresentaram altos níveis de 1,8-cineol e a espécie de *E. pyrocarpa* apresentou teor considerável dos isômeros de eudesmol em seus OEs. Este trabalho indica que a composição química dos OEs pode variar muito em função da época da coleta do material vegetal, além de apresentar relatos inéditos da composição

química dos OEs das espécies *E. andrewsii*, *C. henryi*, *E. phoenicea*, *C. ptychocarpa*, *E. pyrocarpa* e o híbrido *E. alba* x *E. tereticornis*. No terceiro capítulo a investigação da atividade inseticida dos OEs contra *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae), principal praga de brássicas no mundo, mostrou que o OE mais ativo foi obtido a partir de folhas de *C. citriodora* coletadas durante a estação seca, que apresentou como componentes principais citronelal (86,8%) e (-)-isopulegol (4,7%). Com 30 µg mg⁻¹ de inseto, este OE causou 80% de mortalidade de *P. xylostella* e apresentou atividade superior (DL₅₀ = 21,53 µg mg⁻¹ de inseto, DL₉₀ = 42,29 µg mg⁻¹ de inseto) ao óleo de neem (DL₅₀ = 30,79 µg mg⁻¹ de inseto, DL₉₀ = 161,11 µg mg⁻¹ de inseto) utilizado como controle positivo nos bioensaios, além de exercer rápido controle sobre *P. xylostella*. Estes OEs apresentam baixa toxicidade para *Solenopsis saevissima* (predador natural), mas alta toxicidade para *Tetragonisca angustula* (polinizador). Os bioensaios contra *P. xylostella* demonstraram efeito sinérgico entre os principais componentes do OE de *C. citriodora* da estação seca. Conforme a investigação, acima descrita, sugere-se que os OEs de *C. citriodora* possam ser uma alternativa ao controle por inseticidas de *P. xylostella*. Em outra investigação, no capítulo 4, a atividade inseticida dos OEs foram observadas em bioensaios de contato e fumigação contra *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae), um dos principais insetos que causam grande perda em grãos armazenados em todo mundo. O OE mais ativo foi obtido a partir de folhas de *E. resinifera* coletadas após a estação seca, que apresentaram como componentes principais 1,8-cineol (59,3%), *p*-cimeno (12,9%) e α -pineno (9,7%). Nos bioensaios de contato numa dose de 30 µg mg⁻¹ de inseto, este OE causou 83,3% de mortalidade a *R. dominica*, sendo que sua eficácia (DL₅₀ = 17,08 µg mg⁻¹ de inseto; DL₉₅ = 56,17 µg mg⁻¹ de inseto) foi inferior à do Actellic (DL₅₀ = 0,49 µg mg⁻¹ de inseto; DL₉₅ = 1,14 µg mg⁻¹ de inseto), utilizado como controle positivo. Já nos bioensaios de fumigação a mortalidade causada pelo OE de *E. resinifera* a 150 µL L⁻¹ foi de 90,0%, apresentando eficácia (CL₅₀ = 70,55 µL L⁻¹; CL₉₅ = 266,40 µL L⁻¹) superior à do Actellic (CL₅₀ = 154,74 µL L⁻¹; CL₉₅ = 334,95 µL L⁻¹). O TL₅₀ sobre adultos de *R. dominica* para o OE de *E. resinifera* foi de 1,7 horas no bioensaio de contato (DL₉₅ de 56,17 µg mg⁻¹ de inseto) e de 12,6 horas no bioensaio de fumigação (CL₉₅ de 266,40 µL L⁻¹). Os bioensaios mostraram que o 1,8-cineol é o responsável pelo efeito fumigante do OE de *E. resinifera*, já em relação ao bioensaio de contato, não foi possível determinar o responsável pelo efeito tóxico, sendo, provavelmente, a toxicidade de contato do OE de *E. resinifera* a *R. dominica* causada pelo sinergismo entre substâncias presentes no OE. De acordo com os resultados obtidos neste trabalho, sugere-se que os OEs de *E.*

resinifera apresentam potencial para ser utilizado como uma alternativa aos inseticidas comerciais no controle de *R. dominica*.

ABSTRACT

FILOMENO, Claudinei Andrade, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, December, 2016. **Chemical composition and insecticidal activity of essential oils of Myrtaceae species against *Plutella xylostella* and *Rhyzopertha dominica*.** Adviser: Luiz Cláudio de Almeida Barbosa. Co-advisers: Robson Ricardo Teixeira and Marcelo Coutinho Picanço.

Several species of plants produce mixtures of odoriferous and volatile compounds known as essential oils (EOs). There are more than 3000 EOs reported in the literature, with approximately 300 in commercial use, including EOs of *Eucalyptus* species, a large genus of the Myrtaceae family. Many EOs of *Eucalyptus* species have found applications in pharmaceuticals, agrochemicals, food flavorings and perfumes, these applications being related to their diverse biological and organoleptic properties. In the first chapter, a review of the latest information concerning the chemical composition and biological activities of EOs from different species of *Eucalyptus*, with emphasis on antimicrobial, acaricidal, insecticidal and herbicidal activities. In the second chapter, the EOs contained in the foliage of twenty-two species of plants of the Myrtaceae family were chemically analyzed. Fourteen species of *Eucalyptus* (*E. andrewsii*, *E. siderophloia*, *E. nitens*, *E. pyrocarpa*, *E. phaeotricha*, *E. umbra*, *E. crebra*, *E. resinifera*, *E. cinerea*, *E. phoenicea*, *E. punctata*, *E. sphaerocarpa*, *E. pellita* and *E. alba* x *E. tereticornis* hybrid), six species of *Corymbia* (*C. citriodora*, *C. maculata*, *C. intermedia*, *C. henryi*, *C. torelliana* and *C. ptychocarpa*), as well as the species *Lophostemon confertus* and *Syncarpia glomulifera*. These were grown in Viçosa, Minas Gerais, Brazil and collected during two seasons: at the end of the dry and rainy seasons. Identification and quantification of EOs constituents was performed by GC-FID and GC/MS. Some species have been shown to be promising sources of bioactive terpenes and important products in the chemical industry, such as *C. maculata*, *C. torelliana*, *E. umbra*, *E. phoenicea* and *S. glomulifera*, which presented high levels of α - and β -pinene, as well as *C. citriodora* that presented citronellal content in OEs samples collected at the end of the dry season. The *E. cinerea*, *E. punctata*, *E. resinifera*, *E. phaeotricha* and the hybrid *E. alba* x *E. tereticornis* showed high levels of 1,8-cineol and *E. pyrocarpa* species presented a considerable content of the isomers of eudesmol in their OEs. Furthermore they indicate that the EO's chemical composition varies greatly depending on the harvesting season of the vegetable samples. Additionally, it reports unprecedented data on EOs chemical composition for species such as *E. andrewsii*, *C. henryi*, *E. phoenicea*, *C. ptychocarpa*, *E. pyrocarpa* and the hybrid *E.*

alba x *E. tereticornis*. In the third chapter the investigation of the insecticidal activity of EOs against *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae), the main brassica pest worldwide, showed that the most active EOs was obtained from leaves of *C. citriodora* collected during the dry season and present as the main components citronellal (86.8%) and (-)-isopulegol (4.7%). At 30 $\mu\text{g mg}^{-1}$ of insect, this EO caused 80% mortality of *P. xylostella* and presented superior activity ($\text{LD}_{50} = 21.53 \mu\text{g mg}^{-1}$ of insect; $\text{LD}_{90} = 42.29 \mu\text{g mg}^{-1}$ of insect) than neem oil ($\text{LD}_{50} = 30.79 \mu\text{g mg}^{-1}$ of insect; $\text{LD}_{90} = 161.11 \mu\text{g mg}^{-1}$ of insect) used as positive control in the bioassays. In addition, dry season leaf *C. citriodora* EO exert fast control on *P. xylostella*. The effects of this EO were also evaluated against *Solenopsis saevissima*, a natural predator of *P. xylostella*, and *Tetragonisca angustula*, a pollinator. While *C. citriodora* EO present low toxicity on *S. saevissima*, high toxicity was noticed against *T. angustula*. Bioassays demonstrated synergistic effects between the main components of dry season leaf *C. citriodora* EO. Based on the findings described in this investigation, it is suggested that *C. citriodora* EOs can be an alternative to insecticide control. In another investigation, in chapter 4, the insecticidal activity of EOs was observed in contact and fumigation bioassays against *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae), one of the insects that most damage stored grains worldwide. The most active EO was obtained from the foliage of *E. resinifera*, of which the main components are 1.8-cineol (59.3%), *p*-cymene (12.9%) and α -pinene (9.7%). In contact bioassays at 30 $\mu\text{g mg}^{-1}$ per insect, this EO lead to 83.3% mortality of *R. dominica* (with an efficiency of $\text{LD}_{50} = 17.08 \mu\text{g mg}^{-1}$ per insect; $\text{LD}_{95} = 56,17 \mu\text{g mg}^{-1}$ per insect). This was lower than that of the commercial insecticide Actellic ($\text{LD}_{50} = 0,49 \mu\text{g mg}^{-1}$ per insect); ($\text{LD}_{95} = 1,14 \mu\text{g mg}^{-1}$ per insect) was used as a positive benchmark. Mortality rates of 90.0% were achieved during fumigation bioassays (150 $\mu\text{L L}^{-1}$) by *E. resinifera*'s EO equal to a performance of ($\text{LC}_{50} = 70.55 \mu\text{L L}^{-1}$; $\text{LC}_{95} = 266.40 \mu\text{L L}^{-1}$) which exceeds Actellic's ($\text{LC}_{50} = 154.74 \mu\text{L L}^{-1}$; $\text{LC}_{95} = 334.95 \mu\text{L L}^{-1}$). The LT_{50} of *E. resinifera* EO on *R. dominica* adults was of 1.7 hours for contact bioassays (LD_{95} of 56,17 $\mu\text{g mg}^{-1}$ per insect) versus 12.6 hours during fumigation bioassays (LC_{95} of 266,40 $\mu\text{L L}^{-1}$). Bioassays prove that 1.8-cineol is responsible for the EO's fumigant properties of *E. resinifera*. Contact bioassays, however, were unable to identify the toxicity source (presumably the synergy between substances present in the EOs of both *E. resinifera* and *R. dominica*). Results obtained, suggest that *E. resinifera*'s EOs show potential as an alternative to commercial insecticides against *R. dominica*.

INTRODUÇÃO GERAL

Desde tempos imemoriais, o homem vem utilizando substâncias de origem natural para diversos fins como, por exemplo, para a obtenção de fármacos e agroquímicos.

De acordo com Agência de Proteção Ambiental Americana (EPA) os agroquímicos, também conhecidos como pesticidas, agrotóxicos ou praguicidas, podem ser definidos como qualquer substância ou mistura que tem por finalidade prevenir, destruir, repelir ou mitigar qualquer peste (Velasco e Capanema, 2006).

O contínuo crescimento populacional tem como consequência, dentre outras, a necessidade de elevação da produção de alimentos. Para alcançar uma maior produtividade agrícola, os agricultores lançam mão, dentre outras tecnologias, dos agroquímicos para controlar diferentes tipos de pragas que, se não mantidas sob controle, causam sérios prejuízos à agricultura.

Dentre as diferentes classes de agroquímicos empregadas na agricultura estão os inseticidas.

Inseticidas são substâncias químicas utilizadas para matar, atrair e repelir insetos, sendo sua descoberta, isolamento, síntese, avaliação toxicológica e de impacto ambiental um vasto tópico de pesquisas no mundo (Júnior, 2003).

Uma importante classe de inseticidas é aquela conhecida como inseticidas botânicos. Ao longo do processo evolutivo, algumas espécies de plantas desenvolveram sistemas de defesas químicas contra insetos herbívoros. Neste contexto, essas plantas produzem substâncias apresentando ação inseticida; em outras palavras, substâncias com atividade tóxica contra os insetos ou que provoquem sua morte por outros modos de ação, ou mesmo sua repelência. Produtos derivados dessas plantas ou partes destas, podendo corresponder ao próprio material vegetal, normalmente moído até ser reduzido a pó, ou seus produtos derivados por extração aquosa ou com solventes orgânicos (tais como álcool, éter, acetona, clorofórmio, etc.) ou destilação, são denominados de inseticidas botânicos (Aguiar-Menezes, 2005). Rotenona, piretro e azadiractina são importantes exemplos de inseticidas botânicos.

Inseticidas botânicos têm sido utilizados para combater pragas durante séculos. Entretanto, após a Segunda Guerra Mundial algumas plantas e extratos de plantas que haviam apresentado efeitos promissores, foram substituídos por inseticidas sintéticos (Kumar *et al.*, 2011). Todavia, o uso excessivo de pesticidas sintéticos nas lavouras e ambientes urbanos resultou em desenvolvimento de resistência, implicações toxicológicas para a saúde humana e aumento da poluição ambiental. Diante deste

quadro, esforços estão sendo feitos em todo o mundo para substituir estes produtos sintéticos, com alternativas que sejam mais seguras e que não causem impactos negativos sobre o meio ambiente (Batish *et al.*, 2008).

As plantas são uma fonte abundante de substâncias estruturalmente diversas e biologicamente ativas. Como a maioria dos inseticidas botânicos são biodegradáveis, extenso trabalho tem sido feito sobre a avaliação da bioatividade dos óleos essenciais (OEs) de várias plantas contra importantes insetos-pragas que atacam culturas agrícolas em todo o mundo. Esses estudos se baseiam no fato de que os OEs são ambientalmente seguros e ativos contra uma grande variedade de espécies de insetos (Koul *et al.*, 2008; Chaudhary *et al.*, 2011; Kumrungsee *et al.*, 2014).

Os OEs são produtos odoríferos e voláteis, oriundos do metabolismo secundário de diversas plantas. Eles têm uma ampla aplicação na medicina popular, na aromatização e conservação de alimentos, bem como na indústria de perfumaria. Além destas aplicações, os OEs possuem propriedades antimicrobianas que são conhecidas por séculos (Kalemba e Kunicka, 2003). Muitos OEs interferem no metabolismo básico e funções fisiológicas dos insetos, afetando seu desenvolvimento, sobrevivência e reprodução (Paruch *et al.*, 2000; Hummelbrunner e Isman, 2001; Tripathi *et al.*, 2003; Batish *et al.*, 2008; Singh *et al.*, 2008; Kulkarni *et al.*, 2013; Suwansirisilp *et al.*, 2013; Kumrungsee *et al.*, 2014).

A família Myrtaceae é uma importante fonte de OEs com uma vasta gama de atividades biológicas, tais como agentes antibacterianos, antifúngicos, propriedades analgésicas e anti-inflamatórias (Mulyaningsih *et al.*, 2010). Diversos são os relatos a respeito do uso destes OEs contra os efeitos de constipações, gripe, rinite, sinusite e outras infecções respiratórias (Sadlon e Lamson, 2010).

O *Eucalyptus* é um grande gênero da família Myrtaceae. Suas espécies são árvores altas e arbustos, de folhagem perene, sendo cultivadas no mundo inteiro para obtenção de óleo essencial, goma, celulose, madeira, medicamentos, além do seu uso ornamental. Dentre os vários produtos não madeireiros, os OEs encontrados nas folhas de espécies de *Eucalyptus* é o mais importante, sendo utilizado na medicina popular, nos alimentos, em produtos de perfumaria e na indústria farmacêutica. As propriedades biológicas dos OEs de *Eucalyptus* são relatadas em diversas publicações, e incluem propriedades antimicrobiana, fungicida, inseticida/repelente de insetos, herbicida, acaricida e nematicida (Batish *et al.*, 2008).

Ao analisar a composição química dos OEs de espécies de *Eucalyptus*, depreende-se que o mesmo é uma mistura contendo uma variedade de monoterpenos e

sesquiterpenos, fenóis, óxidos, éteres, álcoois, ésteres, aldeídos e cetonas. Destaca-se que a composição desses OEs varia em função da espécie (Batish *et al.*, 2006). A presença de monoterpenos voláteis nos OEs proporciona uma estratégia de defesa importante para as plantas, especialmente contra insetos herbívoros e fungos patogênicos (Langenheim, 1994).

Entre os vários componentes de OEs de *Eucalyptus*, o 1,8-cineol é o mais importante, sendo um composto característico deste gênero e responsável, em grande parte, por uma variedade de propriedades biológicas vinculadas a estes OEs (Batish *et al.*, 2008).

A bioatividade do OE depende do tipo e da natureza dos componentes e a sua concentração, os quais variam com a espécie, estação do ano, local, clima, tipo de solo, idade das folhas, regime de fertilidade, bem como o método utilizado para a secagem do material vegetal e extração do OE (Veloso *et al.*, 2014; Seixas *et al.*, 2013; Montanari *et al.*, 2012; Batish *et al.*, 2008; Barbosa *et al.*, 2007).

Assim, diante da diversidade de espécies e versatilidade de utilização, propõe-se neste trabalho avaliar a influência da composição química dos OEs extraídos das folhas de vinte e duas espécies australianas da família Myrtaceae, principalmente o gênero *Eucalyptus* e *Corymbia*, cultivados na cidade de Viçosa-MG, em relação às suas atividades inseticidas contra pragas de importância comercial, visando à utilização destes OEs como uma alternativa comercial para o controle químico de insetos.

Referências

1. Aguiar-Menezes, E.L., 2005. Inseticidas botânicos: seus princípios ativos, modo de ação e uso agrícola. Seropédica: Embrapa Agrobiologia (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 205), 58 p.
2. Barbosa, L.C.A., Demuner, A.J., Dumont, A.C., Paula, V.F., Ismail, F.M.D., 2007. Seasonal variation in the composition of volatile oils from *Schinus terebinthifolius* Raddi. *Quím. Nova* 30, 1959-1965.
3. Batish, D.R., Singh, H.P., Kohli, R.K., Kaur, S., 2008. *Eucalyptus* essential oil as a natural pesticide. *Forest Ecol. Manag.* 256, 2166-2174.
4. Batish, D.R., Singh, H.P., Setia, N., Kaur, S., Kohli, R.K., 2006. Chemical composition and inhibitory activity of essential oil from decaying leaves of *Eucalyptus citriodora*. *Z. Naturforsch.* 61, 52-56.
5. Chaudhary, A., Sharma, P., Nadda, G., Tewary, D.K., Singh, B., 2011. Chemical composition and larvicidal activities of the Himalayan cedar, *Cedrus deodara* essential oil and its fractions against the diamondback moth, *Plutella xylostella*. *J. Insect Sci.* 11, 157.
6. Hummelbrunner, A.L., Isman, M.B., 2001. Acute, sublethal, antifeedant and synergistic effects of monoterpenoid essential oil compounds on the tobacco cut worm (Lepidoptera: Noctuidae). *J Agric Food Chem.* 49, 715-720.
7. Júnior, C.V., 2003. Terpenos com atividade inseticida: uma alternativa para o controle químico de insetos. *Quím. Nova* 26, 390-400.
8. Kalembe, D., Kunicka, A., 2003. Antibacterial and antifungal properties of EOs. *Curr. Med. Chem.* 10, 813-829.
9. Koul, O., Walia, S., Dhaliwal, G.S., 2008. Essential oils as green pesticides: potential and constraints. *Biopest. Int.* 4, 63-84.
10. Kulkarni, R.R., Pawar, P.V., Joseph, M.P., Akulwad, A.K., Sen, A., Joshi, S.P., 2013. *Lavandula gibsoni* and *Plectranthus mollis* essential oils: chemical analysis and insect control activities against *Aedes aegypti*, *Anopheles sfttephensi* and *Culex quinquefasciatus*. *J. Pest. Sci.* 86, 713-718.
11. Kumar, P., Mishra, S., Malik, A., Satya, S., 2011. Repellent, larvicidal and pupicidal properties of essential oils and their formulations against the housefly, *Musca domestica*. *Med. Vet. Entomol.* 25, 302-310.
12. Kumrungsee, N., Pluempanupat, W., Koul, O., Bullangpoti, V., 2014. Toxicity of essential oil compounds against diamondback moth, *Plutella xylostella*, and their impact on detoxification enzyme activities. *J. Pest. Sci.* 87, 721-729.
13. Langenheim, J.H., 1994. Higher plant terpenoids: Phyto-centric overview of their ecological roles. *J. Chem. Ecol.* 20, 1223-1280.
14. Montanari, R.M., Barbosa, L.C.A., Demuner, A.J., Silva, C.J., Andrade, N.J., Ismail, F.M.D., Barbosa, M.C.A., 2012. Exposure to anacardiaceae volatile oils and their constituents induces lipid peroxidation within food-borne bacteria cells. *Molecules* 17, 9728-9740.
15. Mulyaningsih, S., Sporer, F., Zimmermann, S., Reichling, J., Wink, M., 2010. Synergistic properties of the terpenoids aromadendrene and 1,8-cineole from the essential oil of *Eucalyptus globulus* against antibiotic-susceptible and antibiotic-resistant pathogens. *Phytomedicine* 17, 1061-1066.
16. Paruch, E., Ciunik, Z., Nawrot, J., Wawrzencyk, C., 2000. Lactones. 9. Synthesis of terpenoid lactones-active insect antifeedants. *J. Agric. Food. Chem.* 48, 4973-4977.
17. Sadlon, A.E., Lamson, D.W., 2010. Immune-modifying and antimicrobial effects of *Eucalyptus* oil and simple inhalation devices. *Altern. Med. Rev.* 15, 33-47.
18. Seixas, P.T.L., Castro, H.G., Cardoso, P.D., Chagas Júnior, A.F., Nascimento, I.R., Barbosa, L.C.A., 2013. Efeito da adubação mineral na produção de biomassa e no teor e composição do óleo essencial do capim-citronela. *Bioscience J.* 29, 852-858.
19. Singh, R., Rup, P.J., Koul, O., 2008. Bioefficacy of 1,8-cineole from *Eucalyptus camaldulensis* var. obtuse and linalool from *Luvanga scandans* against *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae) and combination effects with some other monoterpenoids. *Biopest. Int.* 4, 128-137.
20. Suwansirisilp, K., Visetson, S., Prabaripai, A., Tanasinchayakul, S., Grieco, J.P., Bangs, M.J., Chareonviriyaphap, T., 2013. Behavioral responses of *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae) to four essential oils in Thailand. *J. Pest. Sci.* 86, 309-320.
21. Tripathi, A.K., Prajapati, V., Kumar, S., 2003. Bioactivity of *l*-carvone, *d*-carvone and dihydrocarvone towards three stored product beetles. *J. Econ. Entomol.* 96, 1594-1601.

22. Velasco, L.O.M., Capanema, L.X.L., 2006. O setor de agroquímicos. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, 24, 69-96.
23. Veloso, R.A., Castro, H.G., Barbosa, L.C.A., Cardoso, D.P., Chagas Júnior, A.F., Scheidt, G.N., 2014. Teor e composição do óleo essencial de quatro acessos e duas cultivares de manjeriçãõ (*Ocimum basilicum* L.). *Rev. Bras. Pl. Med.* 16, 364-371.

CAPÍTULO 1

VARIABILIDADE QUÍMICA E ATIVIDADES BIOLÓGICAS DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE *Eucalyptus* spp.

RESUMO

Muitas espécies de plantas produzem misturas de compostos odoríferos e voláteis conhecidos como óleos essenciais (OEs). Estas misturas desempenham papéis importantes na natureza e têm sido utilizadas pela humanidade para diferentes fins, tais como produtos farmacêuticos, agroquímicos, aromaterapia e aromatizantes de alimentos. Existem mais de 3000 OEs relatados na literatura com aproximadamente 300 em uso comercial, incluindo OEs de espécies de *Eucalyptus*. A maioria dos OEs de espécies de *Eucalyptus* são ricos em monoterpenos e muitos têm encontrado aplicações em produtos farmacêuticos, agroquímicos, flavorizantes de alimentos e perfumes. Tais aplicações estão relacionadas com as suas diversas propriedades biológicas e organolépticas. Assim, neste estudo, revisamos as informações mais recentes sobre a composição química e as atividades biológicas de OEs de diferentes espécies de *Eucalyptus*. Entre as 900 espécies e subespécies do gênero *Eucalyptus*, foram examinadas 68 espécies. Os estudos associados a estas espécies foram realizados em 27 países. Concentramo-nos nas atividades antimicrobianas, acaricidas, inseticidas e herbicidas, na esperança de que essas informações contribuam para o desenvolvimento da investigação neste domínio. Pretende-se também que a informação descrita neste estudo possa ser útil na racionalização do uso de OEs de *Eucalyptus* como componentes para aplicações farmacêuticas e agroquímicas, bem como conservantes e aromatizantes de alimentos.

ABSTRACT

Many plant species produce mixtures of odorous and volatile compounds known as essential oils (EOs). These mixtures play important roles in Nature and have been utilized by mankind for different purposes, such as pharmaceuticals, agrochemicals, aromatherapy, and food flavorants. There are more than 3000 EOs reported in the literature, with approximately 300 in commercial use, including the EOs from *Eucalyptus* species. Most EOs from *Eucalyptus* species are rich in monoterpenes and many have found applications in pharmaceuticals, agrochemicals, food flavorants, and perfumes. Such applications are related to their diverse biological and organoleptic properties. In this study, we review the latest information concerning the chemical composition and biological activities of EOs from different species of *Eucalyptus*. Among the 900 species and subspecies of the *Eucalyptus* genus, we examined 68 species. The studies associated with these species were conducted in 27 countries. We have focused on the antimicrobial, acaricidal, insecticidal and herbicidal activities, hoping that such information will contribute to the development of research in this field. It is also intended that the information described in this study can be useful in the rationalization of the use of *Eucalyptus* EOs as components for pharmaceutical and agrochemical applications as well as food preservatives and flavorants.

1.1. Introdução

A natureza é um reservatório precioso de substâncias que podem ser exploradas para desenvolver novos fármacos. Vários fármacos para o tratamento de uma variedade de doenças foram descobertos por meio de triagem de compostos naturais obtidos de animais, microrganismos, organismos marinhos e plantas. Estes fármacos podem ser produtos naturais *per se* ou análogos semissintéticos derivados de um produto natural ativo. Além disso, eles podem ser compostos inteiramente sintéticos projetados usando produtos naturais como modelos (Paterson e Anderson, 2005; Koehn e Carter, 2005; Newman e Cragg, 2007, 2012; Harvey *et al.*, 2015; Gbenou *et al.*, 2013).

Os produtos naturais também foram utilizados diretamente como agentes de controle de pragas. Além disso, serviram como modelos para o desenvolvimento de novos pesticidas com potenciais aplicações comerciais (Arantes *et al.*, 2010; Paula *et al.*, 2000, Barbosa *et al.*, 2006a; Cantrell *et al.*, 2012; Copping e Duke, 2007; Gerwick e Sparks, 2014; Lima *et al.*, 2003).

Embora haja um grande número de espécies de plantas, apenas cerca de 10% produzem misturas de compostos odoríferos e voláteis, coletivamente chamados óleos essenciais ou voláteis (Kalemba e Kunicka, 2003). Esses óleos essenciais (OEs) podem ser produzidos a partir de todas as partes das plantas (brotos, flores, folhas, caules, galhos, sementes, frutos, raízes, madeira ou casca). Os OEs são armazenados em várias estruturas secretoras, tais como células epidérmicas, pêlos secretores, canais secretores, cavidades secretoras, tricomas glandulares ou adutos de resina (Bakkali *et al.*, 2008; Silva *et al.*, 2012; Gilles *et al.*, 2010; Ens *et al.*, 2009; Passos *et al.*, 2009). Os OEs são geralmente líquidos hidrofóbicos e solúveis em álcool, solventes não polares ou fracamente polares, ceras e óleos. Eles são ligeiramente solúveis em água e são geralmente incolores ou amarelo pálido (Sefidkon *et al.*, 2007; Bakkali *et al.*, 2008; Gilles *et al.*, 2010). Do ponto de vista químico, são compostos por monoterpenos, sesquiterpenos e diterpenos, compostos aromáticos e compostos alifáticos de baixa massa molecular.

Alguns OEs desempenham papel importante na proteção de plantas contra ataques de insetos, fungos, bactérias e vírus e também podem ser importantes como um impedimento à alimentação herbívora (Si *et al.*, 2006; Bakkali *et al.*, 2008; Langenheim, 1994; Holopainen, 2004; Penuelas e Llusà, 2004).

OEs também são conhecidos por estarem envolvidos em interações alelopáticas inibindo germinação de sementes e crescimento das plantas (Barbosa *et al.*, 2007; Batish *et al.*, 2006a; Angelini *et al.*, 2003; Barney *et al.*, 2005). Estas propriedades

foram investigadas para o desenvolvimento de herbicidas (Dudai *et al.*, 1999; Tworkoski, 2002; Singh *et al.*, 2005). Neste contexto e considerando a favorável biodegradabilidade dos componentes dos OEs, eles podem ser considerados ferramentas alternativas atrativas para controlar o crescimento de plantas daninhas (Isman, 2000). OEs de uma variedade de plantas também são dotados de atividades antibacterianas (Montanari *et al.*, 2011; Nascimento *et al.*, 2011; Demuner *et al.*, 2011; Silva *et al.*, 2010), bem como propriedades anti-inflamatórias e antioxidantes (Martins *et al.*, 2008).

Existem mais de 3000 OEs descritos na literatura com aproximadamente 300 em uso comercial, incluindo aqueles de várias espécies de *Eucalyptus* (Burt, 2004; Bakkali *et al.*, 2008; Gilles *et al.*, 2010; Stefanakis *et al.*, 2013).

O gênero *Eucalyptus*¹ é representado por 900 espécies e subespécies. Corresponde a um dos principais gêneros da família Myrtaceae, nativo da Austrália e cultivadas em vários países do mundo (Pereira *et al.*, 2014; Bello *et al.*, 2013; Gilles *et al.*, 2010; Tyagi e Malik, 2011; Araujo *et al.*, 2010). *Eucalyptus* têm folhagem perene e odoríferas devido à presença de OEs que são produzidos e armazenados em células secretoras. Estes OEs são aromáticos, picantes e podem ser incolor ou amarelo pálido, embora existam relatos descrevendo alguns como acastanhado ou esverdeado (Araujo *et al.*, 2010).

Os OEs de *Eucalyptus* são geralmente ricos em monoterpenos e em alguns casos sesquiterpenos. Muitos destes OEs são utilizados para fins farmacêuticos e em perfumaria (Bizzo *et al.*, 2009). Os OEs de *Eucalyptus* utilizados como produtos farmacêuticos são ricos em 1,8-cineol, enquanto que aqueles usados em perfumaria são ricos em citronelal, citral e acetato de geranila (Pino *et al.*, 2002).

Considerando a versatilidade dos OEs de *Eucalyptus* em termos de bioatividades, bem como a sua importância industrial, o objetivo deste capítulo é fornecer informações mais recentes sobre a composição química e atividades biológicas de OEs de diferentes espécies de *Eucalyptus*. Duas revisões sobre OEs de *Eucalyptus* e atividades biológicas foram recentemente publicadas. Em uma delas Vuong *et al.* (2015) mostrou as propriedades anticancerígenas de OEs de *Eucalyptus*; em outra Zhang *et al.* (2010) descreveram avanços em várias atividades biológicas até 2010. Neste capítulo de revisão, das 900 espécies e subespécies do gênero *Eucalyptus*,

¹Baseada em características morfológicas e moleculares, o gênero *Eucalyptus* foi reclassificado em 1995 por Ken Hill & Laurie Johnson. *Corymbia*, antes um subgênero de *Eucalyptus*, foi elevada à categoria de gênero. Existem 113 espécies de *Corymbia*, sendo as mais conhecidas *Corymbia citriodora*, *C. maculata*, *C. ficifolia*, *C. ptychocarpa* e *C. torelliana*. No entanto, a classificação encontrada nas referências utilizadas na preparação deste capítulo foi preservada para facilitar as discussões.

examinamos 68 espécies (3 híbridos). Os estudos associados a estas espécies foram conduzidos em 27 países e a pesquisa bibliográfica abrange recentes desenvolvimentos na área. Esta revisão centrou-se nas propriedades antimicrobianas, acaricidas, inseticidas e herbicidas de espécies de *Eucalyptus*. A informação descrita pode ser útil na racionalização do uso de OEs de *Eucalyptus* como fonte de componentes para aplicações farmacêuticas e agroquímicas, bem como conservantes alimentares.

1.2. Variabilidade química dos óleos essenciais de *Eucalyptus*

Embora os OEs sejam encontrados nas folhas de mais de 300 de espécies de *Eucalyptus*, menos de 20 espécies têm sido explorado comercialmente para produção de OEs (Elaissi *et al.*, 2011a; Pino *et al.*, 2002). Em termos de composição química, estes OEs são misturas complexas de substâncias, geralmente contendo 20 a 80 compostos, diferindo em suas concentrações. Terpenos e terpenóides são os componentes principais encontrados em OEs obtidos a partir das folhas de *Eucalyptus* (Burt, 2004; Watanabe *et al.*, 1993; Li *et al.*, 1995, 1996; Cimanga *et al.*, 2002; Batish *et al.*, 2006b; Quereshi *et al.*, 2011), conforme ilustrado na Figura 1.

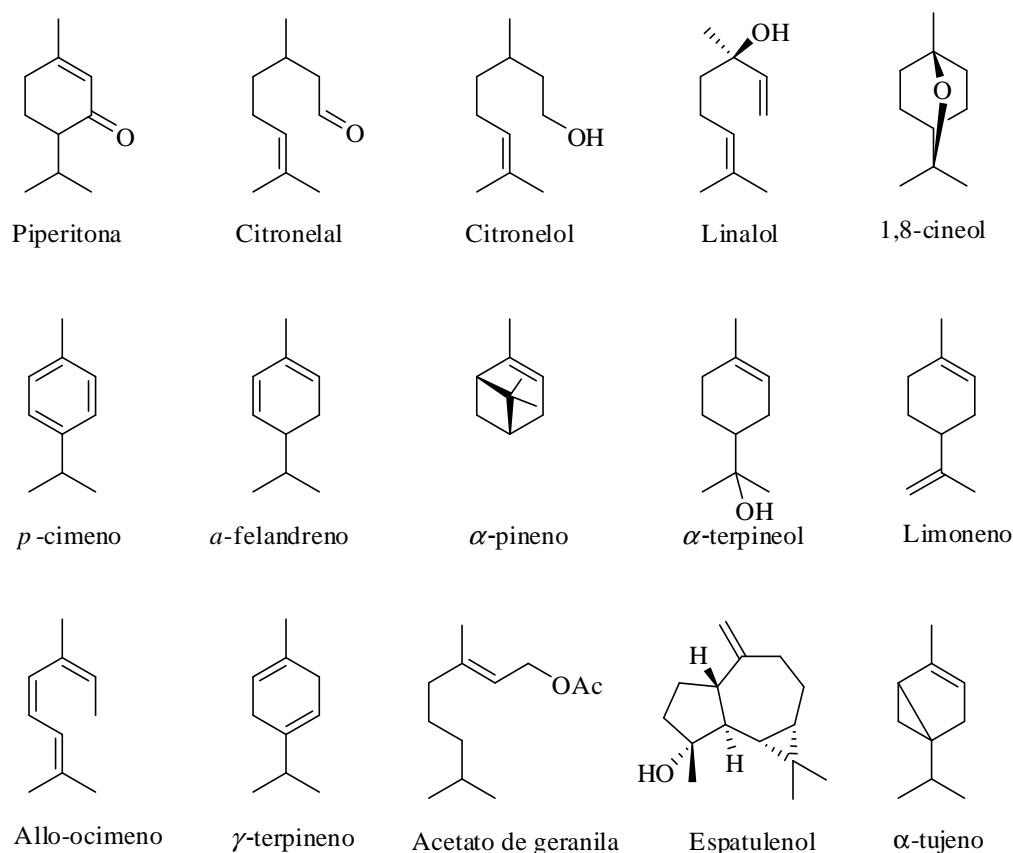


Figura 1.1. Alguns dos principais constituintes dos óleos essenciais de folhas de *Eucalyptus*.

A International Standard Organization (ISO) define OEs como produtos obtidos

a partir de partes de plantas através de hidrodestilação, destilação a vapor ou destilação a seco, bem como produtos obtidos por um processo mecânico adequado (para pericarpo de frutas cítricas). A definição de OE exclui outros produtos aromáticos/voláteis obtidos por diferentes técnicas extrativas, como extração com solventes, extração de fluidos supercríticos e extração assistida por microondas.

A composição química dos OEs pode variar de acordo com o método e as condições de secagem aplicadas ao material vegetal antes da extração, e também de acordo com as condições de armazenamento (Silva *et al.*, 2005; Barbosa *et al.*, 2006b; Lemos *et al.*, 2012; Pimentel *et al.*, 2013). O método de escolha para uma aplicação particular depende do material a partir do qual os OEs devem ser extraído e também a aplicação do OE.

Em relação à extração de OEs de *Eucalyptus*, a hidrodestilação é tipicamente o método escolhido. Os rendimentos de extração variam de 0,06% a 7% (Bignell *et al.*, 1997) e a composição química dos OEs resultantes depende das espécies e variedades de plantas. Dentro da mesma variedade, a composição dos OEs pode variar de acordo com a região geográfica, conforme relatado em vários estudos (Gonçalves *et al.*, 2003; Silva *et al.*, 2003a; Bakkali *et al.*, 2008; Gilles *et al.*, 2010; Stefanakis *et al.*, 2013) (Tabela 1.1).

Tabela 1.1. Alguns componentes químicos comuns de óleos essenciais extraídos de folhas de *Eucalyptus* spp.¹

<i>Eucalyptus</i> spp.	Origem	Constituintes dos OEs	Teor (%)	Referência
<i>E. alba</i>	Nigéria	α -tujeno (32,9%), 1,8-cineol (13,3%), <i>p</i> -cimeno (12,9%)	0,28	Oyedeji <i>et al.</i> , 1999
	República Democrática do Congo	β -pineno (25,3%), β -terpineol (13,6 %)	0,22 ²	Cimanga <i>et al.</i> , 2002
<i>E. approximans</i>	Austrália	1,8-cineol (61,1%), limoneno (14,5%), α -pineno (9,7%)	-	Roh <i>et al.</i> , 2013
<i>E. astringens</i>	Tunísia	1,8-cineol (60,0%), <i>trans</i> -pinocarveol (8,9%), α -pineno (6,7%)	1,20	Sebei <i>et al.</i> , 2015
	Tunísia	1,8-cineol (43,7%), α -pineno (21,3%)	3,80	Elaissi <i>et al.</i> , 2010b, 2012a
	Tunísia	α -pineno (29,8%), 1,8-cineol (17,3%), viridiflorol (11,2%)	1,49	Jemaa <i>et al.</i> , 2012; Hamdi <i>et al.</i> , 2015
<i>E. badjensis</i>	Argentina	1,8-cineol (71,7%), β -eudesmol (7,8%)	-	Juan <i>et al.</i> , 2011; Lucia <i>et al.</i> , 2012
<i>E. badjensis</i> x <i>E. nitens</i>	Argentina	1,8-cineol (82,8%), limoneno (5,9%)	-	Juan <i>et al.</i> , 2011; Lucia <i>et al.</i> , 2012
<i>E. benthamii</i>	Brasil	α -pineno (54,0%), viridiflorol (17,1%), 1,8-cineol (9,9%)	2,60	Mossi <i>et al.</i> , 2011
<i>E. bicostata</i>	Austrália	1,8-cineol (63,0%), α -pineno (14,4%), limoneno (10,9 %)	-	Roh <i>et al.</i> , 2013
	Tunísia	1,8-cineol (81,3%), <i>trans</i> -pinocarveol (4,5%), pinocarvona (3,9%)	2,00	Sebei <i>et al.</i> , 2015
	Tunísia	1,8-cineol (68,0%), globulol (5,4%)	3,00	Elaissi <i>et al.</i> , 2010a, 2012a
<i>E. botryoides</i>	Argentina	<i>p</i> -cimeno (19,9%), α -eudesmol (15,0%), 1,8-cineol (13,3%)	-	Juan <i>et al.</i> , 2011; Lucia <i>et al.</i> , 2012
	Marrocos	1,8-cineol (18,4%), <i>p</i> -cimeno (12,6%), α -pineno (9,4%)	0,40	Elaissi <i>et al.</i> , 2011a, 2011b
<i>E. brockwayii</i>	Austrália	1,8-cineol (37,1%), <i>trans</i> -pinocarveol (7,0%), globulol (6,9%)	-	Zhang <i>et al.</i> , 2014
	Austrália	α -pineno (31,1%), isovalerato de isopentila (20,2%), 1,8-cineol (16,9%)	-	Zhang <i>et al.</i> , 2012
<i>E. camaldulensis</i>	Argentina	1,8-cineol (19,1%), <i>p</i> -cimeno (17,9%), β -felandreno (16,3%)	0,38	Lucia <i>et al.</i> , 2008, 2009; Toloza <i>et al.</i> , 2008

Tabela 1.1. Alguns componentes químicos comuns de óleos essenciais extraídos de folhas de *Eucalyptus* spp.¹ - continuação

	Brasil	1,8-cineol (52,8%), limoneno (14,2%), γ -terpineno (6,8%), α -pineno (6,1%)	0,63	Batista-Pereira <i>et al.</i> , 2006a, 2006b
	Brasil	1,8-cineol (44,8%), α -felandreno (22,9%), <i>p</i> -cimeno (9,8%)	3,00	Filomeno <i>et al.</i> , 2016
	Chipre do Norte	1,8-cineol (19,0%), β -cariofileno (11,6%), carvacrol (9,1%)	-	Akin <i>et al.</i> , 2010
	Egito	1,8-cineol (60,3%), α -pineno (13,6%), γ -terpineno (8,8%)	-	Salem <i>et al.</i> , 2016
	Espanha	espatulenol (41,5%), <i>p</i> -cimeno (21,9%)	0,71	Verdeguer <i>et al.</i> , 2009
	Índia	1,8-cineol (8,7%), α -felandreno (27,5%), β -pineno (23,5%), <i>m</i> -cimeno (9,5%)	1,97 ²	Debbarma <i>et al.</i> , 2013
	Irã	1,8-cineol (74,7%)	-	Ghasemi <i>et al.</i> , 2011
	Nigéria	1,8-cineol (70,4%), β -pineno (9,0%), α -pineno (8,8%)	0,26	Oyedeji <i>et al.</i> , 1999
	Paquistão	linalol (17,0%), 1,8-cineol (16,1%), <i>p</i> -cimeno (12,2%)	1,90	Ghaffar <i>et al.</i> , 2015
	Quênia	1,8-cineol (18,9%), α -cadinol (6,4%), β -felandreno (2,6%)	-	Karemu <i>et al.</i> , 2013
	República Democrática do Congo	1,8-cineol (58,9%), mirtenol (4,3%), mirtenal (3,5%)	0,30 ²	Cimanga <i>et al.</i> , 2002
	Taiwan	1,8-cineol (29,6%), limoneno (15,2%), β -pineno (9,9%), α -pineno (9,7%)	3,48	Su <i>et al.</i> , 2006
	Taiwan	α -pineno (22,5%), <i>p</i> -cimeno (21,7%), α -felandreno (20,1%), 1,8-cineol (9,5%)	0,57	Cheng <i>et al.</i> , 2009
	Tunísia	1,8-cineol (20,6%), α -pineno (16,5%)	0,76-1,42	Jemaa <i>et al.</i> , 2012, 2013
<i>E. cinerea</i>	Argentina	1,8-cineol (88,5%), α -terpineol (9,0%), α -pineno (2,0%)	-	Rossi e Palacios, 2015
	Argentina	1,8-cineol (79,8%), acetato de α -terpinila (8,2%)	2,48	Lucia <i>et al.</i> , 2008, 2009
	Argentina	1,8-cineol (62,1%), <i>p</i> -cimeno (11,2%)	-	Tolozza <i>et al.</i> , 2006
	Argentina	1,8-cineol (56,9%), α -pineno (6,4%)	-	Palacios <i>et al.</i> , 2009
	Brasil	1,8-cineol (83,6%), acetato de α -terpinila (5,4%)	3,56-5,02	Silva <i>et al.</i> , 2011

Tabela 1.1. Alguns componentes químicos comuns de óleos essenciais extraídos de folhas de *Eucalyptus* spp.¹ - continuação

<i>E. citriodora</i>	Brasil	1,8-cineol (75,7%), α -terpineol (9,7%), α -pineno (6,2%)	6,07	Franco <i>et al.</i> , 2005
	Tunísia	1,8-cineol (79,2%), acetato de α -terpinila (5,4%), α -pineno (4,1%)	3,00	Sebei <i>et al.</i> , 2015
	Tunísia	1,8-cineol (70,4%), α -terpineol (10,3%)	3,90	Elaissi <i>et al.</i> , 2010a
	Argentina	citronelal (76,0%), iso-isopulegol (9,0%), acetato de citronelila (7,3%)	-	Tolozza <i>et al.</i> , 2006
	Austrália	citronelal (68,9%), citronelol (7,6%), isopulegol (7,4%)	-	Lee <i>et al.</i> , 2008
	Benin	citronelal (52,8%), citronelol (20,0%), acetato de citronelila (9,0%)	4,60	Bossou <i>et al.</i> , 2013, 2015
	Brasil	citronelal (94,9%), acetato de citronelila (2,6%), <i>trans</i> cariofileno (2,5%)	-	Chagas <i>et al.</i> , 2002
	Brasil	citronelal (89,6%), acetato de citronelila (3,3%), 1,8-cineol (2,9%)	-	Gusmao <i>et al.</i> , 2013
	Brasil	citronelal (82,3%), acetato de citronelila (7,8%), neotujan-3-ol (6,8%)	4,00	Estanislau <i>et al.</i> , 2001
	Brasil	citronelal (76,0%), <i>neo-iso-3-tujanol</i> (11,8%)	0,66	Batista-Pereira <i>et al.</i> , 2006a, 2006b
	Brasil	β -citronelal (71,8%), (-)-isopulegol (7,3%), isopulegol (4,3%)	-	Maciel <i>et al.</i> , 2010; Macedo <i>et al.</i> , 2011
	Brasil	citronelal (71,1%), citronelol (8,8%)	-	Lima <i>et al.</i> , 2013
	Brasil	citronelal (67,5%), citronelol (6,9%), menthol (6,1%)	-	Ribeiro <i>et al.</i> , 2014
	Brasil	citronelal (64,9%), iso-isopulegol (10,2%), citronelol (8,3%)	2,10	Tomaz <i>et al.</i> , 2014
	Brasil	citronelal (61,8%), isopulegol (15,5%), β -citronelol (7,9%)	-	Aguiar <i>et al.</i> , 2014
	China	citronelal (65,9%), citronelol (10,5%), 1,8-cineol (3,0%)	-	Han <i>et al.</i> , 2010, 2011
	China	citronelal (55,3%), citronelol (8,3%)	-	George <i>et al.</i> , 2009
	Colômbia	citronelal (49,3%), citronelol (13,0%), isopulegol (12,9%)	0,70	Vera <i>et al.</i> , 2014

Tabela 1.1. Alguns componentes químicos comuns de óleos essenciais extraídos de folhas de *Eucalyptus* spp.¹ - continuação

	Colômbia	citronelal (40,0%), isopulegol (14,6%), citronelol (13,0%)	-	Olivero-Verbel <i>et al.</i> , 2010, 2013
	Coréia do Sul	citronelal (73,0%), isopulegol (6,7%)	-	Lee <i>et al.</i> , 2007
	Índia	citronelal (52,2%), citronelol (12,3%), isopulegol (11,9%)	0,60	Batish <i>et al.</i> , 2006a
	Índia	citronelal (48,3%), citronelol (21,9%), <i>iso-isopulegol</i> (12,7%)	2,36-4,80	Batish <i>et al.</i> , 2006b
	Indonésia	citronelal (90,1%), citronelol (4,3%)	-	Mulyaningsih <i>et al.</i> , 2011
	Paquistão	citronelal (22,3%), citronelol (20,0%)	1,82	Ghaffar <i>et al.</i> , 2015
	Quênia	1,8-cineol (11,2%), β -pineno (3,2%), terpinen-4-ol (3,1%)	-	Karemu <i>et al.</i> , 2013
	República Democrática do Congo	citronelal (72,7%), citronelol (6,3%), eugenol (3,5%)	1,63 ²	Cimanga <i>et al.</i> , 2002
	Taiwan	citronelal (49,5%), citronelol (11,9%), <i>iso-isopulegol</i> (10,4%)	1,89	Su <i>et al.</i> , 2006
	Tunisia	1,8-cineol (54,1%), α -pineno (23,6%)	3,30	Elaissi <i>et al.</i> , 2011a, 2011b
<i>E. cloeziana</i>	Brasil	mirceno (31,8%), β -pineno (29,5%), 9-epicariofileno (6,6%)	0,75	Estanislau <i>et al.</i> , 2001
	Brasil	α -pineno (76,1%), α -terpineol (3,8%), β -cariofileno (2,3%)	0,17	Batista-Pereira <i>et al.</i> , 2006a, 2006b
	Brasil	α -pineno (27,5%), β -eudesmol (11,3%), α -eudesmol (10,8%), espatulenol (10,4%)	0,13	Filomeno <i>et al.</i> , 2016
<i>E. crebra</i>	Paquistão	α -pineno (16,0%), β -felandreno (14,3%)	1,84	Ghaffar <i>et al.</i> , 2015
<i>E. darlympleana</i>	Argentina	1,8-cineol (80,3%), <i>p</i> -cimeno (5,6%)	-	Juan <i>et al.</i> , 2011, Lucia <i>et al.</i> , 2012
<i>E. deglupta</i>	Nigéria	<i>E</i> - β -nerolidol (34,8%), α -pineno (24,7%)	0,20	Oyedeji <i>et al.</i> , 1999
	República Democrática do Congo	1,8-cineol (35,7%), criptona (25,4%), mirtenol (7,4%), α -felandreno (7,2%)	0,15 ²	Cimanga <i>et al.</i> , 2002
<i>E. diversifolia</i>	Tunisia	1,8-cineol (37,0%), <i>trans</i> -pinocarveol (7,0%)	0,80	Elaissi <i>et al.</i> , 2010b, 2012b
<i>E. dives</i>	África do Sul	piperitona (73,5%), terpinen-4-ol (7,9%)	-	Delaquis <i>et al.</i> , 2002

Tabela 1.1. Alguns componentes químicos comuns de óleos essenciais extraídos de folhas de *Eucalyptus* spp.¹ - continuação

	Austrália	piperitona (40,5%), α -felandreno (17,4%), <i>p</i> -cimeno (8,5%)	2,97	Gilles <i>et al.</i> , 2010
<i>E. dorrigoensis</i>	Argentina	1,8-cineol (74,7%), viridiflorol (7,4%)	-	Juan <i>et al.</i> , 2011; Lucia <i>et al.</i> , 2012
<i>E. dundasii</i>	Austrália	1,8-cineol (80,1%), <i>trans</i> -pinocarveol (4,3%)	-	Zhang <i>et al.</i> , 2014
	Austrália	1,8-cineol (65,5%), α -pineno (19,9%)	-	Zhang <i>et al.</i> , 2012
	Irã	1,8-cineol (54,2%), <i>p</i> -cimeno (12,4%), α -tujeno (11,4%)	1,53	Aref <i>et al.</i> , 2015
<i>E. dunnii</i>	Argentina	1,8-cineol (49,6%), γ -terpineno (11,9%), <i>p</i> -cimeno (7,0%)	-	Alzogaray <i>et al.</i> , 2011; Toloza <i>et al.</i> , 2010
	Argentina	1,8-cineol (48,5%), γ -terpineno (13,0%), α -pineno (5,5%)	0,62	Lucia <i>et al.</i> , 2008, 2009
	Brasil	1,8-cineol (53,5%), α -pineno (21,5%), viridiflorol (8,3%)	2,00	Mossi <i>et al.</i> , 2011
<i>E. elata</i>	Argentina	α -felandreno (16,0%), β -felandreno (14,5%), <i>p</i> -cimeno (14,8%), <i>cis-p</i> -menth-2-en-1-ol (12,2%)	-	Juan <i>et al.</i> , 2011
<i>E. erythrocorys</i>	Tunísia	1,8-cineol (54,8%), α -pineno (7,8%)	0,90	Ghnaya <i>et al.</i> , 2013
<i>E. fastigata</i>	Argentina	<i>p</i> -cimeno (37,6%), 1,8-cineol (14,7%), β -felandreno (9,2%)	-	Juan <i>et al.</i> , 2011, Lucia <i>et al.</i> , 2012
<i>E. fraxinoides</i>	Argentina	<i>p</i> -cimeno (35,5%), 1,8-cineol (13,4%), β -felandreno (8,8%)	-	Juan <i>et al.</i> , 2011
<i>E. floribundi</i>	Irã	1,8-cineol (58,0%), α -pineno (26,2%)	-	Aref <i>et al.</i> , 2016
<i>E. globulus</i>	Argélia	1,8-cineol (55,3%), espatulenol (7,4%), α -terpineol (5,5%)	2,53	Harkat-Madouri <i>et al.</i> , 2015
	Argentina	1,8-cineol (77,9%), α -terpineol (6,0%)	2,25	Lucia <i>et al.</i> , 2008, 2009
	Argentina	1,8-cineol (76,7%), α -pineno (11,1%)	1,66	Lucia <i>et al.</i> , 2008, Toloza <i>et al.</i> , 2010
	Argentina	1,8-cineol (52,3-62,1%)	1,31-1,49	Russo <i>et al.</i> , 2015
	Austrália	1,8-cineol (90,0%), α -pineno (2,2%)	-	Yang <i>et al.</i> , 2004
	Austrália	1,8-cineol (81,1%), limoneno (7,6%), α -pineno (4,0%)	-	Lee <i>et al.</i> , 2001
	Brasil	1,8-cineol (90,0%)	-	Vilela <i>et al.</i> , 2009
	Brasil	1,8-cineol (85,8%), α -pineno (9,9%)	-	Chagas <i>et al.</i> , 2002

Tabela 1.1. Alguns componentes químicos comuns de óleos essenciais extraídos de folhas de *Eucalyptus* spp.¹ - continuação

	Brasil	1,8-cineol (83,9%), limoneno (8,2%), α -pineno (4,2%)	-	Macedo <i>et al.</i> , 2009; Maciel <i>et al.</i> , 2010
	Brasil	1,8-cineol (77,5%), α -pineno (14,2%)	3,10	Mossi <i>et al.</i> , 2011
	Egito	1,8-cineol (21,4%), <i>o</i> -cimeno (21,4%), α -pineno (6,7%), espatulenol (6,3%)	-	Yones <i>et al.</i> , 2016
	Espanha	1,8-cineol (63,8%), α -pineno (16,1%)	-	Luis <i>et al.</i> , 2016
	Etiópia	1,8-cineol (63,0%), α -pineno (16,1%)	-	Mekonnen <i>et al.</i> , 2016
	Índia	1,8-cineol (81,9%), limoneno (6,6%)	-	Gupta <i>et al.</i> , 2011
	Índia	1,8-cineol (68,8%), α -pineno (2,8%)	-	Pandey <i>et al.</i> , 2012
	Índia	1,8-cineol (66,3%), <i>cis</i> -ocimeno (21,3%), acetato de α -terpinila (3,4%)	-	Pant <i>et al.</i> , 2014
	Índia	1,8-cineol (44,4%), limoneno (17,8%), <i>p</i> -cimeno (9,5%)	-	Tyagi e Malik, 2011
	Índia	1,8-cineol (33,6%), α -pineno (14,2%), limoneno (10,1%)	-	Kumar <i>et al.</i> , 2012
	Indonésia	1,8-cineol (86,5%), α -pineno (4,7%)	-	Mulyaningsih <i>et al.</i> , 2011
	Irã	1,8-cineol (84,5%), limoneno (8,5%)	-	Golestani <i>et al.</i> , 2015
	Irã	1,8-cineol (47,2%), espatulenol (18,1%), α -pineno (9,6%)	-	Tohidpour <i>et al.</i> , 2010
	Itália	1,8-cineol (84,9%), α -pineno (5,6%), <i>p</i> -cimeno (5,3%)	-	Fratini <i>et al.</i> , 2014
	Marrocos	1,8-cineol (22,4%), limoneno (7,0%), solanona (6,1%), β -pineno (5,2%)	1,21	Derwich <i>et al.</i> , 2009
	Montenegro	1,8-cineol (85,8%), α -pineno (7,2%), β -mirceno (1,5%)	1,80 ²	Vratnica <i>et al.</i> , 2011
	Paquistão	1,8-cineol (56,5%), limoneno (28,0%)	1,89	Ghaffar <i>et al.</i> , 2015
	Quênia	1,8-cineol (17,2%), α -pineno (7,1%), espatulenol (6,5%)	-	Karemu <i>et al.</i> , 2013
	República Democrática do Congo	1,8-cineol (44,3%), canfeno (23,1%), α -pineno (9,3%), globulol (7,3%)	1,87 ²	Cimanga <i>et al.</i> , 2002
<i>E. gracilis</i>	Tunísia	1,8-cineol (71,6%), α -pineno (18,2%)	7,30	Marzoug <i>et al.</i> , 2010

Tabela 1.1. Alguns componentes químicos comuns de óleos essenciais extraídos de folhas de *Eucalyptus* spp.¹ - continuação

<i>E. grandis</i>		Argentina	α -pineno (52,7%), 1,8-cineol (18,4%), <i>p</i> -cimeno (8,7%)	0,36	Lucia <i>et al.</i> , 2007; Toloza <i>et al.</i> , 2008; Alzogaray <i>et al.</i> , 2011
		Brasil	<i>p</i> -cimeno (59,6%), γ -terpineno (29,2%)	0,26	Filomeno <i>et al.</i> , 2016
		Brasil	α -pineno (40,6%), γ -terpineno (16,3%), <i>p</i> -cimeno (13,1%)	0,31	Batista-Pereira <i>et al.</i> , 2006a, 2006b
		Brasil	γ -terpineno (16,8%), <i>o</i> -cimeno (16,7%), β -pineno (11,5%)	2,00	Estanislau <i>et al.</i> , 2001
		Taiwan	1,8-cineol (19,8%), acetato de α -terpinila (12,8%), α -pineno (11,4%)	3,01	Su <i>et al.</i> , 2006
<i>E. grandis</i> x <i>E. camaldulensis</i>		Argentina	1,8-cineol (49,7%), α -pineno (30,7%)	0,54	Toloza <i>et al.</i> , 2008; Lucia <i>et al.</i> , 2008, 2009; Alzogaray <i>et al.</i> , 2011
<i>E. grandis</i> x <i>E. tereticornis</i>		Argentina	1,8-cineol (63,0%), α -pineno (22,8%)	0,88	Toloza <i>et al.</i> , 2008; Lucia <i>et al.</i> , 2008, 2009; Alzogaray <i>et al.</i> , 2011
<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>		Brasil	α -pineno (53,4%), 1,8-cineol (33,0%)	1,56	Filomeno <i>et al.</i> , 2016
<i>E. gunnii</i>		Argentina	1,8-cineol (26,7%), <i>p</i> -cimeno (13,6%)	-	Toloza <i>et al.</i> , 2010
		Argentina	1,8-cineol (18,0%), <i>p</i> -cimeno (12,3%), espatulenol (12,3%)	0,21	Lucia <i>et al.</i> , 2008, 2009
<i>E. lehmannii</i>		Tunísia	1,8-cineol (56,6%), α -pineno (17,6%)	3,60	Elaissi <i>et al.</i> , 2010b
		Tunísia	1,8-cineol (49,1%), α -pineno (26,4%), acetato de α -terpinila (5,6%)	2,80	Sebei <i>et al.</i> , 2015
		Tunísia	1,8-cineol (34,6%), α -pineno (31,6%)	2,20	Jemaa <i>et al.</i> , 2012; Hamdi <i>et al.</i> , 2015
<i>E. leucoxydon</i>		Tunísia	1,8-cineol (77,8%), α -pineno (5,9%), <i>trans</i> -pinocarveol (3,2%)	1,60	Sebei <i>et al.</i> , 2015
		Tunísia	α -pineno (32,7%), 1,8-cineol (17,6%), globulol (14,7%)	0,58-0,93	Jemaa <i>et al.</i> , 2012, 2013
<i>E. maculata</i>		Brasil	α -pineno (39,4%), β -cariofileno (10,3%)	0,07	Batista-Pereira <i>et al.</i> , 2006a, 2006b
<i>E. maidenii</i>		Austrália	1,8-cineol (59,8%), α -pineno (17,2%), limoneno (5,5%)	-	Roh <i>et al.</i> , 2013
		Tunísia	1,8-cineol (83,6%), globulol (3,6%)	1,50	Sebei <i>et al.</i> , 2015

Tabela 1.1. Alguns componentes químicos comuns de óleos essenciais extraídos de folhas de *Eucalyptus* spp.¹ - continuação

	Tunísia	1,8-cineol (57,8%), α -pineno (7,3%)	3,30	Elaissi <i>et al.</i> , 2010a, 2012a
<i>E. melanophloia</i>	Paquistão	α -pineno (16,0%), β -felandreno (14,3%)	1,73	Ghaffar <i>et al.</i> , 2015
<i>E. melliodora</i>	Austrália	1,8-cineol (54,7%), α -terpineol (9,6%), globulol (3,4%)	-	Zhang <i>et al.</i> , 2014
<i>E. microcorys</i>	Brasil	1,8-cineol (86,7%), α -terpineol (3,9%)	2,50	Estanislau <i>et al.</i> , 2001
	Brasil	1,8-cineol (66,2%), α -pineno (9,9%)	1,70	Filomeno <i>et al.</i> , 2016
<i>E. microtheca</i>	Paquistão	α -pineno (31,4%), acetato de citrinil (13,2%), <i>p</i> -cimeno (12,4%)	1,84	Ghaffar <i>et al.</i> , 2015
<i>E. nobilis</i>	Argentina	1,8-cineol (30,4%), <i>p</i> -cimeno (18,2%), α -pineno (12,9%), viridiflorol (11,3%)	-	Juan <i>et al.</i> , 2011; Lucia <i>et al.</i> , 2012
<i>E. oblicua</i>	Argentina	<i>p</i> -cimeno (25,4%), piperitona (23,2%)	-	Juan <i>et al.</i> , 2011
<i>E. odorata</i>	Tunísia	criptona (20,9%), <i>p</i> -cimeno (16,7%)	1,70	Elaissi <i>et al.</i> , 2010a, 2012a
<i>E. oleosa</i>	Tunísia	1,8-cineol (41,2%), α -pineno (21,8%)	4,90	Marzoug <i>et al.</i> , 2010
<i>E. olida</i>	Austrália	(<i>E</i>)-cinamato de metila (99,4%)	3,12	Gilles <i>et al.</i> , 2010
<i>E. ovata</i>	Marrocos	1,8-cineol (41,6%), <i>trans</i> -pinocarveol (13,8%), α -pineno (13,5%)	1,20	Elaissi <i>et al.</i> , 2011a, 2011b
<i>E. paniculata</i>	Brasil	espatulenol (22,6%), <i>p</i> -cimeno (19,4%), globulol (10,4%)	0,60	Filomeno <i>et al.</i> , 2016
<i>E. pellita</i>	Cuba	α -pineno (27,2%), limoneno (23,8%), 1,8-cineol (19,0%)	0,89	Proenza <i>et al.</i> , 2013
<i>E. pilularis</i>	Brasil	<i>p</i> -cimeno (38,0%), ciclocolorenona (14,0%)	0,73	Filomeno <i>et al.</i> , 2016
<i>E. platyphylla</i>	Costa do Marfim	limoneno (26,4%), 1,8-cineol (20,0%), γ -terpineno (18,9%)	-	Camara <i>et al.</i> , 2010
<i>E. platypus</i>	Tunísia	1,8-cineol (22,5%), espatulenol (11,2%), α -pineno (9,4%)	1,90	Elaissi <i>et al.</i> , 2010b, 2012a
<i>E. polybractea</i>	Argentina	1,8-cineol (85,0%), <i>p</i> -cimeno (4,1%)	-	Juan <i>et al.</i> , 2011; Lucia <i>et al.</i> , 2012
<i>E. propinqua</i>	República Democrática do Congo	1,8-cineol (32,4%), α -pineno (20,3%), β -pineno (9,3%), α -terpineol (7,4%)	0,65 ²	Cimanga <i>et al.</i> , 2002
<i>E. radiata</i>	Argentina	1,8-cineol (68,4%), α -terpineol (12,4%), limoneno (7,3%)	-	Juan <i>et al.</i> , 2011; Lucia <i>et al.</i> , 2012

Tabela 1.1. Alguns componentes químicos comuns de óleos essenciais extraídos de folhas de *Eucalyptus* spp.¹ - continuação

	Austrália	limoneno (68,5%), α -terpineol (8,6%), acetato de α -terpenila (6,1%)	-	Luis <i>et al.</i> , 2016
	Indonésia	1,8-cineol (82,7%), α -terpineol (7,0%), α -pineno (3,7%)	-	Mulyaningsih <i>et al.</i> , 2011
<i>E. resinifera</i>	Argentina	1,8-cineol (58,6%), <i>p</i> -cimeno (12,0%), α -pineno (10,0%)	-	Juan <i>et al.</i> , 2011; Lucia <i>et al.</i> , 2012
<i>E. robertsonii</i>	Argentina	1,8-cineol (62,0%), α -terpineol (8,6%)	-	Juan <i>et al.</i> , 2011; Lucia <i>et al.</i> , 2012
<i>E. robusta</i>	Brasil	α -felandreno (36,6%), α -pineno (16,6%), <i>p</i> -cimeno (14,8%), β -pineno (11,8%)	0,34	Filomeno <i>et al.</i> , 2016
	Brasil	α -pineno (73,0%), limoneno (8,3%)	0,20	Sartorelli <i>et al.</i> , 2007
	República Democrática do Congo	<i>p</i> -cimeno (27,3%), mirtenal (12,8%), β -pineno (6,3%), α -terpineol (6,3%)	0,13 ²	Cimanga <i>et al.</i> , 2002
<i>E. rubida</i>	Argentina	1,8-cineol (82,5%), limoneno (4,1%)	-	Juan <i>et al.</i> , 2011; Lucia <i>et al.</i> , 2012
<i>E. rudis</i>	Tunísia	1,8-cineol (19,9%), α -pineno (14,5%)	0,74-2,09	Jemaa <i>et al.</i> , 2012
<i>E. saligna</i>	Argentina	1,8-cineol (93,2%)	-	Gillij <i>et al.</i> , 2008
	Argentina	1,8-cineol (93,2%), limoneno (3,3%)	-	Tolozza <i>et al.</i> , 2006
	Argentina	1,8-cineol (34,0%), <i>p</i> -cimeno (21,3%), γ -terpineno (20,1%), α -pineno (13,0%)	0,36	Lucia <i>et al.</i> , 2008, 2009
	Brasil	1,8-cineol (45,2%), <i>p</i> -cimeno (34,4%), α -pineno (12,8%)	0,50	Mossi <i>et al.</i> , 2011
	Brasil	<i>p</i> -cimeno (25,6%), α -terpineol (9,3%), α -canfolenal (8,0%), 1,8-cineol (6,2%)	0,50	Estanislau <i>et al.</i> , 2001
	Brasil	α -pineno (92,3%)	1,42	Filomeno <i>et al.</i> , 2016
	Brasil	α -pineno (45,1%), <i>p</i> -cimeno (22,5%), óxido de α -pineno (11,3%)	0,40	Sartorelli <i>et al.</i> , 2007
	Brasil	α -pineno (25,9%), <i>p</i> -cimeno (24,4%), γ -terpineno (24,6%)	0,19	Batista-Pereira <i>et al.</i> , 2006a, 2006b
	Nigéria	α -tujeno (63,8%), 1,8-cineol (12,3%)	0,30	Oyedeji <i>et al.</i> , 1999

Tabela 1.1. Alguns componentes químicos comuns de óleos essenciais extraídos de folhas de *Eucalyptus* spp.¹ - continuação

	Quênia	α -pineno (24,4%), 1,8-cineol (24,3%), <i>o</i> -cimeno (9,9%), α -terpineol (8,8%)	0,38	Bett <i>et al.</i> , 2016
	República Democrática do Congo	1,8-cineol (61,3%), limoneno (10,1%), <i>p</i> -cimeno (7,2%)	0,78 ²	Cimanga <i>et al.</i> , 2002
<i>E. salmonophloia</i>	Tunísia	1,8-cineol (59,3%), α -pineno (10,7%)	4,60	Marzoug <i>et al.</i> , 2010
<i>E. salubris</i>	Tunísia	1,8-cineol (71,3%), <i>trans</i> -pinocarveol (6,0%)	4,80	Marzoug <i>et al.</i> , 2010
<i>E. sargentii</i>	Irã	1,8-cineol (55,5%), α -pineno (21,0%), aromadendreno (6,5%)	1,40	Safaei-Ghomi e Batooli, 2010
<i>E. sideroxylon</i>	Argentina	1,8-cineol (91,3%), α -terpineol (2,6%)	1,65	Lucia <i>et al.</i> , 2008, 2009; Toloza <i>et al.</i> , 2010; Alzogaray <i>et al.</i> , 2011
	Austrália	1,8-cineol (54,4%), limoneno (11,9%), α -pineno (8,2%)	-	Roh <i>et al.</i> , 2013
	Tunísia	1,8-cineol (80,8%), α -pineno (5,8%), limoneno (3,3%)	3,00	Sebei <i>et al.</i> , 2015
	Tunísia	1,8-cineol (69,2%), α -pineno (6,9%)	2,70	Elaissi <i>et al.</i> , 2010a, 2012a
<i>E. smithii</i>	Argentina	1,8-cineol (78,5%), limoneno (5,9%)	-	Juan <i>et al.</i> , 2011; Lucia <i>et al.</i> , 2012
	Brasil	1,8-cineol (72,2%), α -terpineol (7,5%)	-	Baptista <i>et al.</i> , 2015
<i>E. staigeriana</i>	Austrália	1,8-cineol (34,8%), neral (10,8%), geranial (10,8%)	2,13	Gilles <i>et al.</i> , 2010
	Brasil	geranial (16,0%), geraniol (14,8%)	-	Ribeiro <i>et al.</i> , 2015
	Brasil	limoneno (72,9%), 1,8-cineol (9,5%), <i>o</i> -cimeno (4,6%)	-	Ribeiro <i>et al.</i> , 2013
	Brasil	limoneno (28,8%), <i>E</i> -citral (14,2%), <i>Z</i> -citral (10,8%)	-	Macedo <i>et al.</i> , 2010; Maciel <i>et al.</i> , 2010
	Brasil	limoneno (28,8%), geranial (15,2%), neral (12,2%)	-	Gusmao <i>et al.</i> , 2013
	Brasil	limoneno (24,8%), <i>E</i> -citral (15,0%), <i>Z</i> -citral (11,4%), α -terpinoleno (10,8%)	-	Chagas <i>et al.</i> , 2002
	China	β -tujeno (25,5%), geraniol (21,7%), β -citral (17,8%)	-	George <i>et al.</i> , 2009
<i>E. tereticornis</i>	Argentina	1,8-cineol (37,5%), <i>p</i> -cimeno (22,0%), γ -terpineno (10,8%)	-	Toloza <i>et al.</i> , 2006

Tabela 1.1. Alguns componentes químicos comuns de óleos essenciais extraídos de folhas de *Eucalyptus* spp.¹ - continuação

	Argentina	β -felandreno (22,6%), 1,8-cineol (18,6%), <i>p</i> -cimeno (14,5%), α -felandreno (9,4%)	0,60	Tolozza <i>et al.</i> , 2008; Lucia <i>et al.</i> , 2008, 2009
	Benin	<i>p</i> -cimeno (31,1%), β -felandreno (9,7%)	-	Alitonou <i>et al.</i> , 2004
	Benin	<i>p</i> -cimeno (16,7%), óxido de cariofileno (14,2%), espatulenol (13,5%), criptona (11,4%)	1,00	Bossou <i>et al.</i> , 2013
	Brasil	β -pineno (22,4%), 1,8-cineol (19,3%), α -pineno (13,6%), α -felandreno (10,3%)	2,30	Filomeno <i>et al.</i> , 2016
	República Democrática do Congo	<i>p</i> -cimeno (28,6%), criptona (17,8%), α -pineno (8,3%)	0,45 ²	Cimanga <i>et al.</i> , 2002
<i>E. urophylla</i>	Brasil	1,8-cineol (65,4%), acetato de α -terpenila (8,4%)	0,77	Filomeno <i>et al.</i> , 2016
	Brasil	1,8-cineol (53,1%), α -pineno (8,0%)	0,29	Batista-Pereira <i>et al.</i> , 2006a, 2006b
	República Democrática do Congo	1,8-cineol (57,7%), α -pineno (10,1%), globulol (4,4%)	0,53 ²	Cimanga <i>et al.</i> , 2002
	Taiwan	γ -terpineno (26,2%), <i>p</i> -cimeno (22,3%), 1,8-cineol (13,9%)	3,14	Su <i>et al.</i> , 2006
<i>E. viminalis</i>	Argentina	1,8-cineol (85,0%), aromadendreno (2,0%)	1,46	Lucia <i>et al.</i> , 2008, 2009
	Argentina	1,8-cineol (85,0%), globulol (2,5%)	-	Alzogaray <i>et al.</i> , 2011
	Argentina	1,8-cineol (46,9%), γ -terpineno (23,2%), <i>p</i> -cimeno (17,4%)	-	Tolozza <i>et al.</i> , 2006
	Brasil	1,8-cineol (77,1%), α -pineno (14,8%)	2,40	Mossi <i>et al.</i> , 2011

¹ Os compostos são listados de acordo com suas quantidades decrescentes; ² Folhas frescas; (-): não informado.

A partir da Tabela 1.1, pode-se observar que as espécies *Eucalyptus camaldulensis*, *E. cinerea*, *E. citriodora*, *E. globulus*, *E. grandis*, *E. saligna* e *E. tereticornis* são as que receberam mais atenção em termos de composição dos OEs. Uma discussão mais detalhada sobre os aspectos químicos dos OEs destas espécies é descrita a seguir.

1.2.1. *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.

Os rendimentos relatados de OEs para *E. camaldulensis* variam de 0,26% a 3,48% sendo o maior valor encontrado para plantas cultivadas em Taiwan (Su *et al.*, 2006). Para a maioria dos OEs de *E. camaldulensis*, o 1,8-cineol é o principal constituinte, geralmente encontrado em quantidades superiores a 50% em OEs extraídos de plantas cultivadas no Egito (Salem *et al.*, 2016), na República Democrática do Congo (Cimanga *et al.*, 2002), na Nigéria (Oyedeji *et al.*, 1999), no Brasil (Batista-Pereira *et al.*, 2006a, 2006b) e no Irã (Ghasemi *et al.*, 2011). Diferentes quimiótipos de *E. camaldulensis* foram identificados para plantas cultivadas na Espanha e Taiwan. As plantas da Espanha mostraram o espatulenol e o *p*-cimeno como principais componentes (Verdeguer *et al.*, 2009), enquanto que para as espécies de Taiwan os principais constituintes foram α -pineno, *p*-cimeno e α -felandreno (Cheng *et al.*, 2009). As plantas cultivadas em diferentes países produzem OEs com composição variável como pode ser observado na Tabela 1.1.

1.2.2. *Eucalyptus cinerea* F. Muell. ex Benth.

As folhas de *E. cinerea* são aromáticas, têm grande potencial para produção de OEs, e são usadas para fins ornamentais. Existem poucos relatos de seu uso na medicina popular (Silva *et al.*, 2014). Entre todas as espécies de *Eucalyptus* aqui descritas, *E. cinerea* é a que produz a maior quantidade de OEs, como ilustrado por plantas cultivadas na Argentina que proporcionam 2,48% (Lucia *et al.*, 2008, 2009) e as do estado do Paraná (Brasil) com 6,07% (Franco *et al.*, 2005). Conforme observado na Tabela 1.1, os OEs produzidos por *E. cinerea* geralmente contêm mais de 80% de 1,8-cineol (Rossi e Palacios, 2015; Silva *et al.*, 2011). Tais OEs podem servir como fonte deste importante composto para aplicações industriais.

1.2.3. *Eucalyptus citriodora* Hook.

Os OEs extraídos de *E. citriodora* são os mais importantes em termos de volume comercial mundial (Tomaz *et al.*, 2014; Batish *et al.*, 2008). Esta espécie constitui a

fonte de citronelal mais rica e economicamente conhecida, uma substância largamente utilizada no fabrico de cosméticos e aromatização de produtos de limpeza tais como sabões e detergentes. Este composto também possui propriedades anti-sépticas, o que justifica sua utilização como agente de limpeza, aromatizante e desinfetante de pisos e banheiros (Castro *et al.*, 2008). Em termos de composição química, os OEs produzidos por *E. citriodora* são os mais amplamente investigados entre todas as espécies de eucalipto. Em geral, esta espécie produz altos rendimentos de OEs, como observado nos estudos de algumas plantas cultivadas na Índia (Batish *et al.*, 2006b) e em Benin (Bossou *et al.*, 2013) (4,8% e 4,6% de rendimento, respectivamente). Entretanto, em algumas plantas cultivadas na Índia (0,6%) (Batish *et al.*, 2006a), no estado de São Paulo (Brasil) (0,66%) (Batista-Pereira *et al.*, 2006a, 2006b) e na Colômbia (0,70%) (Vera *et al.*, 2014), foram encontradas espécies com menor teor de OEs.

Conforme observado nos dados apresentados na Tabela 1.1, plantas cultivadas em vários estados do Brasil, geralmente produzem OEs com alto teor de citronelal (> 70%) (Chagas *et al.*, 2002; Gusmão *et al.*, 2013; Estanislau *et al.*, 2001; Batista-Pereira *et al.*, 2006a, 2006b; Macedo *et al.*, 2011; Maciel *et al.*, 2010; Lima *et al.*, 2013). Outros exemplos de plantas que produzem OEs com teor de citronelal superior a 70% são as da República Democrática do Congo (Cimanga *et al.*, 2002), Coreia do Sul (Lee *et al.*, 2007) e Argentina (Tolosa *et al.*, 2006). A análise dos dados apresentados na Tabela 1.1 revela que os rendimentos de OEs produzidos para estas espécies e também os seus conteúdos de citronelal são influenciados pela localização do cultivo da planta.

Conforme relatado até esta data, somente as plantas cultivadas na Tunísia (Elaiissi *et al.*, 2011a, 2011b) e no Quênia (Karemu *et al.*, 2013) não apresentam o citronelal como o principal componente em seus OEs. Portanto, essas espécies de *E. citriodora* representam quimiótipos diferentes produzindo OEs com 1,8-cineol e α -pineno para espécies tunisinas e 1,8 cineol para espécies cultivadas no Quênia.

1.2.4. *Eucalyptus globulus* Labill.

Os OEs produzidos por *E. globulus*, cultivados em vários locais, são a principal fonte comercial de 1,8-cineol. O maior teor de 1,8-cineol (> 80%) em OEs de *E. globulus* foi relatado em estudos realizados no estado de São Paulo (Macedo *et al.*, 2009; Vilela *et al.*, 2009), em Minas Gerais (Chagas *et al.*, 2002) e no estado do Ceará (Maciel *et al.*, 2010). Alto conteúdo de 1,8-cineol também foi encontrado em OEs da Austrália (81,1-90,0%) (Yang *et al.*, 2004; Lee *et al.*, 2001); Indonésia (86,5%) (Mulyaningsih *et al.*, 2011); Montenegro (85,8%) (Vratnica *et al.*, 2011); Itália (84,9%)

(Fratini *et al.*, 2014); Índia (81,9%) (Gupta *et al.*, 2011) e Irã (Golestani *et al.*, 2015).

Uma grave limitação em vários estudos com OEs de *E. globulus* é a falta de informação sobre os rendimentos de extração. Este fato nos impede de avaliar a potencial aplicação comercial de tais plantas como fonte de 1,8-cineol. Por conseguinte, as plantas que produzem OEs com elevado teor de 1,8-cineol devem ser investigadas mais detalhadamente em caso de interesse comercial.

1.2.5. *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden.

Conforme descrito para outras espécies de eucalipto, também foram relatados quimiótipos diferentes para *E. grandis*. Assim, as espécies de plantas cultivadas no Brasil, no estado de Goiás, representam quimiótipos com γ -terpineno, *o*-cimeno e β -pineno como componentes principais de seus OEs (Estanislau *et al.*, 2001). Em outro estudo realizado em Botucatu (SP), o quimiótipo identificado foi caracterizado por grandes quantidades de α -pineno, γ -terpineno e *p*-cimeno (Batista-Pereira *et al.*, 2006a, 2006b). Os principais componentes dos OEs das plantas encontradas no quimiótipo de Taiwan (Su *et al.*, 2006) foram 1,8-cineol, acetato de α -terpenila e α -pineno, enquanto que os mesmos quimiótipos cultivados na Argentina (Lúcia *et al.*, 2007) mostraram a presença de 52,7% de α -pineno, 18,4% de 1,8-cineol e 8,7% de *p*-cimeno. Com relação aos rendimentos de extração de OEs, as espécies cultivadas em Botucatu (SP) e na Argentina são de baixo rendimento (0,31% e 0,36%, respectivamente), enquanto que se observaram bons rendimentos de extração para plantas do estado de Goiás e Taiwan (2,0% e 3,01%, respectivamente).

No Brasil, *E. grandis* é amplamente cultivado e utilizado para produção de celulose e papel. Uma vez que suas folhas têm um elevado teor de OE (2,0%), uma investigação mais aprofundada para avaliar a utilização de resíduos industriais para a produção de OEs pode constituir uma boa oportunidade de negócio para as empresas envolvidas.

1.2.6. *Eucalyptus saligna* Smith.

A espécie *E. saligna* é amplamente cultivada no Brasil para produção de celulose e é constituída de vários quimiótipos, alguns deles ricos em 1,8-cineol. Um exemplo de quimiótipo de 1,8-cineol é encontrado em plantas cultivadas na República Democrática do Congo (Cimanga *et al.*, 2002), que apresentou 61,3% desse componente. Dois estudos realizados na Argentina (Tolozza *et al.*, 2006; Lucia *et al.*, 2008, 2009) encontraram os mesmos quimiótipos produzindo OEs com teor de 1,8-

cineol igual a 93,2% e 34,0%, respectivamente. Vários estudos realizados no Brasil, em diferentes estados, revelaram diferentes composições de OEs de *E. saligna*. Um quimiótipo de 1,8-cineol foi encontrado em plantas cultivadas no Rio Grande do Sul (Mossi *et al.*, 2011). Os que apresentaram α -pineno como componente principal foram encontrados em plantas cultivadas em Minas Gerais (Filomeno *et al.*, 2016), que apresentaram 92,3% desse composto e no estado de São Paulo (Sartorelli *et al.*, 2007; Batista-Pereira *et al.*, 2006a, 2006b). Finalmente, as espécies cultivadas na Nigéria (Oyedepi *et al.*, 1999) constituíram um quimiótipo rico em α -tujeno. Em todos os estudos acima mencionados de OEs de *E. saligna*, o melhor rendimento de extração (1,42%) foi obtido no estado de Minas Gerais (Filomeno *et al.*, 2016).

1.2.7. *Eucalyptus tereticornis* Smith.

Os rendimentos de OEs de *E. tereticornis* cultivados em diferentes locais variaram de 0,45% a 2,3%. Dois estudos conduzidos em Benin encontraram OEs apresentando *p*-cimeno como o principal componente (Bossou *et al.*, 2013; Alitonou *et al.*, 2004). Os OEs de *E. tereticornis* cultivados na República Democrática do Congo também revelaram o *p*-cimeno como principal componente (Cimanga *et al.*, 2002). Lucia *et al.* (2008, 2009) relataram que os OEs de *E. tereticornis* são ricos em β -felandreno, 1,8-cineol e *p*-cimeno. Toloza *et al.* (2006) examinaram OEs contendo 1,8-cineol, *p*-cimeno e γ -terpineno como componentes principais. Um trabalho recente de Filomeno *et al.* (2016) relatou que *E. tereticornis*, cultivado em Minas Gerais, produz grandes quantidades (2,3%) de OEs ricos em β -pineno, 1,8-cineol e α -pineno. Esta planta tem potencial para ser explorada comercialmente como uma fonte de OEs.

Com base nos dados descritos acima, observa-se uma grande variabilidade química entre os OEs das espécies de *Eucalyptus*. Tal variação pode ser atribuída a vários fatores, incluindo o clima, tipo de solo, idade da planta, natureza (úmida ou seca) do material utilizado na extração, fase do ciclo vegetativo e hora do dia em que a colheita é feita (Tomaz *et al.*, 2014; Maciel *et al.*, 2010; Martins *et al.*, 2006, 2007; Castro *et al.*, 2004; Silva *et al.*, 2007; Demuner *et al.*, 2011).

Uma vez que a composição química dos OEs de *Eucalyptus* está diretamente associada às suas atividades biológicas, a discussão a seguir será focada em tais atividades e nas múltiplas aplicações de tais OEs.

1.3. Atividades biológicas dos óleos essenciais de *Eucalyptus*

Vários estudos sobre atividades antioxidantes e antimicrobianas de OEs de

Eucalyptus têm sido publicados nos últimos anos (Kalemba e Kunicka, 2003; Bakkali *et al.*, 2008; Gilles *et al.*, 2010; Si *et al.*, 2006; Elaissi *et al.*, 2011a; Bayala *et al.*, 2014; Deba *et al.*, 2008; Pauli, 2006; Sacchetti *et al.*, 2005; Thuille *et al.*, 2003; Valero e Salmeron, 2003; Bugarin *et al.*, 2014). Significativos efeitos de inseticida, antibactericida e fungicida também foram observados para OEs produzidos por espécies de *Eucalyptus* (Cimanga *et al.*, 2002; Lucia *et al.*, 2008; Batista-Pereira *et al.*, 2006; Ghaffar *et al.*, 2015; Mulyaningsih *et al.*, 2011).

As atividades antimicrobianas, acaricidas, inseticidas e herbicidas associadas aos OEs das folhas de *Eucalyptus* são relatadas em vários artigos a cada ano, demonstrando a importância deste campo de pesquisa. Tais bioatividades são altamente dependentes da composição química do OE, tal como discutido e ilustrado nas seções seguintes.

1.3.1. Atividade antimicrobiana

Os OEs de *Eucalyptus* foram avaliados contra várias estirpes bacterianas Gram-positivas e Gram-negativas (Tabela 1.2), bem como contra várias espécies fúngicas (Tabela 1.3). Os OEs apresentaram diferentes graus de eficiência contra as espécies avaliadas. Entre as cepas bacterianas, o *Staphylococcus aureus* patógeno Gram-positivo foi o mais sensível a OEs de várias espécies de *Eucalyptus*. A partir dos dados disponíveis, *Pseudomonas aeruginosa* correspondeu às espécies bacterianas mais resistentes. A espécie de levedura *Candida albicans* também exibiu alta sensibilidade aos OEs.

1.3.1.1. Atividade antibacteriana

Os OEs de *E. staigeriana* apresentaram alta atividade antimicrobiana contra todos os microrganismos avaliados (Tabela 1.2). Utilizando o método de difusão em ágar, os OEs de *E. staigeriana* apresentaram atividade mais elevada contra *S. aureus* com diâmetro da zona de inibição (dzi) superior a 90 mm (o crescimento do microrganismo foi inibido em toda a placa de Petri). Este valor foi quatro vezes superior ao diâmetro da zona de inibição causada pelo cloranfenicol, o antibiótico comercial utilizado como controle positivo nos ensaios biológicos (Gilles *et al.*, 2010). Na mesma investigação, foi demonstrado que OEs de *E. dives* também foram muito eficazes contra *S. aureus* (dzi 52,3 mm de diâmetro, um valor cerca de duas vezes maior do que a observada para dzi do cloranfenicol).

Tabela 1.2. Óleos essenciais de *Eucalyptus* spp. com atividades antibacterianas

<i>Eucalyptus</i> spp.	Espécies-alvo	Referências
<i>E. alba</i>	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Citrobacter diversus</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Klebsiella oxytoca</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Proteus vulgaris</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Salmonella typhimurium</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>	Cimanga <i>et al.</i> , 2002; Oyedeji <i>et al.</i> , 1999
<i>E. astringens</i>	<i>Bacillus cereus</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Listeria ivanovii</i>	Sebei <i>et al.</i> , 2015
<i>E. bicostata</i>	<i>Bacillus cereus</i> , <i>Listeria ivanovii</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Streptococcus pneumoniae</i>	Sebei <i>et al.</i> , 2015; Elaissi <i>et al.</i> , 2012a
<i>E. botryoides</i>	<i>Escherichia coli</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>	Elaissi <i>et al.</i> , 2011a
<i>E. camaldulensis</i>	<i>Bacillus cereus</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Citrobacter diversus</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Klebsiella oxytoca</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Proteus vulgaris</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Shigella flexneri</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>	Cimanga <i>et al.</i> , 2002; Debbarma <i>et al.</i> , 2013; Oyedeji <i>et al.</i> , 1999; Akin <i>et al.</i> , 2010; Ghaffar <i>et al.</i> , 2015
<i>E. cinerea</i>	<i>Bacillus cereus</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Listeria ivanovii</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Staphylococcus epidermidis</i> , <i>Streptococcus pyogenes</i>	Silva <i>et al.</i> , 2011; Franco <i>et al.</i> , 2005; Sebei <i>et al.</i> , 2015; Elaissi <i>et al.</i> , 2010a
<i>E. citriodora</i>	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Citrobacter diversus</i> , <i>Enterococcus faecalis</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Klebsiella oxytoca</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Proteus vulgaris</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Salmonella choleraesuis</i> , <i>Salmonella typhimurium</i> , <i>Shigella flexneri</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>	Elaissi <i>et al.</i> , 2011a; Cimanga <i>et al.</i> , 2002; Ghaffar <i>et al.</i> , 2015; Estanislau <i>et al.</i> , 2001; Mulyaningsih <i>et al.</i> , 2011
<i>E. cloeziana</i>	<i>Escherichia coli</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>	Estanislau <i>et al.</i> , 2001
<i>E. crebra</i>	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>	Ghaffar <i>et al.</i> , 2015
<i>E. deglupta</i>	<i>Bacillus cereus</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Klebsiella oxytoca</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Salmonella typhimurium</i> , <i>Shigella flexneri</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>	Cimanga <i>et al.</i> , 2002; Oyedeji <i>et al.</i> , 1999
<i>E. diversifolia</i>	<i>Enterococcus faecalis</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>	Elaissi <i>et al.</i> , 2012b
<i>E. dives</i>	<i>Escherichia coli</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Pseudomonas fragi</i> , <i>Salmonella typhimurium</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>	Gilles <i>et al.</i> , 2010; Delaquis <i>et al.</i> , 2002

Tabela 1.2. Óleos essenciais de *Eucalyptus* spp. com atividades antibacterianas - continuação

<i>E. globulus</i>	<i>Acinetobacter baumannii</i> , <i>Bacillus cereus</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Citrobacter diversus</i> , <i>Enterococcus faecalis</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Fusobacterium nucleatum</i> , <i>Klebsiella oxytoca</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Porphyromonas gingivalis</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Pseudomonas fluorescens</i> , <i>Salmonella paratyphi</i> , <i>Salmonella typhi</i> , <i>Salmonella typhimurium</i> , <i>Shigella</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Staphylococcus intermedius</i> , <i>Staphylococcus sciuri</i> , <i>Staphylococcus warneri</i> , <i>Streptococcus pyogenes</i>	Tyagi e Malik, 2011; Cimanga <i>et al.</i> , 2002; Ghaffar <i>et al.</i> , 2015; Mulyaningsih <i>et al.</i> , 2011; Harkat-Madouri <i>et al.</i> , 2015; Mekonnen <i>et al.</i> , 2016; Golestani <i>et al.</i> , 2015; Tohidpour <i>et al.</i> , 2010; Fratini <i>et al.</i> , 2014; Vratnica <i>et al.</i> , 2011; Derwich <i>et al.</i> , 2009; Luis <i>et al.</i> , 2016
<i>E. gracilis</i>	<i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Listeria monocytogenes</i>	Marzoug <i>et al.</i> , 2010
<i>E. grandis</i>	<i>Escherichia coli</i> , <i>Salmonella choleraesuis</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>	Estanislau <i>et al.</i> , 2001
<i>E. lehmannii</i>	<i>Bacillus cereus</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>	Sebei <i>et al.</i> , 2015; Elaissi <i>et al.</i> , 2012a
<i>E. leucoxydon</i>	<i>Bacillus cereus</i> , <i>Escherichia coli</i>	Sebei <i>et al.</i> , 2015
<i>E. maidenii</i>	<i>Bacillus cereus</i> , <i>Enterococcus faecalis</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Listeria ivanovii</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>	Sebei <i>et al.</i> , 2015; Elaissi <i>et al.</i> , 2012a
<i>E. melanophloia</i>	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>	Ghaffar <i>et al.</i> , 2015
<i>E. microcorys</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	Estanislau <i>et al.</i> , 2001
<i>E. microtheca</i>	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>	Ghaffar <i>et al.</i> , 2015
<i>E. odorata</i>	<i>Enterococcus faecalis</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Haemophilus influenzae</i> , <i>Streptococcus agalactiae</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Streptococcus pneumoniae</i> , <i>Streptococcus pyogenes</i>	Elaissi <i>et al.</i> , 2012a
<i>E. oleosa</i>	<i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Listeria monocytogenes</i>	Marzoug <i>et al.</i> , 2010
<i>E. radiata</i>	<i>Acinetobacter baumannii</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Salmonella typhimurium</i>	Luis <i>et al.</i> , 2016
<i>E. robusta</i>	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Klebsiella oxytoca</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Salmonella typhimurium</i> , <i>Shigella flexneri</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>	Cimanga <i>et al.</i> , 2002; Sartorelli <i>et al.</i> , 2007
<i>E. saligna</i>	<i>Bacillus cereus</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Citrobacter diversus</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Klebsiella oxytoca</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Salmonella choleraesuis</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>	Cimanga <i>et al.</i> , 2002; Oyedeji <i>et al.</i> , 1999; Estanislau <i>et al.</i> , 2001; Sartorelli <i>et al.</i> , 2007

Tabela 1.2. Óleos essenciais de *Eucalyptus* spp. com atividades antibacterianas - continuação

<i>E. olida</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	Gilles <i>et al.</i> , 2010
<i>E. ovata</i>	<i>Escherichia coli</i>	Elaissi <i>et al.</i> , 2011a
<i>E. pellita</i>	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>	Proenza <i>et al.</i> , 2013
<i>E. platypus</i>	<i>Enterococcus faecalis</i>	Elaissi <i>et al.</i> , 2012a
<i>E. propinqua</i>	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Citrobacter diversus</i> , <i>Klebsiella oxytoca</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Salmonella typhimurium</i> , <i>Shigella flexneri</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>	Cimanga <i>et al.</i> , 2002
<i>E. radiata</i>	<i>Enterococcus faecalis</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>	Mulyaningsih <i>et al.</i> , 2011
<i>E. salmonophloia</i>	<i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Listeria monocytogenes</i>	Marzoug <i>et al.</i> , 2010
<i>E. salubris</i>	<i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Listeria monocytogenes</i>	Marzoug <i>et al.</i> , 2010
<i>E. sargentii</i>	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Proteus vulgaris</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Shigella dysenteriae</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Staphylococcus epidermidis</i>	Safaei-Ghomi e Batooli, 2010
<i>E. sideroxylon</i>	<i>Bacillus cereus</i> , <i>Listeria ivanovii</i>	Sebei <i>et al.</i> , 2015
<i>E. staigeriana</i>	<i>Enterococcus faecalis</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>	Gilles <i>et al.</i> , 2010
<i>E. tereticornis</i>	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Citrobacter diversus</i> , <i>Corynebacteriaceae</i> spp., <i>Escherichia coli</i> , <i>Klebsiella oxytoca</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Proteus vulgaris</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Shigella flexneri</i>	Cimanga <i>et al.</i> , 2002; Alitonou <i>et al.</i> , 2004
<i>E. urophylla</i>	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Klebsiella oxytoca</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i>	Cimanga <i>et al.</i> , 2002

Derwich *et al.* (2009) demonstraram a eficiência de OEs de *E. globulus* contra bactérias Gram-negativas *E. coli* e Gram-positivas *S. aureus* e *S. intermedius*. Esses autores verificaram que os OEs de *E. globulus* apresentaram excelentes atividades sobre *E. coli* no ensaio de difusão em disco de ágar (dzi = 48,15 mm) comparado a *S. aureus* (dzi = 13,5 mm) e *S. intermedius* (dzi = 10,26 mm). A concentração inibitória mínima (CIM) para *E. coli* correspondeu a 0,15 mg mL⁻¹, enquanto para *S. aureus* e *S. intermedius* os valores corresponderam a 0,75 mg mL⁻¹ e 1,08 mg mL⁻¹, respectivamente.

Os efeitos dos OEs de *E. globulus* sobre 14 microrganismos responsáveis pela deteriorização de alimentos foram investigados utilizando diluição das fases líquida e vapor por métodos de difusão em ágar por disco e poço (Tyagi e Malik, 2011). A CIM encontrada a partir desses métodos variaram de 2,25 mg mL⁻¹ a 9,0 mg mL⁻¹ para as estirpes bacterianas e fúngicas. Foram observados que as CIM obtidas por bactérias Gram-positivas *Bacillus subtilis* e *S. aureus* foram menores do que os valores de CIM encontrados para as Gram-negativas *E. coli*, *P. aeruginosa* e *Pseudomonas fluorescens* (Tyagi e Malik, 2011). Em geral, foi observado uma atividade antimicrobiana significativamente mais elevada na fase de vapor.

Conforme mencionado anteriormente, o 1,8-cineol é o principal componente de OEs de *E. globulus*. Foi demonstrado que este composto tem atividade antimicrobiana contra vários microrganismos incluindo *S. aureus* (Rosato *et al.*, 2007), *E. coli* e *B. subtilis* (Sonboli *et al.*, 2006; Ghalem e Mohamed, 2008).

Vratnica *et al.* (2011) investigaram os efeitos antimicrobianos de OEs de *E. globulus* contra 17 microrganismos, incluindo bactérias que causam intoxicação alimentar, deterioração de alimentos e doenças infecciosas. Em geral, os OEs eram altamente ativos contra os microrganismos avaliados. Utilizou-se o método de difusão em disco de ágar e os discos de papel de filtro foram impregnados com OEs de *E. globulus* (5, 10, 15, 20 e 30 µL). Nestes ensaios, os valores de dzi mais elevados foram observados para *S. pyogenes* (25-51 mm), *S. aureus* (22-48 mm), e *E. coli* (23-47 mm). Utilizou-se o método de microdiluição em caldo para determinar a CIM que variou de 0,09 mg mL⁻¹ a 3,13 mg mL⁻¹. Os maiores valores de CIM foram encontrados para *P. aeruginosa* e *Salmonella infantis* (3,13 mg mL⁻¹) e os menores para *S. aureus*, *E. coli* e *S. pyogenes* (0,09 mg mL⁻¹). Neste trabalho não foram fornecidas informações sobre os possíveis compostos responsáveis pela atividade biológica.

Os OEs de *E. camaldulensis* foram testados contra 12 estirpes de bactérias, e o microrganismo mais sensível foi *B. subtilis*. Para este microrganismo, os OEs causaram

um dzi na faixa de 19,3 mm a 29,3 mm em diferentes volumes (20, 30, 40, 50 e 100 µL) no método de difusão em ágar. Quando testados contra *L. monocytogenes* e *S. aureus*, os OEs causaram uma inibição significativa do crescimento dos microrganismos como atestado pelo dzi variando de 14,6 mm a 25,0 mm (Debbarma *et al.*, 2013).

Os ensaios biológicos conduzidos com OEs de *E. odorata* mostraram os melhores resultado contra *S. aureus* (dzi = 27,4 mm) como determinado pelo método de difusão em ágar, seguido por *S. agalactiae* (dzi = 19,4 mm), *H. influenzae* (dzi = 19,2 mm), *S. pyogenes* (dzi = 19,0 mm) e *S. pneumoniae* (dzi = 17,4 mm). Além disso, *E. maidenii* apresentou boa atividade contra *S. aureus* (dzi = 22,8 mm) (Elaissi *et al.*, 2010a, 2012a).

Atividades antimicrobianas de OEs de *Eucalyptus* spp. também foram descritos contra cepas bacterianas resistentes. Por exemplo, *P. aeruginosa* é conhecida por sua elevada resistência intrínseca aos antibióticos. Este fato tem sido atribuído à barreira da membrana externa muito restritiva das bactérias, sendo ainda altamente resistente, mesmo para drogas sintéticas (Gilles *et al.*, 2010; Elaissi *et al.*, 2011a.). Os OEs de *E. camaldulensis* e *E. tereticornis* exibiram atividade relevante contra *P. aeruginosa*, apresentando, respectivamente, dzi = 15,5 mm e 16,0 mm (Cimanga *et al.*, 2002). Os OEs de *E. cinerea* foram menos ativos (dzi = 7,0 mm) quando testados contra *P. aeruginosa* (Silva *et al.*, 2011).

Em geral, as estirpes bacterianas Gram-positivas são mais sensíveis aos OEs de *Eucalyptus* do que as Gram-negativas (Silva *et al.*, 2011; Gilles *et al.*, 2010; Tyagi e Malik, 2011). Isto pode ser racionalizado considerando que as bactérias Gram-negativas possuem uma membrana lipopolissacarídica que é restritiva à difusão de compostos hidrofóbicos. Além disso, o contato direto entre os componentes hidrofóbicos dos OEs e a bicamada fosfolipídica da membrana celular pode ocorrer em bactérias Gram-positivas, como consequência, os componentes exercem seus efeitos como aumento da permeabilidade aos íons, vazamento de componentes intracelulares vitais ou comprometimento das enzimas bacterianas (Silva *et al.*, 2011; Tyagi e Malik, 2011).

1.3.1.2. Atividade antifúngica

Os OEs de *Eucalyptus* também causaram inibição sobre o crescimento de algumas espécies de fungos (Tabela 1.3), como no caso de *C. albicans*. Vratnica *et al.* (2011) relataram que OEs de *E. globulus* eram duas vezes mais eficazes (dzi = 14-46 mm) do que a nistatina, um medicamento usado para tratar infecções fúngicas da pele, boca, vagina, e do trato intestinal. Os autores atribuíram esse efeito ao alto teor de 1,8-

1,8-cineol nos OEs de *E. globulus* (85,8%). Essa informação deve ser tomada com cuidado, pois em outro estudo a correlação entre o teor de 1,8-cineol e a atividade antifúngica não foi confirmada (Su *et al.*, 2006). Gilles *et al.* (2010) relataram o efeito de OEs de *E. staigeriana* (dzi = 26,7 mm), *E. dives* (dzi = 15,4 mm) e *E. olida* (dzi = 12,6 mm) em *C. albicans*. Neste estudo, a atividade antifúngica superior dos OEs de *E. staigeriana* foi atribuída à presença de 1,8-cineol (34,8%). A baixa atividade contra *C. albicans* foi observada para os OEs extraídos de *E. robusta* e *E. saligna*, ambos sem 1,8-cineol (Sartorelli *et al.*, 2007). Deve-se notar que nos estudos acima citados não foram realizados bioensaios com 1,8-cineol puro. Esta experiência poderia avaliar se o 1,8-cineol tem efeito sinérgico ou antagônico com outros componentes dos OEs.

Tyagi e Malik (2011) investigaram o efeito de OEs de *E. globulus* em várias espécies fúngicas e relataram valores de CIM variando de 2,25 mg mL⁻¹ a 9 mg mL⁻¹. O valor limite superior foi observado para *P. digitatum* e *A. niger*. Para *A. flavus*, *R. nigricans* e *F. oxysporum* foi encontrada uma CIM de 4,5 mg mL⁻¹, enquanto que para *Mucor* spp. e *C. albicans* a CIM foi de 2,25 mg mL⁻¹.

Em um estudo recente, verificou-se que os OEs de *E. erythrocorys* reduziram significativamente o crescimento de espécies fúngicas *B. sorokiniana* (79,6%) e *B. cinerea* (78,5%) (Ghnaya *et al.*, 2013).

A avaliação das atividades antifúngicas de OEs de *E. citriodora*, em concentração de 10 mg disco⁻¹, revelou que estes OEs inibem completamente o crescimento de *C. cladosporioide*, *M. verrucaria* e *T. viride*. Pelo contrário, o crescimento de *A. clavatus*, *A. niger* e *P. citrinum* foi parcialmente inibido (90,7%, 54,6% e 86,0%, respectivamente). Essas atividades antifúngicas foram atribuídas aos principais componentes de OEs de *E. citriodora*, ou seja, citronelal (49,5%) e citronelol (11,9%) (Su *et al.*, 2006).

Tabela 1.3. Óleos essenciais de *Eucalyptus* spp. com atividades antifúngicas.

<i>Eucalyptus</i> spp.	Espécies-alvo	Referências
<i>E. astringens</i>	<i>Candida albicans</i> , <i>Microsporum canis</i>	Elaissi <i>et al.</i> , 2012a
<i>E. bicostata</i>	<i>Candida albicans</i>	Elaissi <i>et al.</i> , 2012a
<i>E. camaldulensis</i>	<i>Alternaria alternata</i> , <i>Aspergillus clavatus</i> , <i>Aspergillus niger</i> , <i>Candida albicans</i> , <i>Chaetomium globosum</i> , <i>Cladosporium cladosporioides</i> , <i>Lenzites sulphureus</i> , <i>Myrothecium verrucaria</i> , <i>Penicillium citrinum</i> , <i>Phanerochaete chrysosporium</i> , <i>Phaeolus schweintizii</i> , <i>Rhizopus solani</i> , <i>Trametes versicolor</i> , <i>Trichoderma viride</i>	Salem <i>et al.</i> , 2016; Oyediji <i>et al.</i> , 1999; Ghaffar <i>et al.</i> , 2015; Su <i>et al.</i> , 2006
<i>E. cinerea</i>	<i>Candida albicans</i>	Silva <i>et al.</i> , 2011; Franco <i>et al.</i> , 2005
<i>E. citriodora</i>	<i>Aspergillus clavatus</i> , <i>Aspergillus niger</i> , <i>Aspergillus</i> spp., <i>Botrytis cinerea</i> , <i>Chaetomium globosum</i> , <i>Cladosporium cladosporioides</i> , <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> , <i>Colletotrichum musae</i> , <i>Cryphonectria parasitica</i> , <i>Fusarium oxysporum</i> , <i>Lenzites sulphureus</i> , <i>Myrothecium verrucaria</i> , <i>Penicillium citrinum</i> , <i>Phaeolus schweintizii</i> , <i>Phanerochaete chrysosporium</i> , <i>Phytophthora cactorum</i> , <i>Pyricularia grisea</i> , <i>Pythium ultimum</i> , <i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Rhizopus solani</i> , <i>Trametes versicolor</i> , <i>Trichoderma viride</i>	Ghaffar <i>et al.</i> , 2015; Su <i>et al.</i> , 2006; Lee <i>et al.</i> , 2007, 2008; Aguiar <i>et al.</i> , 2014
<i>E. crebra</i>	<i>Aspergillus niger</i> , <i>Rhizopus solani</i>	Ghaffar <i>et al.</i> , 2015
<i>E. deglupta</i>	<i>Candida albicans</i>	Oyediji <i>et al.</i> , 1999
<i>E. dives</i>	<i>Candida albicans</i> , <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Gilles <i>et al.</i> , 2010
<i>E. erythrocoris</i>	<i>Bipolaris sorokiniana</i> , <i>Botrytis cinerea</i>	Ghnaya <i>et al.</i> , 2013
<i>E. globulus</i>	<i>Aspergillus flavus</i> , <i>Aspergillus niger</i> , <i>Aspergillus parasiticus</i> , <i>Aspergillus</i> spp., <i>Candida albicans</i> , <i>Fusarium oxysporum</i> , <i>Mucor</i> spp., <i>Penicillium digitatum</i> , <i>Rhizopus nigricans</i> , <i>Rhizopus solani</i> , <i>Saccharomyces cerevisiae</i> , <i>Trichophyton</i> spp.	Tyagi e Malik, 2011; Ghaffar <i>et al.</i> , 2015; Vilela <i>et al.</i> , 2009; Mekonnen <i>et al.</i> , 2016; Vratnica <i>et al.</i> , 2011
<i>E. gracilis</i>	<i>Aspergillus ochraceus</i> , <i>Candida albicans</i> , <i>Mucor ramannianus</i> , <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Marzoug <i>et al.</i> , 2010
<i>E. grandis</i>	<i>Aspergillus clavatus</i> , <i>Aspergillus niger</i> , <i>Chaetomium globosum</i> , <i>Cladosporium cladosporioides</i> , <i>Lenzites sulphureus</i> , <i>Myrothecium verrucaria</i> , <i>Penicillium citrinum</i> , <i>Phaeolus schweintizii</i> , <i>Phanerochaete chrysosporium</i> , <i>Trametes versicolor</i> , <i>Trichoderma viride</i>	Su <i>et al.</i> , 2006
<i>E. maidenii</i>	<i>Candida albicans</i> , <i>Trichophyton soudanense</i>	Elaissi <i>et al.</i> , 2012a

Tabela 1.3. Óleos essenciais de *Eucalyptus* spp. com atividades antifúngicas - continuação

<i>E. melanophloia</i>	<i>Aspergillus niger, Rhizopus solani</i>	Ghaffar <i>et al.</i> , 2015
<i>E. microtheca</i>	<i>Aspergillus niger, Rhizopus solani</i>	Ghaffar <i>et al.</i> , 2015
<i>E. odorata</i>	<i>Candida albicans, Microsporum canis, Scopulariopsis brevicaulis, Trichophyton rubrum, Trichophyton soudanense</i>	Elaissi <i>et al.</i> , 2012a
<i>E. oleosa</i>	<i>Aspergillus ochraceus, Candida albicans, Mucor ramannianus, Saccharomyces cerevisiae</i>	Marzoug <i>et al.</i> , 2010
<i>E. robusta</i>	<i>Candida albicans</i>	Sartorelli <i>et al.</i> , 2007
<i>E. saligna</i>	<i>Candida albicans</i>	Oyedjeji <i>et al.</i> , 1999; Sartorelli <i>et al.</i> , 2007
<i>E. olida</i>	<i>Candida albicans</i>	Gilles <i>et al.</i> , 2010
<i>E. platyphylla</i>	<i>Deightoniella torulosa</i>	Camara <i>et al.</i> , 2010
<i>E. salmonophloia</i>	<i>Aspergillus ochraceus, Candida albicans, Mucor ramannianus, Saccharomyces cerevisiae</i>	Marzoug <i>et al.</i> , 2010
<i>E. salubris</i>	<i>Aspergillus ochraceus, Candida albicans, Mucor ramannianus, Saccharomyces cerevisiae</i>	Marzoug <i>et al.</i> , 2010
<i>E. sargentii</i>	<i>Aspergillus niger, Candida albicans</i>	Safaei-Ghomi e Batooli, 2010
<i>E. sideroxylon</i>	<i>Microsporum canis</i>	Elaissi <i>et al.</i> , 2012a
<i>E. smithii</i>	<i>Microsporum canis, Microsporum gypseum, Trichophyton mentagnophytes, Trichophyton rubrum</i>	Baptista <i>et al.</i> , 2015
<i>E. staigeriana</i>	<i>Candida albicans</i>	Gilles <i>et al.</i> , 2010
<i>E. tereticornis</i>	<i>Hansenula spp., Saccharomyces spp., Sporobolomyces, Torulopsis candida</i>	Alitonou <i>et al.</i> , 2004
<i>E. urophylla</i>	<i>Aspergillus clavatus, Aspergillus niger, Chaetomium globosum, Cladosporium cladosporioides, Lenzites sulphureus, Myrothecium verrucaria, Penicillium citrinum, Phanerochaete chrysosporium, Phaeolus schweintizii, Trametes versicolor, Trichoderma viride</i>	Su <i>et al.</i> , 2006

A peroxidação lipídica e a contaminação microbiana são dois problemas relacionados à deterioração dos alimentos, questão importante para a indústria de alimentos (Stefanakis *et al.*, 2013). A adição de antioxidantes é uma estratégia bem conhecida usada para retardar ou mesmo parar processos de oxidação nos alimentos. Devido à carcinogenicidade associado a alguns antioxidantes sintéticos, o seu uso é restrito. Neste contexto, observou-se um aumento do interesse na utilização de aditivos naturais para controlar a oxidação de alimentos. O uso de OEs foi considerado pelas indústrias de alimentos como uma alternativa para superar a deterioração dos alimentos (Ye *et al.*, 2013; Singh e Rajini, 2004). Os produtos naturais que apresentam atividade antioxidante também foram levados em consideração uma vez que compostos com atividade antioxidante também podem ser utilizados como antimicrobianos (Martins *et al.*, 2008; Puupponen-Pimiä *et al.*, 2001).

Infecções causadas por fungos e bactérias representam uma questão importante devido ao desenvolvimento de espécies resistentes a fungicidas e antibióticos bem conhecidos (Cermelli *et al.*, 2008). Considerando a informação relevante disponível na literatura sobre a atividade antimicrobiana de OEs de *Eucalyptus*, o emprego de tais OEs também pode ser considerado uma alternativa viável para superar o problema de resistência.

Os fungicidas sintéticos são normalmente empregados para evitar a contaminação de produtos alimentares da deterioração fúngica, assim como de contaminação por micotoxinas. No entanto, o uso de tais substâncias não é livre de efeitos colaterais, como toxicidade residual que contribui para o desenvolvimento de resistência fúngica. Isto é particularmente verdadeiro quando os fungos são expostos a concentrações sub-letais de fungicidas. O uso de OEs tem sido considerado como uma alternativa para superar os problemas relatados associados com fungicidas sintéticos e proteção de produtos alimentares (Srivastava *et al.*, 2008; Camara *et al.*, 2010). Apesar de uma estratégia promissora, ainda é necessária uma investigação mais aprofundada nesta área para conseguir um produto comercial.

1.3.2. Atividade acaricida

Acaricida pode ser definido como qualquer substância ou mistura de substâncias destinadas a prevenir, destruir, repelir ou mitigar carrapatos e ácaros. Algumas investigações demonstraram efeitos acaricidas de OEs de espécies de *Eucalyptus* (Tabela 1.4).

Tabela 1.4. Óleos essenciais de *Eucalyptus* spp. com atividades acaricidas

<i>Eucalyptus</i> spp.	Espécies-alvo	Referências
<i>E. approximans</i>	<i>Tetranychus urticae</i>	Roh <i>et al.</i> , 2013
<i>E. bicostata</i>	<i>Tetranychus urticae</i>	Roh <i>et al.</i> , 2013
<i>E. camaldulensis</i>	<i>Varroa destructor</i>	Ghasemi <i>et al.</i> , 2011
<i>E. citriodora</i>	<i>Boophilus microplus</i> , <i>Dermanyssus gallinae</i> , <i>Neoseiulus californicus</i> , <i>Tetranychus urticae</i>	Chagas <i>et al.</i> , 2002; Han <i>et al.</i> , 2010, 2011; George <i>et al.</i> , 2009
<i>E. globulus</i>	<i>Boophilus microplus</i>	Chagas <i>et al.</i> , 2002
<i>E. maidenii</i>	<i>Tetranychus urticae</i>	Roh <i>et al.</i> , 2013
<i>E. sideroxylon</i>	<i>Tetranychus urticae</i>	Roh <i>et al.</i> , 2013
<i>E. staigeriana</i>	<i>Boophilus microplus</i> , <i>Dermanyssus gallinae</i>	Chagas <i>et al.</i> , 2002; George <i>et al.</i> , 2009
<i>E. tereticornis</i>	<i>Amblyoma variegatum</i>	Alitonou <i>et al.</i> , 2004

Os efeitos de OEs de *E. citriodora*, *E. globulus* e *E. staigeriana* sobre a espécie de carrapato *B. microplus* foram avaliados em várias doses (1, 5, 10, 20 e 30% em metanol). Os OEs de *E. citriodora* e *E. staigeriana* foram os mais ativos, causando 100% de mortalidade das larvas a 10% de concentração. Para atingir a mesma mortalidade de 100%, foi necessário 20% dos OEs de *E. globulus* (Chagas *et al.*, 2002).

Os OEs de *E. citriodora* também são tóxicos para as espécies de ácaros *T. urticae* e *N. californicus*. Utilizou-se um bioensaio de mortalidade para determinar a DL₅₀ dos OEs (DL significa dose letal; DL₅₀ indica a dose provável de causar morte em 50% dos ácaros). Os valores de DL₅₀ determinados foram de 19,3 µg cm⁻³ para *T. urticae* e 21,4 µg cm⁻³ para *N. californicus* (Han *et al.*, 2010).

Efeitos acaricidas foram observados para OEs de *E. approximans*, *E. bicostata*, *E. maidenii* e *E. sideroxylon* em fêmeas de *T. urticae*. Nas concentrações de 0,5% e 1,0%, as taxas de mortalidade observadas foram as seguintes: *E. approximans* (67% a 0,5%; 83,1% a 1,0%); *E. bicostata* (67,8% a 0,5% e 82,5% a 1,0%); *E. maidenii* (82,2% a 0,5% e 100,0% a 1,0%); *E. sideroxylon* (78,8% a 0,5% e 79,4% a 1,0%) (Roh *et al.*, 2013).

O ensaio de toxicidade por contato foi utilizado para avaliar os efeitos de OEs de *E. citriodora* sobre as espécies de ácaro *D. gallinae*. Utilizando uma dose de 0,21 mg cm⁻² e após 24 horas de exposição, observou-se mortalidade de 85% (George *et al.*, 2009). O efeito de OEs de *E. citriodora* foi testado em larvas de ácaros *Amblyomma cajennense* e *Anocentor nitens*. Na avaliação biológica, as concentrações variavam de 6,25% a 50%. Para *A. cajennense* o efeito acaricida variou de 10,8% a 53,1% de mortalidade; para *A. nitens*, espécie mais sensível, a mortalidade variou de 20,1 a 100% (Clemente *et al.*, 2010).

A atividade acaricida de OEs de *E. camaldulensis* em ácaros de *V. destructor* também foi investigada e uma DL₅₀ de 1,74 µL L⁻¹ de ar foi encontrada (Ghasemi *et al.*, 2011).

A partir da literatura pesquisada, ficou claro que os efeitos acaricidas de OEs de eucaliptos em alguns casos são altos e poderiam levar ao desenvolvimento de um produto comercial ambientalmente seguro para controlar tais parasitas. No entanto, os trabalhos relatados estão limitados a nove espécies de eucaliptos, concentrados em cinco países. Portanto, considerando a grande disponibilidade e diversidade de composição química de OEs de eucaliptos, acreditamos que os OEs dotados de atividades acaricidas mais potentes e específicas ainda precisam ser descobertos e convertidos em produtos comerciais.

1.3.3. Atividade inseticida

Existem mais de 1 milhão de espécies relatadas de insetos e cerca de 10 mil deles se alimentam de colheitas, e destes, cerca de 700 espécies são responsáveis pela maioria dos danos causados por insetos em culturas destinadas a alimentação humana em todo o mundo. Além disso, várias doenças que afetam o homem são transmitidas por insetos (Ware, 1999). Portanto, o controle de insetos é altamente desejável e necessário para melhorar a qualidade de vida e saúde para os seres humanos. Os compostos obtidos de fontes naturais foram investigados para suas atividades inseticidas (Moreira *et al.*, 2004, 2007a, 2007b). Muitos destes compostos têm sido utilizados como modelos para o desenvolvimento de ingredientes ativos para o controle de insetos (Tjahjani, 2008; Sophia e Pandian, 2009; Govindarajan, 2011; Mandal, 2011; Tennyson *et al.*, 2012; Gokulakrishnan *et al.*, 2013; Nerio *et al.*, 2010; Murugan *et al.*, 2007; Choochote *et al.*, 2007; Phasomkusolsil e Soonwera, 2011; Krishnappa e Elumalai, 2012; Govindarajan e Sivakumar, 2012; Govindarajan, 2010; Aarthi e Murugan, 2010). A este respeito, OEs têm atraído a atenção dos pesquisadores como uma alternativa ao controle de insetos (Ali *et al.*, 2013a, 2013b; Hoel *et al.*, 2010; Nascimento *et al.*, 2013; Pavela, 2009a, 2009b; Tabanca *et al.*, 2013; Wedge *et al.*, 2009). Conforme pode ser visto na Tabela 1.5, os OEs de muitas espécies de *Eucalyptus* apresentam efeitos positivos no controle de uma variedade de espécies de insetos.

A atividade inseticida de OEs de *E. globulus* foi avaliada contra as larvas e estágios de pupas da mosca doméstica *M. domestica* (Diptera: Muscidae). Os efeitos dos OEs foram avaliados através de bioensaios de fumigação e contato. Considerando a fase das larvas, no ensaio de contato a concentração letal observada (CL₅₀) variou de 2,73 a 0,60 $\mu\text{L cm}^{-2}$ para os diferentes dias de observação, enquanto que o tempo letal (TL₅₀) variou de 1,7 a 6,0 dias. Os valores de CL₅₀ observados no teste de fumigação foram 66,1 e 50,1 $\mu\text{L L}^{-1}$ após 24 e 48 h, respectivamente. A atividade pupicida foi relatada em termos de percentagem de inibição que foi de 36,0 a 93,0% para o ensaio de contato e 67,9 a 100% para o teste de fumigação (Kumar *et al.*, 2012). Em outra investigação, os OEs de *E. cinerea* foram avaliados contra o estágio adulto de *M. domestica* através de ensaios de fumigação. Constatou-se que na CL₅₀ de 5,5 mg dm^{-3} a mortalidade dos insetos foi observada em um período inferior a 15 minutos (Rossi e Palacios, 2015). Neste trabalho, o principal componente no OE foi de 1,8-cineol (56,9%), um componente de vários outros OEs com atividade inseticida.

Tabela 1.5. Óleos essenciais de *Eucalyptus* spp. com atividades inseticidas

<i>Eucalyptus</i> spp	Espécies-alvo	Referências
<i>E. astringens</i>	<i>Callosobruchus maculatus</i> , <i>Ephestia cautela</i> , <i>Ephestia kuehniella</i> , <i>Rhyzopertha dominica</i> , <i>Tribolium castaneum</i>	Jemaa <i>et al.</i> , 2012; Hamdi <i>et al.</i> , 2015
<i>E. badjensis</i>	<i>Aedes aegypti</i> , <i>Haematobia irritans</i>	Juan <i>et al.</i> , 2011; Lucia <i>et al.</i> , 2012
<i>E. badjensis</i> x <i>E. nitens</i>	<i>Aedes aegypti</i> , <i>Haematobia irritans</i>	Juan <i>et al.</i> , 2011; Lucia <i>et al.</i> , 2012
<i>E. benthamii</i>	<i>Sitophilus zeamais</i>	Mossi <i>et al.</i> , 2011
<i>E. botryoides</i>	<i>Aedes aegypti</i> , <i>Haematobia irritans</i>	Juan <i>et al.</i> , 2011; Lucia <i>et al.</i> , 2012
<i>E. camaldulensis</i>	<i>Aedes aegypti</i> , <i>Aedes albopictus</i> , <i>Atta sexdens rubropilosa</i> , <i>Ectomyelois ceratoniae</i> , <i>Ephestia cautela</i> , <i>Ephestia kuehniella</i> , <i>Pediculus humanus capitis</i> , <i>Sitophilus zeamais</i> , <i>Thyrinteina arnobia</i>	Lucia <i>et al.</i> , 2008, 2009; Toloza <i>et al.</i> , 2008; Batista-Pereira <i>et al.</i> , 2006a, 2006b; Karemu <i>et al.</i> , 2013; Cheng <i>et al.</i> , 2009; Jemaa <i>et al.</i> , 2012, 2013
<i>E. cinerea</i>	<i>Aedes aegypti</i> , <i>Musca domestica</i> , <i>Pediculus humanus capitis</i>	Lucia <i>et al.</i> , 2008, 2009; Rossi e Palacios <i>et al.</i> , 2015; Toloza <i>et al.</i> , 2006; Palacios <i>et al.</i> , 2009
<i>E. citriodora</i>	<i>Aedes aegypti</i> , <i>Anopheles gambia</i> , <i>Atta sexdens rubropilosa</i> , <i>Callosobruchus maculatus</i> , <i>Lutzomyia longipalpis</i> , <i>Nasutitermes corniger</i> , <i>Pediculus humanus capitis</i> , <i>Sitophilus zeamais</i> , <i>Thyrinteina arnobia</i> , <i>Tribolium castaneum</i>	Batista-Pereira <i>et al.</i> , 2006a, 2006b; Karemu <i>et al.</i> , 2013; Toloza <i>et al.</i> , 2006; Bossou <i>et al.</i> , 2013, 2015; Gusmao <i>et al.</i> , 2013; Maciel <i>et al.</i> , 2010; Lima <i>et al.</i> , 2013; Vera <i>et al.</i> , 2014; Olivero-Verbel <i>et al.</i> , 2010, 2013
<i>E. cloeziana</i>	<i>Atta sexdens rubropilosa</i> , <i>Thyrinteina arnobia</i>	Batista-Pereira <i>et al.</i> , 2006a, 2006b
<i>E. darlympleana</i>	<i>Aedes aegypti</i> , <i>Haematobia irritans</i>	Juan <i>et al.</i> , 2011; Lucia <i>et al.</i> , 2012
<i>E. dorrigoiensis</i>	<i>Aedes aegypti</i> , <i>Haematobia irritans</i>	Juan <i>et al.</i> , 2011; Lucia <i>et al.</i> , 2012
<i>E. dundasii</i>	<i>Oryzaephilus surinamensis</i> , <i>Rhyzopertha dominica</i>	Aref <i>et al.</i> , 2015
<i>E. dunnii</i>	<i>Aedes aegypti</i> , <i>Blattella germanica</i> , <i>Pediculus humanus capitis</i> , <i>Sitophilus zeamais</i>	Lucia <i>et al.</i> , 2008, 2009; Toloza <i>et al.</i> , 2010; Mossi <i>et al.</i> , 2011; Alzogaray <i>et al.</i> , 2011
<i>E. elata</i>	<i>Haematobia irritans</i>	Juan <i>et al.</i> , 2011
<i>E. fastigata</i>	<i>Aedes aegypti</i> , <i>Haematobia irritans</i>	Juan <i>et al.</i> , 2011; Lucia <i>et al.</i> , 2012
<i>E. fraxinoides</i>	<i>Haematobia irritans</i>	Juan <i>et al.</i> , 2011

Tabela 1.5. Óleos essenciais de *Eucalyptus* spp. com atividades inseticidas - continuação

<i>E. floribundi</i>	<i>Oryzaephilus surinamensis, Rhyzopertha dominica</i>	Aref <i>et al.</i> , 2016
<i>E. globulus</i>	<i>Aedes aegypti, Lutzomyia longipalpis, Musca domestica, Odontotermes assamensis, Pediculus humanus capitis, Sitophilus oryzae, Sitophilus zeamais, Tribolium castaneum, Tribolium confusum</i>	Lucia <i>et al.</i> , 2008, 2009; Karemu <i>et al.</i> , 2013; Maciel <i>et al.</i> , 2010; Toloza <i>et al.</i> , 2010; Russo <i>et al.</i> , 2015; Yang <i>et al.</i> , 2004; Lee <i>et al.</i> , 2001; Mossi <i>et al.</i> , 2011; Yones <i>et al.</i> , 2016; Pandey <i>et al.</i> , 2012; Pant <i>et al.</i> , 2014; Kumar <i>et al.</i> , 2012
<i>E. grandis</i>	<i>Aedes aegypti, Atta sexdens rubropilosa, Blattella germanica, Pediculus humanus capitis, Thyrintea arnobia</i>	Toloza <i>et al.</i> , 2008; Batista-Pereira <i>et al.</i> , 2006a, 2006b; Alzogaray <i>et al.</i> , 2011; Lucia <i>et al.</i> , 2007
<i>E. grandis x</i>	<i>Aedes aegypti, Blattella germanica, Pediculus humanus capitis</i>	Lucia <i>et al.</i> , 2008, 2009; Toloza <i>et al.</i> , 2008; Alzogaray <i>et al.</i> , 2011
<i>E. camaldulensis</i>		
<i>E. grandis x</i>	<i>Aedes aegypti, Blattella germanica, Pediculus humanus capitis</i>	Lucia <i>et al.</i> , 2008, 2009; Toloza <i>et al.</i> , 2008; Alzogaray <i>et al.</i> , 2011
<i>E. tereticornis</i>		
<i>E. gunnii</i>	<i>Aedes aegypti, Pediculus humanus capitis</i>	Lucia <i>et al.</i> , 2008, 2009; Toloza <i>et al.</i> , 2010
<i>E. lehmannii</i>	<i>Callosobruchus maculatus, Ephestia cautela, Ephestia kuehniella, Rhyzopertha dominica, Tribolium castaneum</i>	Jemaa <i>et al.</i> , 2012; Hamdi <i>et al.</i> , 2015
<i>E. leucoxydon</i>	<i>Ectomyelois ceratoniae, Ephestia cautela, Ephestia kuehniella</i>	Jemaa <i>et al.</i> , 2012, 2013
<i>E. maculata</i>	<i>Atta sexdens rubropilosa, Thyrintea arnobia</i>	Batista-Pereira <i>et al.</i> , 2006a, 2006b
<i>E. nobilis</i>	<i>Aedes aegypti, Haematobia irritans</i>	Juan <i>et al.</i> , 2011; Lucia <i>et al.</i> , 2012
<i>E. obliqua</i>	<i>Haematobia irritans</i>	Juan <i>et al.</i> , 2011
<i>E. polybractea</i>	<i>Aedes aegypti, Haematobia irritans</i>	Juan <i>et al.</i> , 2011; Lucia <i>et al.</i> , 2012
<i>E. radiata</i>	<i>Aedes aegypti, Haematobia irritans</i>	Juan <i>et al.</i> , 2011; Lucia <i>et al.</i> , 2012
<i>E. resinifera</i>	<i>Aedes aegypti, Haematobia irritans</i>	Juan <i>et al.</i> , 2011; Lucia <i>et al.</i> , 2012
<i>E. robertsonii</i>	<i>Aedes aegypti, Haematobia irritans</i>	Juan <i>et al.</i> , 2011; Lucia <i>et al.</i> , 2012
<i>E. rubida</i>	<i>Aedes aegypti, Haematobia irritans</i>	Juan <i>et al.</i> , 2011; Lucia <i>et al.</i> , 2012
<i>E. rudis</i>	<i>Ectomyelois ceratoniae, Ephestia cautela, Ephestia kuehniella</i>	Jemaa <i>et al.</i> , 2012

Tabela 1.5. Óleos essenciais de *Eucalyptus* spp. com atividades inseticidas - continuação

<i>E. saligna</i>	<i>Acanthoscelides obtectus</i> , <i>Aedes aegypti</i> , <i>Atta sexdens rubropilosa</i> , <i>Pediculus humanus capitis</i> , <i>Sitophilus zeamais</i> , <i>Sitotroga cerealella</i> , <i>Tribolium castaneum</i> , <i>Thyrinteina arnobia</i>	Lucia <i>et al.</i> , 2008, 2009; Batista-Pereira <i>et al.</i> , 2006a, 2006b; Toloza <i>et al.</i> , 2006; Mossi <i>et al.</i> , 2011; Gillij <i>et al.</i> , 2008; Bett <i>et al.</i> , 2016
<i>E. sideroxylon</i>	<i>Aedes aegypti</i> , <i>Blattella germanica</i> , <i>Pediculus humanus capitis</i>	Lucia <i>et al.</i> , 2008, 2009; Toloza <i>et al.</i> , 2010; Alzogaray <i>et al.</i> , 2011
<i>E. smithii</i>	<i>Aedes aegypti</i> , <i>Haematobia irritans</i>	Juan <i>et al.</i> , 2011; Lucia <i>et al.</i> , 2012
<i>E. staigeriana</i>	<i>Callosobruchus maculatus</i> , <i>Lutzomyia longipalpis</i>	Gusmao <i>et al.</i> , 2013; Maciel <i>et al.</i> , 2010
<i>E. tereticornis</i>	<i>Aedes aegypti</i> , <i>Anopheles gambia</i> , <i>Pediculus humanus capitis</i>	Lucia <i>et al.</i> , 2008, 2009; Toloza <i>et al.</i> , 2006, 2008; Bossou <i>et al.</i> , 2013
<i>E. urophylla</i>	<i>Atta sexdens rubropilosa</i> , <i>Thyrinteina arnobia</i>	Batista-Pereira <i>et al.</i> , 2006a, 2006b
<i>E. viminalis</i>	<i>Aedes aegypti</i> , <i>Blattella germanica</i> , <i>Pediculus humanus capitis</i> , <i>Sitophilus zeamais</i>	Lucia <i>et al.</i> , 2008, 2009; Toloza <i>et al.</i> , 2006; Mossi <i>et al.</i> , 2011; Alzogaray <i>et al.</i> , 2011

Os efeitos de OEs de *E. gunnii*, *E. tereticornis*, *E. grandis*, *E. camaldulensis*, *E. dunnii*, *E. cinerea*, *E. saligna*, *E. sideroxylon*, *E. globulus* ssp. *globulus*, *E. globulus* ssp. *maidenii*, *E. viminalis* e os híbridos de *E. grandis* x *E. tereticornis* e *E. grandis* x *E. camaldulensis* foram testados em larvas de *A. aegypti*. Os melhores resultados foram observados para *E. dunnii*, *E. gunnii*, *E. tereticornis*, *E. camaldulensis* e *E. saligna*, que apresentaram, respectivamente, CL₅₀ de 25,2, 21,1, 22,1, 26,8 e 22,2 mg L⁻¹. Neste trabalho, foi encontrada uma correlação entre o efeito de toxicidade e o teor de 1,8-cineol e *p*-cimeno no OE. No entanto, outras espécies de *Eucalyptus* que produzem OEs com alto teor de 1,8-cineol e baixa concentração de *p*-cimeno (*E. cinerea*, *E. globulus* ssp. *maidenii*, *E. globulus* ssp. *globulus*, *E. sideroxylon*, *E. viminalis*, *E. grandis*, *E. tereticornis*, *E. grandis* e *E. camaldulensis*) tiveram menor efeito sobre *A. aegypti* (mortalidade larval < 50% após 24 h a 40 ppm) (Lucia *et al.*, 2008, 2009). Os vapores dos OEs das espécies de *Eucalyptus* acima mencionados também foram testados em adultos de *A. aegypti*. A toxicidade foi determinada como o número de mosquitos que sofreram o efeito *knockdown* em função do tempo. A toxicidade da fumigação foi expressa como tempo de efeito *knockdown* (KT₅₀) que variou de 4,2 a 12,0 minutos. O melhor resultado foi observado para OEs de *E. viminalis*. Neste caso, verificou-se uma correlação direta entre os teores de 1,8-cineol nos OEs e o nível de toxicidade (Lucia *et al.*, 2009).

A investigação realizada por Cheng *et al.* (2009) demonstrou atividade larvicida de OEs de *E. camaldulensis* e *E. urophylla* contra *A. aegypti* e *A. albopictus*. Os OEs de *E. camaldulensis* apresentaram os melhores resultados com CL₅₀ de 31,0 e 55,3 µg mL⁻¹, respectivamente (a CL₉₀ correspondentes foram 71,8 e 192,4 µg mL⁻¹ de *A. aegypti* e *A. albopictus*, respectivamente). Avaliou-se também a atividade larvicida de componentes individuais de OEs de *E. camaldulensis*. Observou-se que α -terpineno causou a maior atividade larvicida (CL₅₀ de 14,7 µg mL⁻¹ e CL₉₀ de 39,3 µg mL⁻¹ para *A. aegypti*; CL₅₀ de 25,2 µg mL⁻¹ e CL₉₀ > 50,0 µg mL⁻¹ para *A. albopictus*). Os OEs de *E. citriodora* foram tóxicos para os terceiro e quarto instar de *A. aegypti* (CL₅₀ de 71,2 ppm) (Vera *et al.*, 2014).

L. longipalpis é o vetor de *Leishmania chagasi*, uma espécie de protozoários que é responsável por 90% da leishmaniose visceral no Brasil. Os efeitos de OEs de *E. staigeriana*, *E. citriodora* e *E. globulus* foram avaliados em fases de ovos, larvas e adultos de *L. longipalpis*. Todos os OEs foram ativos nas fases avaliadas sendo *E. staigeriana* o mais efetivo seguido por *E. citriodora* e *E. globulus* (Maciel *et al.*, 2010). Embora os autores não tenham avaliado componentes individuais do OE para suas

atividades, vale ressaltar que os OEs tinham citronelal (71,8%) como componente principal, um composto conhecido por sua atividade inseticida.

A principal praga do milho *S. zeamais* é conhecida por atacar tanto a lavoura como o cereal armazenado. Foram realizadas investigações sobre os efeitos inseticidas e repelentes de OEs de *E. dunnii*, *E. saligna*, *E. benthamii*, *E. globulus* e *E. viminalis* em *S. zeamais*. Utilizando o ensaio de citotoxicidade de contato em papel de filtro, os OEs de *E. globulus* e *E. viminalis* causaram 100% de mortalidade em concentrações de 0,16 e 0,23 $\mu\text{L cm}^{-2}$ após 24 h de exposição, respectivamente. Considerando este parâmetro, os valores de concentração para outros OEs foram os seguintes: 0,42 $\mu\text{L cm}^{-2}$ para *E. dunnii*, 0,65 $\mu\text{L cm}^{-2}$ para *E. saligna* e 2,60 $\mu\text{L cm}^{-2}$ para *E. benthamii*. Uma análise de regressão permitiu o cálculo de valores CL_{50} : *E. viminalis* (0,08 $\mu\text{L cm}^{-2}$); *E. globulus* (0,10 $\mu\text{L cm}^{-2}$); *E. dunnii* (0,16 $\mu\text{L cm}^{-2}$); *E. saligna* (0,25 $\mu\text{L cm}^{-2}$) e *E. benthamii* (0,79 $\mu\text{L cm}^{-2}$). A análise do conteúdo de OE e de mortalidade resultou em uma correlação entre o teor de 1,8-cineol e CL_{50} . Assim, é plausível considerar este composto responsável pela atividade observada. Utilizando a CL_{50} calculada, foi possível determinar a atividade de repelência, para todos os OEs de *Eucalyptus* (Mossi *et al.*, 2011).

A atividade repelente de OEs de *E. saligna*, *E. camaldulensis*, *E. globulus* e *E. citriodora*, também foram ensaiadas contra *S. zeamais*. Foi utilizado bioensaio em olfatômetro em forma de Y e a concentração testada variou de 0,002 a 2 $\mu\text{L } \mu\text{L}^{-1}$. OEs foram dissolvidos em hexano na maior concentração, os OEs de *E. camaldulensis* e de *E. citriodora* apresentaram a melhor atividade repelente (74,35% e 69,15%, respectivamente), seguido por *E. globulus* (53,68%) e *E. saligna* (40,5%). A atividade repelente observada para OEs de *E. camaldulensis* foi superior à observada para o controle positivo DEET (*N,N*-dietil-*m*-toluamida). Alguns constituintes individuais dos OEs foram ensaiados e a maior atividade repelente foi associada ao teor de 1,8-cineol (70,97%) (Karemu *et al.*, 2013).

A toxicidade fumigante de vários OEs foram avaliadas em *S. oryzae* (também conhecido como o gorgulho do arroz). A melhor atividade foi associada com OEs de *E. globulus* (DL_{50} de 28,9 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar). A avaliação individual de 1,8-cineol, principal componente dos OEs de *E. globulus*, revelou uma DL_{50} de 23,5 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar para a toxicidade fumigante (Lee *et al.*, 2001).

Os OEs de *E. globulus*, rico em 1,8-cineol, tiveram sua atividade antitermita avaliado contra *O. assamensis*. Na concentração de 2,5 mg g^{-1} , os OEs de *E. globulus* causaram 80% de mortalidade enquanto 70% foram observadas para 1,8-cineol puro

(Pandey *et al.*, 2012). Estes resultados sugerem que outros compostos presentes no OE podem estar aumentando o efeito do 1,8-cineol.

P. humanus capitis (piolho da cabeça) é um ectoparasita obrigatório responsável pela infestação de piolhos, também conhecido como pediculose capitis, lêndeas ou piolhos. Vários relatos descreveram os efeitos de OEs de *Eucalyptus* sobre *P. humanus capitis*. O ensaio de toxicidade fumigante foi utilizado para avaliar o efeito de OEs de *E. sideroxylon*, *E. globulus ssp globulus*, *E. globulus ssp maidenii*, *E. dunnii* e *E. gunnii* sobre piolhos resistentes à permetrina. Entre os OEs avaliados, os mais eficientes foram *E. sideroxylon*, *E. globulus ssp globulus* e *E. globulus ssp maidenii* apresentando, respectivamente, KT_{50} de 24,75, 27,73 e 31,39 min (Tolozá *et al.*, 2010). Uma investigação semelhante conduzida com OEs de *E. cinerea*, *E. viminalis* e *E. saligna* revelou valores KT_{50} de 12,0, 14,9, e 17,4 min (Tolozá *et al.*, 2006). Foi realizada uma investigação comparativa sobre o efeito de OEs de espécies de eucaliptos híbridos (*E. grandis* x *E. camaldulensis* e *E. grandis* x *E. tereticornis*) e não-híbridos (*E. grandis*, *E. camaldulensis* e *E. tereticornis*) em *P. humanus capitis*. A atividade fumigante dos híbridos foi maior que a dos não-híbridos. Os valores KT_{50} observados para os híbridos foram *E. grandis* x *E. tereticornis* (12,99 min) e *E. grandis* x *E. camaldulensis* (13,63 min). Para os não-híbridos, os valores de parâmetro KT_{50} foram *E. grandis* (25,57 min.), *E. camaldulensis* (35,01 min.) e *E. tereticornis* (31,31 min) (Tolozá *et al.*, 2008).

As folhas de *E. citriodora* têm sido tradicionalmente usadas como inseticida repelente, especialmente por famílias de baixa renda para protegê-los contra os mosquitos (Seyoum *et al.*, 2003).

O besouro vermelho *T. castaneum* é uma praga mundial de produtos armazenados, particularmente grãos alimentares. Os OEs de *E. citriodora*, rico em citronelal, citronelol e isopulegol, apresentaram atividades repelentes contra esta espécie de besouro (0,084 mL L⁻¹ dose repelente média após 4 h de exposição). A atividade observada foi superior ao produto comercial [3-(*N*-acetil-*N*-butilamino)propionato de etila] utilizado como controle positivo (Olivero-Verbel *et al.*, 2010).

A avaliação da atividade fumigante de OEs de *E. camaldulensis*, *E. astringens*, *E. leucoxylon*, *E. lehmannii* e *E. rudis* contra as pragas de produtos armazenados *E. kuehniella*, *E. cautella* e *E. ceratoniae* mostrou que OEs de *E. camaldulensis* apresentam alta toxicidade em *E. cautella* e *E. kuehniella* (CL_{50} = 11,07 e 26,73 μ L L⁻¹ de ar, respectivamente). Considerando *E. ceratoniae*, os OEs mais efetivos foram extraídos de *E. rudis* (CL_{50} = 31,4 μ L L⁻¹ de ar) (Jemaa *et al.*, 2012). Em outro estudo, os efeitos dos OEs de *E. camaldulensis* e *E. leucoxylon* em larvas e adultos de *E.*

ceratoniae foram investigados. Os OEs apresentaram bioatividade em ambos os estágios de desenvolvimento do inseto. Para o estágio adulto, 100% de mortalidade foi obtida para ambos os OEs após 120 h de exposição a 26,31 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar; em maior concentração (131,58 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar), o tempo de exposição foi reduzida para 48 h. A CL_{50} após 24 h de exposição correspondeu a 12,07 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar e 21,75 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar para *E. camaldulensis* e *E. leucoxyton*, respectivamente. Considerando a fase das larva, observou-se mortalidade de 100% a 131,58 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar depois de 264 h de exposição (Jemaa *et al.*, 2013).

Os OEs de *E. tereticornis*, na concentração de 160 ppm, causaram 100% de mortalidade nas larvas de *Anopheles stephensi* (Nathan, 2007). A atividade inseticida observada de OEs de *E. tereticornis* em *A. gambiae* foi associada a *p*-cimeno e 1,8-cineol, como demonstrado pelos ensaios biológicos realizados com esses componentes individuais (Bossou *et al.*, 2013).

1.3.4. Atividade herbicida

As plantas daninhas competem com as culturas por água, nutrientes e luz, e controlar seu crescimento é de fundamental importância na agricultura moderna. Estima-se que aproximadamente 10% de todas as espécies de plantas sejam plantas daninhas, correspondendo a aproximadamente 30.000 espécies. Entre elas, 1.800 causam sérias perdas econômicas na produção agrícola (Cobb e Reade, 2010).

A observação de efeitos de regulação do crescimento de plantas causada por OEs tem atraído a atenção de pesquisadores para a possibilidade de utilizar essas fontes naturais para o controle de plantas daninhas (Batish *et al.*, 2008; Dayan *et al.*, 2009). Tais investigações são importantes do ponto de vista da evolução da resistência das plantas daninhas aos herbicidas tradicionais. Há uma necessidade constante de desenvolvimento de agentes de controle de plantas daninhas que sejam ambientalmente seguros, que apresentem baixa toxicidade para os mamíferos, baixa persistência e que possam ser aplicados em menor quantidade (Zanic *et al.*, 2008; Seyran *et al.*, 2010; Yangui *et al.*, 2010). A este respeito, a natureza tem sido considerada uma fonte importante de compostos que podem ser exploradas para proporcionar herbicidas que possam satisfazer os critérios acima mencionados (Varejão *et al.*, 2013; Douda *et al.*, 2010; Seyran *et al.*, 2010).

Como mostrado na Tabela 1.6, alguns estudos têm sido conduzidos sobre os efeitos fitotóxicos de OEs de *Eucalyptus* em plantas daninhas (Batish *et al.*, 2004, 2008; Setia *et al.*, 2007; Singh *et al.*, 2005). Demonstrou-se que estes OEs inibem e/ou

retardam a germinação de sementes. Os efeitos nas espécies de culturas também foram descritos (Ens *et al.*, 2009).

O efeito fitotóxico de OEs de *E. citriodora* coletados de diferentes estágios da folhas (juvenis e folhas adultas) e caídas (folhas senescentes e serapilheira marrom) foi investigado em duas espécies de plantas daninhas (*E. crus-galli* e *A. viridis*) e duas culturas (*T. aestivum* e *O. sativa*). Como tendência geral, os OEs de folhas adultas apresentaram fitotoxicidade superior em comparação com OEs de serapilheira. Em uma investigação posterior, Batish *et al.* (2006a) examinaram os efeitos fitotóxicos de OEs extraídos de folhas em decomposição de *E. citriodora* contra espécies de plantas daninhas *C. occidentalis* e *E. crus-galli*. Também foram avaliadas as fitotoxicidades dos principais componentes dos OEs, isto é, citronelal e citronelol. Os OEs exibiram um efeito superior na germinação de *C. occidentalis* ($I_{50} = 1,09 \text{ mg mL}^{-1}$) em comparação com *E. crus-galli* ($I_{50} = 1,49 \text{ mg mL}^{-1}$). Os OEs apresentaram efeitos semelhantes no alongamento da raiz ($I_{50} = 0,31 \text{ mg mL}^{-1}$ para *C. occidentalis* e $0,35 \text{ mg mL}^{-1}$ para *E. crus-galli*). Comparando os efeitos sobre a germinação dos principais componentes, citronelal foi mais eficaz na inibição da germinação ($I_{50} = 0,55 \text{ mg mL}^{-1}$ e $0,14 \text{ mg mL}^{-1}$ para *C. occidentalis* e *E. crus-galli*, respectivamente). Pelo contrário, o citronelol apresentou efeitos mais pronunciados sobre o alongamento da raiz ($I_{50} = 0,13 \text{ mg mL}^{-1}$ e $0,09 \text{ mg mL}^{-1}$ para *C. occidentalis* e *E. crus-galli*, respectivamente).

Tabela 1.6. Óleos essenciais de *Eucalyptus* spp. com atividades herbicidas

<i>Eucalyptus</i> spp.	Espécies-alvo	Referências
<i>E. brockwayii</i>	<i>Solanum elaeagnifolium</i>	Zhang <i>et al.</i> , 2012, 2014
<i>E. camaldulensis</i>	<i>Amaranthus hybridus</i> , <i>Portulaca oleracea</i>	Verdeguer <i>et al.</i> , 2009
<i>E. citriodora</i>	<i>Amaranthus viridis</i> , <i>Cassia occidentalis</i> , <i>Cucumis sativus</i> , <i>Echinochloa crus-galli</i> , <i>Oryza sativa</i> , <i>Sorghum bicolor</i> , <i>Triticum aestivum</i>	Batish <i>et al.</i> , 2006a, 2006b; Tomaz <i>et al.</i> , 2014
<i>E. dundasii</i>	<i>Solanum elaeagnifolium</i>	Zhang <i>et al.</i> , 2012, 2014
<i>E. erythrocorys</i>	<i>Phalaris canariensis</i> , <i>Sinapis arvensis</i>	Ghnaya <i>et al.</i> , 2013
<i>E. melliodora</i>	<i>Solanum elaeagnifolium</i>	Zhang <i>et al.</i> , 2014
<i>E. salubris</i>	<i>Solanum elaeagnifolium</i>	Zhang <i>et al.</i> , 2012, 2014
<i>E. spathulata</i>	<i>Solanum elaeagnifolium</i>	Zhang <i>et al.</i> , 2012, 2014
<i>E. urophylla</i>	<i>Lactuca sativa</i>	Qiu <i>et al.</i> , 2010

Solanum elaeagnifolium (Silverleaf nightshade) é uma espécie herbácea perene e agressiva comum na Austrália. Avaliou-se a fitotoxicidade de cinco OEs de *Eucalyptus* selecionados da Austrália, nomeadamente *E. brockwayii*, *E. dundasii*, *E. melliodora*, *E. salubris* e *E. spathulata*, na germinação e alongamento da raiz de *S. elaeagnifolium*. Os OEs de *E. salubris* causaram o maior efeito inibitório (73%) na germinação. Esse efeito foi superior ao apresentado por um OE de eucalipto comercial (38% do índice de inibição) adquirido no mercado e utilizado como controle positivo. Em termos de inibição do crescimento radicular, *E. salubris* foi novamente o OE mais eficaz (redução de 84% do comprimento radicular quando aplicado em 10 μL prato⁻¹). Na mesma dose, OE de eucalipto comercial causou apenas 41% de redução no comprimento da raiz (Zhang *et al.*, 2012). Foram também avaliados os efeitos fitotóxicos das frações voláteis aquosas dos OEs acima mencionados, isto é, as frações voláteis solúveis em água obtidas juntamente com os OEs (frações insolúveis em água) durante o processo de destilação a vapor. Observou-se também forte efeitos fitotóxicos na germinação, comprimento do broto e alongamento radicular de *S. elaeagnifolium* (Zhang *et al.*, 2014).

Shing *et al.* (2005) investigaram o efeito herbicida de OEs produzidos por *E. citriodora* contra a planta daninha *Parthenium hysterophorus*. Eles descobriram que a germinação foi totalmente inibida pelos OEs a 5,0 nL mL⁻¹. Plantas de *P. hysterophorus* (4 semanas de idade) foram pulverizadas com diferentes concentrações de OEs (0-100 μL mL⁻¹). Uma semana após a pulverização, observou-se danos e o teor de clorofila e a atividade respiratória diminuiu à medida que a concentração de OEs aumentaram. Quando pulverizadas com concentrações de até 50 μL mL⁻¹, as plantas mostraram recuperação ao longo do tempo. No entanto, quando as espécies de plantas daninhas foram pulverizadas com 75 μL mL⁻¹ e 100 μL mL⁻¹, as plantas morreram depois de duas semanas. Além disso, as plantas foram pulverizadas com 50 μL mL⁻¹ e concentrações maiores desidrataram e murcharam as folhas. Os OEs de *E. citriodora* causaram vazamentos rápido de eletrólito em concentrações de 5-75 μL mL⁻¹, indicando um efeito na integridade da membrana.

Foram relatados efeitos fitotóxicos de OEs de *E. citriodora* nas culturas *S. bicolor* L. (sorgo) e *C. sativus* L. (pepino). Dos ensaios biológicos, observou-se um efeito alelopático, prejudicando a germinação e inibição do crescimento radicular de sementes de *S. bicolor* e *C. sativus*. Observou-se também que o aumento da concentração de OEs (0 a 5000 ppm) leva a uma diminuição linear na germinação, bem como no comprimento da radícula de *S. bicolor* (Tomaz *et al.*, 2014).

1.4. Observações finais

A produção e o comércio mundial de OEs de várias espécies de *Eucalyptus* é dominado pela China, que é o maior produtor de OEs ricos em cineol (Vivian *et al.*, 2011). Outros produtores importantes incluem a África do Sul, Portugal, Espanha, Brasil, Austrália, Chile e Suazilândia (Bizzo *et al.*, 2009). Há aspectos importantes a serem considerados no cultivo de *Eucalyptus* spp. visando à produção de OEs, como variação ambiental, genética e tipo de folha.

A maioria dos OEs produzidos por *Eucalyptus* são ricos em monoterpenos. Para fins medicinais, o valor dos OEs de *Eucalyptus* está diretamente associado ao seu teor de 1,8-cineol que deve ser pelo menos 70% em massa. Deve ser mencionado que os OEs medicinais são designados em termos de conteúdo de 1,8-cineol. As descrições típicas destes OEs são: ‘Óleo de *Eucalyptus* da China 80%’, ‘Óleo de *Eucalyptus* 70/75% da Espanha/Portugal’ e ‘Óleo de *Eucalyptus* 80/85% da Espanha/Portugal’. O preço mais alto está associado a um OE conhecido como ‘eucaliptol’, que contém cerca de 98% de 1,8-cineol (Coppen e Hone, 1992; Bizzo *et al.*, 2009). Na Tabela 1.7 estão listadas as principais espécies de *Eucalyptus* que foram utilizados para a extração de OEs medicinais (Lassak, 1998; Doran, 1991).

Tabela 1.7. Espécies de *Eucalyptus* tipicamente usadas para produzir óleos essenciais medicinais.

<i>Eucalyptus</i> spp.	1,8-cineol (%)
<i>E. camaldulensis</i> Dehnh.	80-90
<i>E. cineorifolia</i> A. Cunn. ex DC.	40-90
<i>E. dumosa</i> A. Cunn. ex Oxley.	33-70
<i>E. elaeophora</i> F. Muell.	60-80
<i>E. globulus</i> Labill.	60-85
<i>E. leucoxyton</i> F. Muell.	65-75
<i>E. oleosa</i> F. Muell. ex Miq.	45-52
<i>E. polybractea</i> F. Muell. ex R.T.Baker.	60-93
<i>E. radiata</i> A. Cunn. ex DC. subsp. <i>radiata</i> var. cineol	65-75
<i>E. sideroxyton</i> A. Cunn. ex Woolls.	60-75
<i>E. smithii</i> F. Muell. ex R.T.Baker.	70-80

Em vários casos, de acordo com a fonte, após a extração, alguns OEs brutos têm de ser retificados para aumentar a percentagem de 1,8-cineol necessária para fins medicinais.

Os OEs destinados à perfumaria são ricos em citronelal, citronelol e acetato de geranila. Uma fonte importante de *Eucalyptus* para perfumaria são OEs de *E. citriodora* em que o componente principal é citronelal e seu conteúdo deve estar na faixa de 65% a 85%. Os OEs de *E. citriodora* são utilizados na forma completa para fins de fragrância, geralmente em sabões, perfumes e desinfetantes de baixo custo, mas seu principal uso é como uma fonte de citronelal para a indústria química (Bizzo *et al.*, 2009; Silva, 2003b; Coppen e Hone, 1992).

O termo óleo industrial é comumente utilizado para descrever o emprego dos OEs como matéria-prima para o isolamento de constituintes químicos. Os OEs industriais são caracterizados pelo alto nível de felandreno e piperitona, obtidos principalmente de espécies de *E. dives* (Coppen e Hone, 1992).

Conforme descrito por Coppen (2005), “qualquer tentativa de quantificar e analisar com precisão as tendências de produção e consumo de óleo de *Eucalyptus* está repleta de dificuldades. Ao contrário de algumas outras commodities, ou de alguns outros OEs, como os óleos cítricos, as informações quantitativas nem sempre estão disponíveis ou acessíveis”.

A pesquisa sobre OEs é de fundamental importância considerando as aplicações atuais de extratos naturais e OEs nas indústrias de alimentos, cosméticos, perfumarias, farmacêuticas e agroquímicas. Nesta revisão, demonstrou-se a grande variabilidade química existente entre OEs de várias espécies de *Eucalyptus*. Além disso, foi descrita a utilidade desses OEs em termos de sua atividade antimicrobiana, inseticida, acaricida e fitotóxica. Em alguns casos, a atividade biológica observada dos OEs é superior à dos produtos disponíveis no mercado, mas há pouca investigação sobre mecanismos de ação das atividades biológicas de tais OEs. Considerando todos esses aspectos, e considerando que várias espécies de *Eucalyptus* ainda não foram exploradas em termos de conteúdo e composição de OEs, consideramos que as investigações neste campo continuarão ativas no futuro. Novas atividades serão relatadas para OEs de *Eucalyptus* e mais detalhes sobre seus mecanismos de ação também aparecerão no futuro.

Referências

1. Aarthi, N., Murugan, K., 2010. Larvicidal and repellent activity of *Vetiveria zizanioides* L., *Ocimum basilicum* Linn and the microbial pesticide spinosad against malarial vector, *Anopheles stephensi* Liston (Insecta: Diptera: Culicidae). *J. Biopest.* 3, 199-204.
2. Aguiar, R.W.S., Ootani, M.A., Ascencio, S.D., Ferreira, T.P.S., Santos, M.M., Santos, G.R., 2014. Fumigant antifungal activity of *Corymbia citriodora* and *Cymbopogon nardus* EOs and citronellal against three fungal species. *Sci. World J.* ID492138, 1-8.
3. Akin, M., Aktumsek, A., Nostro, A., 2010. Antibacterial activity and composition of the EOs of *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. and *Myrtus communis* L. growing in Northern Cyprus. *Afr. J. Biotechnol.* 9, 531-535.
4. Ali, A., Murphy, C.C., Demirci, B., Wedge, D.W., Sampson, B.J., Khan, I.A., Baser, K.H.C., Tabanca, N., 2013a. Insecticidal and biting deterrent activity of rose-scented geranium (*Pelargonium* spp.) EOs and individual compounds against *Stephanitis pyrioides* and *Aedes aegypti*. *Pest. Manag. Sci.* 69, 1385-1392.
5. Ali, A., Tabanca, N., Demirci, B., Baser, K.H.C., Ellis, J., Gray, S., Lackey, B.R., Murphy, C., Khan, I.A., Wedge, D.E., 2013b. Composition, mosquito larvicidal, biting deterrent and antifungal activity of EOs of different plant parts of *Cupressus arizonica* var. *glabra* ('Carolina Sapphire'). *Nat. Prod. Commun.* 8, 257-260.
6. Alitonou, G., Avlessi, F., Wotto, V.D., Ahoussi, E., Dangou, J., Sohounhloúé, D. C.K., 2004. Composition chimique, propriétés antimicrobiennes et activités sur les tiques de l'huile essentielle d'*Eucalyptus tereticornis* Sm. *C. R. Chim.* 7, 1051-1055.
7. Alzogaray, R.A., Lucia, A., Zerba, E.N., Masuh, H.M., 2011. Insecticidal activity of EOs from eleven *Eucalyptus* spp. and two hybrids: lethal and sublethal effects of their major components on *Blattella germanica*. *J. Econ. Entomol.* 104, 595-600.
8. Angelini, L.G., Carpanese, G., Cioni, P.L., Morelli, I., Macchia, M., Flamni, G., 2003. EOs from Mediterranean Lamiaceae as weed germination inhibitors. *J. Agr. Food Chem.* 51, 6158-6164.
9. Arantes, F.F.P., Barbosa, L.C.A., Maltha, C.R.A., Demuner, A.J., Costa, P.M., Ferreira, J.R.O., Costa-Lotufu, L.V., Moraes, M.O., Pessoa, C., 2010. Synthesis of novel α -santonin derivatives as potential cytotoxic agents. *Eur. J. Med. Chem.* 45, 6045-6051.
10. Araujo, F.O.L., Rietzler, A.C., Duarte, L.P., Silva, G.D.F., Carazza, F., Filho, S.A.V., 2010. Constituintes químicos e efeito ecotoxicológico do óleo volátil de folhas de *Eucalyptus urograndis* (Mirtaceae). *Quím. Nova* 33, 1510-1513.
11. Aref, S.P., Valizadegan, O., Farashiani, M.E., 2015. *Eucalyptus dundasii* Maiden essential oil, chemical composition and insecticidal values against *Rhyzopertha dominica* (F.) and *Oryzaephilus surinamensis* (L.). *J. Pl. Prot. Res.* 55, 35-41.
12. Aref, S.P., Valizadegan, O., Farashiani, M.E., 2016. The insecticidal effect of essential oil of *Eucalyptus floribundi* against two major stored product insect pests; *Rhyzoperth dominica* (F.) and *Oryzaephilus surinamensis* (L.). *J. Essent. Oil Bear. Pl.* 19, 820-831.
13. Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., Idaomar, M., 2008. Biological effects of EOs - A review. *Food Chem. Toxicol.* 46, 446-475.
14. Baptista, E.B., Zimmermann-Franco, D.C., Lataliza, A.A.B., Raposo, N.R.B., 2015. Chemical composition and antifungal activity of essential oil from *Eucalyptus smithii* against dermatophytes. *Rev. Soc. Bras. Med. Trop.* 48, 746-752.
15. Barbosa, F.F., Barbosa, L.C.A., Melo, E.C., Botelho, F.M., Santos, R.H.S., 2006b. Influência da temperatura do ar de secagem sobre o teor e a composição química do óleo essencial de *Lippia alba* (Mill) N. E. Brown. *Quím. Nova* 29, 1221-1225.
16. Barbosa, L.C.A., Alvarenga, E.S., Demuner, A.J., Virtuoso, L.S., Silva, A.A., 2006a. Synthesis of new phyto-growth-inhibitory substituted aryl-*p*-benzoquinones. *Chem. Biodivers.* 3, 553-567.
17. Barbosa, L.C.A., Demuner, A.J., Dumont, A.C., Paula, V.F., Ismail, F.M.D., 2007. Seasonal variation in the composition of volatile oils from *Schinus terebinthifolius* Raddi. *Quím. Nova* 30, 1959-1965.
18. Barney, J.N., Hay, A.G., Weston, L.A., 2005. Isolation and characterization of volatiles from mugwort. *J. Chem. Ecol.* 31, 247-265.
19. Batish, D.R., Setia, N., Singh, H.P., Kohli, R.K., 2004. Phytotoxicity of lemon-scented eucalypt oil and its potential use as a bioherbicide. *Crop Prot.* 23, 1209-1214.
20. Batish, D.R., Singh, H.P., Kohli, R.K., Kaur, S., 2008. *Eucalyptus* essential oil as a natural pesticide. *Forest Ecol. Manag.* 256, 2166-2174.

21. Batish, D.R., Singh, H.P., Setia, N., Kaur, S., Kohli, R.K., 2006a. Chemical composition and inhibitory activity of essential oil from decaying leaves of *Eucalyptus citriodora*. *Z. Naturforsch.* *61*, 52-56.
22. Batish, D.R., Singh, H.P., Setia, N., Kaur, S., Kohli, R.K., 2006b. Chemical composition and phytotoxicity of volatile essential oil from intact and fallen leaves of *Eucalyptus citriodora*. *Z. Naturforsch.* *61*, 465-471.
23. Batista-Pereira, L.G., Fernandes, J.B., Correa, A.G., Silva, M.F.G.F., Vieira, P.C., 2006b. Electrophysiological responses of *Eucalyptus* brown looper *Thyrintina arnobia* to EOs of seven *Eucalyptus* species. *J. Braz. Chem. Soc.* *17*, 555-561.
24. Batista-Pereira, L.G., Fernandes, J.B., Silva, M.F.G.F., Vieira, P.C., Bueno, O.C., Correia, A.G., 2006a. Electrophysiological responses of *Atta sexdens rubropilosa* workers to EOs of *Eucalyptus* and its chemical composition. *Z. Naturforsch.* *61*, 749-755.
25. Bayala, B., Bassole, I.H.N., Gnoula, C., Nebie, R., Yonli, A., Morel, L., Figueredo, G., Nikiema, J., Lobaccaro, J.A., Simpore, J., 2014. Chemical composition, antioxidant, anti-inflammatory and anti-proliferative activities of EOs of plants from Burkina Faso. *Plos One* *9*, e92122.
26. Bello, M.O., Olabanji, I.O., Ibrahim, A.O., Yekeen, T.A., Oboh, L.M., 2013. Nutraceuticals in leaves of *Eucalyptus citriodora* and *Eucalyptus camandulensis*. *Food Sci.* *62*, 17873-17876.
27. Bett, P.K., Deng, A.L., Ogendob, J.O., Kariuki, S.T., Kamatenesi-Mugisha, M., Mihale, J.M., Torto, B., 2016. Chemical composition of *Cupressus lusitanica* and *Eucalyptus saligna* leaf essential oils and bioactivity against major insect pests of stored food grains. *Ind. Crops Prod.* *82*, 51-62.
28. Bignell, C.M., Dunlop, P.J., Brophy, J.J., Fookes, C.J.R., 1997. Volatile leaf oils of some South-western and Southern Australian species of the genus *Eucalyptus* (Series I). Part XIV. Subgenus *Monocalyptus*. *Flavour Frag. J.* *12*, 177-183.
29. Bizzo, H.R., Hovell, A.M.C., Rezende, C.M., 2009. Óleos essenciais no Brasil: aspectos gerais, desenvolvimento e perspectivas. *Quím. Nova* *32*, 588-594.
30. Bossou, A.D., Ahoussi, E., Ruysbergh, E., Adams, A., Smagghe, G., De Kimpe, N., Avlessi, F., Sohounhloue, D.C.K., Mangelinckx, S., 2015. Characterization of volatile compounds from three *Cymbopogon* species and *Eucalyptus citriodora* from Benin and their insecticidal activities against *Tribolium castaneum*. *Ind. Crops Prod.* *76*, 306-317.
31. Bossou, A.D., Mangelinckx, S., Yedomonhan, H., Boko, P.M., Akogbeto, M.C., Kimpe, N., Avlessi, F., Sohounhloue, D.C.K., 2013. Chemical composition and insecticidal activity of plant EOs from Benin against *Anopheles gambiae* (Giles). *Parasit. Vectors* *6*, 337.
32. Bugarin, D., Grbovic, S., Orcic, D., Mitic-Culafic, D., Knezevic-Vukcevic, J., Mimica-Dukic, N., 2014. Essential oil of *Eucalyptus gunnii* Hook. as a novel source of antioxidant, antimutagenic and antibacterial agents. *Molecules* *19*, 19007-19020.
33. Burt, S., 2004. EOs: their antibacterial properties and potential applications in foods - a review. *Int. J. Food Microbiol.* *94*, 223-253.
34. Camara, B., Dick, E., Sako, A., Kone, D., Kanko, C., Boye, M.A.D., Ake, S., Anno, A., 2010. Lutte biologique contre *Deightoniella torulosa* (Syd.) Ellis, par l'application des huiles essentielles d'*Eucalyptus platyphylla* F. Muell. et de *Melaleuca quinquenervia* L. *Phytothérapie* *8*, 240-244.
35. Cantrell, C.L., Dayan, F.E., Duke, S.O., 2012. Natural products as sources of new pesticides. *J. Nat. Prod.* *75*, 1231-1242.
36. Castro, H.G., Oliveira, L.O., Barbosa, L.C.A., Ferreira, F.A., Silva, D.J.H., Mosquim, P.R., Nascimento, E.A., 2004. Teor e composição do óleo essencial de cinco acessos de mentrasto. *Quím. Nova* *27*, 55-57.
37. Castro, N.E.A., Carvalho, G.J., Cardoso, M.G., Pimentel, F.A., Correa, R.M., Guimarães, L.G.L., 2008. Avaliação de rendimento e dos constituintes químicos do óleo essencial de folhas de *Eucalyptus citriodora* Hook. colhidas em diferentes épocas do ano em municípios de Minas Gerais. *Rev. Bras. Pl. Med.* *10*, 70-75.
38. Cermelli, C., Fabio, A., Fabio, G., Quaglio, P., 2008. Effect of *Eucalyptus* essential oil on respiratory bacteria and viruses. *Curr. Microbiol.* *56*, 89-92.
39. Chagas, A.C.S., Passos, W.M., Prates, H.T., Leitem, R.C., Furlong, J., Fortes, I.C.P., 2002. Acaricide effect of *Eucalyptus* spp. EOs and concentrated emulsion on *Boophilus microplus*. *Braz. J. Vet. Res. An. Sci.* *39*, 247-253.
40. Cheng, S.S., Huang, C.G., Chen, Y.J., Yu, J.J., Chen, W.J., Chang, S.T., 2009. Chemical compositions and larvicidal activities of leaf EOs from two *Eucalyptus* species. *Bioresour. Technol.* *100*, 452-456.

41. Choochote, W., Chaithong, U., Kamsuk, K., Jitpakdi, A., Tippawangkosol, P., Tueton, B., Champakaew, D., Pitasawat, B., 2007. Repellent activity of selected EOs against *Aedes aegypti*. *Fitoterapia* 78, 359-364.
42. Cimanga, K., Kambu, K., Tona, L., Apers, S., de Bruyne, T., Hermans, N., Totté, J., Pieters, L., Vlietinck, A.J., 2002. Correlation between chemical composition and antibacterial activity of EOs of some aromatic medicinal plants growing in the Democratic Republic of Congo. *J. Ethnopharmacol.* 79, 213-220.
43. Clemente, M.A., Monteiro, C.M.O., Scoralik, M.G., Gomes, F.T., Prata, M.C.A., Daemon, E., 2010. Acaricidal activity of the EOs from *Eucalyptus citriodora* and *Cymbopogon nardus* on larvae of *Amblyomma cajennense* (Acari: Ixodidae) and *Anocentor nitens* (Acari: Ixodidae). *Parasitol. Res.* 107, 987-992.
44. Coob, A.H., Reade, J.P.H., 2010. *Herbicides and Plant Physiology*. 2nd Ed., Wiley-Blackwell, Chichester, UK, pp. 286.
45. Coppen, J.J.W., 2005. Productions, trade and markets for *Eucalyptus* oil (Chapter 17). In: J. J. W. Coppen (Editor). *Eucalyptus – the genus Eucalyptus*, Taylor and Francis, London, pp. 365-383.
46. Coppen, J.J.W., Hone, G.A., 1992. *Eucalyptus* oils – a review of production and markets – bulletin 56. Natural Resources Institute, University of Greenwich.
47. Copping, L.G., Duke, S.O., 2007. Natural products that have been used commercially as crop protection agents. *Pest. Manag. Sci.* 63, 524-554.
48. Dayan, F.E., Cantrell, C.L., Duke, S.O., 2009. Natural products in crop protection. *Bioorg. Med. Chem.* 17, 4022-4034.
49. Deba, F., Xuan, T.D., Yasuda, M., Tawata, S., 2008. Chemical composition and antioxidant, antibacterial and antifungal activities of the EOs from *Bidens pilosa* Linn. var. *Radiata*. *Food Control.* 19, 346-352.
50. Debbarma, J., Kishore, P., Nayak, B.B., Kannuchamy, N., Gudipati, V., 2013. Antibacterial activity of ginger, *Eucalyptus* and sweet orange peel EOs on fish-borne bacteria. *J. Food Process. Preserv.* 37, 1022-1030.
51. Delaquis, P.J., Stanich, K., Girard, B., Mazza, G., 2002. Antimicrobial activity of individual and mixed fractions of dill, cilantro, coriander and eucalyptus EOs. *Int. J. Food Microbiol.* 74, 101-109.
52. Demuner, A.J., Barbosa, L.C.A., Magalhães, C.G., Silva, C.J., Maltha, C.R.A., Pinheiro, A.L., 2011. Seasonal variation in the chemical composition and antimicrobial activity of volatile oils of three species of *Leptospermum* (Myrtaceae) grown in Brazil. *Molecules* 16, 1181-1191.
53. Derwich, E., Benziane, Z., Boukir, A., 2009. GC/MS analysis of volatile constituents and antibacterial activity of the essential oil of the leaves of *Eucalyptus globulus* in Atlas Median from Morocco. *Adv. Nat. Appl. Sci.* 3, 305-313.
54. Doran, J.C., 1991. Commercial sources, uses, formation, and biology. In: D. Boland, J., Brophy, J. J., House, A. P. N. *Eucalyptus* leaf oils: use, chemistry, distillation and marketing. Melbourne: Inkata, pp. 11-28.
55. Douda, O., Zouhar, M., Mazáková, J., Nováčová, E., Pavela, R., 2010. Using plant essence as alternatives mean for northern root-knot nematode (*Meloidogyne hapla*) management. *J. Pest. Sci.* 83, 217-221.
56. Dudai, N., Mayer, A.M., Putievsky, E., Lerner, H.R., 1999. Essential oil as allelochemicals and their potential use as bioherbicides. *J. Chem. Ecol.* 25, 1079-1089.
57. Elaissi, A., Marzouki, H., Medini, H., Khouja, M.L., Farhat, F., Lynene, F., Harzallah-Skhiri, F., Chemli, R., 2010a. Variation in volatile leaf oils of 13 *Eucalyptus* species harvested from Souinet Arboreta (Tunisia). *Chem. Biodivers.* 7, 909-921.
58. Elaissi, A., Medini, H., Simmonds, M., Lynen, F., Farhat, F., Chemli, R., Harzallah-Skhiri, F., Khouja, M.L., 2011b. Variation in volatile leaf oils of seven *Eucalyptus* species harvested from Zerniza Arboreta (Tunisia). *Chem. Biodivers.* 8, 362-372.
59. Elaissi, A., Rouis, Z., Mabrouk, S., Salah, K.B.H., Aouni, M., Khouja, M.L., Farhat, F., Chemli, R., Harzallah-Skhiri, F., 2012b. Correlation between chemical composition and antibacterial activity of EOs from fifteen *Eucalyptus* species. Growing in the Korbous and Jbel Abderrahman Arboreta (North East Tunisia). *Molecules* 17, 3044-3057
60. Elaissi, A., Rouis, Z., Salem, N.A.B., Mabrouk, S., Salem, Y.B., Salah, K.B.H., Aouni, M., Farhat, F., Chemli, R., Harzallah-Skhiri, F., Khouja, M.L. 2012a. Chemical composition of 8 *Eucalyptus* species' EOs and the evaluation of their antibacterial, antifungal and antiviral activities. *Complement. Altern. Med.* 12, 81.

61. Elaissi, A., Salah, K.H., Mabrouk, S., Larbi, K.M., Chemli, R., Harzallah-Skhiri, F., 2011a. Antibacterial activity and chemical composition of 20 *Eucalyptus* species' EOs. *Food Chem.* 129, 1427-1434.
62. Ens, E.J., Bermner, J.B., French, K., Korth, J., 2009. Identification of volatile compounds released by roots of an invasive plant, bitou bush (*Chrysanthemoides monilifera* spp. *rotundata*), and their inhibition of native seedling growth. *Biol. Invasions.* 11, 275-287.
63. Estanislau, A.A., Barros, F.A.S., Peña, A.P., Santos, S.C., Ferri, P.H., Paula, J.R., 2001. Composição química e atividade antibacteriana dos óleos essenciais de cinco espécies de *Eucalyptus* cultivadas em Goiás. *Rev. Bras. Farmacogn.* 11, 95-100.
64. Filomeno, C.A., Barbosa, L.C.A., Pereira, J.L., Pinheiro, A.L., Fidencio, P.H., Montanari, R.M., 2016. The chemical diversity of *Eucalyptus* spp. essential oils from plants grown in Brazil. *Chem. Biodivers.* DOI: 10.1002/cbdv.201600097.
65. Franco, J., Nakashima, T., Franco, L., Boller, C., 2005. Composição química e atividade antimicrobiana *in vitro* do óleo essencial de *Eucalyptus cinerea* F. Mull. Ex Benth., Myrtaceae, extraído em diferentes intervalos de tempo. *Rev. Bras. Farmacogn.* 15, 191-194.
66. Fratini, F., Casella, S., Leonardi, M., Pisseri, F., Ebani, V.V., Pistelli, L., Pistelli, L., 2014. Antibacterial activity of EOs, their blends and mixtures of their main constituents against some strains supporting livestock mastitis. *Fitoterapia* 96, 1-7.
67. Gbenou, J.D., Ahounou, J.F., Akakpo, H.B., Laleye, A., Yayi, E., Gbaguidi, F., Baba-Moussa, L., Darboux, R., Dansou, P., Moudachirou, M., Kotchoni, S.O., 2013. Phytochemical composition of *Cymbopogon citratus* and *Eucalyptus citriodora* EOs and their anti-inflammatory and analgesic properties on Wistar rats. *Mol. Biol. Rep.* 40, 1127-1134.
68. George, D.R., Masic, D., Sparagano, O.A.E., Guy, J.H., 2009. Variation in chemical composition and acaricidal activity against *Dermanyssus gallinae* of four *Eucalyptus* EOs. *Exp. Appl. Acarol.* 48, 43-50.
69. Gerwick, B.C., Sparks, T.C., 2014. Natural products for pest control: an analysis of their role, value and future. *Pest. Manag. Sci.* 70, 1169-1185.
70. Ghaffar, A., Yameen, M., Kiran, S., Kamal, S., Jalal, F., Munir, B., Saleem, S., Rafiq, N., Ahmad, A., Saba, I., Jabbar, A., 2015. Chemical composition and *in-vitro* evaluation of the antimicrobial and antioxidant activities of essential oils extracted from seven *Eucalyptus* species. *Molecules* 20, 20487-20498.
71. Ghalem, B.R., Mohamed, B., 2008. Antibacterial activity of leaf EOs of *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus camaldulensis*. *Afr. J. Pharm. Pharmacol.* 2, 211-215.
72. Ghasemi, V., Moharrampour, S., Tahmasbi, G., 2011. Biological activity of some plant EOs against *Varroa destructor* (Acari: Varroidae), an ectoparasitic mite of *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae). *Exp. Appl. Acarol.* 55, 147-154.
73. Ghnaya, A.B., Hanana, M., Amri, I., Balti, H., Gargouri, S., Jamoussi, B., Hamrouni, L., 2013. Chemical composition of *Eucalyptus erythrocorys* EOs and evaluation of their herbicidal and antifungal activities. *J. Pest. Sci.* 86, 571-577.
74. Gilles, M., Zhao, J., An, M., Agboola, S., 2010. Chemical composition and antimicrobial properties of EOs of three Australian *Eucalyptus* species. *Food Chem.* 119, 731-737.
75. Gillij, Y.G., Gleiser, R.M., Zygadlo, J.A., 2008. Mosquito repellent activity of EOs of aromatic plants growing in Argentina. *Bioresour. Technol.* 99, 2507-2515.
76. Gokulakrishnan, J., Kuppusamy, E., Shanmugam, D., Appavu, A., Kaliyamoorthi, K., 2013. Pupicidal and repellent activities of *Pogostemon cablin* essential oil chemical compounds against medically important human vector mosquitoes. *Asian Pac. J. Trop. Dis.* 3, 26-31.
77. Golestani, M.R., Rad, M., Bassami, M., Afkhami-Goli A., 2015. Analysis and evaluation of antibacterial effects of new herbal formulas, AP-001 and AP-002, against *Escherichia coli* O157:H7. *Life Sci.* 135, 22-26.
78. Gonçalves, L.A., Barbosa, L.C.A., Azevedo, A.A., Casali, V.W.D., Nascimento, E.A., 2003. Produção e composição do óleo essencial de alfavaquinha (*Ocimum selloi* Benth.) em resposta a dois níveis de radiação solar. *Rev. Bras. Pl. Med.* 6, 8-14.
79. Govindarajan, M., 2010. Chemical composition and larvicidal activity of leaf essential oil from *Clausena anisata* (Willd.) Hook. f. ex Benth (Rutaceae) against three mosquito species. *Asian Pac. J. Trop. Med.* 3, 874-877.

80. Govindarajan, M., 2011. Larvicidal and repellent properties of some EOs against *Culex tritaeniorhynchus* Giles and *Anopheles subpictus* Grassi (Diptera: Culicidae). *Asian Pac. J. Trop. Med.* 4, 106-111.
81. Govindarajan, M.; Sivakumar, R., 2012. Repellent properties of *Cardiospermum halicacabum* Linn. (Family: Sapindaceae) plant leaf extracts against three important vector mosquitoes. *Asian Pac. J. Trop. Biomed.* 8, 602-607.
82. Gupta, A., Sharma, S., Naik, S.N., 2011. Biopesticidal value of selected EOs against pathogenic fungus, termites, and nematodes. *Int. Biodeter. Biodegr.* 65, 703-707.
83. Gusmao, N.M.S., Oliveira, J.V., Navarro, D.M.A.F., Dutra, K.A., Silva, W.A., Wanderley, M.J.A., 2013. Contact and fumigant toxicity and repellency of *Eucalyptus citriodora* Hook., *Eucalyptus staigeriana* F., *Cymbopogon winterianus* Jowitt and *Foeniculum vulgare* Mill. EOs in the management of *Callosobruchus maculatus* (FABR.) (Coleoptera: Chrysomelidae, Bruchinae). *J. Stored Prod. Res.* 54, 41-47.
84. Hamdi, S.H., Hedjal-Chebheb, M., Kellouche, A., Khouja, M.L., Boudabous, A., Jemaa, J.M.B., 2015. Management of three pests' population strains from Tunisia and Algeria using *Eucalyptus* essential oils. *Ind. Crops Prod.* 74, 551-556.
85. Han, J., Choi, B.R., Lee, S.G., Kim, S.I., Ahn, Y.J., 2010. Toxicity of plant EOs to acaricide-susceptible and -resistant *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) and *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae). *J. Econ. Entomol.* 103, 1293-1298.
86. Han, J., Kim, S.I., Choi, B.R., Lee, S.G., Ahn, Y.J., 2011. Fumigant toxicity of lemon *Eucalyptus* oil constituents to acaricide-susceptible and acaricide-resistant *Tetranychus urticae*. *Pest. Manag. Sci.* 67, 1583-1588.
87. Harkat-Madouri, L., Asma, B.; Madani, K., Said, Z.B.S., Rigou, P., Grenier, D., Allalou, H., Remini, H., Adjaoud, A., Boulekbache-Makhlouf, L., 2015. Chemical composition, antibacterial and antioxidant activities of essential oil of *Eucalyptus globulus* from Algeria. *Ind. Crops Prod.* 78, 148-153.
88. Harvey, A.L., Edrada-Ebel, R.A., Quinn, R.J., 2015. The re-emergence of natural products for drug discovery in the genomics era. *Nat. Rev. Drug Discov.* 14, 111-129.
89. Hill, K.D., Johnson, L.A.S., 1995. Systematic studies in the eucalypts. 7. A revision of the bloodwoods, genus *Corymbia* (Myrtaceae). *Telopea* 6, 185-504.
90. Hoel, D., Pridgeon, J.W., Bernier, U.R., Chauhan, K., Meepagala, K., Cantrell, C., 2010. Departments of Defense and Agriculture team up to develop new insecticides for mosquito control. *Wing Beats* 21, 19-34.
91. Holopainen, J.L., 2004. Multiple functions of inducible plant volatiles. *Trends Pl. Sci.* 9, 529-533.
92. Isman, M.B., 2000. Plant EOs for pest and disease management. *Crop Prot.* 19, 603-608.
93. Jemaa, J.M.B., Haouel, S., Bouaziz, M., Khouja, M.L., 2012. Seasonal variations in chemical composition and fumigant activity of five *Eucalyptus* EOs against three moth pests of stored dates in Tunisia. *J. Stored Prod. Res.* 48, 61-67.
94. Jemaa, J.M.B., Haouel, S., Khouja, M.L., 2013. Efficacy of *Eucalyptus* EOs fumigant control against *Ectomyelois ceratoniae* (Lepidoptera: Pyralidae) under various space occupation conditions. *J. Stored Prod. Res.* 53, 67-71.
95. Juan, L., Lucia, A., Zerba, E., Harrand, L., Marco, M., Masuh, H., 2011. Chemical composition and fumigant toxicity of the EOs from 16 species of *Eucalyptus* against *Haematobia irritans* (L.) (Diptera: Muscidae) adults. *J. Econ. Entomol.* 104, 1087-1092.
96. Kalemba, D., Kunicka, A., 2003. Antibacterial and antifungal properties of EOs. *Curr. Med. Chem.* 10, 813-829.
97. Karemu, C.K., Ndung'u, M.W., Githua, M., 2013. Repellent effects of EOs from selected *Eucalyptus* species and their major constituents against *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). *Int. J. Trop. Insect Sci.* 33, 188-194.
98. Koehn, F.E., Carter, G.T., 2005. The evolving role of natural products in drug discovery. *Nat. Rev. Drug Discov.* 4, 206-220.
99. Krishnappa, K., Elumalai, K., 2012. Toxicity of *Aristolochia bracteata* methanol leaf extract against selected medically important vector mosquitoes (Diptera: Culicidae). *Asian Pac. J. Trop. Dis.* 2, 553-557.

100. Kumar, P., Mishra, S., Malik, A., Satya, S., 2012. Compositional analysis and insecticidal activity of *Eucalyptus globulus* (family: Myrtaceae) essential oil against housefly (*Musca domestica*). *Acta Trop.* 122, 212-218.
101. Langenheim, J.H., 1994. Higher plant terpenoids: Phytocentric overview of their ecological roles. *J. Chem. Ecol.* 20, 1223-1280.
102. Lassak, E.V., 1998. The Australian *Eucalyptus* oil industry, past and present. *Chem. Aust.* 55, 396-398.
103. Lee, B., Choi, W., Lee, S., Park, B., 2001. Fumigant toxicity of EOs and their constituent compounds towards the rice weevil, *Sitophilus oryzae* (L.). *Crop Prot.* 20, 317-320.
104. Lee, S.O., Choi, G.J., Jang, K.S., Lim, H.K., Cho, K.Y., Kim, J., 2007. Antifungal activity of five plant EOs as fumigant against postharvest and soilborne plant pathogenic fungi. *Plant Pathol. J.* 23, 97-102.
105. Lee, Y-S., Kim, J., Shin, S-C., Lee, S-G., Park, I-K., 2008. Antifungal activity of Myrtaceae EOs and their components against three phytopathogenic fungi. *Flavour Frag. J.* 23, 23-28.
106. Lemos, D.R.H., Melo, E.C., Rocha, R.P., Barbosa, L.C.A., Pinheiro, A.L., 2012. Influence of drying air temperature on the chemical composition of the essential oil of melaleuca. *Eng. Agr.* 20, 5-11.
107. Li, H., Madden, J.L., Potts, B.M., 1995. Variation in volatile leaf oils of the Tasmanian *Eucalyptus* species I. Subgenus *Monocalyptus*. *Biochem. Sys. Ecol.* 23, 299-318.
108. Li, H., Madden, J.L., Potts, B.M., 1996. Variation in volatile leaf oils of the Tasmanian *Eucalyptus* species II. Subgenus *Symphyomyrtus*. *Biochem. Sys. Ecol.* 24, 547-569.
109. Lima, J.K.A., Albuquerque, E.L.D., Santos, A.C.C., Oliveira, A.P., Araujo, A.P.A., Blank, A.F., Arrigoni-Blank, M.F., Alves, P.B., Santos, D.A., Bacci, L., 2013. Biotoxicity of some plant EOs against the termite *Nasutitermes corniger* (Isoptera: Termitidae). *Ind. Crops Prod.* 47, 246-251.
110. Lima, L.S., Barbosa, L.C.A., Alvarenga, E.S., Demuner, A.J., Silva, A.A., 2003. Synthesis and phytotoxicity evaluation of substituted *para*-benzoquinones. *Aust. J. Chem.* 36, 625-630.
111. Lucia, A., Gonzalez, A.P., Seccacini, E., Licastro, S., Zerba, E., Masuh, H.M., 2007. Larvicidal effect of *Eucalyptus grandis* essential oil and turpentine and their major components on *Aedes aegypti* larvae. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 23, 299-303.
112. Lucia, A., Juan, L.W., Zerba, E.N., Harrand, L., Marcó, M., Masuh, H.M., 2012. Validation of models to estimate the fumigant and larvicidal activity of *Eucalyptus* EOs against *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Parasitol. Res.* 110, 1675-1686.
113. Lucia, A., Licastro, S., Zerba, E., Gonzalez, A.P., Masuh, H., 2009. Sensitivity of *Aedes aegypti* adults (Diptera: Culicidae) to the vapors of *Eucalyptus* EOs. *Bioresour. Technol.* 100, 6083-6087.
114. Lucia, A., Licastro, S., Zerba, E., Masuh, H., 2008. Yield, chemical composition, and bioactivity of EOs from 12 species of *Eucalyptus* on *Aedes aegypti* larvae. *Entomol. Exp. Appl.* 129, 107-114.
115. Luis, A., Duarte, A., Gominho, J., Domingues, F., Duarte, A.P., 2016. Chemical composition, antioxidant, antibacterial and anti-quorum sensing activities of *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus radiata* essential oils. *Ind. Crops Prod.* 79, 274-282.
116. Macedo, I.T.F., Bevilaqua, C.M.L., Oliveira, L.M.B., Camurça-Vasconcelos, A.L.F., Vieira, L.S., Amóra, S.S.A., 2011. Evaluation of *Eucalyptus citriodora* essential oil on goat gastrointestinal nematodes. *Rev. Bras. Parasitol. Vet.* 20, 223-227.
117. Macedo, I.T.F., Bevilaqua, C.M.L., Oliveira, L.M.B., Camurça-Vasconcelos, A.L.F., Vieira, L.S., Oliveira, F.R., Queiroz-Junior, E.M., Portela, B.G., Barros, R.S., Chagas, A.C.S., 2009. Ovicidal and larvicidal activity *in vitro* of *Eucalyptus globulus* EOs on *Haemonchus contortus*. *Rev. Bras. Parasitol. Vet.* 18, 62-66.
118. Maciel, M.V., Morais, S.M., Bevilaqua, C.M.L., Silva, R.A., Barros, R.S., Sousa, R.N., Sousa, L.C., Brito, E.S., Souza-Neto, M.A., 2010. Chemical composition of *Eucalyptus* spp. EOs and their insecticidal effects on *Lutzomyia longipalpis*. *Vet. Parasitol.* 167, 1-7.
119. Mandal, S., 2011. Repellent activity of *Eucalyptus* and *Azadirachta indica* seed oil against the filarial mosquito *Culex quinquefasciatus* Say. (Diptera: Culicidae) in India. *Asian Pac. J. Trop. Biomed.* 1, 109-112.
120. Martins, F.T., Doriguetto, A.C., Souza, T.C., Souza, K.R.D., Santos, M.H., Moreira, M.E.C., Barbosa, L.C.A., 2008. Composition, and anti-inflammatory and antioxidant activities of the volatile oil from the fruit peel of *Garcinia brasiliensis*. *Chem. Biodivers.* 5, 251-258.
121. Martins, F.T., Santos, M.H., Polo, M., Barbosa, L.C.A., 2006. Chemical variation in the essential oil of *Hyptis suaveolens* (L.) Poit., under cultivation condition. *Quím. Nova* 29, 1203-1209.

122. Martins, F.T., Santos, M.H., Polo, M., Barbosa, L.C.A., 2007. Effects of the interactions among macronutrients, plant age and photoperiod in the composition of *Hyptis suaveolens* (L.) Poit essential oil from Alfenas (MG), Brazil. *Flavour Frag. J.* 22, 123-129.
123. Marzoug, H.N.B., Bouajila, J., Ennajar, M., Lebrihi, A., Mathieu, F., Couderc, F., Abderraba, M., Romdhane, M., 2010. *Eucalyptus* (*gracilis*, *oleosa*, *salubris*, and *salmonophloia*) EOs: their chemical composition and antioxidant and antimicrobial activities. *J. Med. Food.* 13, 1005-1012.
124. Mekonnen, A., Yitayew, B., Tesema, A., Taddese, S., 2016. *In Vitro* antimicrobial activity of essential oil of *Thymus schimperi*, *Matricaria chamomilla*, *Eucalyptus globulus*, and *Rosmarinus officinalis*. *Int. J. Microbiol.* DOI 10.1155/2016/9545693.
125. Montanari, R.M., Barbosa, L.C.A., Demuner, A.J., Silva, C.J., Carvalho, L.S., Andrade, N.J., 2011. Chemical composition and antibacterial activity of essential oils from Verbenaceae species: alternative sources of (*E*)-caryophyllene and germacrene-D. *Quím. Nova* 34, 1550-1555.
126. Moreira, M.D., Picanço, M.C., Barbosa, L.C.A., Guedes, R.N.C., Barros, E.C., Campos, M.R., 2007a. Compounds from *Ageratum conyzoides*: isolation, structural elucidation and insecticide activity. *Pest. Manag. Sci.* 63, 615-621.
127. Moreira, M.D., Picanço, M.C., Barbosa, L.C.A., Guedes, R.N.C., Campos, M.R., Silva, G.A., Martins, J.C., 2007b. Plant compounds insecticide activity against Coleoptera pests of stored products. *Pesq. Agropec. Bras.* 42, 909-915.
128. Moreira, M.D., Picanço, M.C., Barbosa, L.C.A., Guedes, R.N.C., Silva, E.M., 2004. Toxicity of leaf extracts of *Ageratum conyzoides* to lepidoptera pests of horticultural crops. *Biol. Agric. Hortic.* 22, 251-260.
129. Mossi, A.J., Astolfi, V., Kubiak, G., Lerin, L., Zanella, C., Toniazzo, G., Oliveira, D., Treichel, H., Devilla, I.A., Cansiana, R., Restello, R., 2011. Insecticidal and repellency activity of essential oil of *Eucalyptus* ssp. against *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera, Curculionidae). *J. Sci. Food Agr.* 91, 273-277.
130. Mulyaningsih, S., Sporer, F., Reichling, J., Wink, M., 2011. Antibacterial activity of EOs from *Eucalyptus* and of selected components against multidrug-resistant bacterial pathogens. *Pharm. Biol.* 49, 893-899.
131. Murugan, K., Murugan, P., Noortheen, A., 2007. Larvicidal and repellent potential of *Albizzia amara* Boivin and *Ocimum basilicum* Linn against dengue vector, *Aedes aegypti* (Insecta: Diptera: Culicidae). *Bioresour. Technol.* 98, 198-201.
132. Nascimento, J.C., Barbosa, L.C.A., Paula, V.F., David, J.M., Fontana, R., Silva, L.A.M., França, R.S., 2011. Chemical composition and antimicrobial activity of essential oils of *Ocimum canum* Sims. and *Ocimum selloi* Benth. *An. Acad. Bras. Cienc.* 83, 787-799.
133. Nascimento, J.C., David, J.M., Barbosa, L.C.A., Paula, V.F., Demuner, A.J., David, J.P., Conserva, L.M., Ferreira, J.C., Guimarães, E.F., 2013. Larvicidal activities and chemical composition of essential oils from *Piper klotzschianum* (Kunth) C. DC. (Piperaceae). *Pest. Manag. Sci.* 69, 1267-1271.
134. Nathan, S.S., 2007. The use of *Eucalyptus tereticornis* Sm: (Myrtaceae) oil (leaf extract) as a natural larvicidal agent against the malaria vector *Anopheles stephensi* Liston (Diptera: Culicidae). *Bioresour. Technol.* 98, 1856-1860.
135. Nerio, L.S., Olivero-Verbel, J., Stashenko, E., 2010. Repellent activity of EOs: A review. *Bioresour. Technol.* 101, 372-378.
136. Newman, D.J., Cragg, G.M., 2007. Natural product as sources of new drugs over the last 25 years. *J. Nat. Prod.* 70, 461-477.
137. Newman, D.J., Cragg, G.M., 2012. Natural products as sources of new drugs over the 30 years from 1981 to 2010. *J. Nat. Prod.* 75, 311-335.
138. Olivero-Verbel, J., Nerio, L.S., Stashenko, E.E., 2010. Bioactivity against *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae) of *Cymbopogon citratus* and *Eucalyptus citriodora* EOs grown in Colombia. *Pest. Manag. Sci.* 66, 664-668.
139. Olivero-Verbel, J., Tirado-Ballestas, I., Caballero-Gallardo, K., Stashenko, E.E., 2013. EOs applied to the food act as repellents toward *Tribolium castaneum*. *J. Stored Prod. Res.* 55, 145-147.
140. Oyediji, A.O., Ekundayo, O., Olawore, O.N., Adeniyi, B.A., Koenig, W.A., 1999. Antimicrobial activity of the EOs of five *Eucalyptus* species growing in Nigeria. *Fitoterapia* 70, 526-528.
141. Palacios, S.M., Bertoni, A., Rossi, T., Santander, R., Urzúa, A., 2009. Efficacy of EOs from edible plants as insecticides against the house fly, *Musca Domestica* L. *Molecules* 14, 1938-1947.

142. Pandey, A., Chattopadhyay, P., Banerjee, S., Pakshirajan, K., Singh, L., 2012. Antitermitic activity of plant EOs and their major constituents against termite *Odontotermes assamensis* Holmgren (Isoptera: Termitidae) of North East India. *Int. Biodeter. Biodegr.* 75, 63-67.
143. Pant, M., Dubey, S., Patanjali, P.K., Naik, S.N., Sharma, S., 2014. Insecticidal activity of *Eucalyptus* oil nanoemulsion with karanja and jatropa aqueous filtrates. *Int. Biodeter. Biodegr.* 91, 119-127.
144. Passos, J.L., Meira, R.M.S.A., Barbosa, L.C.A., Barreto, R.W., 2009. Foliar anatomy of the species *Lantana camara* and *L. radula* (Verbenaceae). *Planta Daninha*, 27, 689-700.
145. Paterson, I., Anderson, E.A., 2005. The renaissance of natural products as drug candidates. *Science* 310, 451-453.
146. Paula, V.F., Barbosa, L.C.A., Demuner, A.J., Veloso, D.P., Picanço, M.C., 2000. Synthesis and insecticidal activity of new amide derivatives of piperine. *Pest. Manag. Sci.* 56, 168-174.
147. Pauli, A., 2006. Anticandidal low molecular compounds from higher plants with special reference to compounds from EOs. *Med. Res. Rev.* 26, 223-268.
148. Pavela, R. Larvicidal effects of some Euro-Asiatic plants against *Culex quinquefasciatus* Say larvae (Diptera: Culicidae). *Parasitol. Res.* 2009, 105, 887-892.
149. Pavela, R., 2009b. Larvicidal property of EOs against *Culex quinquefasciatus* Say. (Diptera: Culicidae). *Ind. Crops Prod.* 30, 311-315.
150. Penuelas, J., Llusà, J., 2004. Plant VOC emissions: making use of the unavoidable. *Trends Ecol. Evol.* 19, 402-404.
151. Pereira, V., Dias, C., Vasconcelos, M.C., Rosa, E., Saavedra, M.J., 2014. Antibacterial activity and synergistic effects between *Eucalyptus globulus* leaf residues (EOs and extracts) and antibiotics against several isolates of respiratory tract infections (*Pseudomonas aeruginosa*). *Ind. Crops Prod.* 52, 1-7.
152. Phasomkusolsil, S., Soonwera, M., 2011. Efficacy of herbal EOs as insecticide against *Aedes aegypti* (Linn.), *Culex quinquefasciatus* (Say.) and *Anopheles dirus* (Peyton and Harrison). *Southeast Asian J. Trop. Med. Public Health*, 42, 1083-1092.
153. Pimentel, F.A., Cardoso, M.G., Guimarães, L.G.L., Queiroz, F., Barbosa, L.C.A., Morais, A.R., Nelson, D.L., Andrade, M.A., Zaccaroni, L.M., Pimentel, S.M.N.P., 2013. Extracts from the leaves of *Piper piscatorum* (Trel. Yunc.) obtained by supercritical extraction of with CO₂, employing ethanol and methanol as co-solvents. *Ind. Crops Prod.* 43, 490-495.
154. Pino, J.A., Marbot, R., Quert, R., Garcia, H., 2002. Study of EOs of *Eucalyptus resinifera* Smith, *E. tereticornis* Smith and *Corymbia maculata* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson, grown in Cuba. *Flavour Frag. J.* 17, 1-14.
155. Proenza, Y.G., Álvarez, R.Q., Tamayo, Y.V., Saavedra, M.A., García, Y.S., Espinosa, R.H., 2013. Chemical composition and antibacterial activity of the essential oil from *Eucalyptus pellita* F. Muell. *J. Med. Pl. Res.* 7, 1979-1983.
156. Puupponen-Pimiä, R., Nohynek, L., Meier, C., Kähkönen, M., Heinonen, M., Hopia, A., 2001. Antimicrobial properties of phenolic compounds from berries. *J. Appl. Microbiol.* 90, 494-507.
157. Qiu, X., Yu, S., Wang, Y., Fang, B., Cai, C., Liu, S., 2010. Identification and allelopathic effects of 1,8-cineole from *Eucalyptus urophylla* on lettuce. *Allelopathy J.* 26, 255-264.
158. Quereshi, S., Upadhyay, A., Singh, R., Khan, N.A., Mani, A., Patel, J., 2011. GC Analysis of EOs, TLC profiling of pigments and DNA extraction from *Eucalyptus* species. *Curr. Bot.* 2, 23-26.
159. Ribeiro, J.C., Ribeiro, W.L.C., Camurça-Vasconcelos, A.L.F., Macedo, I.T.F., Santos, J.M.L., Paula, H.C.B., Araujo Filho, J.V., Magalhães, R.D., Bevilaqua, C.M.L., 2014. Efficacy of free and nanoencapsulated *Eucalyptus citriodora* EOs on sheep gastrointestinal nematodes and toxicity for mice. *Vet. Parasitol.* 204, 243-248.
160. Roh, H.S., Lee, B.H., Park, C.G., 2013. Acaricidal and repellent effects of myrtacean EOs and their major constituents against *Tetranychus urticae* (Tetranychidae). *J. Asia-Pacific Entomol.* 16, 245-249.
161. Rosato, A., Vitali, C., Laurentis, N., Armenise, D., Milillo, M. A., 2007. Antibacterial effect of some EOs administered alone or in combination with Norfloxacin. *Phytomedicine* 14, 727-732.
162. Rossi, Y.E., Palacios, S.M., 2015. Insecticidal toxicity of *Eucalyptus cinerea* essential oil and 1,8-cineole against *Musca domestica* and possible uses according to the metabolic response of flies. *Ind. Crops Prod.* 63, 133-137.

163. Russo, S., Cabrera, N., Chludil, H., Yaber-Grass, M., Leicach, S., 2015. Insecticidal activity of young and mature leaves essential oil from *Eucalyptus globulus* Labill. against *Tribolium confusum* Jacquelin du Val (Coleoptera: Tenebrionidae). *Chi. J. Agric. Res.* 75, 375-379.
164. Sacchetti, G., Maietti, S., Muzzoli, M., Scaglianti, M., Manfredini, S., Radice, M., Bruni, R., 2005. Comparative evaluation of 11 EOs of different origin as functional antioxidants, antiradicals and antimicrobials in foods. *Food Chem.* 91, 621-632.
165. Safaei-Ghomi, J., Batooli, H., 2010. Chemical composition and antimicrobial activity of the volatile oil of *Eucalyptus sargentii* Maiden cultivated in central Iran. *Int. J. Green Pharm.* 4, 174-177.
166. Salem, M.Z.M., Zidan, Y.E., Mansour, M.M.A., El Hadidi, N.M.N., Abo Elgat, W.A.A., 2016. Antifungal activities of two essential oils used in the treatment of three commercial woods deteriorated by five common mold fungi. *Int. Biodeter. Biodegr.* 106, 88-96.
167. Sartorelli, P., Marquioreto, A.D., Amaral-Baroli, A., Lima, M.E.L., Moreno, P.R.H., 2007. Chemical composition and antimicrobial activity of the EOs from two species of *Eucalyptus*. *Phytotherapy* 21, 231-233.
168. Sebei, K., Sakouhi, F., Herchi, W., Khouja, M.L., Boukhchina, S., 2015. Chemical composition and antibacterial activities of seven *Eucalyptus* species EOs leaves. *Biol. Res.* 48, 7.
169. Sefidkon, F., Assareh, M.H., Abravesh, Z., Barazandeh, M.M., 2007. Chemical composition of the EOs of four cultivated *Eucalyptus* species in Iran as medicinal plants (*E. microtheca*, *E. spathulata*, *E. largiflorens* and *E. torquata*). *Iran. J. Pharm. Res.* 6, 135-140.
170. Setia, N., Batish, D.R., Singh, H.P., Kohli, R.K., 2007. Phytotoxicity of volatile oil from *Eucalyptus citriodora* against some weedy species. *J. Envir. Biol.* 28, 63-66.
171. Seyoum, A., Killeen, G.F., Kabiru, E.W., Knols, B.G.J., Hassanali, A., 2003. Field efficacy of thermally expelled or live potted repellent plants against African malaria vectors in western Kenya. *Trop. Med. Int. Health* 8, 1005-1011.
172. Seyran, M., Brenneman, T.B., Stevenson, K.L., 2010. *In vitro* toxicity of alternative oxidase inhibitors salicylhydroxamic acid and propyl gallate on *Fusicladium effusum*. *J. Pest Sci.* 83, 421-427.
173. Si, W., Gong, J., Tsao, R., Zhou, T., Yu, H., Poppe, C., Johnson, R., Du, Z., 2006. Antimicrobial activity of EOs and structurally related synthetic food additives towards selected pathogenic and beneficial gut bacteria. *J. Appl. Microbiol.* 100, 296-305.
174. Silva, A.F., Barbosa, L.C.A., Silva, E.A.M., Casali, V.W.D., Nascimento, E.A., 2003a. Composição química do óleo essencial de *Hyptis suaveolens* (L.) Poit. (Lamiaceae). *Rev. Bras. Pl. Med.* 6, 1-7.
175. Silva, C.J., Barbosa, L.C.A., Demuner, A.J., Montanari, R.M., Francino, D., Meira, R.M.S.A., Souza, A.O., 2012. Chemical composition and histochemistry of *Sphagneticola trilobata* essential oil. *Rev. Bras. Farmacogn.* 22, 482-489.
176. Silva, C.J., Barbosa, L.C.A., Demuner, A.J., Montanari, R.M., Pinheiro, A.L., Dias, I., Andrade, N.J., 2010. Chemical composition and antibacterial activities from the essential oils of Myrtaceae species planted in Brazil. *Quím. Nova* 33, 104-108.
177. Silva, C.J., Barbosa, L.C.A., Maltha, C.R.A., Pinheiro, A.L., Ismail, F.M.D., 2007. Comparative study of the essential oils of seven Melaleuca (Myrtaceae) species grown in Brazil. *Flavour Fragr. J.* 22, 474-478.
178. Silva, F., Santos, R.H.S., Andrade, N.J., Barbosa, L.C.A., Casali, V.W.D., Lima, R.R., Passarinho, R.V.M., 2005. Basil conservation affected by cropping season, harvest time and storage period. *Pesq. Agropec. Bras.* 40, 323-328.
179. Silva, J.C., 2003b. Eucalipto: pesquisa amplia usos: perspectivas do setor florestal Brasileiro. *Rev. Madeira*, 13, 4-6.
180. Silva, S.M., Abe, S.Y., Bueno, F.G., Lopes, N.P., Mello, J.C.P., Nakashima, T., 2014. Direct proof by ¹³C-nuclear magnetic resonance of semi-purified extract and isolation of *ent*-Catechin from leaves of *Eucalyptus cinerea*. *Pharmacogn. Mag.* 10, 191-194.
181. Silva, S.M., Abe, S.Y., Murakami, F.S., Frensch, G., Marques, F.A., Nakashima, T., 2011. EOs from different plant parts of *Eucalyptus cinerea* F. Muell. ex Benth. (Myrtaceae) as a source of 1,8-cineole and their bioactivities. *Pharmaceuticals*, 4, 1535-1550.
182. Singh, H.P., Batish, D.R., Setia, N., Kohli, R.K., 2005. Herbicidal activity of volatile oils from *Eucalyptus citriodora* against *Parthenium hysterophorus*. *An. Appl. Biol.* 146, 89-94.
183. Singh, N., Rajini, P.S., 2004. Free radical scavenging activity of an aqueous extract of potato peel. *Food Chem.* 85, 611-616.

184. Sonboli, A., Babakhani, B., Mehrabian, A.R., 2006. Antimicrobial activity of six constituents of essential oil from *Salvia*. *Z. Naturforsch. C*. 61, 160-164.
185. Sophia, N., Pandian, R.S., 2009. Screening of the efficacy of phytochemical repellents against the filarial vector mosquito, *Culex quinquefasciatus* Say. *Curr. Biotica* 3, 14-31.
186. Srivastava, B., Singh, P., Shukla, R., Dubey, N.K., 2008. A novel combination of the EOs of *Cinnamomum camphora* and *Alpinia galanga* in checking aflatoxin B1 production by a toxigenic strain of *Aspergillus flavus*. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 24, 693-697.
187. Stefanakis, M.K., Touloupakis, E., Anastasopoulos, E., Ghanotakis, D., Katerinopoulos, H.E., Makridis, P., 2013. Antibacterial activity of EOs from plants of the genus *Origanum*. *Food Control* 34, 539-546.
188. Su, Y.C., Ho, C.L., Wang, E.I., Chang, S.T., 2006. Antifungal activities and chemical compositions of EOs from leaves of four *Eucalyptus*. *Taiwan J. Sci.* 21, 49-61.
189. Tabanca, N., Bernier, U.R., Ali, A., Wang, M., Demirci, B., Blythe, E.K., Khan, S.I., Baser, K.H.C., Khan, I.A., 2013. Bioassay-guided investigation of two *Monarda* EOs as repellents of yellow fever mosquito *Aedes aegypti*. *J. Agr. Food Chem.* 61, 8573-8580.
190. Tennyson, S., Ravindran, J., Eapen, A., Willian, J., 2012. Repellent activity of *Ageratum houstonianum* Mill. (Asteraceae) leaf extracts against *Anopheles stephensi*, *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae). *Asian Pac. J. Trop. Dis.* 6, 478-480.
191. Thuille, N., Fille, M., Nagl, M., 2003. Bactericidal activity of herbal extracts. *Int. J. of Hyg. Envir. Health* 206, 217-221.
192. Tjahjani, S., 2008. Efficacy of several EOs as *Culex* and *Aedes* repellents. *Proc ASEAN Congress Trop. Med. Parasitol.* 3, 33-37.
193. Tohidpour, A., Sattari, M., Omidbaigi, R., Yadegar, A., Nazemi, J., 2010. Antibacterial effect of EOs from two medicinal plants against Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA). *Phytomedicine* 17, 142-145.
194. Toloza, A., Lucia, A., Zerba, E., Masuh, H., Picollo, M.I., 2008. Interspecific hybridization of *Eucalyptus* as a potential tool to improve the bioactivity of EOs against permethrin-resistant head lice from Argentina. *Bioresour. Technol.* 99, 7341-7347.
195. Toloza, A.C., Lucia, A., Zerba, E., Masuh, H., Picollo, M.I., 2010. *Eucalyptus* essential oil toxicity against permethrin-resistant *Pediculus humanus capitis* (Phthiraptera: Pediculidae). *Parasitol. Res.* 106, 409-414.
196. Toloza, A.C., Zygadlo, J., Mougabure, C.G., Biurrun, F., Zerba, E., Picollo, M.I., 2006. Fumigant and repellent properties of EOs and component compounds against permethrin-resistant *Pediculus humanus capitis* (Anoplura: Pediculidae) from Argentina. *J. Med. Entomol.* 43, 889-895.
197. Tomaz, M.A., Costa, A.V., Rodrigues, W.N., Pinheiro, P.F., Parreira, L.A., Rinaldo, D., Queiroz, V.T., 2014. Chemical composition and allelopathic activity of the *Eucalyptus* essential oil. *Biosci. J.* 30, 475-483.
198. Tworokski, T., 2002. Herbicide effects of essential oil. *Weed Sci.* 50, 425-431.
199. Tyagi, A.K., Malik, A., 2011. Antimicrobial potential and chemical composition of *Eucalyptus globulus* oil in liquid and vapour phase against food spoilage microorganisms. *Food Chem.* 126, 228-235.
200. Valero, M., Salmeron, M.C., 2003. Antibacterial activity of 11 EOs against *Bacillus cereus* in tyndallized carrot broth. *Int. J. Food Microbiol.* 85, 73-81.
201. Varejao, E.V.V., Demuner, A.J., Barbosa, L.C.A., Barreto, R.W., 2013. The search for new natural herbicides – Strategic approaches for discovering fungal phytotoxins. *Crop Prot.* 48, 41-50.
202. Vera, S.S., Zambrano, D.F., Méndez-Sanchez, S.C., Rodríguez-Sanabria, F., Stashenko, E.E., Luna, J.E.D., 2014. EOs with insecticidal activity against larvae of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Parasitol. Res.* 113, 2647-2654.
203. Verdeguer, M., Blazquez, M.A., Boira, H., 2009. Phytotoxic effects of *Lantana camara*, *Eucalyptus camaldulensis* and *Eriosephalus africanus* EOs in weeds of Mediterranean summer crops. *Biochem. Syst. Ecol.* 37, 362-369.
204. Vilela, G.R., Almeida, G.S., D'Arce, M.A.B.R., Moraes, M.H.D., Brito, J.O., Silva, M.F.G.F., Silva, S.C., Piedade, S.M.S., Calori-Domingues, M.A., Gloria, E.M., 2009. Activity of essential oil and its major compound, 1,8-cineole, from *Eucalyptus globulus* Labill., against the storage fungi *Aspergillus flavus* Link and *Aspergillus parasiticus* Speare. *J. Stored Prod. Res.* 45, 108-111.

205. Vivan, G.A., Barboza, F.S., Luz, M.L.G.S., Luz, C. A. S., Pereira-Ramirez, O., Gomes, M.C., Soares, F.C., 2011. Estudo técnico e econômico de um sistema móvel de extração de óleo essencial de eucalipto. *Cerne* 17, 23-31.
206. Vratnica, B.D., Đakov, T., Šuković, D., Damjanović, J., 2011. Antimicrobial effect of essential oil isolated from *Eucalyptus globulus* Labill. from Montenegro. *Czech J. Food Sci.* 29, 277-284.
207. Vuong, Q.V., Chalmers, A.C., Bhuyan, D.J., Bowyer, M.C., Scarlett, C.J., 2015. Botanical, phytochemical, and anticancer properties of the *Eucalyptus* species. *Chem. Biodivers.* 12, 907-924.
208. Ware, G.W., 1999. The Pesticide Book, 5th Ed. Thomson Publications, Fresno, California, pp. 45-80.
209. Watanabe, K., Shono, Y., Kakimizu, A., Okada, A., Matsuo, N., Satoh, A., Nishimura, H., 1993. New mosquito repellent from *Eucalyptus camaldulensis*. *J. Agr. Food Chem.* 41, 2164-2166.
210. Wedge, D.E., Klun, J.A., Tabanca, N., Demirci, B., Ozek, T., Baser, K.H.C., Liu, Z., Zhang, S., Cantrell, C.L., Zhan, J., 2009. Bioactivity-guided fractionation and GC/MS fingerprinting of *Angelica sinensis* and *Angelica archangelica* root components for antifungal and mosquito deterrent activity. *J. Agr. Food Chem.* 57, 464-470.
211. Yang, Y., Choi, H., Choi, W., Clark, J.M., Ahn, Y., 2004. Ovicidal and adulticidal activity of *Eucalyptus globulus* leaf oil terpenoids against *Pediculus humanus capitis* (Anoplura: Pediculidae). *J. Agr. Food Chem.* 52, 2507-2511.
212. Yangui, T., Sayadi, S., Rhouma, A., Dhouib, A., 2010. Potential use of hydroxytyrosol-rich extract from olive mill wastewater as a biological fungicide against *Botrytis cinerea* in tomato. *J. Pest Sci.* 83, 437-445.
213. Ye, C.L., Dai, D.H., Hu, W.L., 2013. Antimicrobial and antioxidant activities of the essential oil from onion (*Allium cepa* L.). *Food Control* 30, 48-53.
214. Yones, D.A., Bakir, H.Y., Bayoumi, S.A.L., 2016. Chemical composition and efficacy of some selected plant oils against *Pediculus humanus capitis* in vitro. *Parasitol. Res.* 115, 3209-3218.
215. Zanic, K., Goreta, S., Perica, S., Sutik, J., 2008. Effects of alternative pesticides on greenhouse whitefly in protected cultivation. *J. Pest. Sci.* 81, 161-166.
216. Zhang, J., An, M., Wu, H., 2012. Chemical composition of EOs of four *Eucalyptus* species and their phytotoxicity on silver leaf nightshade (*Solanum elaeagnifolium* Cav.) in Australia. *Pl. Growth Regul.* 68, 231-237.
217. Zhang, J., An, M., Wu, H., Liu, D.L., Stanton, R., 2014. Phytotoxic activity and chemical composition of aqueous volatile fractions from *Eucalyptus* species. *Plos One* 9, e93189.
218. Zhang, J., An, M., Wu, H., Stanton, R., Lemerle, D., 2010. Chemistry and bioactivity of *Eucalyptus* essential oils. *Allelopathy J.* 25, 313-330.

CAPÍTULO 2

COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS ÓLEOS ESSENCIAIS DE ESPÉCIES DA FAMÍLIA MYRTACEAE

RESUMO

Realizou-se análise química dos óleos essenciais (OEs) das folhas de vinte e duas espécies de plantas da família Myrtaceae, cultivados em Viçosa, Minas Gerais. As folhas foram coletadas em duas épocas, ao final da estação seca e em estação chuvosa. A identificação e a quantificação dos constituintes dos OEs foram realizadas por CG-DIC e CG/EM. As folhas das espécies que apresentaram maior teor de OE ao final da estação seca foram *E. cinerea* (3,91%), *E. punctata* (3,30%) e *E. andrewsii* (3,22%), já na estação chuvosa foram *E. cinerea* (5,18%), *E. punctata* (4,55%), *E. sphaerocarpa* (4,04%), *E. andrewsii* (3,84%) e *C. henryi* (3,12%). No total, foram identificados 95 constituintes nos OEs. Foram encontrados elevados teores de α - e β -pineno nas espécies *C. maculata*, *C. torelliana*, *E. umbra*, *E. phoenicea* e *S. glomulifera* nas duas coletas. Já nas espécies *E. pellita* e *E. crebra* estes dois componentes apresentaram teores elevados apenas ao final da estação seca e *E. nitens* apresentou alto teor de α -pineno na coleta em estação chuvosa e teor considerável de *p*-cimeno ao final da estação seca. A espécie de *C. citriodora* apresentou alto teor de citronelal nas amostras coletadas ao final da estação seca e citronelol como composto majoritário nas amostras coletadas na estação chuvosa. Foram encontrados altos níveis de 1,8-cineol (48,2 a 74,8%) nos OEs produzidos por *E. cinerea*, *E. punctata*, *E. resinifera*, *E. phaeotricha*, e o híbrido *E. alba* x *E. tereticornis* nas amostras coletadas nas duas estações. Já as espécies de *C. henryi* e *E. sphaerocarpa* apresentaram teor considerável de 1,8-cineol apenas ao final da estação seca; e na estação chuvosa apresentaram alto teor dos isômeros de eudesmol. A espécie de *E. pyrocarpa* apresentou teor considerável dos isômeros de eudesmol nas amostras coletadas nas duas estações. Os resultados mostram que as espécies estudadas constituem fontes promissoras de terpenos bioativos e produtos importantes na indústria química e indicam que a composição química dos OEs pode variar muito em função da época da coleta do material vegetal, além de apresentar relatos inéditos da composição química dos OEs das espécies *E. andrewsii*, *C. henryi*, *E. phoenicea*, *C. ptychocarpa*, *E. pyrocarpa* e o híbrido *E. alba* x *E. tereticornis*.

ABSTRACT

The essential oils (EOs) contained in the foliage of twenty-two species of plants of the Myrtaceae family were chemically analyzed. These were grown in Viçosa, Minas Gerais, Brazil and collected during two seasons: at the end of the dry and rainy seasons. Identification and quantification of EOs constituents was performed by GC-FID and GC/MS. At the end of the dry season, the species with the highest EO content were *E. cinerea* (3.91%), *E. punctata* (3.30%) e *E. andrewsii* (3.22%), during the rainy season, however, *E. cinerea* (5.18%), *E. punctata* (4.55%), *E. sphaerocarpa* (4.04%), *E. andrewsii* (3.84%) and *C. henryi* (3.12%) led the count. A total of 95 constituents were identified in the EOs. We found high levels of α - and β -pinene in the two samples of species *C. maculata*, *C. torelliana*, *E. umbra*, *E. phoenicea* and *S. glomulifera*. *E. pellita* and *E. crebra* presented high levels of these two components only at the end of the dry season. *E. nitens* showed a high content of α -pinene in the rainy season as well as considerable levels of *p*-cymene at the end of the dry season. *C. citriodora* samples collected during the latter season revealed high citronellal content whereas the major compound in those harvested during the rainy season was citronellol. High levels of 1.8-cineol (48.2 to 74.8%) were found in the EOs produced by *E. cinerea*, *E. punctata*, *E. resinifera*, *E. phaeotricha*, and *E. alba* x *E. tereticornis* bacth (collected in both seasons). *C. henryi* and *E. sphaerocarpa*, on the other hand, presented high levels of 1.8-cineol only at the end of the dry season versus a high content of eudesmol isomers during the rainy season. *E. pyrocarpa* presented an elevated content of eudesmol isomers in samples collected in both seasons. Results show that the species studied are potential sources of bioactive terpenes and thus important products for the chemical industry. Furthermore they indicate that the EO's chemical composition varies greatly depending on the harvesting season of the vegetable samples. Additionally, it reports unprecedented data on EOs chemical composition for species such as *E. andrewsii*, *C. henryi*, *E. phoenicea*, *C. ptychocarpa*, *E. pyrocarpa* and the hybrid *E. alba* x *E. tereticornis*.

2.1. Introdução

A família Myrtaceae compreende cerca de 140 gêneros e 3.500 espécies de árvores e arbustos, distribuídas em regiões tropicais e subtropicais, divididas nas subfamílias Leptospermoideae e Myrtoideae, sendo que a primeira possui maior concentração na Austrália e a segunda distribui-se principalmente na América do Sul e Central (Romagnolo e Sousa, 2004; Conceição e Aragão, 2010; Morais *et al.*, 2014).

No Brasil são registrados 23 gêneros e cerca de 997 espécies, distribuídas principalmente na Floresta Atlântica, onde são encontradas 636 espécies (Morais *et al.*, 2014). Estas plantas localizadas no Brasil são utilizadas de forma ornamental, como a murta (*Eugenia sprengelii* DC.) e a érica (*Leptospermum scoparium*) ou na produção comercial de frutos, onde, além da goiaba (*Psidium guajava* L.), pitanga (*Eugenia uniflora* L.) e jabuticaba (*Plinia cauliflora* DC.), outras espécies podem ser potencialmente utilizados na fruticultura, devido à qualidade de suas frutas e adaptação a algumas condições de clima subtropical (Conceição e Aragão, 2010; Morais *et al.*, 2014).

Como citado anteriormente, um dos mais importantes gêneros da família Myrtaceae é o *Eucalyptus*. O eucalipto² foi introduzido no Brasil na segunda metade do século XIX para fornecer madeira para a produção de dormentes (Santos *et al.*, 2008). Atualmente, o Brasil é o maior produtor de eucalipto, com mais de 40% da oferta mundial (Brockerhoff *et al.*, 2013), seguido pela China (Singh *et al.*, 2012). Em comparação com outras plantas, o eucalipto tem uma das taxas de crescimento mais rápidas, sendo que diversas de suas espécies apresentam características favoráveis de crescimento em condições adversas (Beadle e Sands, 2004).

Os OEs de espécies de *Eucalyptus* estão entre os mais comercializados no mundo. O OE extraído de *Corymbia citriodora* (*Eucalyptus citriodora*) é o mais importante em termos de volume de comercialização em escala mundial (Batish *et al.*, 2008; Tomaz *et al.*, 2014). Esta espécie constitui a fonte conhecida mais rica e econômica de citronelal. Esta substância é utilizada desde a fabricação de cosméticos até a aromatização de produtos de limpeza, como sabões e detergentes. Possui ainda propriedade antisséptica, o que justifica seu uso como agente de limpeza, aromatizante e desinfetante de pisos e sanitários (Castro *et al.*, 2008).

O valor do OE de eucalipto para fins medicinais, como citado anteriormente, é baseado, em grande parte, ao seu conteúdo de 1,8-cineol (Goodger e Woodrow, 2008),

²**Eucalipto** é a designação vulgar das várias espécies vegetais do gênero *Eucalyptus*, ainda que o nome se aplique a outros gêneros de Myrtaceae como o gênero *Corymbia* e *Angophora*.

sendo o *Eucalyptus globulus* uma das principais espécies produtoras. O *Eucalyptus cinerea*, aclimatado no sul do Brasil, é mais resistente a climas frios do que o *Eucalyptus globulus*, apresenta folhas aromáticas utilizadas para fins ornamentais, e têm grande potencial para produção de OE, embora existam poucos relatos de seu uso em medicina popular (Silva *et al.*, 2014). O *E. cinerea* é uma espécie que, geralmente, apresenta grande quantidade de 1,8-cineol, podendo ser superior a 80% (Zrira *et al.*, 2004; Silva *et al.*, 2011) e pode servir como uma fonte para a produção deste importante composto (Babu e Singh, 2009).

Diante das potencialidades no que tange à utilização dos OEs de eucaliptos para diferentes fins, bem como a existência de uma diversidade de espécies e a necessidade de estudos mais aprofundados sobre as mesmas, descreve-se neste trabalho a análise química dos OEs extraídos por hidrodestilação das folhas de vinte e duas espécies australianas da família Myrtaceae, especialmente dos gêneros *Eucalyptus* e *Corymbia* cultivados na cidade de Viçosa-MG. Dentro deste contexto, é descrito o primeiro relato da composição química dos OEs das espécies *Eucalyptus andrewsii*, *Corymbia henryi*, *Eucalyptus phoenicea*, *Corymbia ptychocarpa*, *Eucalyptus pyrocarpa* e do híbrido *Eucalyptus alba* x *Eucalyptus tereticornis*.

2.2. Materiais e métodos

2.2.1. Material vegetal

Os OEs aqui investigados foram extraídos de catorze espécies de *Eucalyptus*, seis espécies de *Corymbia* e as espécies *Lophostemon confertus* e *Syncarpia glomulifera*. As plantas tinham cerca de 30 anos de idade e foram cultivadas no campus da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, Minas Gerais, Brasil (20 ° 48'45 "S, 42 ° 56'15" W, 600 m acima do nível do mar e clima tropical). As exsiccatas das plantas foram depositadas no Herbário do Departamento de Biologia Vegetal (DBV) da UFV com os seguintes números de registro: *Corymbia citriodora* (VIC 45083), *Corymbia maculata* (VIC 45099), *Corymbia henryi* (VIC 45086), *Corymbia torelliana* (VIC 45088), *Corymbia intermedia* (VIC 45094), *Corymbia ptychocarpa* (VIC 45098), *Syncarpia glomulifera* (VIC 45084), *Lophostemon confertus* (VIC 45103), *Eucalyptus punctata* (VIC 45097), *Eucalyptus andrewsii* (VIC 45092), *Eucalyptus siderophloia* (VIC 45087), *Eucalyptus resinifera* (VIC 45095), *Eucalyptus phaeotricha* (VIC 45090), *Eucalyptus sphaerocarpa* (VIC 45091), *Eucalyptus pyrocarpa* (VIC 45093), *Eucalyptus umbra* (VIC 45085), *Eucalyptus phoenicea* (VIC 45089), *Eucalyptus nitens* (VIC 45100), *Eucalyptus pellita* (VIC 45102), *Eucalyptus crebra* (VIC 45101) e o híbrido

Eucalyptus alba x *Eucalyptus tereticornis* (VIC 45096). Apenas as folhas da espécie *Eucalyptus cinerea* (VIC 45082) foram coletadas na Empresa Clonar, localizada na zona rural de Viçosa, na comunidade conhecida como Sapé, nos mesmos períodos que as demais plantas. As folhas utilizadas para extração dos OEs foram coletadas das plantas nos meses de novembro de 2013 e janeiro de 2015. As folhas foram coletadas em duas épocas, afim de verificar se a composição química dos OEs são influenciadas pelo período de coleta das folhas. Como as chuvas mais intensas em Viçosa começam em novembro e terminam no final de março (Minuzzi *et al.*, 2007), a coleta de novembro de 2013 correspondeu ao final da estação seca e a de janeiro de 2015 correspondeu à estação chuvosa.

2.2.2. Extração dos óleos essenciais

As folhas de cada espécie vegetal foram separadas em três porções de 100 g cada. Este material foi armazenado num congelador a -15 ± 4 °C até à conclusão do processo de extração que foi levado como se segue. As folhas foram cortadas em pequenos pedaços e misturadas com 1 L de água destilada. Subsequentemente, o material foi submetido a extração por hidrodestilação, durante um período de três horas e em triplicata, utilizando um aparelho tipo Clevenger modificado. Os OEs foram coletados e pesados, e a percentagem de OEs extraídos foram determinadas em relação à massa de matéria seca. Os OEs foram armazenados em frascos de vidro e mantidos sob atmosfera de nitrogênio a -5 °C até o momento da análise por cromatografia gasosa.

A determinação do teor de matéria seca foi realizada em triplicata usando, aproximadamente, 3 g de amostras de folhas cortadas, que foram colocadas numa estufa a 100 °C durante 24 horas. Após este período, pesou-se a massa do material seco e calculou-se o teor médio em água das amostras (ASAE, 2000).

2.2.3. Identificação e quantificação dos componentes dos óleos essenciais por cromatografia em fase gasosa

A quantificação dos componentes dos OEs foi realizada com um equipamento Shimadzu GC-17 equipado com detector de ionização de chama (DIC) e coluna capilar de sílica fundida SPB-5 (30 m x 0,25 mm, espessura do filme de 0,25 µm). Utilizaram-se as seguintes condições cromatográficas: gás transportador de N₂ sob um fluxo de 1,8 mL min⁻¹, temperatura do injetor de 220 °C, temperatura do detector de 240 °C, temperatura inicial da coluna de 40 °C, isotérmica durante 4 minutos seguida de aquecimento a 3 °C min⁻¹ até 240 °C, isotérmica restante durante 15 minutos, volume de

injeção de amostra de 1,0 µL (10 mg mL⁻¹ em CH₂Cl₂), razão de split de 1:10 e pressão da coluna de 115 kPa. As análises foram realizadas em triplicatas e a concentração de cada componente foi calculada como a porcentagem da área do pico correspondente à área total de todos os picos observados no cromatograma.

Para identificar os componentes, os OEs foram analisados por um aparelho Shimadzu GC-17A, equipado com uma coluna de sílica fundida RTX-5 (30 m x 0,25 mm, espessura de filme de 0,25 µm) e acoplado ao espectrômetro de massa Shimadzu GCMS-QP5050A. As condições cromatográficas foram idênticas às utilizadas para as análises CG-DIC, exceto que o gás transportador foi He e a pressão da coluna correspondia a 100 kPa. A identificação dos componentes dos OEs foi realizada por comparação de seus índices de retenção (IR) (Adams, 2007) em relação a uma série de alcanos padrão (C₉-C₂₆), bem como a comparação de seu espectro de massa com aqueles registrados nos banco de dados da biblioteca Wiley (Wiley 7.0 e NIST 11) ou da literatura.

2.3. Resultados

2.3.1. Teor dos óleos essenciais

O teor dos OEs extraídos em relação à matéria seca foliar variou de 0,00% a 5,18% (Figura 2.1). As espécies de plantas que apresentaram maiores teores de OEs, na coleta realizada ao final da estação seca, foram *E. cinerea* (3,91%), *E. punctata* (3,30%) e *E. andrewsii* (3,22%), seguidas de *C. citriodora* (2,72%), *E. siderophloia* (2,67%), o híbrido *E. alba* x *E. tereticornis* (2,58%), *E. resinifera* (2,45%), *E. phaeotricha* (2,12%), *C. maculata* (1,98%), *E. sphaerocarpa* (1,73%), *E. pyrocarpa* (1,73%) e *C. henryi* (1,46%). Os menores teores foram obtidos pelas espécies *C. torelliana* (0,84%), *S. glomulifera* (0,48%), *E. umbra* (0,47%), *E. phoenicea* (0,46%), *E. nitens* (0,38%), *E. pellita* (0,31%), *C. intermedia* (0,25%), *E. crebra* (0,15%), *L. confertus* (0,13%) e *C. ptychocarpa* (0,07%). Já na coleta da estação chuvosa, apresentaram maiores teores as espécies *E. cinerea* (5,18%), *E. punctata* (4,55%), *E. sphaerocarpa* (4,04%), *E. andrewsii* (3,84%) e *C. henryi* (3,12%), seguidas de *E. phaeotricha* (2,60%), o híbrido *E. alba* x *E. tereticornis* (2,48%), *E. pyrocarpa* (2,20%), *E. resinifera* (1,86%), *C. maculata* (1,80%) e *C. citriodora* (1,53%). Os menores teores foram obtidos pelas espécies *E. nitens* (1,06%), *S. glomulifera* (0,88%), *C. torelliana* (0,65%), *E. phoenicea* (0,50%), *E. crebra* (0,46%), *E. umbra* (0,37%), *C. intermedia* (0,25%), *E. pellita* (0,23%), *L. confertus* (0,11%), *E. siderophloia* (0,10%) e *C. ptychocarpa* (0,00%).

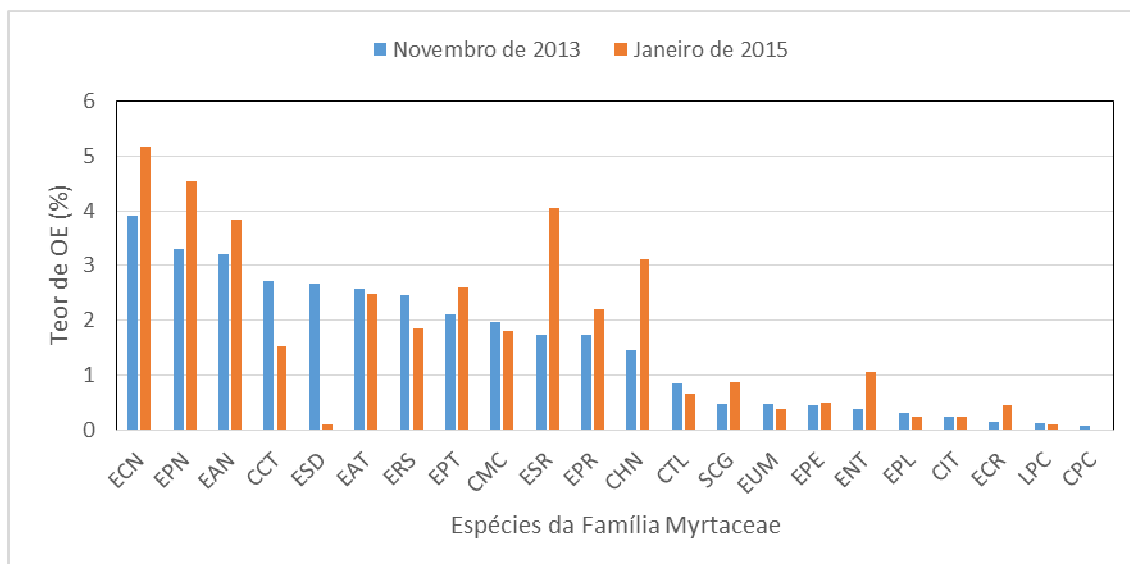


Figura 2.1 – Teores dos OEs das espécies *E. cinerea* (ECN), *E. punctata* (EPN), *E. andrewsii* (EAN), *C. citriodora* (CCT), *E. siderophloia* (ESD), o híbrido *E. alba* x *E. tereticornis* (EAT), *E. resinifera* (ERS), *E. phaeotricha* (EPT), *C. maculata* (CMC), *E. sphaerocarpa* (ESR), *E. pyrocarpa* (EPR), *C. henryi* (CHN), *C. torrelliana* (CTL), *Syncarpia glomulifera* (SCG), *E. umbra* (EUM), *E. phoenicea* (EPE), *E. nitens* (ENT), *E. pellita* (EPL), *C. intermedia* (CIT), *E. crebra* (ECR), *Lophostemon confertus* (LPC) e *C. ptychocarpa* (CPC), com base na matéria seca, coletadas em novembro de 2013 e janeiro de 2015.

2.3.2. Composição química dos óleos essenciais

As espécies estudadas da família Myrtaceae apresentaram variações nos constituintes terpênicos identificados, conforme observado nas Tabelas 2.1 a 2.4. A Figura 2.2 apresenta as estruturas dos principais constituintes. Foram identificados 95 compostos, o que representa 85,5% a 100,0% da composição química dos OEs.

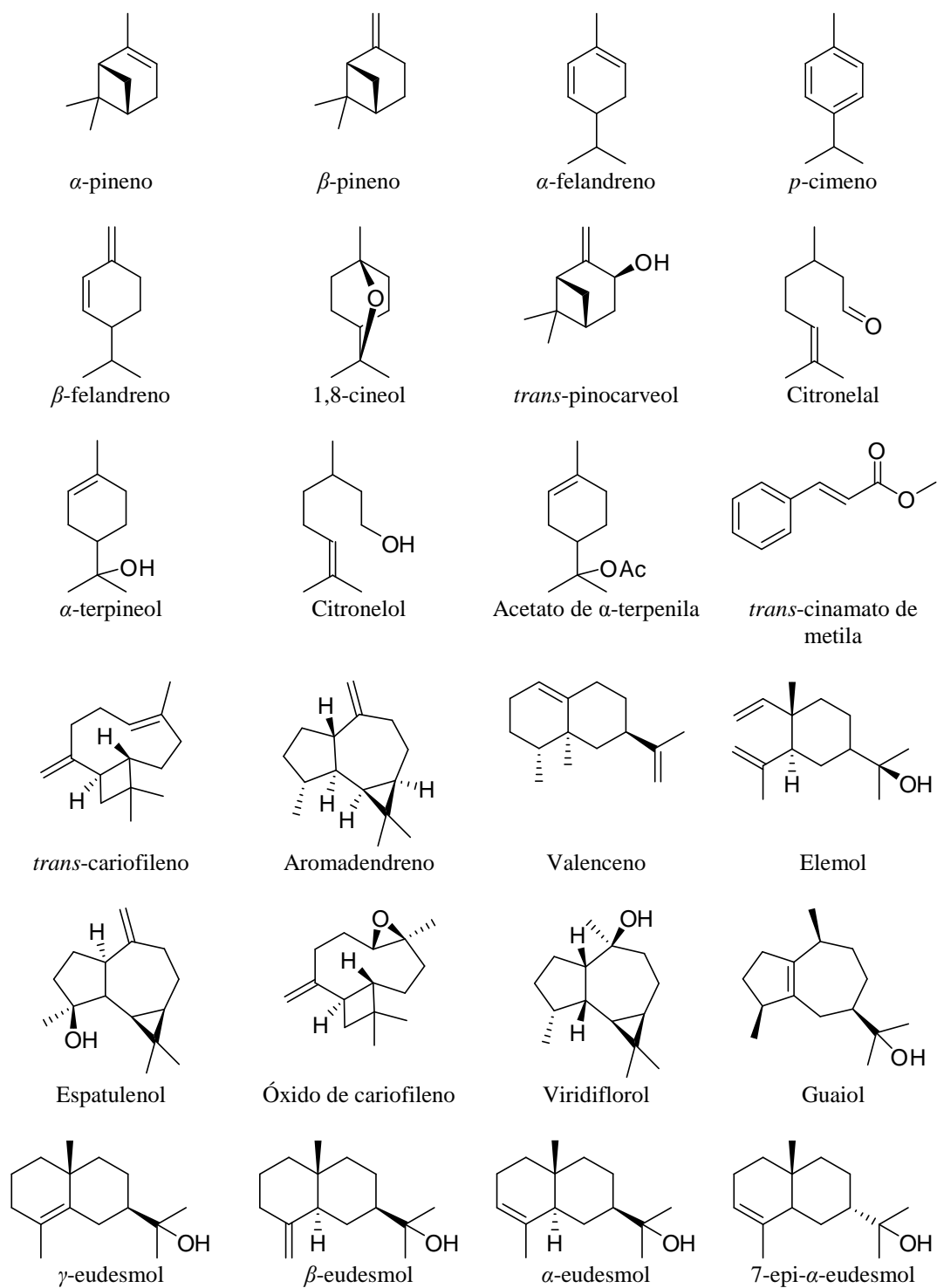


Figura 2.2 – Principais constituintes dos OEs das plantas estudadas da família Myrtaceae.

Tabela 2.1. Constituintes e teores de OEs (%), em matéria seca, das espécies *C. citriodora* (CCT), *C. henryi* (CHN), *C. intermedia* (CIT), *C. maculata* (CMC), *C. ptychocarpa* (CPC) e *C. torelliana* (CTL) coletados ao final da estação seca (1) e na estação chuvosa (2)

Constituintes	IAc	IA _T	CCT-1	CCT-2	CHN-1	CHN-2	CIT-1	CIT-2	CMC-1	CMC-2	CPC-1	CTL-1	CTL-2
Teor de Óleo			2,72±0,1	1,53±0,1	1,46±0,1	3,12±0,2	0,25±0,0	0,25±0,0	1,98±0,1	1,80±0,1	0,07±0,0	0,84±0,1	0,65±0,1
Monoterpenos Hidrocarbonetos			1,5	0,0	5,6	11,6	48,1	16,8	68,7	41,5	48,3	72,4	71,4
<i>α</i> -tujeno	924	924	-	-	0,3±0,0	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>α</i> -pineno	930	932	0,6±0,1	-	1,9±0,0	4,7±0,1	18,5±3,5	6,4±0,2	68,1±1,6	41,5±1,3	37,6±1,7	69,6±3,3	68,0±1,8
Canfeno	943	946	-	-	-	-	-	-	-	-	0,6±0,0	-	-
<i>β</i> -pineno	972	974	0,9±0,2	-	0,8±0,1	-	24,6±2,7	9,1±0,6	0,6±0,0	-	2,5±0,2	1,7±0,2	1,7±0,0
<i>β</i> -mirceno	990	988	-	-	-	-	0,8±0,1	-	-	-	-	-	-
<i>α</i> -felandreno	1002	1002	-	-	-	0,4±0,1	-	-	-	-	-	-	-
<i>α</i> -terpineno	1014	1014	-	-	0,4±0,0	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>p</i> -cimeno	1022	1020	-	-	1,1±0,1	5,3±0,6	-	-	-	-	0,3±0,1	-	-
Limoneno	1026	1024	-	-	-	-	2,0±0,1	0,7±0,1	-	-	4,8±0,9	1,1±0,0	1,7±0,6
<i>β</i> -felandreno	1027	1025	-	-	-	1,2±0,0	-	-	-	-	-	-	-
<i>γ</i> -terpineno	1057	1054	-	-	1,1±0,2	-	-	-	-	-	2,1±0,1	-	-
Terpinoleno	1086	1086	-	-	-	-	2,2±0,1	0,6±0,0	-	-	0,4±0,0	-	-
Monoterpenos Oxigenados			94,8	91,9	44,2	8,1	0,0	2,1	3,5	4,8	0,4	0,0	1,0
1,8-cineol	1029	1026	-	3,7±0,3	41,8±4,4	-	-	-	3,5±0,2	3,0±0,3	-	-	-
Óxido de <i>trans</i> -linalol	1087	1084	-	-	-	0,6±0,0	-	-	-	-	-	-	-
Linalol	1100	1095	-	-	-	1,0±0,0	-	-	-	-	-	-	-
<i>cis-p</i> -menth-2-en-1-ol	1123	1118	-	-	-	1,2±0,1	-	-	-	-	-	-	-
<i>trans-p</i> -menth-2-en-1-ol	1138	1136	-	-	-	0,9±0,1	-	-	-	-	-	-	-
(-)-isopulegol	1143	1145	4,7±0,4	5,1±0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Citronelal	1154	1148	86,8±2,5	31,4±0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Terpinen-4-ol	1175	1174	-	-	1,2±0,2	1,9±0,0	-	-	-	-	-	-	-
Criptona	1184	1183	-	-	-	0,3±0,0	-	-	-	-	-	-	-
<i>α</i> -terpineol	1190	1186	-	-	1,2±0,2	1,3±0,0	-	2,1±0,3	-	1,8±0,3	0,4±0,2	-	1,0±0,2
<i>cis</i> -piperitol	1194	1195	-	-	-	0,3±0,0	-	-	-	-	-	-	-
<i>trans</i> -piperitol	1207	1207	-	-	-	0,6±0,1	-	-	-	-	-	-	-
Citronelol	1229	1223	3,3±0,4	43,6±0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ácido citronílico	1318	1312	-	4,4±0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Acetato de citronelila	1355	1350	-	3,7±0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sesquiterpenos Hidrocarbonetos			1,2	2,1	0,0	3,2	14,4	24,1	5,9	10,1	19,4	13,5	9,3

Tabela 2.1. Constituintes e teores de OEs (%), em matéria seca, das espécies *C. citriodora* (CCT), *C. henryi* (CHN), *C. intermedia* (CIT), *C. maculata* (CMC), *C. ptychocarpa* (CPC) e *C. torelliana* (CTL) coletados ao final da estação seca (1) e na estação chuvosa (2) - continuação

Constituintes	IA _c	IA _T	CCT-1	CCT-2	CHN-1	CHN-2	CIT-1	CIT-2	CMC-1	CMC-2	CPC-1	CTL-1	CTL-2
<i>α</i> -copaeno	1373	1374	-	-	-	-	0,6±0,1	0,9±0,1	-	-	0,7±0,0	-	0,8±0,1
<i>α</i> -gurjuneno	1408	1409	-	-	-	-	-	0,8±0,1	0,6±0,1	-	0,8±0,1	-	-
<i>trans</i> -cariofileno	1417	1417	1,2±0,8	1,0±0,1	-	-	5,3±0,7	8,7±0,6	-	-	6,2±0,8	7,4±1,4	3,2±0,6
Aromadendreno	1437	1439	-	-	-	0,9±0,0	-	1,5±0,1	3,0±0,2	6,7±1,4	1,1±0,1	3,2±0,8	2,8±0,1
<i>α</i> -humuleno	1451	1452	-	-	-	-	0,7±0,1	1,2±0,1	-	-	0,8±0,1	0,8±0,1	0,5±0,0
Aloaromadendreno	1459	1459	-	-	-	0,6±0,0	1,2±0,1	2,1±0,1	0,7±0,0	1,4±0,0	1,1±0,1	0,7±0,1	0,8±0,0
<i>β</i> -selineno	1489	1489	-	-	-	0,6±0,0	-	0,6±0,1	-	-	2,3±0,1	-	-
Valenceno	1492	1496	-	-	-	-	-	-	-	2,0±0,4	-	-	1,2±0,4
Viridifloreno	1494	1496	-	-	-	-	-	-	1,2±0,0	-	-	-	-
<i>α</i> -selineno	1496	1498	-	-	-	1,1±0,3	5,7±0,9	-	-	-	6,4±0,8	1,4±0,2	-
Biciclogermacreno	1497	1500	-	-	-	-	-	7,7±0,5	-	-	-	-	-
<i>δ</i> -cadineno	1522	1522	-	1,1±0,1	-	-	-	0,6±0,0	-	-	-	-	-
Germacreno B	1563	1559	-	-	-	-	0,9±0,2	-	0,4±0,0	-	-	-	-
Sesquiterpenos Oxigenados			0,0	6,0	45,6	62,6	30,1	55,6	14,4	42,5	21,2	6,9	16,5
Elemol	1550	1548	-	-	13,1±0,6	-	-	0,7±0,0	-	-	-	-	-
Palustrol	1565	1567	-	-	-	0,7±0,0	-	1,4±0,0	-	-	-	-	0,5±0,0
Espatuleno	1578	1577	-	-	1,2±0,1	3,7±0,1	1,5±0,3	3,2±0,2	-	-	1,3±0,2	0,8±0,1	2,0±0,5
Óxido de cariofileno	1583	1582	-	-	-	-	-	14,8±0,1	-	-	-	-	4,4±1,0
Tujopsan-2 <i>α</i> -ol	1586	1586	-	-	-	-	9,6±1,7	-	-	-	-	-	-
Globulol	1589	1590	-	-	-	2,2±0,1	-	2,8±0,0	-	4,1±0,4	-	2,3±0,2	1,0±0,2
Viridiflorol	1592	1592	-	-	-	0,9±0,0	2,4±0,5	-	0,7±0,0	-	16,1±1,8	-	0,4±0,1
Guaiol	1597	1600	-	-	-	0,6±0,0	-	0,7±0,0	8,8±0,4	23,9±1,5	-	2,1±0,3	1,5±0,2
Ledol	1600	1602	-	-	-	-	-	2,7±0,1	-	-	-	-	0,6±0,1
Khusimone	1604	1604	-	-	-	-	1,7±0,3	-	-	-	-	-	-
5-epi-7-epi- <i>α</i> -eudesmol	1605	1607	-	-	-	0,8±0,0	-	-	-	-	1,6±0,2	-	-
10-epi- <i>γ</i> -eudesmol	1622	1622	-	-	0,8±0,1	0,9±0,0	0,8±0,2	1,4±0,1	0,9±0,1	1,8±0,1	1,2±0,2	-	-
<i>γ</i> -eudesmol	1632	1630	-	-	8,9±1,4	12,3±0,3	2,2±0,2	0,8±0,1	-	1,7±0,5	-	-	0,7±0,0
<i>α</i> -acorenol	1634	1632	-	-	-	-	-	3,3±0,3	-	-	-	-	1,7±0,0
<i>β</i> -acorenol	1638	1636	-	-	-	-	-	1,6±0,1	-	-	-	-	-
Epi- <i>α</i> -cadinol	1639	1638	-	2,3±0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hinesol	1640	1640	-	-	1,1±0,1	1,6±0,0	-	-	-	-	-	-	-

Tabela 2.1. Constituintes e teores de OEs (%), em matéria seca, das espécies *C. citriodora* (CCT), *C. henryi* (CHN), *C. intermedia* (CIT), *C. maculata* (CMC), *C. ptychocarpa* (CPC) e *C. torelliana* (CTL) coletados ao final da estação seca (1) e na estação chuvosa (2) - continuação

Constituintes	IA _C	IA _T	CCT-1	CCT-2	CHN-1	CHN-2	CIT-1	CIT-2	CMC-1	CMC-2	CPC-1	CTL-1	CTL-2
δ -cadinol	1647	1644	-	0,7±0,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
β -eudesmol	1650	1649	-	-	-	23,4±0,3	-	2,8±0,4	-	1,3±0,1	-	-	2,0±0,2
α -cadinol	1646	1652	-	3,0±0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
α -eudesmol	1653	1652	-	-	10,5±2,0	15,2±0,3	1,5±0,1	-	0,7±0,2	1,4±0,1	-	-	1,7±0,1
Valerianol	1655	1656	-	-	8,4±1,3	-	-	3,5±0,3	-	1,3±0,1	-	-	-
Selin-11-en-4 α -ol	1657	1658	-	-	-	-	3,3±0,3	-	-	-	1,0±0,1	1,7±0,4	-
7-epi- α -eudesmol	1660	1662	-	-	-	0,3±0,0	-	-	0,4±0,0	-	-	-	-
Bulnesol	1670	1670	-	-	1,6±0,1	-	-	-	2,9±0,1	7,0±0,2	-	-	-
(2Z,6E)-farnesal	1716	1715	-	-	-	-	-	3,1±0,1	-	-	-	-	-
(2Z,6E)-farnesol	1724	1722	-	-	-	-	4,8±0,7	9,2±0,4	-	-	-	-	-
(2E,6E)-farnesal	1745	1740	-	-	-	-	-	4,6±0,1	-	-	-	-	-
(2E,6E)-farnesol	1745	1742	-	-	-	-	2,3±0,3	-	-	-	-	-	-
Não identificado	-	1595	-	-	-	-	-	-	-	-	2,5±0,2	-	-
Não identificado	-	1706	-	-	-	4,8±0,0	1,7±0,2	-	-	-	-	-	-
Não identificado	-	1821	-	-	-	5,5±0,3	-	-	-	-	-	-	-
IDENTIFICADOS			97,5	100,0	95,4	85,5	92,6	98,6	92,5	98,9	89,3	92,8	98,2

IA_C – Índice Aritmético Calculado; IA_T – Índice Aritmético Tabelado (Adams, 2007).

Tabela 2.2. Constituintes e teores de OEs (%), em matéria seca, do híbrido *E. alba* x *E. tereticornis* (EAT) e das espécies *E. andrewsii* (EAN), *E. cinerea* (ECN), *E. crebra* (ECR) e *E. nitens* (ENT) coletados ao final da estação seca (1) e na estação chuvosa (2)

Constituintes	IA _C	IA _T	EAT-1	EAT-2	EAN-1	EAN-2	ECN-1	ECN-2	ECR-1	ECR-2	ENT-1	ENT-2
Teor de Óleo			2,58±0,1	2,48±0,2	3,22±0,1	3,84±0,1	3,91±0,1	5,18±0,1	0,15±0,0	0,46±0,1	0,38±0,0	1,06±0,0
Monoterpenos Hidrocarbonetos			7,7	6,2	49,4	20,3	9,8	4,4	80,1	71,9	56,1	65,1
<i>α</i> -tujeno	924	924	-	-	2,0±0,2	1,5±0,4	-	-	-	1,2±0,4	-	-
<i>α</i> -pineno	930	932	7,7±0,3	5,4±0,2	0,5±0,1	0,6±0,0	9,8±0,9	4,4±0,7	72,9±5,2	12,0±2,6	13,9±2,7	59,6±4,7
Canfeno	943	946	-	-	-	-	-	-	-	-	1,6±0,2	1,4±0,1
<i>β</i> -pineno	972	974	-	-	-	-	-	-	6,6±0,2	11,9±0,7	-	-
<i>β</i> -mirceno	990	988	-	-	1,3±0,1	1,2±0,3	-	-	-	0,8±0,0	-	-
<i>α</i> -felandreno	1002	1002	-	-	9,3±0,1	-	-	-	-	24,1±0,9	-	-
<i>α</i> -terpineno	1014	1014	-	-	1,9±0,0	-	-	-	-	-	-	-
<i>p</i> -cimeno	1022	1020	-	0,8±0,0	19,7±1,0	2,0±0,3	-	-	0,6±0,1	17,0±1,2	37,5±1,5	1,2±0,2
Limoneno	1026	1024	-	-	-	-	-	-	-	4,9±0,3	-	2,9±0,2
<i>β</i> -felandreno	1027	1025	-	-	14,7±0,7	15,0±3,0	-	-	-	-	-	-
<i>γ</i> -terpineno	1057	1054	-	-	-	-	-	-	-	-	3,1±0,4	-
Monoterpenos Oxigenados			75,9	70,4	36,3	60,7	84,8	95,6	12,8	5,8	30,9	30,7
1,8-cineol	1029	1026	70,7±2,5	62,7±1,7	-	11,1±0,4	70,8±0,4	74,8±2,8	11,1±1,3	-	10,4±0,2	-
Linalol	1100	1095	-	-	1,2±0,1	1,8±0,3	-	-	-	-	-	-
<i>endo</i> -fenchol	1111	1114	-	-	-	-	-	-	-	-	2,0±0,2	2,2±0,5
Diidro-sabinacetona	1122	1117	-	-	10,0±0,5	-	-	-	-	-	-	-
<i>cis-p</i> -menth-2-en-1-ol	1123	1118	-	-	-	9,6±1,7	-	-	-	-	-	-
<i>α</i> -canfolenal	1124	1122	-	-	-	-	-	-	-	-	3,1±0,2	5,7±1,3
<i>trans</i> -pinocarveol	1136	1135	-	1,4±0,2	-	-	-	-	-	-	2,8±0,3	2,5±0,7
<i>trans-p</i> -menth-2-en-1-ol	1138	1136	-	-	-	6,5±1,5	-	-	-	-	-	-
<i>cis-β</i> -terpineol	1140	1140	-	-	6,8±0,4	-	-	-	-	-	-	-
Pinocarvona	1160	1160	-	-	-	-	-	-	-	-	1,6±0,2	0,9±0,3
Borneol	1164	1165	-	-	-	-	-	-	-	0,8±0,1	4,8±0,5	5,4±1,1
Terpinen-4-ol	1175	1174	-	-	4,4±0,4	5,8±0,6	-	-	-	1,7±0,2	-	-
Criptona	1184	1183	-	-	-	1,2±0,2	-	-	-	-	-	-
<i>α</i> -terpineol	1190	1186	5,2±0,2	6,3±0,3	1,5±0,1	2,4±0,1	5,5±0,1	8,9±1,5	1,7±0,6	3,3±0,4	6,2±0,4	11,2±1,9
<i>cis</i> -piperitol	1194	1195	-	-	2,0±0,1	2,5±0,0	-	-	-	-	-	-
<i>trans</i> -piperitol	1207	1207	-	-	3,2±0,2	3,7±0,3	-	-	-	-	-	-
<i>trans</i> -carveol	1218	1215	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,8±0,3

Tabela 2.2. Constituintes e teores de OEs (%), em matéria seca, do híbrido *E. alba* x *E. tereticornis* (EAT) e das espécies *E. andrewsii* (EAN), *E. cinerea* (ECN), *E. crebra* (ECR) e *E. nitens* (ENT) coletados ao final da estação seca (1) e na estação chuvosa (2) - continuação

Constituintes	IA _C	IA _T	EAT-1	EAT-2	EAN-1	EAN-2	ECN-1	ECN-2	ECR-1	ECR-2	ENT-1	ENT-2
Piperitona	1253	1249	-	-	-	5,0±0,3	-	-	-	-	-	-
Acetato de α -terpinila	1349	1346	-	-	-	-	8,5±0,4	11,9±2,1	-	-	-	-
<i>trans</i> -cinamato de metila	1384	1376	-	-	7,2±1,1	11,1±3,0	-	-	-	-	-	-
Sesquiterpenos Hidrocarbonetos			3,5	8,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,4	0,0	0,0
α -copaeno	1373	1374	-	-	-	-	-	-	-	0,8±0,1	-	-
<i>trans</i> -cariofileno	1417	1417	-	-	-	-	-	-	-	1,9±0,5	-	-
Aromadendreno	1437	1439	3,5±0,4	6,6±0,5	-	-	-	-	-	-	-	-
Aloaromadendreno	1459	1459	-	1,5±0,1	-	-	-	-	-	-	-	-
δ -cadineno	1522	1522	-	-	-	-	-	-	-	4,7±1,1	-	-
Sesquiterpenos Oxigenados			4,8	14,0	9,0	16,1	0,0	0,0	2,5	10,9	4,1	3,9
Palustrol	1565	1567	-	0,8±0,1	-	-	-	-	-	-	-	-
Espatuleno	1578	1577	-	-	1,1±0,0	1,5±0,1	-	-	0,3±0,2	1,0±0,3	1,8±0,1	2,3±0,2
Óxido de cariofileno	1583	1582	4,8±1,2	-	-	-	-	-	-	2,5±0,6	-	0,8±0,1
Epiglobulol	1584	1587	-	9,0±1,0	-	-	-	-	-	-	-	-
Globulol	1589	1590	-	1,9±0,2	-	0,9±0,2	-	-	0,5±0,4	-	1,0±0,2	0,8±0,1
Viridiflorol	1592	1592	-	0,3±0,0	-	-	-	-	-	-	1,3±0,1	-
Ledol	1600	1602	-	1,0±0,1	-	-	-	-	-	-	-	-
10-epi- γ -eudesmol	1622	1622	-	1,0±0,1	-	-	-	-	-	-	-	-
γ -eudesmol	1632	1630	-	-	2,8±0,1	5,5±0,5	-	-	0,6±0,2	1,0±0,0	-	-
α -acoreno	1634	1632	-	-	-	-	-	-	-	2,7±0,5	-	-
δ -cadinol	1647	1644	-	-	-	-	-	-	-	1,0±0,4	-	-
β -eudesmol	1650	1649	-	-	2,5±0,1	4,0±0,5	-	-	-	1,4±0,5	-	-
α -eudesmol	1653	1652	-	-	2,6±0,1	4,2±1,2	-	-	0,5±0,2	1,3±0,5	-	-
Selin-11-en-4 α -ol	1656	1658	-	-	-	-	-	-	0,6±0,2	-	-	-
IDENTIFICADOS			91,9	98,7	94,7	97,1	94,6	100,0	95,4	96,0	91,1	99,7

IA_C – Índice Aritmético Calculado; IA_T – Índice Aritmético Tabelaado (Adams, 2007).

Tabela 2.3. Constituintes e teores de OEs (%), em matéria seca, das espécies *E. pellita* (EPL), *E. phaeotricha* (EPT), *E. phoenicea* (EPE), *E. punctata* (EPN) e *E. pyrocarpa* (EPR) coletados ao final da estação seca (1) e na estação chuvosa (2)

Constituintes	IA _C	IA _T	EPL-1	EPL-2	EPT-1	EPT-2	EPE-1	EPE-2	EPN-1	EPN-2	EPR-1	EPR-2
Teor de Óleo			0,31±0,0	0,23±0,0	2,12±0,1	2,60±0,2	0,46±0,0	0,50±0,0	3,30±0,1	4,55±0,2	1,73±0,1	2,20±0,1
Monoterpenos Hidrocarbonetos			64,7	33,2	41,3	37,9	79,1	63,9	40,4	41,6	16,9	4,0
<i>α</i> -tujeno	924	924	-	-	-	-	-	-	0,5±0,0	0,2±0,0	-	-
<i>α</i> -pineno	930	932	35,4±2,3	18,3±0,6	40,6±1,1	37,3±1,8	44,6±1,8	41,7±1,0	27,2±0,5	34,9±1,2	14,0±3,1	3,3±0,3
Canfeno	943	946	0,7±0,1	0,7±0,2	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>β</i> -pineno	972	974	21,3±0,9	9,5±0,6	0,7±0,0	0,6±0,1	31,2±1,5	21,1±1,3	0,5±0,0	0,5±0,0	0,4±0,1	0,7±0,0
<i>β</i> -mirceneno	990	988	-	-	-	-	1,0±0,0	-	0,9±0,0	0,6±0,1	-	-
<i>α</i> -felandreno	1002	1002	-	-	-	-	1,0±0,0	-	6,8±0,6	3,5±0,2	-	-
<i>α</i> -terpineno	1014	1014	-	-	-	-	-	-	0,5±0,0	-	-	-
<i>p</i> -cimeno	1022	1020	-	-	-	-	1,3±0,2	1,1±0,0	3,0±0,3	1,6±0,2	2,5±0,5	-
Limoneno	1026	1024	5,9±0,1	3,9±0,6	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>trans-β</i> -ocimeno	1043	1044	1,4±0,4	0,8±0,2	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>γ</i> -terpineno	1057	1054	-	-	-	-	-	-	1,0±0,0	0,5±0,0	-	-
Monoterpenos Oxigenados			5,4	31,7	48,2	52,9	8,6	20,6	57,3	58,4	13,9	4,7
1,8-cineol	1029	1026	-	-	48,2±0,7	49,2±0,5	7,3±0,2	7,9±0,6	55,6±1,4	56,8±1,5	11,9±2,3	3,1±0,5
<i>endo</i> -fenchol	1111	1114	1,1±0,1	2,7±0,3	-	-	-	1,1±0,2	-	-	-	-
<i>α</i> -canfolenal	1124	1122	-	-	-	0,6±0,1	-	-	-	-	-	-
<i>trans</i> -pinocarveol	1136	1135	-	7,3±0,9	-	0,5±0,0	-	1,6±0,6	-	-	-	-
Pinocarvona	1160	1160	-	1,6±0,2	-	-	-	0,5±0,1	-	-	-	-
Borneol	1164	1165	1,0±0,2	3,8±0,6	-	0,7±0,1	-	1,2±0,3	-	-	-	-
Terpinen-4-ol	1175	1174	-	1,2±0,1	-	0,4±0,0	-	1,5±0,3	0,7±0,0	0,3±0,0	0,9±0,1	0,8±0,2
<i>α</i> -terpineol	1190	1186	3,3±0,6	11,0±1,5	-	1,5±0,1	1,3±0,2	5,4±1,1	1,0±0,1	1,1±0,1	1,1±0,1	0,8±0,3
Mirtenol	1195	1194	-	3,4±0,4	-	-	-	1,4±0,5	-	-	-	-
<i>cis</i> -carveol	1227	1226	-	0,7±0,0	-	-	-	-	-	-	-	-
Sesquiterpenos Hidrocarbonetos			16,7	17,8	0,0	1,9	4,5	4,3	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>trans</i> -cariofileno	1417	1417	12,7±0,2	15,0±2,6	-	-	2,1±0,3	2,1±0,2	-	-	-	-
<i>α</i> -guaiano	1436	1437	-	-	-	-	-	1,6±0,2	-	-	-	-
Aromadendreno	1437	1439	-	-	-	1,1±0,1	0,8±0,1	-	-	-	-	-
<i>α</i> -humuleno	1451	1452	1,3±0,1	1,8±0,3	-	-	-	-	-	-	-	-
Aloaromadendreno	1459	1459	-	-	-	0,8±0,1	-	0,6±0,2	-	-	-	-
Germacreno D	1481	1484	1,5±2,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabela 2.3. Constituintes e teores de OEs (%), em matéria seca, das espécies *E. pellita* (EPL), *E. phaeotricha* (EPT), *E. phoenicea* (EPE), *E. punctata* (EPN) e *E. pyrocarpa* (EPR) coletados ao final da estação seca (1) e na estação chuvosa (2) - continuação

Constituintes	IA _C	IA _T	EPL-1	EPL-2	EPT-1	EPT-2	EPE-1	EPE-2	EPN-1	EPN-2	EPR-1	EPR-2
<i>α</i> -selineno	1496	1498	1,2±0,2	-	-	-	1,6±0,2	-	-	-	-	-
<i>δ</i> -cadineno	1522	1522	-	1,0±0,2	-	-	-	-	-	-	-	-
Sesquiterpenos Oxigenados			2,7	11,9	3,8	7,1	1,9	8,2	0,0	0,0	62,8	90,3
Elemol	1550	1548	-	-	-	-	-	-	-	-	0,6±0,1	-
<i>trans</i> -nerolidol	1564	1561	-	0,8±0,1	-	-	-	-	-	-	-	-
Palustrol	1565	1567	-	-	-	0,4±0,0	-	-	-	-	-	-
Espatulenol	1578	1577	-	1,6±0,4	-	0,3±0,0	-	1,2±0,2	-	-	0,6±0,1	0,6±0,0
Óxido de cariofileno	1583	1582	2,7±0,3	4,9±1,0	2,5±0,2	2,3±0,2	1,9±0,2	3,3±0,5	-	-	-	0,6±0,1
Globulol	1589	1590	-	0,7±0,0	-	0,6±0,0	-	1,7±0,4	-	-	-	-
Viridiflorol	1592	1592	-	-	-	1,3±0,5	-	0,7±0,2	-	-	-	-
Ledol	1600	1602	-	-	-	0,7±0,1	-	0,7±0,1	-	-	-	-
5-epi-7-epi- <i>α</i> -eudesmol	1605	1607	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7±0,0
10-epi- <i>γ</i> -eudesmol	1622	1622	-	-	1,3±0,1	1,5±0,1	-	0,6±0,1	-	-	-	0,7±0,1
<i>γ</i> -eudesmol	1632	1630	-	0,6±0,0	-	-	-	-	-	-	15,1±1,1	25,1±2,5
<i>α</i> -acorenol	1634	1632	-	1,4±0,3	-	-	-	-	-	-	-	-
Hinesol	1640	1640	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,2±0,2
<i>β</i> -eudesmol	1650	1649	-	1,0±0,2	-	-	-	-	-	-	-	40,0±5,2
<i>α</i> -eudesmol	1653	1652	-	0,9±0,2	-	-	-	-	-	-	30,9±3,3	20,4±3,2
7-epi- <i>α</i> -eudesmol	1660	1662	-	-	-	-	-	-	-	-	15,6±0,9	-
IDENTIFICADOS			89,5	94,6	93,3	99,8	94,1	97,0	97,7	100,0	93,6	99,0

IA_C – Índice Aritmético Calculado; IA_T – Índice Aritmético Tabelado (Adams, 2007).

Tabela 2.4. Constituintes e teores de OEs (%), em matéria seca, das espécies *E. resinifera* (ERS), *E. siderophloia* (ESD), *E. sphaerocarpa* (ESR), *E. umbra* (EUM), *Lophostemon confertus* (LPC) e *Syncarpia glomulifera* (SCG) coletados ao final da estação seca (1) e na estação chuvosa (2)

Constituintes	IA _C	IA _T	ERS-1	ERS-2	ESD-1	ESD-2	ESR-1	ESR-2	EUM-1	EUM-2	LPC-1	LPC-2	SCG-1	SCG-2
Teor de Óleo			2,45±0,1	1,86±0,0	2,67±0,2	0,10±0,0	1,73±0,1	4,04±0,3	0,47±0,0	0,37±0,0	0,13±0,0	0,11±0,0	0,48±0,0	0,88±0,1
Monoterpenos Hidrocarbonetos			23,1	12,1	39,4	41,6	42,3	0,0	66,8	42,4	24,1	5,8	73,6	73,2
<i>α</i> -tujeno	924	924	-	-	1,4±0,0	-	1,5±0,0	-	-	-	-	-	0,3±0,0	-
<i>α</i> -pineno	930	932	9,7±0,8	8,4±0,7	10,9±2,4	38,2±6,7	2,2±0,1	-	15,6±2,1	13,7±0,3	20,9±4,2	4,2±0,9	50,5±7,5	46,9±1,5
Canfeno	943	946	0,5±0,0	0,7±0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>β</i> -pineno	972	974	-	-	0,5±0,0	2,6±0,6	0,6±0,0	-	41,7±2,2	26,3±4,8	1,0±0,1	0,5±0,0	21,1±1,6	24,0±0,8
<i>β</i> -mirceno	990	988	-	-	-	-	1,5±0,1	-	1,5±0,0	0,9±0,1	1,5±0,0	0,6±0,0	-	-
<i>α</i> -felandreno	1002	1002	-	-	6,4±1,5	-	15,1±0,8	-	-	-	-	-	-	-
<i>α</i> -terpineno	1014	1014	-	-	1,4±0,2	-	1,2±0,0	-	-	-	-	-	-	-
<i>p</i> -cimeno	1022	1020	12,9±0,2	2,4±0,2	13,5±3,6	-	16,7±0,7	-	-	-	-	-	-	-
Limoneno	1026	1024	-	-	-	0,8±0,0	-	-	1,7±0,0	0,4±0,0	0,7±0,0	0,5±0,0	1,7±0,1	2,3±0,4
<i>β</i> -felandreno	1027	1025	-	-	5,3±0,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>trans-β</i> -ocimeno	1043	1044	-	-	-	-	1,8±0,2	-	6,3±0,3	1,1±0,2	-	-	-	-
<i>γ</i> -terpineno	1057	1054	-	-	-	-	1,1±0,1	-	-	-	-	-	-	-
Terpinoleno	1086	1086	-	0,6±0,1	-	-	0,6±0,1	-	-	-	-	-	-	-
Monoterpenos Oxigenados			70,7	82,3	15,6	47,3	53,8	18,4	0,7	7,2	0,0	0,7	0,0	5,9
1,8-cineol	1029	1026	59,3±0,7	55,4±3,3	-	11,1±0,5	37,9±1,8	16,4±0,8	-	2,3±1,1	-	-	-	-
Linalol	1100	1095	-	-	1,5±0,2	-	1,0±0,1	-	-	0,6±0,1	-	-	-	-
<i>endo</i> -fenchol	1111	1114	0,5±0,0	1,5±0,0	-	1,9±0,1	-	-	-	-	-	-	-	-
Diidro-sabinacetona	1122	1117	-	-	5,9±0,8	-	3,1±0,1	-	-	-	-	-	-	-
<i>α</i> -canfolenal	1124	1122	-	0,4±0,1	-	1,1±0,1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>trans</i> -pinocarveol	1136	1135	3,4±0,2	11,0±0,5	-	12,2±2,0	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>trans-p</i> -menth-2-en-1-ol	1138	1136	-	-	-	-	2,1±0,1	-	-	-	-	-	-	-
<i>cis-β</i> -terpineol	1140	1140	-	-	4,0±0,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pinocarvona	1160	1160	1,7±0,1	5,4±0,4	-	3,8±0,6	-	-	-	-	-	-	-	-
Borneol	1164	1165	1,1±0,1	3,6±0,1	-	3,0±0,1	-	-	-	-	-	-	-	-
Terpinen-4-ol	1175	1174	0,4±0,0	0,5±0,1	3,1±0,3	1,0±0,3	3,3±0,1	0,9±0,0	-	0,4±0,0	-	-	-	-
<i>α</i> -terpineol	1190	1186	2,5±0,1	3,6±0,6	1,1±0,1	12,0±3,2	2,2±0,1	1,1±0,1	0,7±0,1	3,5±0,6	-	0,7±0,1	-	5,3±0,5
Mirtenol	1195	1194	-	-	-	1,2±0,0	-	-	-	0,4±0,0	-	-	-	0,6±0,0
<i>trans</i> -piperitol	1207	1207	-	-	-	-	1,2±0,1	-	-	-	-	-	-	-
<i>cis</i> -carveol	1227	1226	-	1,3±0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabela 2.4. Constituintes e teores de OEs (%), em matéria seca, das espécies *E. resinifera* (ERS), *E. siderophloia* (ESD), *E. sphaerocarpa* (ESR), *E. umbra* (EUM), *Lophostemon confertus* (LPC) e *Syncarpia glomulifera* (SCG) coletados ao final da estação seca (1) e na estação chuvosa (2) - continuação

Constituintes	IA _C	IA _T	ERS-1	ERS-2	ESD-1	ESD-2	ESR-1	ESR-2	EUM-1	EUM-2	LPC-1	LPC-2	SCG-1	SCG-2
Acetato de α -terpinila	1349	1346	1,8±0,1	-	-	-	3,0±0,2	-	-	-	-	-	-	-
Sesquiterpenos Hidrocarbonetos			0,5	1,1	3,1	0,0	0,0	2,1	17,1	12,4	51,1	62,1	10,9	3,7
α -gurjuneno	1408	1409	-	-	-	-	-	-	-	-	1,6±0,1	0,4±0,0	0,7±0,2	-
<i>trans</i> -cariofileno	1417	1417	0,5±0,1	1,1±0,2	-	-	-	0,7±0,0	3,6±0,3	4,2±1,1	4,6±0,5	4,4±0,6	-	-
β -gurjuneno	1430	1431	-	-	-	-	-	-	-	-	2,8±0,2	3,7±0,1	-	-
Aromadendreno	1437	1439	-	-	0,9±0,2	-	-	-	0,7±0,0	1,8±0,6	12,0±0,9	11,4±1,1	2,2±0,7	0,9±0,2
α -humuleno	1451	1452	-	-	-	-	-	-	2,6±0,2	3,2±0,7	-	-	-	-
Aloaromadendreno	1459	1459	-	-	0,6±0,1	-	-	-	0,9±0,1	1,6±0,4	7,9±0,5	9,4±0,6	1,3±0,4	1,5±0,2
β -selineno	1489	1489	-	-	-	-	-	-	-	-	5,0±0,3	6,6±1,0	1,0±0,4	-
<i>cis</i> - β -guaiano	1490	1492	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,8±1,4	-	-
Valenceno	1492	1496	-	-	-	-	-	1,4±0,2	-	1,6±0,3	6,4±0,5	12,9±1,8	-	1,3±0,2
α -selineno	1496	1498	-	-	1,6±0,5	-	-	-	9,3±1,0	-	8,7±0,6	-	4,8±1,5	-
α -farneseno	1510	1505	-	-	-	-	-	-	-	-	2,1±0,1	-	-	-
γ -cadineno	1512	1513	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,5±0,8	-	-
Germacreno B	1563	1559	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,0±0,0	0,9±0,3	-
Sesquiterpenos Oxigenados			0,6	3,6	30,0	10,9	1,0	70,7	9,8	32,3	14,2	22,9	5,3	12,8
<i>trans</i> -nerolidol	1564	1561	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,1±0,2	-	-
Palustrol	1565	1567	-	-	-	-	-	-	-	1,3±0,0	-	-	-	1,0±0,2
Espatuleno	1578	1577	-	1,6±0,1	2,5±0,1	1,6±0,7	1,0±0,2	-	4,2±0,9	13,2±2,6	5,1±0,1	6,9±0,3	-	4,9±0,8
Óxido de cariofileno	1583	1582	-	1,6±0,2	-	1,7±0,7	-	1,2±0,2	3,1±0,6	6,2±0,2	-	6,1±0,3	-	2,7±0,3
Tujopsan-2 α -ol	1586	1586	-	-	1,4±0,0	-	-	-	-	-	4,9±0,2	-	-	-
Globulol	1589	1590	-	-	-	1,4±0,3	-	1,1±0,2	-	2,9±0,1	-	1,6±0,1	1,9±0,5	2,5±0,2
Viridiflorol	1592	1592	-	-	0,9±0,0	-	-	-	1,7±0,3	1,9±0,1	0,7±0,0	-	1,4±0,4	-
Guaiol	1597	1600	-	-	-	-	-	0,9±0,0	-	-	0,7±0,2	-	-	-
Ledol	1600	1602	-	-	-	0,9±0,0	-	-	-	2,2±0,4	-	1,4±0,1	-	1,7±0,2
Khusimone	1604	1604	-	-	-	-	-	-	-	-	1,0±0,0	-	1,4±0,4	-
5-epi-7-epi- α -eudesmol	1605	1607	-	-	-	-	-	1,1±0,1	-	-	-	-	-	-
10-epi- γ -eudesmol	1622	1622	-	-	0,1±0,0	-	-	2,1±0,2	0,8±0,2	1,3±0,0	0,7±0,0	1,2±0,1	0,6±0,2	-
γ -eudesmol	1632	1630	-	-	0,5±0,0	-	-	30,3±0,8	-	-	-	-	-	-
α -acorenol	1634	1632	-	-	6,6±1,1	1,9±0,9	-	-	-	0,4±0,0	-	-	-	-

Tabela 2.4. Constituintes e teores de OEs (%), em matéria seca, das espécies *E. resinifera* (ERS), *E. siderophloia* (ESD), *E. sphaerocarpa* (ESR), *E. umbra* (EUM), *Lophostemon confertus* (LPC) e *Syncarpia glomulifera* (SCG) coletados ao final da estação seca (1) e na estação chuvosa (2) - continuação

Constituintes	IA _C	IA _T	ERS-1	ERS-2	ESD-1	ESD-2	ESR-1	ESR-2	EUM-1	EUM-2	LPC-1	LPC-2	SCG-1	SCG-2
Epi- α -cadinol	1635	1638	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,2 \pm 0,0	-	-
Aloaromadendreno epóxido	1636	1639	-	-	-	-	-	-	-	2,2 \pm 0,1	-	-	-	-
Hinesol	1640	1640	-	-	1,3 \pm 0,3	-	-	0,9 \pm 0,0	-	-	-	-	-	-
β -eudesmol	1650	1649	0,6 \pm 0,1	0,4 \pm 0,0	-	1,6 \pm 0,7	-	13,6\pm0,3	-	-	-	-	-	-
α -cadinol	1652	1652	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,4 \pm 0,1	-	-
α -eudesmol	1653	1652	-	-	8,6 \pm 1,5	1,8 \pm 0,8	-	15,0\pm0,2	-	0,7 \pm 0,1	-	-	-	-
Selin-11-en-4 α -ol	1656	1658	-	-	8,1 \pm 1,3	-	-	-	-	-	1,1 \pm 0,0	-	-	-
Bulnesol	1670	1670	-	-	-	-	-	3,8 \pm 0,3	-	-	-	-	-	-
(2Z,6E)-farnesol	1724	1722	-	-	-	-	-	0,7 \pm 0,1	-	-	-	-	-	-
Não identificado		1208	-	-	1,9 \pm 0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Não identificado		1581	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,5 \pm 1,4	-
IDENTIFICADOS			94,9	99,1	88,1	99,8	97,1	91,2	94,4	94,3	89,4	91,5	89,8	95,6

IA_C – Índice Aritmético Calculado; IA_T – Índice Aritmético Tabelado (Adams, 2007).

2.4. Discussão

2.4.1. Teores dos óleos essenciais

Houve variação do teor de OEs obtidos nas estações seca (novembro de 2013) e chuvosa (janeiro de 2015), conforme observado na Figura 2.1. Pelo menos 10 espécies apresentaram maiores teores de OEs nas folhas coletadas na estação chuvosa, 4 espécies apresentaram maiores teores de OEs na estação seca e as outras 8 espécies mostraram pouca diferença nos teores dos OEs obtidos nas duas estações. Como é sabido, vários fatores podem influenciar na produção de OEs pelas plantas, como as condições de solo, a idade da planta e a sazonalidade. Portanto, é importante identificar as condições de cultivo das plantas e a melhor época de colheitas das folhas para obtenção de maiores teores de OEs.

Os resultados encontrados para o teores dos OEs das espécies estudadas foram comparados com resultados obtidos por outros pesquisadores em diferentes localidades. Para as espécies *E. andrewsii*, *C. henryi*, *E. phoenicea*, *C. ptychocarpa*, *E. pyrocarpa* e o híbrido *E. alba* x *E. tereticornis* não foram encontrados relatos de estudos sobre teores dos OEs.

E. cinerea cultivado em Viçosa, mostrou teor de OE semelhante às espécies, de mesmo quimiótipo, rico em 1,8-cineol, cultivadas na Tunísia (Elaissi *et al.*, 2010a), Índia (Babu *et al.*, 2009; Mann *et al.*, 2011), Austrália (Boland *et al.*, 1991) e Paraná (Brasil) (Silva *et al.*, 2011), mas inferior ao teor encontrado, em outro estudo, descrito para a mesma espécie cultivada no Paraná (6,07%) (Franco *et al.*, 2005). Entretanto, a mesma espécie cultivada no Marrocos apresentou teor de OE igual a 0,26% (Zrira *et al.*, 2004).

Para *C. citriodora* foram encontradas vários trabalhos sobre a composição química dos OEs. Pesquisas realizadas, com o mesmo quimiótipo, com elevado teor de citronelal, no Congo (Loumouamou *et al.*, 2009), Índia (Batish *et al.*, 2006b) e Benin (Bossou *et al.*, 2013), apresentaram teores de OEs variando entre 4,60 a 6,90%, superiores aos encontrados em Viçosa, nas amostras coletadas na estação seca (2,72%). Porém, o mesmo quimiótipo cultivado na Austrália (Bignell *et al.*, 1997b), Índia (Singh *et al.*, 2012; Batish *et al.*, 2006a), Paquistão (Shahwar *et al.*, 2012; Iqbal *et al.*, 2003) e Etiópia (Dagne *et al.*, 2000) apresentaram, em geral, teores de OEs inferiores aos encontrados em Viçosa, nas amostras coletadas na estação chuvosa (1,53%). Espécies cultivadas em outras regiões do Brasil, também apresentaram diferenças em relação a este trabalho. Em Botucatu (São Paulo) obteve-se baixo teor de OE, de apenas 0,66% (Batista-Pereira *et al.*, 2006a, 2006b), já em Goiás foi de 4,00% (Estanislau *et al.*, 2001) e os teores encontrados em Minas Gerais variaram de 2,56% a 6,15% (Castro *et al.*,

2008). A espécie cultivada na Tunísia (Elaiissi *et al.*, 2011) apresentou teor de OE de 3,30%, mas pertence à outro quimiótipo, sendo o 1,8-cineol seu componente principal, diferente daquele cultivado em Viçosa.

E. crebra cultivado no Paquistão (Iqbal *et al.*, 2003), mostrou teor de OE (1,47%) muito superior ao encontrado em Viçosa, que também foi inferior aos teores apresentados na Austrália (Bignell *et al.*, 1997a; Boland *et al.*, 1991).

A espécie *C. maculata*, cultivada em Viçosa, apresentou teor de OE superior em relação às espécies de mesmo quimiótipo, com o α -pineno como componente principal, cultivadas em outras regiões. Apenas espécies encontradas, pertencentes a um quimiótipo diferente, na Tunísia (Elaiissi *et al.*, 2010b) e no Congo (Silou *et al.*, 2009) apresentaram resultados superiores, de 2,20% e 2,80%, respectivamente.

E. nitens cultivado em Viçosa, mostrou teor de OE inferior ao encontrado na Etiópia (1,40%) (Dagne *et al.*, 2000) e semelhantes aos obtidos na Nova Zelândia (1,0%) (Franich, 1986) e Austrália (0,1-0,8%) (Boland *et al.*, 1991). Já *E. punctata* cultivada em Viçosa, apresentou teor de OE, superior ao encontrado para o mesmo quimiótipo, com elevado teor de 1,8-cineol, obtido na Argélia (1,41%) (Foudil-Cherif *et al.*, 2000).

C. torelliana cultivado no Mali (Chalchat *et al.*, 2000) apresentou teor de OE semelhante aos obtidos em Viçosa, já a mesma espécie obtida no Congo (Loumouamou *et al.*, 2009), mostrou teor de OE inferior.

E. pellita cultivado em Cuba (Proenza *et al.*, 2013) mostrou teor de OE de 0,89%, superior aos cultivados em Viçosa. A espécie *E. resinifera*, também cultivada em Cuba (Pino *et al.*, 2002), apresentou teor de OE de 0,58%, valor bem inferior aos obtidos em Viçosa.

A comparação dos teores de OEs para as espécies de *E. umbra*, *E. phaeotricha*, *C. intermedia*, *L. confertus* e *S. glomulifera* cultivadas na Austrália (Miranda *et al.*, 1981; Boland *et al.*, 1991; Brophy *et al.*, 1996, 2000) e em Viçosa mostraram-se semelhantes e sem diferenças significativas. Já as espécies de *E. sphaerocarpa* e *E. siderophloia*, cultivadas em Viçosa, mostraram grande variação nos teores de OEs das amostras nas coletas das duas estações, alcançando valores muito superiores aos obtidos na Austrália (Boland *et al.*, 1987, 1991).

Como citado anteriormente, as diferenças qualitativas e quantitativas na composição química dos OEs das espécies estudadas podem ser atribuídas a fatores, tais como; a localização geográfica, efeitos climáticos, natureza do solo, idade da planta, estado do material vegetal utilizado, tempo de coleta e processo de extração. Além

disso, as diferentes variedades, a sazonalidade, o ano de colheita e até mesmo as condições de armazenamento são fatores que têm sido apontados como influentes à química dos OEs.

2.4.2. Composição química dos óleos essenciais

Entre as espécies que apresentaram OEs com maiores teores de monoterpenos hidrocarbonetos (Tabelas 2.1 a 2.4), destacam-se as espécies *C. maculata*, *C. torelliana*, *E. umbra*, *E. phoenicea* e *S. glomulifera* que mostraram elevados teores de α - e β -pineno, nas duas coletas. As espécies *E. pellita* e *E. crebra* apresentaram estes componentes com altos teores apenas ao final da estação seca e *E. nitens* apresentou alto teor de α -pineno na coleta realizada na estação chuvosa e teor considerável de *p*-cimeno (37,5%) ao final da estação seca.

Cabe destacar que o α -pineno apresenta atividades repelentes a mosquitos (Wang *et al.*, 2008) e propriedades antimicrobianas. Os monoterpenos α - e β -pineno são capazes de inibir a respiração e os processos de transporte de íons, comprometendo assim a integridade celular. Eles também aumentam a permeabilidade da membrana das células de levedura e de mitocôndrias isoladas (Uribe *et al.*, 1985). Já o *p*-cimeno apresenta atividade antimicrobiana (Souza *et al.*, 2007). Além disso, *p*-cimeno, α - e β -pineno são substâncias utilizadas como aditivos para indústria de perfumes, solventes e matéria-prima para sínteses de substâncias aromáticas.

A análise dos OEs de *C. maculata* cultivado em Viçosa apresentou α -pineno como componente principal na amostra correspondente às folhas coletadas ao final da estação seca (68,1%) e na estação chuvosa (41,5%), sendo semelhante ao teor encontrado em OEs extraídos de plantas cultivadas na Austrália (Bignell *et al.*, 1997b), em Cuba (Pino *et al.*, 2002) e em plantas que foram cultivadas também em Viçosa e utilizadas no trabalho desenvolvido por Batista-Pereira *et al.* (2006a, 2006b), no qual o α -pineno apresentou teores de 29,8%; 49,7% e 39,4%, respectivamente. Resultados bem diferentes de espécies cultivadas na Tunísia (Elaiissi *et al.*, 2010b) e no Congo (Silou *et al.*, 2009), que apresentam o 1,8-cineol (34,5% e 75,2-79,9%, respectivamente) como componente majoritário de seus OEs, representando quimiótipos diferentes.

C. torelliana mostrou elevado teor de α -pineno para as amostras de OEs de folhas coletadas nas duas estações (69,6% e 68,0%, respectivamente), em Viçosa. Espécies cultivadas no Congo (Loumouamou *et al.*, 2009) e no Mali (Chalchat *et al.*, 2000) também apresentaram α -pineno (20,3-78,1% e 50,0-52,1%, respectivamente) entre os componentes principais.

Para a espécie *E. umbra*, existem apenas relatos datados de 1981 (Miranda *et al.*) indicando que espécies cultivadas na Austrália, apresentaram α -pineno entre os constituintes principais de seus OEs, mas sem informações com respeito ao seu teor, não podendo ser comparado com os resultados obtidos em Viçosa, que apresentaram β -pineno (41,7%), α -pineno (15,6%) para as amostras coletadas ao final da estação seca e β -pineno (26,3%), α -pineno (13,7%) e espatulenol (13,2%) na estação chuvosa.

Syncarpia glomulifera, cultivado em Viçosa, mostrou α - e β -pineno como componentes principais de seus OEs para as amostras de folhas coletadas ao final da estação seca (50,5% e 21,1%, respectivamente) e na estação chuvosa (46,9% e 24,0%, respectivamente). Em um trabalho conduzido na Austrália (Brophy *et al.*, 1996), foram encontrados como componentes de destaque o α -pineno (38,0%) e aromadendreno (12,3%).

As amostras de *E. pellita* coletadas em Viçosa ao final da estação seca e na chuvosa apresentaram α -pineno (35,4% e 18,3%, respectivamente) e β -pineno (21,3% e 9,5%, respectivamente) como componentes principais de seus OEs. Já o trabalho desenvolvido em Cuba (Proenza *et al.*, 2013) mostrou apenas α -pineno (27,2%) entre seus principais componentes. Outro estudo realizado na Austrália (Bignell *et al.*, 1997b) não apresentou α -pineno como componente principal de seus OEs e sim 1,8-cineol (24,5%), mostrando ser um quimiótipo diferente.

OEs de espécies de *E. crebra* cultivadas na Austrália (Brophy *et al.*, 2009) e Paquistão (Iqbal *et al.*, 2003) mostraram α -pineno (12,4% e 52,1%, respectivamente) entre os componentes principais. Porém, outro trabalho realizado na Austrália (Bignell *et al.*, 1997a), mostrou um quimiótipo diferente, pois não apresentou α - e β -pineno entre seus componentes principais. Já *E. crebra* cultivado em Viçosa apresentou grande variação de composição química de seus OEs entre os dois períodos de amostragem. Ao final da estação seca o α -pineno foi obtido com alto teor (72,9%), já na estação chuvosa apresentou baixo teor do mesmo constituinte (12,0%), além de α -felandreno (24,1%), *p*-cimeno (17,0%) e β -pineno (11,9%), entre os componentes principais. Estes resultados mostram que a composição química dos OEs pode variar muito em função da estação da colheita do material vegetal, pois as plantas em condições edafoclimáticas diferentes, embora pertencendo à mesma espécie, podem apresentar características distintas quando submetidas a condições ambientais diversas.

E. nitens é outra espécie, cultivada em Viçosa, que apresentou diferenças significativas da composição química dos OEs ao comparar as coletas das duas estações. Enquanto as amostras coletadas ao final da estação seca apresentaram o *p*-

cimeno (37,5%) como componente principal, na estação chuvosa o componente majoritário foi α -pineno (59,6%), com baixo teor de *p*-cimeno (1,2%). A mesma espécie cultivada na Nova Zelândia (Franich, 1986) não apresentou *p*-cimeno entre os componentes principais de seus OEs, assim como a espécie cultivada na Etiópia (Dagne *et al.*, 2000) que apresentou o 1,8-cineol (54,7%) e o α -pineno (21,7%) entre seus constituintes.

Os OEs das folhas de *C. intermedia* colhidas ao final da estação seca, mostraram entre os componentes principais β -pineno (24,6%) e α -pineno (18,5%). As amostras da mesma espécie coletadas na estação chuvosa, apresentaram teores menores dos dois constituintes, β -pineno (9,1%) e α -pineno (6,4%), apresentando ainda o óxido de cariofileno (14,8%) como componente em maior quantidade. OEs desta mesma espécie cultivada na Austrália (Boland *et al.*, 1991), também mostraram como constituintes principais, o α -pineno (41,0%) e o β -pineno (26,0%), sendo este o único relato encontrado. A espécie *E. siderophloia*, também apresentou um único registro na Austrália (Boland *et al.*, 1987) com OEs com elevado teor de α -pineno (66,0%), bem diferente do cultivado em Viçosa, que mostrou nas coletas ao final da estação seca o *p*-cimeno (13,5%) e o α -pineno (10,9%). Já as amostras coletadas na estação chuvosa apresentaram α -pineno (38,2%), *trans*-pinocarveol (12,2%) e α -terpineol (12,0%) como componentes predominantes nos OEs.

Em relação às espécies com alto teor de monoterpenos oxigenados (Tabelas 2.1 a 2.4), sobressaem-se *C. citriodora*, que na coleta ao final da estação seca apresentou alto teor de citronelal, distinguindo-se das amostras coletadas na estação chuvosa, uma vez que o composto majoritário foi o citronelol. As espécies *E. cinerea*, *E. punctata*, *E. resinifera*, *E. phaeotricha*, e o híbrido *E. alba* x *E. tereticornis*, apresentam OEs com alta concentração de 1,8-cineol, nas amostras coletadas nas duas estações, cujo teor variou de 48,2% a 74,8%. Segundo Doran (1991), espécies com teor de 1,8-cineol acima de 33% podem ser utilizadas para produção de OEs com aplicação medicinal.

Como destacado anteriormente, entre os vários componentes o 1,8-cineol é um dos principais das espécies de *Eucalyptus*, possuindo variadas aplicações medicinais e na indústria de cosméticos. Já o citronelal é muito utilizado em perfumaria, aromatizante e material de partida para síntese de hidroxicitronelal, componente importante para este tipo de indústria.

Os OEs da espécie de *E. cinerea* cultivada em Viçosa apresentou 1,8-cineol como componente predominante, nas amostras coletadas ao final da estação seca (70,8%) e na estação chuvosa (74,8%). O alto teor de 1,8-cineol também pode ser

observado em trabalhos realizados na Índia (Herzi *et al.*, 2013; Mann *et al.*, 2011; Babu *et al.*, 2009), Portugal (Faria *et al.*, 2011), Tunísia (Sebei *et al.*, 2015; Elaissi *et al.*, 2010a), Marrocos (Zrira *et al.*, 2004), Paraná, Brasil (Silva *et al.*, 2011; Franco *et al.*, 2005) e Argentina (Rossi e Palacios, 2015; Palacios *et al.*, 2009; Toloza *et al.*, 2006; Lucia *et al.*, 2008) onde foram encontrados o maior (88,5%) e o menor (56,9%) teor de 1,8-cineol.

OEs de *E. punctata* mostraram como principais componentes, nas coletas das estações seca e chuvosa, o 1,8-cineol (55,6% e 56,8%, respectivamente) e o α -pineno (27,2% e 34,9%, respectivamente), sendo que o mesmo quimiótipo cultivado na Argélia apresentou 1,8-cineol (58,2%), *p*-cimeno (8,8%) e α -pineno (7,7%) entre os componentes majoritários (Foudil-Cherif *et al.*, 2000).

A espécie *E. resinifera* cultivada em Viçosa apresentou OEs com 1,8-cineol (59,3%), *p*-cimeno (12,9%) e α -pineno (9,7%) entre os principais componentes das amostras coletadas ao final da estação seca, já aquelas coletadas na estação chuvosa apresentaram como componentes principais o 1,8-cineol (55,4%), *trans*-pinocarveol (11,0%) e α -pineno (8,4%). Foi encontrado na Argentina (Juan *et al.*, 2011) e em Cuba (Pino *et al.*, 2002) trabalhos com altos teores de 1,8-cineol (58,6% e 68,0%, respectivamente). Já o trabalho realizado na Austrália (Bignell *et al.*, 1997b), apresentou entre os componentes predominantes o espatulenol (14,0%), 1,8-cineol (13,0%) e *trans*-pinocarveol (11,5%).

Para a espécie *E. phaeotricha*, foi encontrado apenas um trabalho realizado na Austrália (Boland *et al.*, 1991), onde os componentes majoritários de seus OEs foram α -eudesmol (21,5%), β -eudesmol (17,0%), linalol (14,9%), γ -eudesmol (12,2%) e α -pineno (10,3%), quimiótipo diferente do obtido em Viçosa, que apresentou como componentes principais o 1,8-cineol (49,2% e 48,2%) e α -pineno (40,6% e 37,3%) nas amostras coletadas ao final da estação seca e na estação chuvosa, respectivamente.

Para os OEs do híbrido *E. alba* x *E. tereticornis* os mesmos componentes majoritários foram encontrados nas amostras coletadas nas estações seca e chuvosa, sendo os principais 1,8-cineol (70,7% e 62,7%, respectivamente), α -pineno (7,7% e 5,4%, respectivamente) e α -terpineol (5,2% e 6,3%, respectivamente). Até o presente momento, não foram encontrados relatos de trabalhos sobre a composição química de OEs do híbrido *E. alba* x *E. tereticornis*.

As espécies de *E. cinerea*, *E. punctata*, *E. resinifera*, *E. phaeotricha*, e o híbrido *E. alba* x *E. tereticornis*, cultivadas em Viçosa, são quimiótipos com OEs com potencial econômico, destacando-se como fonte de 1,8-cineol, pois além de apresentarem elevado

teor deste importante componente, apresentaram teor de OEs considerável, variando de 1,86% a 5,18% de matéria seca, como observado na Figura 2.1.

Já os OEs da espécie de *C. citriodora*, cultivada em Viçosa, apresentou alto teor de citronelal (86,8%), nas amostras coletadas ao final da estação seca e mostrou citronelol (43,6%) e citronelal (31,4%) como compostos majoritários nas amostras coletadas na estação chuvosa.

Em termos de metabolismo (Figura 2.3), todos estes compostos estão associados. Uma biossíntese a partir do ácido mevalônico dá origem ao carbocátion geranil que hidratado pode dar o geraniol. O geraniol sofrer hidrogenação parcial para dar citronelol que pode ser acetilado para dar acetato de citronelila; ele pode ser oxidado para citronelal que pode ser mais oxidado para ácido citronílico. Uma ciclização enzimática do citronelal pode levar a (-)-isopulegol (Craveiro e Queiroz, 1993, Baser e Buchbauer, 2010). Assim, a diminuição da produção de citronelal na estação seca pode ser explicada por uma menor oxidação do citronelol.

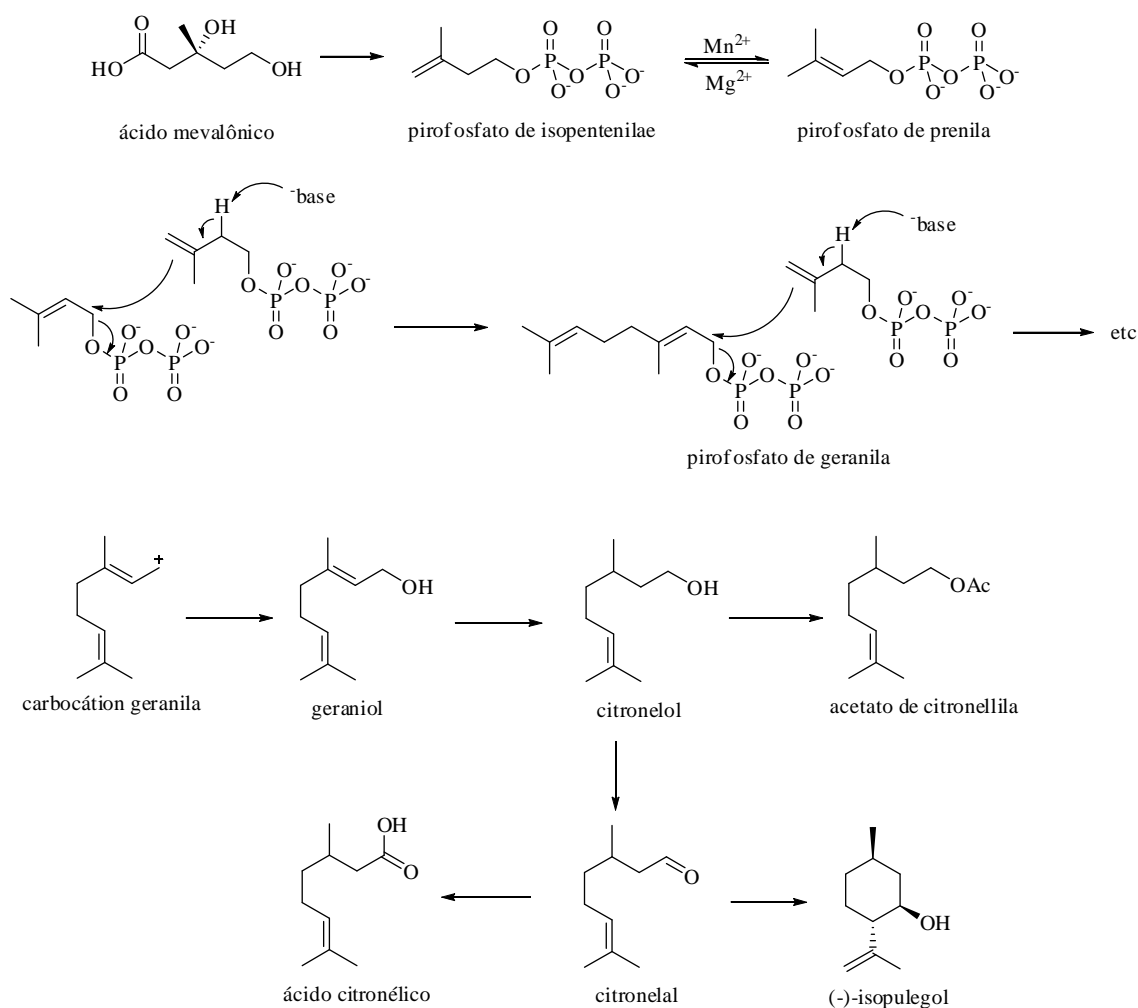


Figura 2.3 – Biossíntese de monoterpênoides (Baser e Buchbauer, 2010 - modificado).

Vários relatos sobre a composição química dos OEs foram encontrados para *C. citriodora*. No Quênia (Karemu *et al.*, 2013), Tunísia (Elaissi *et al.*, 2011) e Índia (Sultana *et al.*, 2008) foi observado um quimiótipo diferente, sendo o 1,8-cineol seu componente principal. Em todos os outros relatos o citronelal estava entre os componentes principais, sendo que o menor valor foi obtido na Colômbia (Olivero-Verbel *et al.*, 2010), com teor de 40,0%, próximo ao encontrado em Viçosa nas coletas da estação chuvosa. O maior valor foi observado em Minas Gerais (Chagas *et al.*, 2002), com 94,9%, superior ao encontrado em Viçosa nas coletas ao final da estação seca.

Algumas espécies apresentaram OEs com teores consideráveis de sesquiterpenos. A espécie de *L. confertus* apresentou OEs com maior teor de sesquiterpeno hidrocarboneto, destacando entre seus componentes principais o aromadendreno (12,0%), nas amostras coletadas ao final da estação seca, e na estação chuvosa valenceno (12,9%) e aromadendreno (11,4%). A mesma espécie cultivada na Austrália (Brophy *et al.*, 2000), apresentou α -pineno (32,9%) e aromadendreno (10,9%) entre os constituintes mais importantes.

Já os OEs da espécie de *E. pyrocarpa* apresentou elevado teor de sesquiterpeno oxigenado, e até o presente momento, nenhum trabalho foi encontrado sobre a composição de seus OEs. Esta espécie apresentou teor considerável dos isômeros de eudesmol. As folhas coletadas ao final da estação seca, mostrou como componentes principais α -eudesmol (30,9%), 7-epi- α -eudesmol (15,6%) e γ -eudesmol (15,1%); para as amostras coletadas na estação chuvosa os componentes principais foram β -eudesmol (40,0%), γ -eudesmol (25,1%) e α -eudesmol (20,4%). Os compostos α -, β - e γ -eudesmol são utilizados na indústria de cosméticos como fixador de perfumes. Portanto *E. pyrocarpa*, cultivado em Viçosa, se mostrou uma boa fonte destes compostos, apresentando também considerável teor de OE nas amostras obtidas nas estações seca (1,73%) e chuvosa (2,20%).

Também não foram encontrados, até o presente momento, relatos de trabalhos sobre OEs de *C. henryi*, cujas amostras coletadas ao final da estação seca apresentaram 1,8-cineol (41,8%), elemol (13,1%) e α -eudesmol (10,5%) como componentes principais, diferente das coletadas na estação chuvosa que apresentaram β -eudesmol (23,4%), α -eudesmol (15,2%) e γ -eudesmol (12,3%).

A espécie *E. sphaerocarpa* cultivada em Viçosa também apresentou variação na composição química de seus OEs, nas coletas ao final da estação seca, 1,8-cineol (37,9%), *p*-cimeno (16,7%) e α -felandreno (15,1%) foram os componentes principais e

naquelas realizadas na estação chuvosa, foram γ -eudesmol (30,3%), α -eudesmol (15,0%), β -eudesmol (13,6%) e 1,8-cineol (16,4%). A mesma espécie cultivada na Austrália (Boland *et al.*, 1991), apresentou α -felandreno (28,2%), 1,8-cineol (23,0%) e *p*-cimeno (13,3%) como componentes de destaque.

A composição química, a partir da mesma espécie de planta, pode variar significativamente em qualidade e quantidade, dependendo da distribuição geográfica e fatores ambientais, tais como o clima, a fase do desenvolvimento vegetal no momento da colheita e sazonalidade (Geocze *et al.*, 2013), incluindo condições edáficas (Seixas *et al.*, 2013). Portanto, a padronização das épocas de colheita e do cultivo sob as mesmas condições é importante, uma vez que estes fatores interferem na composição química dos OEs produzidos.

2.5. Conclusão

As espécies da família Myrtaceae estudadas apresentaram composição química variada dos OEs extraídos de suas folhas. Entre aquelas que mostraram elevados teores de α - e β -pineno, destaca-se a *C. maculata*, que pode ser explorada como fonte comercial de α -pineno para a indústria de perfumes e cosméticos, bem como para a indústria de química fina.

Várias espécies apresentaram o 1,8-cineol como componente principal, entre elas sobressaem-se *E. cinerea* e o híbrido *E. alba* x *E. tereticornis*, com elevado teor deste componente e excelentes teores de OEs. Os referidos OEs, podem ser comercializados, pois se enquadram nas normas comerciais nacionais e internacionais, que exigem o conteúdo mínimo de 70% para 1,8-cineol. Além de ser utilizado para fins medicinais, o 1,8-cineol apresenta grande potencial econômico para a indústria de alimentos e perfumaria.

Os OEs das espécies de *E. sphaerocarpa* e *C. henryi* coletados na estação chuvosa, apresentaram elevados teores de OEs, mas mostraram diferenças significativas em sua composição química em relação às amostras colhidas ao final da estação seca. *C. henryi* não apresentou 1,8-cineol em sua composição, nas amostras coletadas na estação chuvosa, tendo como principais constituintes os isômeros α -, β - e γ -eudesmol. A espécie *E. sphaerocarpa* apresentou baixa concentração de 1,8-cineol, apresentando também os isômeros α -, β - e γ -eudesmol como constituintes principais nas coletas realizadas na estação chuvosa. As diferenças nos resultados mostram a importância da escolha da estação de colheita, para se obter o produto com as concentrações desejadas, já que os isômeros de eudesmol são importantes para indústria de cosméticos, sendo usado como

fixador de perfumes.

Outra espécie que merece destaque é *E. pyrocarpa*, que apresentou considerável teor de OE e composição química de importante conteúdo, onde os componentes principais foram α -eudesmol, 7-epi- α -eudesmol e γ -eudesmol na coleta realizada ao final da estação seca e α -, β - e γ -eudesmol na coleta realizada na estação chuvosa. Assim como *C. henryi* e *E. sphaerocarpa*, pode ser utilizado como fonte desses sesquiterpenos.

A espécie *C. citriodora*, cultivada em Viçosa, apresentou elevado teor de citronelal e excelente teor de OE na coleta realizada ao final da estação seca, semelhante à maioria dos trabalhos encontrados, mas as folhas desta mesma planta coletada na estação chuvosa apresentou redução no teor de OE e de citronelal, tendo o citronelol com teor mais elevado. O OE obtido nas amostras coletadas ao final da estação seca também pode ser explorado comercialmente, pois seu conteúdo de citronelal é superior a 70%. O citronelal além de ser utilizado pela indústria de perfumaria, sendo o Brasil um dos maiores exportadores, apresenta diversas bioatividades comprovadas, como repelente de insetos e ação fungicida.

Finalmente, as espécies de Myrtaceae cultivadas em Viçosa constituem fontes promissoras para a exploração comercial de terpenos bioativos e produtos importantes na indústria química. Esta pesquisa apresenta ainda, relatos inéditos da composição química dos OEs das espécies *E. andrewsii*, *C. henryi*, *E. phoenicea*, *C. ptychocarpa*, *E. pyrocarpa* e o híbrido *E. alba* x *E. tereticornis*.

Referências

1. Adams, R.P., 2007. Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectroscopy. 4th Edition, Allured Publishing Corporation, IL, USA.
2. ASAE, 2000. American Society of Agricultural Engineers; Standards Engineering Practices Data, Moisture Measurement ASAE S358.2 DEC99, Forages.
3. Babu, G. D. K., Singh, B., 2009. Simulation of *Eucalyptus cinerea* oil distillation: A study on optimization of 1,8-cineole production. *Biochem. Eng. J.* 44, 226-231.
4. Baser, K.H.C., Buchbauer, G., 2010. Handbook of essential oils. Science, Technology, and Applications. 2th Edition, CRC Press Book, New York, USA, p. 130.
5. Batish, D.R., Singh, H.P., Kohli, R.K., Kaur, S., 2008. *Eucalyptus* essential oil as a natural pesticide. *Forest Ecol. Manag.* 256, 2166-2174.
6. Batish, D.R., Singh, H.P., Setia, N., Kaur, S., Kohli, R.K., 2006a. Chemical composition and inhibitory activity of essential oil from decaying leaves of *Eucalyptus citriodora*. *Z. Naturforsch.* 61, 52-56.
7. Batish, D.R., Singh, H.P., Setia, N., Kaur, S., Kohli, R.K., 2006b. Chemical composition and phytotoxicity of volatile essential oil from intact and fallen leaves of *Eucalyptus citriodora*. *Z. Naturforsch.* 61, 465-471.
8. Batista-Pereira, L.G., Fernandes, J.B., Correa, A.G., Silva, M.F.G.F., Vieira, P.C., 2006b. Electrophysiological responses of *Eucalyptus* brown looper *Thyrinteina arnobia* to EOs of seven *Eucalyptus* species. *J. Braz. Chem. Soc.* 17, 555-561.
9. Batista-Pereira, L.G., Fernandes, J.B., Silva, M.F.G.F., Vieira, P.C., Bueno, O.C., Correia, A.G., 2006a. Electrophysiological responses of *Atta sexdens rubropilosa* workers to EOs of *Eucalyptus* and its chemical composition. *Z. Naturforsch.* 61, 749-755.
10. Beadle, C., Sands, P., 2004. Synthesis of the physiological, environmental, genetic and silvicultural determinants of the growth and productivity of eucalypts in plantations. *For. Ecol. Manage.* 193, 1-3.
11. Bignell, C.M., Dunlop, P.J., Brophy, J.J., 1997b. Volatile leaf oils of some Queensland and Northern Australian species of the genus *Eucalyptus* (Series II) Part II. Subgenera (a) Blakella, (b) Corymbia, (c) Unnamed, (d) Idiogenes, (e) Monocalyptus and (f) Symphyomyrtus. *Flavour Frag. J.* 12, 277-284.
12. Bignell, C.M., Dunlop, P.J., Brophy, J.J., Jackson, J.F., 1997a. Volatile Leaf Oils of some Queensland and Northern Australian Species of the Genus *Eucalyptus*. (Series II). Part I. Subgenus Symphyomyrtus, Section Adnataria: (a) Series Oliganthae, (b) Series Ochrophloiae, (c) Series Moluccanae, (d) Series Polyanthema, (e) Series Paniculatae, (I) Series Melliodorae and (g) Series Porantheroideae. *Flavour Frag. J.* 12, 19-27.
13. Boland, D.J., Brophy, J.J., House, A.P.N., 1991. *Eucalyptus* Leaf Oils: Use, Chemistry, Distillation and Marketing, ACIAR/CSIRO, Inkata Press, Melbourne.
14. Boland, D.J., Kleinig, D.A., Brophy, J.J., 1987. *Eucalyptus fusiformis* (Myrtaceae), a new species of Iron-bark (in the Informal E. series Paniculatae Pryor et Johnson) from North-eastern NSW. *Aust. Syst. Bot.* 10, 201-209.
15. Bossou, A.D., Mangelinckx, S., Yedomonhan, H., Boko, P.M., Akogbeto, M.C., Kimpe, N., Avlessi, F., Sohounhloue, D.C.K., 2013. Chemical composition and insecticidal activity of plant EOs from Benin against *Anopheles gambiae* (Giles). *Parasit. Vectors* 6, 337.
16. Brouckhoff, E.G., Jactel, H., Parrotta, J.A., Ferraz, S.F.B., 2013. Role of eucalypt and other planted forests in biodiversity conservation and the provision of biodiversity-related ecosystem services. *For. Ecol. Manage.* 310, 43-50.
17. Brophy, J.J., Forster, P.I., Goldsack, R.J., Hibbert, D.B., Punruckvong, A., 2009. Essential oil variation in *Eucalyptus crebra*, *E. melanophloia* (Myrtaceae) and their hybrids. *Aust. J. Bot.* 57, 425-431.
18. Brophy, J.J., Goldsack, R.J., Bean, A.B., Forster, P.I., Fookes, C.J.R., 1996. The leaf essential oils of the genus *Syncarpia* Ten. (Myrtaceae). *Flavour Frag. J.* 11, 361-366.
19. Brophy, J.J., Goldsack, R.J., Forster, P.I., 2000. Essential oils of the genus *Lophostemon* (Myrtaceae). *Flavour Frag. J.* 15, 17-20.
20. Castro, N.E.A., Carvalho, G.J., Cardoso, M.G., Pimentel, F.A., Correa, R.M., Guimarães, L.G.L., 2008. Avaliação de rendimento e dos constituintes químicos do óleo essencial de folhas de *Eucalyptus citriodora* Hook. colhidas em diferentes épocas do ano em municípios de Minas Gerais.

21. Chagas, A.C.S., Passos, W.M., Prates, H.T., Leitem, R.C., Furlong, J., Fortes, I.C.P., 2002. Acaricide effect of *Eucalyptus* spp. EOs and concentrated emulsion on *Boophilus microplus*. *Braz. J. Vet. Res. An. Sci.* 39, 247-253.
22. Chalchat, J.C., Garry, R.P., Sidibé, L., Harama, M., 2000. Aromatic plants of Mali (V): Chemical composition of essential oils of four *Eucalyptus* species implanted in Mali: *Eucalyptus camaldulensis*, *E. citriodora*, *E. torelliana* and *E. tereticornis*. *J. Essent. Oil Res.* 12, 695-701.
23. Conceição, G.M., Aragão, J.G., 2010. Diversidade e importância econômica das Myrtaceae do Cerrado, Parque Estadual do Mirador, Maranhão. *Sci. Plena* 6.
24. Craveiro, A.A., Queiroz, D.C., 1993. Óleos essenciais e química fina. *Quim. Nova* 16, 224-228.
25. Dagne, E., Bisrat, D., Alemayehu, M., Worku, T., 2000. Essential Oils of Twelve *Eucalyptus* Species from Ethiopia. *J. Essent. Oil Res.* 12, 467-470.
26. Doran, J.C., 1991. Commercial sources, uses, formation, and biology. In: D. Boland, J., Brophy, J. J., House, A. P. N. *Eucalyptus* leaf oils: use, chemistry, distillation and marketing. Melbourne: Inkata, pp. 11-28.
27. Elaissi, A., Marzouki, H., Medini, H., Khouja, M.L., Farhat, F., Lynene, F., Harzallah-Skhiri, F., Chemli, R., 2010a. Variation in volatile leaf oils of 13 *Eucalyptus* species harvested from Souinet Arboreta (Tunisia). *Chem. Biodivers.* 7, 909-921.
28. Elaissi, A., Medini, H., Khouja, M.L., Simmonds, M., Lynene, F., Farhat, F., Chemli, R., Harzallah-Skhiri, F., 2010b. Variation in volatile leaf oils of eleven *Eucalyptus* species Harvested from Korbous Arboreta (Tunisia). *Chem. Biodivers.* 7, 1841-1854.
29. Elaissi, A., Salah, K.H., Mabrouk, S., Larbi, K.M., Chemli, R., Harzallah-Skhiri, F., 2011. Antibacterial activity and chemical composition of 20 *Eucalyptus* species' EOs. *Food Chem.* 129, 1427-1434.
30. Estanislau, A.A., Barros, F.A.S., Peña, A.P., Santos, S.C., Ferri, P.H., Paula, J.R., 2001. Composição química e atividade antibacteriana dos óleos essenciais de cinco espécies de *Eucalyptus* cultivadas em Goiás. *Rev. Bras. Farmacogn.* 11, 95-100.
31. Faria, J.M.S., Lima, A.S., Mendes, M.D., Leiria, R., Geraldés, D.A., Figueiredo, A.C., Trindade, H., Pedro, L.G., Barroso, J.G., 2011. *Eucalyptus* from mata experimental do Escaroupim (Portugal): Evaluation of the essential oil composition from sixteen species. *Acta Hort.* 925, 61-66.
32. Foudil-Cherif, Y., Meklati, B.Y., Verzera, A., Mondello, L., Dugo, G., 2000. Chemical examination of essential oils from the leaves of nine *Eucalyptus* species growing in Algeria. *J. Essent. Oil Res.* 12, 186-191.
33. Franco, J., Nakashima, T., Franco, L., Boller, C., 2005. Composição química e atividade antimicrobiana *in vitro* do óleo essencial de *Eucalyptus cinerea* F. Mull. Ex Benth., Myrtaceae, extraído em diferentes intervalos de tempo. *Rev. Bras. Farmacogn.* 15, 191-194.
34. Franich, R.A., 1986. Essential oil composition of juvenile leaves from coppiced *Eucalyptus nitens*. *Phytochemistry* 25, 245-246.
35. Geocze, K.C., Barbosa, L.C.A., Fidencio, P.H., Silvério, F.O., Lima, C.F., Barbosa, M.C.A., Ismail, F.M.D., 2013. Essential oils from pequi fruits from the Brazilian Cerrado ecosystem. *Food Res. Int.* 54, 1-8.
36. Goodger, J.Q.D., Woodrow, I.E., 2008. Selection gains for essential oil traits using micropropagation of *Eucalyptus polybractea*. *Forest Ecol. Manag.* 255, 3652-3658.
37. Herzi, N., Bouajila, J., Camy, S., Cazaux, S., Romdhane, M., Condoret, J.S., 2013. Comparison between supercritical CO₂ extraction and hydrodistillation for two species of *Eucalyptus*: yield, chemical composition, and antioxidant activity. *J. Food Sci.* 78, 667-672.
38. Iqbal, Z., Hussain, I., Hussain, A., Ashraf, M.Y., 2003. Genetic variability to essential oil contents and composition in five species of *Eucalyptus*. *Pak. J. Bot.* 35, 843-852.
39. Juan, L., Lucia, A., Zerba, E., Harrand, L., Marco, M., Masuh, H., 2011. Chemical composition and fumigant toxicity of the EOs from 16 species of *Eucalyptus* against *Haematobia irritans* (L.) (Diptera: Muscidae) adults. *J. Econ. Entomol.* 104, 1087-1092.
40. Karemu, C.K., Ndung'u, M.W., Githua, M., 2013. Repellent effects of EOs from selected *Eucalyptus* species and their major constituents against *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). *Int. J. Trop. Insect Sci.* 33, 188-194.
41. Loumouamou, A.N., Silou, T., Mapola, G., Chalchat, J.C., Figuéredo, G., 2009. Yield and composition of essential oils from *Eucalyptus citriodora* x *Eucalyptus torelliana*, a hybrid species growing in Congo-Brazzaville. *J. Essent. Oil Res.* 21, 295-299.

42. Lucia, A., Licastro, S., Zerba, E., Masuh, H., 2008. Yield, chemical composition, and bioactivity of EOs from 12 species of *Eucalyptus* on *Aedes aegypti* larvae. *Entomol. Exp. Appl.* 129, 107-114.
43. Mann, T.S., Kiran, B.G., Guleria, S., Singh, B., 2011. Comparison of *Eucalyptus cinerea* essential oils produced by hydrodistillation and supercritical carbon dioxide extraction. *Nat. Prod. Commun.* 6, 107-110.
44. Minuzzi, R.B., Sediyaama, G.C., Barbosa, E.M., Júnior, J.C.F.M., 2007. Climatologia do comportamento do período chuvoso da região sudeste do Brasil. *Rev. Bras. Meteorol.* 22, 338-344.
45. Miranda, M., Zayas, J.R.P., Henriques, R.D., 1981. Study of the principal componentes of 19 species of *Eucalyptus* acclimated in Cuba (in Spanish). *Rev. Cub. Farm.* 15, 106-114.
46. Morais, L.M.F., Conceição, G.M., Nascimento, J.M., 2014. Família Myrtaceae: análise morfológica e distribuição Geográfica de uma coleção botânica. Agrarian Academy, Centro Científico Conhecer, Goiânia, 1, 317.
47. Olivero-Verbel, J., Nerio, L.S., Stashenko, E.E., 2010. Bioactivity against *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae) of *Cymbopogon citratus* and *Eucalyptus citriodora* EOs grown in Colombia. *Pest. Manag. Sci.* 66, 664-668.
48. Palacios, S.M., Bertoni, A., Rossi, T., Santander, R., Urzúa, A., 2009. Efficacy of EOs from edible plants as insecticides against the house fly, *Musca Domestica* L. *Molecules* 14, 1938-1947.
49. Pino, J.A., Marbot, R., Quert, R., Garcia, H., 2002. Study of EOs of *Eucalyptus resinifera* Smith, *E. tereticornis* Smith and *Corymbia maculata* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson, grown in Cuba. *Flavour Frag. J.* 17, 1-14.
50. Proenza, Y.G., Álvarez, R.Q., Tamayo, Y.V., Saavedra, M.A., García, Y.S., Espinosa, R.H., 2013. Chemical composition and antibacterial activity of the essential oil from *Eucalyptus pellita* F. Muell. *J. Med. Pl. Res.* 7, 1979-1983.
51. Romagnolo, M.B., Souza, M.C., 2004. Os gêneros *Calycorectes* O. Berg, *Hexachlamys* O. Berg, *Myrcianthes* O. Berg, *Myrciaria* O. Berg e *Plinia* L. (Myrtaceae) na planície alagável do alto rio Paraná, Brasil. *Acta Bot. Bras.* 18, 613-627.
52. Rossi, Y.E., Palacios, S.M., 2015. Insecticidal toxicity of *Eucalyptus cinerea* essential oil and 1,8-cineole against *Musca domestica* and possible uses according to the metabolic response of flies. *Ind. Crops Prod.* 63, 133-137.
53. Santos, L.D.T., Thadeo, M., Iarema, L., Meira, R.M.S.A., Ferreira, F.A., 2008. Foliar anatomy and histochemistry in seven species of *Eucalyptus*. *Rev. Árvore*, 32, 769-779.
54. Sebei, K., Sakouhi, F., Herchi, W., Khouja, M.L., Boukhchina, S., 2015. Chemical composition and antibacterial activities of seven *Eucalyptus* species EOs leaves. *Biol. Res.* 48, 7.
55. Seixas, P.T.L., Castro, H.G., Cardoso, P.D., Chagas Júnior, A.F., Nascimento, I.R., Barbosa, L.C.A., 2013. Efeito da adubação mineral na produção de biomassa e no teor e composição do óleo essencial do capim-citronela. *Bioscience J.* 29, 852-858.
56. Shahwar, D., Raza, M. A., Bukhari, S., Gulshan Bukhari, G., 2012. Ferric reducing antioxidant power of essential oils extracted from *Eucalyptus* and *Curcuma* species. *Asian Pac. J. Trop. Biomed.* 1633-1636.
57. Silou, T., Loumouamou, A.N., Loukakou, E., Chalchat. J.C., Figuérédo, G., 2009. Intra and interspecific variations of yield and chemical composition of essential oils from five *Eucalyptus* species growing in the Congo-Brazzaville. *Corymbia* subgenus. *J. Essent. Oil Res.* 21, 203-211.
58. Silva, S.M., Abe, S.Y., Murakami, F.S., Frensch, G., Marques, F.A., Nakashima, T., 2011. EOs from different plant parts of *Eucalyptus cinerea* F. Muell. ex Benth. (Myrtaceae) as a source of 1,8-cineole and their bioactivities. *Pharmaceuticals*, 4, 1535-1550.
59. Singh, H.P., Kaur, S., Negi, K., Kumari, S., Saini, V., Batish, D.R., Kohli, R.K., 2012. Assessment of *in vitro* antioxidant activity of essential oil of *Eucalyptus citriodora* (lemon-scented Eucalypt; Myrtaceae) and its major constituents. *Food Sci. Technol.* 48, 237-241.
60. Souza, E.L., Stamford, T.L.M., Lima, E.O., Trajano, V.N., 2007. Effectiveness of *Origanum vulgare* L. essential oil to inhibit the growth of food spoiling yeasts. *Food Control* 18, 409-413.
61. Sultana, S., Ali, M., Ansari, S.H., Bagri, P., 2008. The effect of physical factors on chemical composition of the essential oil of *Eucalyptus citriodora* Hook. leaves. *J. Essent. Oil Bear. Pl.* 11, 69-74.
62. Toloza, A.C., Zygadlo, J., Mougabure, C.G., Biurrun, F., Zerba, E., Picollo, M.I., 2006. Fumigant and repellent properties of EOs and component compounds against permethrin-resistant *Pediculus humanus capitis* (Anoplura: Pediculidae) from Argentina. *J. Med. Entomol.* 43, 889-895.
63. Tomaz, M.A., Costa, A.V., Rodrigues, W.N., Pinheiro, P.F., Parreira, L.A., Rinaldo, D., Queiroz,

- V.T., 2014. Chemical composition and allelopathic activity of the *Eucalyptus* essential oil. *Biosci. J.* 30, 475-483.
64. Uribe, S., Ramirez, J., Pena, A., 1985. Effects of β -pinene on yeast membrane functions. *J. Bacteriol.* 161, 1195-1200.
65. Wang, Z., Song, J., Chen, J., Song, Z., Shang, S., Jiang, Z., Han, Z., 2008. QSAR study of mosquito repellents from terpenoids with a six-member-ring. *Bioorg. Med. Chem. Lett.* 18, 2854-2859.
66. Zrira, S., Bessiere, J.M., Menut, C., Elamrani, A., Benjilali, B., 2004. Chemical composition of the essential oil of nine *Eucalyptus* species growing in Morocco. *Flavour Fragr. J.* 19, 172-175.

CAPÍTULO 3

AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE INSETICIDA DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE ESPÉCIES DE MYRTACEAE CONTRA *Plutella xylostella*

RESUMO

Este capítulo descreve a investigação da atividade inseticida dos OEs extraídos de folhas de vinte e duas espécies de Myrtaceae, sendo quatorze espécies de *Eucalyptus*, seis espécies de *Corymbia*, além das espécies *Lophostemon confertus* e *Syncarpia glomulifera* contra *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae), a principal praga de brássicas no mundo. Os OEs mais ativos foram obtidos a partir de folhas de *C. citriodora* coletadas durante a estação seca e presentes como componentes principais citronelal (86,8%) e (-)-isopulegol (4,7%). Com 30 $\mu\text{g mg}^{-1}$ de inseto, estes OEs causaram 80% de mortalidade de *P. xylostella* e apresentaram atividade superior ($\text{DL}_{50} = 21,53 \mu\text{g mg}^{-1}$ de inseto, $\text{DL}_{90} = 42,29 \mu\text{g mg}^{-1}$ de inseto) ao óleo de neem ($\text{DL}_{50} = 30,79 \mu\text{g mg}^{-1}$ de inseto, $\text{DL}_{90} = 161,11 \mu\text{g mg}^{-1}$ de inseto) utilizado como controle positivo nos bioensaios. Além disso, os OEs de *C. citriodora* da estação seca exercem rápido controle sobre *P. xylostella*. Os efeitos desses OEs também foram avaliados contra *Solenopsis saevissima*, um predador natural de *P. xylostella*, e *Tetragonisca angustula*, um polinizador. Enquanto os OEs de *C. citriodora* apresentam baixa toxicidade em *S. saevissima*, alta toxicidade foi observada contra *T. angustula*. Os bioensaios demonstraram efeito sinérgico entre os principais componentes dos OEs de *C. citriodora* da estação seca. Com base nos achados descritos nesta investigação, sugere-se que os OEs de *C. citriodora* possam ser uma alternativa ao controle por inseticidas de *P. xylostella*.

ABSTRACT

This chapter describes the investigation of the insecticidal activity of EOs extracted from leaves of twenty-two species of Myrtaceae, fourteen species of *Eucalyptus*, six species of *Corymbia*, besides species *Lophostemon confertus* and *Syncarpia glomulifera* against *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae), the main brassica pest worldwide. The most active EO was obtained from leaves of *C. citriodora* collected during the dry season and present as the main components citronellal (86.8%) and (-)-isopulegol (4.7%). At 30 $\mu\text{g mg}^{-1}$ of insect, this EO caused 80% mortality of *P. xylostella* and presented superior activity ($\text{LD}_{50} = 21.53 \mu\text{g mg}^{-1}$ of insect; $\text{LD}_{90} = 42.29 \mu\text{g mg}^{-1}$ of insect) than neem oil ($\text{LD}_{50} = 30.79 \mu\text{g mg}^{-1}$ of insect; $\text{LD}_{90} = 161.11 \mu\text{g mg}^{-1}$ of insect) used as positive control in the bioassays. In addition, dry season leaf *C. citriodora* EOs exert fast control on *P. xylostella*. The effects of these EOs were also evaluated against *Solenopsis saevissima*, a natural predator of *P. xylostella*, and *Tetragonisca angustula*, a pollinator. While *C. citriodora* EOs present low toxicity on *S. saevissima*, high toxicity was noticed against *T. angustula*. Bioassays demonstrated synergistic effects between the main components of dry season leaf *C. citriodora* EOs. Based on the findings described in this investigation, it is suggested that *C. citriodora* EOs can be an alternative to insecticide control.

3.1. Introdução

Os insetos representam um problema importante para os seres humanos. Há uma miríade de insetos que causam severas perdas aos fazendeiros devorando suas colheitas (Ware, 1999). Pode-se afirmar que os insetos competem com o homem por alimentos e fontes de fibra em todo o mundo. Além disso, os insetos são os vetores de várias doenças importantes como dengue, malária e leishmaniose. Em vista destes problemas, o controle de várias espécies de inseto é altamente desejável.

O método mais utilizado para controlar insetos é o emprego de inseticidas convencionais. No entanto, a aplicação intensiva destes produtos químicos nas plantas pode resultar em efeitos nocivos para o ambiente, danos na segurança alimentar e na seleção de populações resistentes. Por exemplo, um terço das plantas cultivadas depende das abelhas para a polinização (Klein *et al.*, 2007). *Tetragonisca angustula* Latreille (Hymenoptera: Apidae: Meliponinae) é uma espécie sem ferrão e um importante polinizador de plantas na região Neotropical (Moreno *et al.*, 2009; Braga *et al.*, 2012). Um problema que tem preocupado a comunidade mundial é o declínio das populações de abelhas em várias partes do mundo (Bernal *et al.*, 2010; Neumann e Carreck, 2010). Uma hipótese para este problema é o uso de alguns grupos de inseticidas convencionais (Goulson, 2013), que eliminam os insetos indesejáveis e provavelmente os polinizadores.

Uma alternativa possível para superar os problemas mencionados relacionados com o emprego de inseticidas convencionais é o uso de produtos naturais quer como inseticida *per se* ou como esqueleto de carbono que pode ser modificado por síntese orgânica para dar compostos com propriedades mais adequadas para fins agroquímicos (Copping e Duke, 2007; Cantrell *et al.*, 2012, Sparks *et al.*, 2016). Os produtos naturais são mais seguros do que os inseticidas convencionais devido à sua rápida degradação no ambiente. Além disso, apresentam baixa toxicidade para os inimigos naturais, humanos e outros mamíferos (Chaudhary *et al.*, 2011; Bandeira *et al.*, 2013).

A traça das crucíferas, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) é a principal praga de brássicas em todo o mundo (Mohan e Gujar, 2001; Chaudhary *et al.*, 2011; Abro *et al.*, 2013; Grzywacz *et al.*, 2010; Bacci *et al.*, 2009a). Esta espécie causa perdas severas em colheitas de brócolis, couve, repolho, canola, couve-flor e mostarda. Suas larvas alimentam-se das folhas das lavouras, ocasionando redução na área fotossintética, crescimento retardado que, em casos extremos, leva à morte das plantas (Bacci *et al.*, 2009a). A importância global desta praga pode ser verificada pelos valores

gasto em todo o mundo em seu controle. Na década de 1990, o custo anual foi de US \$ 1 bilhão (Talekar e Shelton, 1993), chegando hoje a US \$ 4-5 bilhões por ano (Abro *et al.*, 2013; Kumrungsee *et al.*, 2014).

Como acontece com a maioria das espécies de insetos, o uso de inseticidas tradicionais tem sido o principal método usado para controlar *P. xylostella* (Sarfraz e Keddie, 2005). No entanto, muitos destes produtos perdem a sua eficácia no controle desta espécie devido à seleção de populações de pragas resistentes. Isso ocorre porque *P. xylostella* tem uma variedade de mecanismos bioquímicos e comportamentais que estão envolvidos no desenvolvimento de resistência a inseticidas (Abro *et al.*, 2013; Chaudhary *et al.*, 2011; Mohan e Gujar, 2001; Grzywacz *et al.*, 2010). Além disso, os inseticidas tradicionais podem ter um grande impacto sobre as populações de inimigos naturais de *P. xylostella*, portanto, causando o ressurgimento de suas populações em muitas partes do mundo em níveis cada vez maiores (Lingathurai *et al.*, 2011; Bandeira *et al.*, 2013).

Em programas de manejo integrado de pragas, é importante que os inseticidas sejam eficazes no controle das pragas e que tenham baixo impacto em organismos não-alvo, como inimigos naturais e polinizadores (Bacco *et al.*, 2009b, Abro *et al.*, 2013). Um dos inimigos naturais de *P. xylostella* são as formigas predadoras do gênero *Solenopsis*, incluindo *Solenopsis saevissima* (Smith) (Hymenoptera: Formicidae). Estas formigas se alimentam de ovos, larvas e pupas de lepidópteros (Harvey e Eubanks, 2004; Ramos *et al.*, 2012).

Neste contexto, descrevemos os resultados da avaliação da atividade inseticida a *P. xylostella* de OEs extraídos de quatorze espécies de *Eucalyptus*, seis espécies de *Corymbia*, além das espécies *Lophostemon confertus* e *Syncarpia glomulifera*. Além disso, os OEs mais ativos, a saber, *Corymbia citriodora* de folhas coletadas durante a estação seca no Brasil, também foram avaliados em *S. saevissima*, o predador natural de *P. xylostella*, bem como na abelha polinizadora *T. angustula*.

3.2. Materiais e métodos

3.2.1. Reagentes

Citronelal (Sigma-Aldrich, padrão analítico, teor $\geq 98,0\%$), (-)-isopulegol (Sigma-Aldrich, teor $\geq 98,0\%$), acetona (Vetec PA, 99,5%) e óleo de neem (Azamax Parry Limited, Chennai, Índia).

3.2.2. Ensaios biológicos

Os ensaios biológicos foram conduzidos com larvas de segundo instar de *P. xylostella* e adultos de *S. saevissima* e *T. angustula*. Larvas de *P. xylostella* foram obtidas de criação mantida no laboratório e adultos de *S. saevissima* e *T. angustula* foram coletados de ninhos localizados no campus da Universidade Federal de Viçosa.

3.2.2.1. Bioensaio de triagem para *Plutella xylostella*

Para avaliar a atividade inseticida dos OEs, foram realizados ensaios biológicos com larvas de segundo instar de *P. xylostella*. Os experimentos foram conduzidos de forma completamente casualizada com quatro repetições para cada tratamento. Cada repetição consistiu de uma placa de Petri (9 cm de diâmetro x 2 cm de altura) contendo 10 insetos. Um disco de couve (9 cm de diâmetro), colocado no fundo de cada placa de Petri, foi utilizado para alimentação das larvas. A cada inseto individual, foi aplicada topicamente, através de uma micro-seringa Hamilton, 0,5 µL de uma solução dos OEs avaliados, dissolvidos em acetona, correspondendo a uma dose de 30 µg de OE mg⁻¹ de inseto. O peso médio de cada inseto foi determinado pela medida, em um balança analítica, da massa de 20 larvas de segundo instar de *P. xylostella* (Gehaka, AG200). A atividade inseticida do óleo de neem (30 µg do óleo de neem mg⁻¹ de inseto), utilizado como controle positivo, foi também avaliada contra *P. xylostella*. Como controle negativo, *P. xylostella* também foi tratada apenas com acetona. As placas de Petri foram colocadas numa incubadora a 27±2 °C, humidade relativa do ar de 75±5% e fotoperíodo de 12 horas. As contagens de mortalidade foram feitas 48 horas após a aplicação dos tratamentos. Este intervalo de tempo foi determinado em bioensaios preliminares. Foram considerados mortos os insetos que perderam a coordenação motora. Os dados de mortalidade de *P. xylostella* foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos foram comparados pelo teste de Scott-Knott a $p < 0,05$ (Scott e Knott, 1974). Os tratamentos que causaram mortalidade a *P. xylostella* $\geq 80\%$ foram selecionados para bioensaios subsequentes. Considerando que, apenas o OE das folhas de *C. citriodora*, obtido de folhas coletadas na estação seca, foi selecionado. Este critério de seleção foi utilizado porque é o mesmo utilizado no Brasil para que um produto seja considerado efetivo no controle de pragas (Silva *et al.*, 2011). A mortalidade causada pelo OE de *C. citriodora* não diferiu de 80% com o teste t em $p < 0,05$.

3.2.2.2. Bioensaio de dose-mortalidade para *Plutella xylostella*

O OE de folhas de *C. citriodora* coletadas durante a estação seca foram

submetidos a outras experiências para obter curvas dose-mortalidade. As experiências foram conduzidas por aplicação tópica de um modo semelhante ao descrito na seção 3.2.2.1. Avaliou-se o efeito sobre larvas do segundo ínstar de *P. xylostella* de seis doses diferentes de OEs de *C. citriodora* (8, 10, 16, 25, 30 e 64 $\mu\text{g mg}^{-1}$ de inseto). Os dados de dose-mortalidade foram corrigidos pelo método de Abbott (1925) e, em seguida, submetidos à análise probit utilizando o PROC PROBIT do software Statistical Analysis System (SAS) para estimar as curvas dose-mortalidade (SAS, 2013). A curva que apresentou probabilidade superior a 0,05 pelo teste χ^2 (Young e Young, 1998) foi aceita. Esta curva foi utilizada para determinar a dose letal (DL) que causa 50% e 90% de mortalidade da população de *P. xylostella*, bem como os intervalos de confiança para estas doses a 95% de probabilidade. Para comparar a potência do OE com o óleo de neem (padrão de eficiência), comparou-se a DL_{50} destes dois tratamentos. Nesta comparação, utilizaram-se os intervalos de confiança da DL_{50} a 95% de probabilidade do óleo de neem e do OE de *C. citriodora* e uma DL_{50} foi considerada diferente da outra quando sua média não se inseriu no intervalo de confiança da outra DL_{50} (Nelder e Wedderburn, 1972).

3.2.2.3. Bioensaio de tempo-mortalidade para *Plutella xylostella*

Os OEs de *C. citriodora* da estação seca foram submetidos a experimentos para obter a curva de sobrevivência. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado. Utilizaram-se 100 larvas de *P. xylostella* por tratamento. Os tratamentos foram o controle (acetona) e DL_{90} do OE de *C. citriodora* (42,29 $\mu\text{g mg}^{-1}$ de inseto). Cada unidade experimental consistia em uma placa de Petri (9 cm de diâmetro x 2 cm de altura). Os bioensaios foram conduzidos de forma semelhante aos descritos acima. A mortalidade por insetos foi observada imediatamente após a aplicação do tratamento até a morte de 100% das populações de insetos. Os dados de mortalidade de *P. xylostella*, em função do tempo após a aplicação dos tratamentos, foram submetidos à análise de sobrevivência pelo método do produto-limite de Kaplan-Meier pelo qual o tempo letal para 50% da população (TL_{50}) foi estimado (SAS, 2013).

3.2.2.4. Experimento de sinergismo

Os bioensaios foram conduzidos de forma semelhante aos descritos na seção 3.2.2.1. Os tratamentos corresponderam a doses do OE de *C. citriodora* (30 $\mu\text{g mg}^{-1}$ de inseto) e seus componentes principais (-)-isopulegol (1,54 $\mu\text{g mg}^{-1}$ de inseto) e citronelal (28,46 $\mu\text{g mg}^{-1}$ de inseto). Os componentes principais foram aplicados

topicamente quer individualmente quer em misturas nas doses correspondentes à concentração destes constituintes no OE de *C. citriodora*.

Outra experiência foi realizada como descrito acima, mas utilizando uma dose de 30,0 µg mg⁻¹ de inseto dos constituintes citronelal e (-)-isopulegol e das seguintes misturas: 94,0% de citronelal e 6,0% de (-)-isopulegol; 80,0% de citronelal e 20,0% de (-)-isopulegol; 20,0% de citronelal e 80,0% de (-)-isopulegol; 50,0% de citronelal e 50,0% (-)-isopulegol e acetona como controle.

3.2.2.5. Avaliação de risco para insetos não-alvo

Para determinar a magnitude da seletividade dos OEs de *C. citriodora*, DL₉₀ deste OE contra *P. xylostella* foram aplicados a insetos benéficos. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com seis repetições. Os bioensaios foram realizados utilizando o mesmo procedimento descrito na seção 3.2.2.1. Os insetos utilizados foram larvas de segundo ínstar de *P. xylostella* e adultos de *S. saevissima* (predador natural) e *T. angustula* (espécie de abelhas). *T. angustula* foi submetido a um fotoperíodo de 12 h enquanto *S. saevissima* foi mantido no escuro durante o experimento. Após a aplicação, estes insetos foram mantidos em placas de Petri individuais, contendo uma mistura de açúcar (85%), mel (15%) e água como alimento. As contagens de mortalidade foram feitas 48 h após o tratamento e os dados foram corrigidos para a mortalidade de controle utilizando a fórmula de Abbott (1925). Mortalidades de DL₉₀ do OE de *C. citriodora* com *S. saevissima* e *T. angustula* foram comparadas com a mortalidade causada a *P. xylostella* pelo teste t ($p < 0,05$).

3.3. Resultados

3.3.1. Avaliação da atividade inseticida dos óleos essenciais sobre *Plutella xylostella*

Pode-se observar na Figura 3.1 que os OEs de 22 espécies de Myrtaceae, a 30 µg mg⁻¹ de inseto (ANOVA, $F_{24,66} = 14,65$, $p < 0,001$), apresentam diferentes graus de eficácia contra larvas de segundo ínstar de *P. xylostella*. Após 48 horas de tratamento, a mortalidade variou de 3,3% a 80%. Com base nesta informação, os OEs foram divididos em cinco grupos. O primeiro grupo corresponde aos OEs que resultaram no maior nível de mortalidade ($\geq 80\%$). Neste caso, os OEs das folhas de *C. citriodora* coletados no final da estação seca se encaixam dentro dele. Mortalidades causadas por esses OEs a *P. xylostella* não diferiram significativamente ($p > 0,05$) de 80%. O segundo grupo inclui os OEs de *E. andrewsii*, *E. siderophloia* e o Azamax (óleo de neem), controle positivo, que causou mortalidade entre 43,3% e 55,2%. Os OEs de *C.*

maculata, *Lophostemon confertus*, *E. nitens* e *E. pyrocarpa*, que causaram mortalidade entre 31,7% a 35,6%, estão no terceiro grupo. Já no quarto grupo estão *E. phaeotricha*, *C. intermedia*, *E. umbra*, *C. henryi*, *C. torelliana*, *E. crebra*, *Syncarpia glomulifera*, *C. ptychocarpa* e *E. resinifera*, com baixas taxas de mortalidades (16,7% a 28,2%). No quinto grupo, pode-se encontrar *E. cinerea*, *E. phoenicea*, *C. citriodora* (folhas coletadas na estação chuvosa), o híbrido *E. alba x E. tereticornis*, *E. punctata*, *E. sphaerocarpa* e *E. pellita* cujos OEs causaram o menor número de mortes a *P. xylostella*, similar para aquelas que ocorreram no controle negativo. As diferenças de mortalidade podem ser atribuídas à composição química diferente dos OEs.

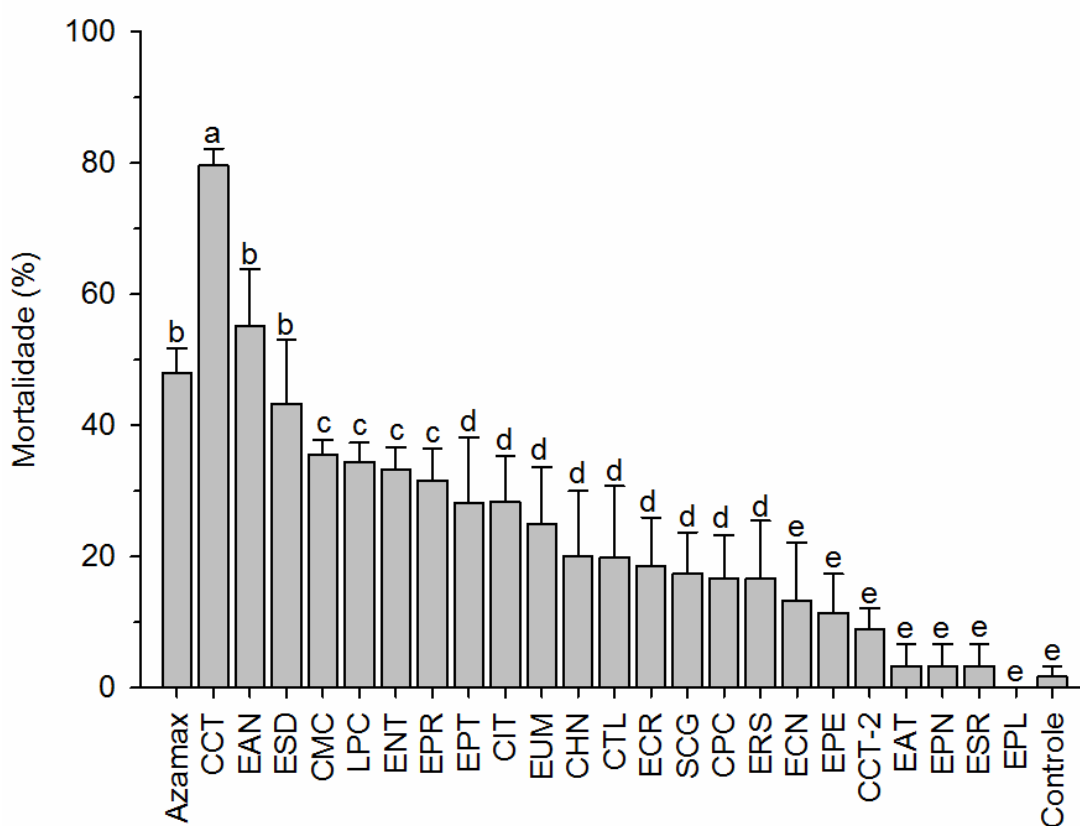


Figura 3.1. Mortalidade de larvas de segundo ínstar de *Plutella xylostella* após 48 horas de tratamento usando uma dose de 30 $\mu\text{g mg}^{-1}$ de inseto. Os valores são expressos como a média \pm erro padrão de quatro experimentos independentes. O Azamax (óleo de neem) foi utilizado como controle positivo. Foram usados os OEs das espécies *C. citriodora* (CCT) da estação seca, *E. andrewsii* (EAN), *E. siderophloia* (ESD), *C. maculata* (CMC), *Lophostemon confertus* (LPC), *E. nitens* (ENT), *E. pyrocarpa* (EPR), *E. phaeotricha* (EPT), *C. intermedia* (CIT), *E. umbra* (EUM), *C. henryi* (CHN), *C. torelliana* (CTL), *E. crebra* (ECR), *Syncarpia glomulifera* (SCG), *C. ptychocarpa* (CPC), *E. resinifera* (ERS), *E. cinerea* (ECN), *E. phoenicea* (EPE), *C. citriodora* (CCT-2) da estação chuvosa, o híbrido *E. alba x E. tereticornis* (EAT), *E. punctata* (EPN), *E. sphaerocarpa* (ESR) e *E. pellita* (EPL). Acetona foi utilizada como controle negativo. As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pela análise de agrupamento Scott-Knott a $p < 0,05$.

A legislação brasileira considera um produto adequado para controle de pragas quando sua eficácia é $\geq 80\%$. Em vista disso, os OEs de *C. citriodora* coletados ao final

da estação seca foram selecionados para serem submetidos a outros ensaios biológicos.

Comparando a composição química e as mortalidades da *P. xylostella* causadas pelos OEs, foi possível detectar correlações positivas e significativas entre essas duas variáveis para os teores de citronelal ($r = 0,67$, $p = 0,000733$), (-)-isopulegol ($r = 0,67$, $p = 0,000733$), citronelol ($r = 0,67$, $p = 0,000733$), *cis*- β -terpineol ($r = 0,44$, $p = 0,0386$) e β -felandreno ($r = 0,43$, $p = 0,0447$).

3.3.2. Dose-mortalidade e tempo-mortalidade do óleo essencial de *Corymbia citriodora* sobre *Plutella xylostella*

Conforme mencionado acima, o OE mais ativo, extraído das folhas de *C. citriodora* coletadas ao final da estação seca, apresentou 80% de mortalidade. A eficácia desse OE ($DL_{50} = 21,53 \mu\text{g mg}^{-1}$ de inseto, $DL_{90} = 42,29 \mu\text{g mg}^{-1}$ de inseto) foi superior à do óleo de neem ($DL_{50} = 30,79 \mu\text{g mg}^{-1}$ de inseto; $DL_{90} = 161,11 \mu\text{g mg}^{-1}$ de inseto) utilizado como controle positivo (Figura 3.2). O óleo de neem foi escolhido por ter sido utilizado comercialmente para o controle de *P. xylostella* e o seu efeito inseticida sobre esta espécie está relacionado com a aplicação tópica (Schmutterer, 1990; Verkerk e Wright, 1993).

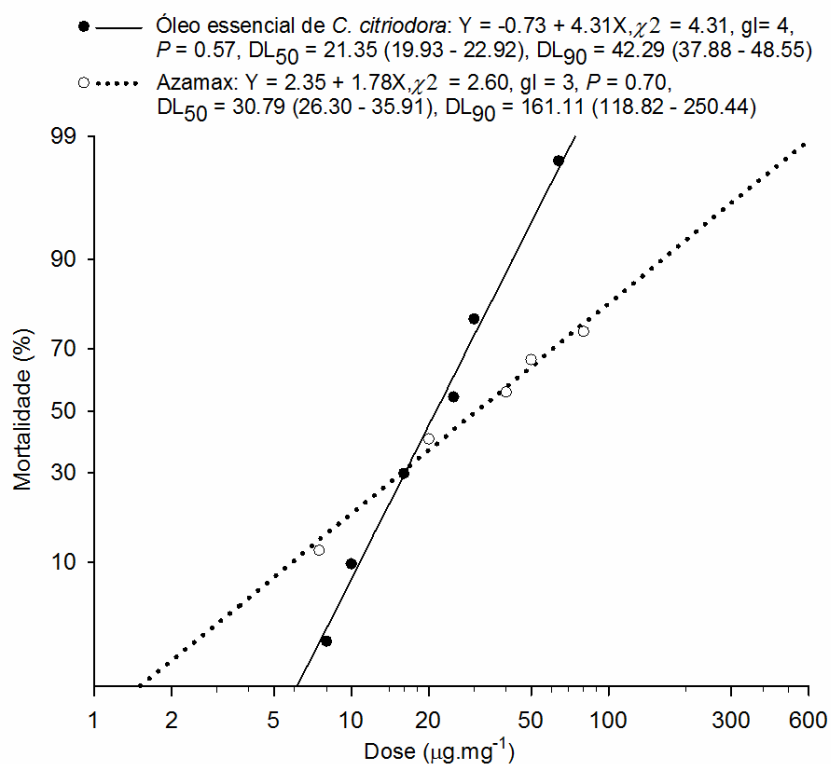


Figura 3.2. Curvas dose-mortalidade do óleo de neem e do OE de *Corymbia citriodora* sobre *Plutella xylostella* obtidas após 48 horas de tratamento.

Além disso, verificou-se que a DL₉₀ de OEs de *C. citriodora* causou 100% de mortalidade das larvas de *P. xylostella* antes de 2,5 minutos. Em contraste, durante o mesmo período de tempo, todas as larvas de *P. xylostella* tratadas no controle negativo (acetona) permaneceram vivas. Tomando o TL₅₀ do OE de *C. citriodora*, as larvas de *P. xylostella* permaneceram vivas por 0,52 minutos (Figura 3.3).

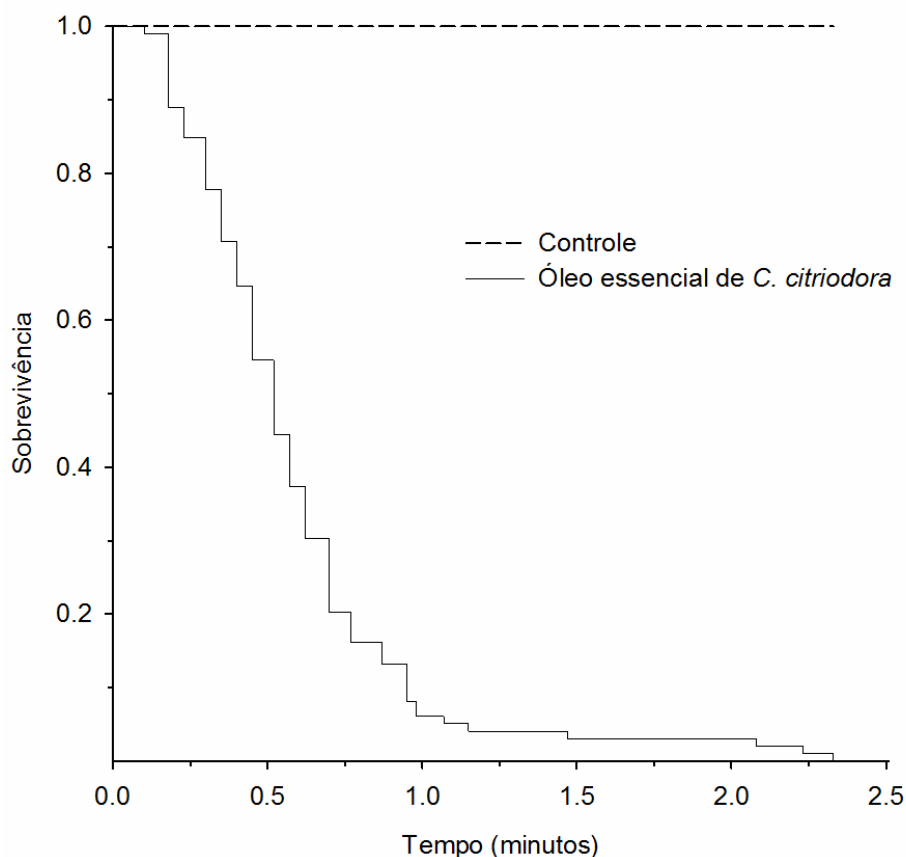


Figura 3.3. Curvas de sobrevivência de *Plutella xylostella* submetidas à aplicação do OE de *Corymbia citriodora*, obtidas ao final da estação seca à concentração de DL₉₀ (42,29 $\mu\text{g mg}^{-1}$ de inseto). Acetona foi utilizada como controle negativo.

3.3.3. Sinergismo dos principais componentes do óleo essencial de *Corymbia citriodora* da estação seca

A mistura de citronelal e (-)-isopulegol causou 84,38% de mortalidade contra *P. xylostella*, estatisticamente semelhante à mortalidade do OEs de *C. citriodora* da estação seca. No entanto, a aplicação tópica de citronelal sozinho causou 55,56%, enquanto não foi observada mortalidade para o uso de (-)-isopulegol (Figura 3.4), mas em uma concentração muito inferior (1,54 $\mu\text{g mg}^{-1}$ de inseto). Neste bioensaio, houve diferença significativa na mortalidade de larvas de *P. xylostella* entre os tratamentos (ANOVA - análise de variância, $F_{4,15} = 173,16$, $p < 0,001$).

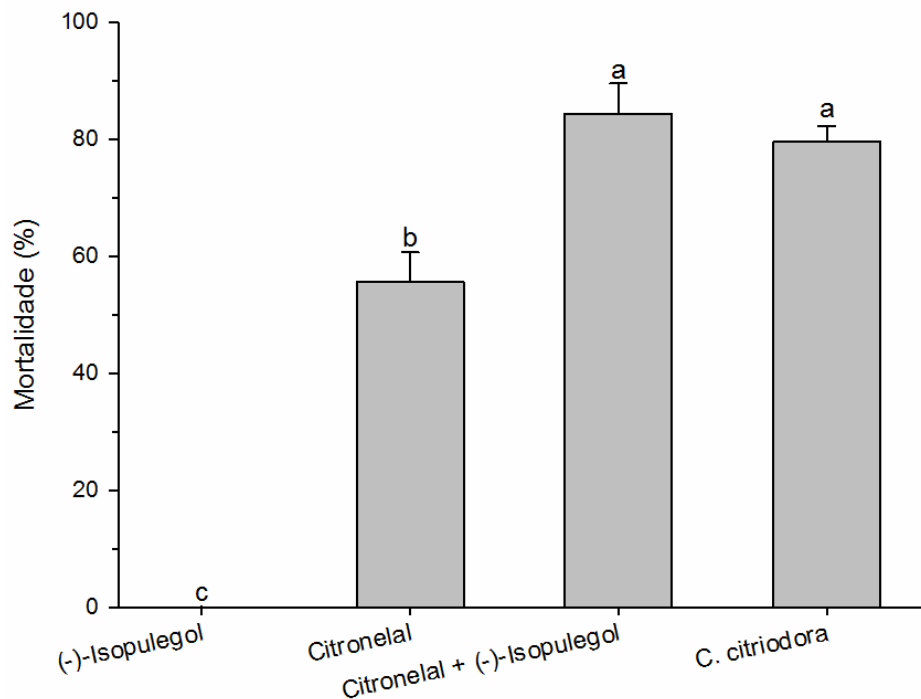


Figura 3.4. Mortalidade de larvas de segundo ínstar de *Plutella xylostella* após 48 h de aplicação tópica do OE de *Corymbia citriodora* da estação seca ($30 \mu\text{g mg}^{-1}$ de inseto) e seus componentes principais citronelal ($28,46 \mu\text{g mg}^{-1}$ de inseto) e (-)-isopulegol ($1,54 \mu\text{g mg}^{-1}$ de inseto). Os valores são expressos como a média \pm erro padrão de quatro experimentos independentes. As médias seguidas pela mesma letra não diferem, entre si, de acordo com o teste Scott-Knott a $p < 0,05$.

Em outra experiência similar, aplicando uma mistura de (-)-isopulegol e citronelal em diferentes proporções às larvas de *P. xylostella*, na concentração de $30 \mu\text{g mg}^{-1}$ de inseto (Figura 3.5), foi observado um efeito sinérgico para todas as misturas de citronelal e (-)-isopulegol, com mortalidade variando de 82,5 a 90,0%, sem diferença estatística entre elas, mas diferente estatisticamente da mortalidade dos componentes citronelal e (-)-isopulegol isolados, que causaram mortalidade de 66,1% e 70,0%, respectivamente. Houve diferença significativa na mortalidade das larvas de *P. xylostella* em função dos tratamentos ($F_{6; 21} = 48,89; p < 0,001$).

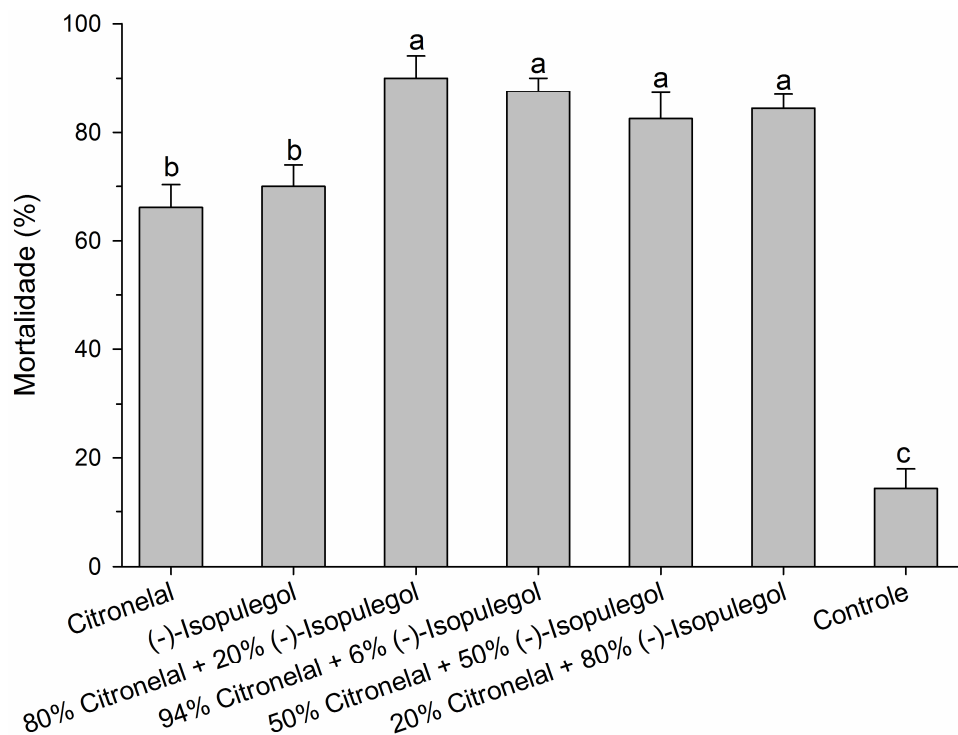


Figura 3.5. Mortalidade de larvas de segundo ínstar de *Plutella xylostella* após 48 h de aplicação tópica de citronelal, (-)-isopulegol e de suas misturas (dose de $30 \mu\text{g mg}^{-1}$ de inseto). Os valores são expressos como a média \pm erro padrão de quatro experimentos independentes. As médias seguidas pela mesma letra não diferem, entre si, de acordo com o teste Scott-Knott a $p < 0,05$.

3.3.4. Efeitos do óleo essencial de *Corymbia citriodora* da estação seca sobre o predador *Solenopsis saevissima* e a abelha *Tetragonisca angustula*

Os OEs de *C. citriodora* na concentração de $42,29 \mu\text{g mg}^{-1}$ de inseto causaram maior mortalidade em *P. xylostella* (98,33%) do que no predador *S. saevissima* (28,33%) ($t_{1,10} = -12,33$, $p < 0,001$). Pelo contrário, a mortalidade causada pelos OEs contra *P. xylostella* foi semelhante à causada a abelha *T. angustula* (100%) ($t_{1,10} = 1,00$, $p = 0,341$) (Figura 3.6). Portanto, os OEs de *C. citriodora* mostraram seletividade apenas para o predador *S. saevissima*.

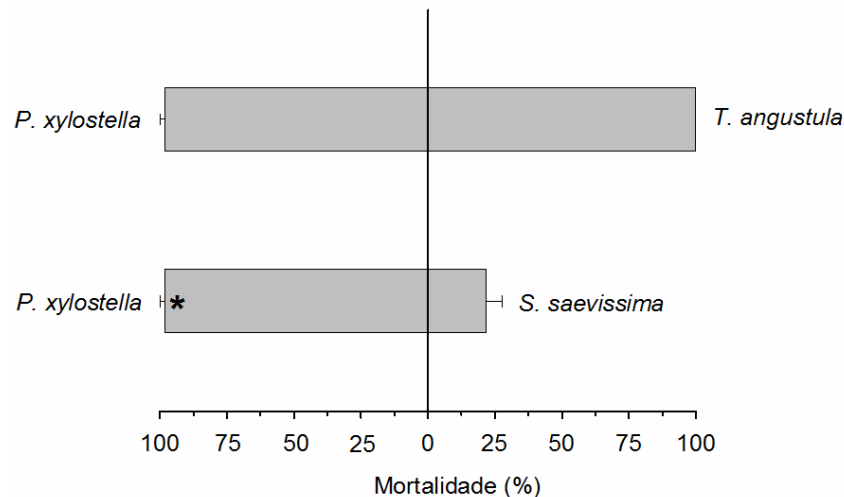


Figura 3.6. Mortalidade (média \pm erro padrão) de larvas de segundo ínstar de *Plutella xylostella*, *Solenopsis saevissima* e *Tetragonisca angustula* após 48 h de aplicação tópica de OEs de *Corymbia citriodora* da estação seca. * O asterisco indica que a mortalidade observada para *P. xylostella* foi superior ao predador de acordo com o *t* teste em $p < 0,05$. A dose utilizada neste ensaio correspondeu à DL_{90} ($42,29 \mu\text{g mg}^{-1}$ de inseto).

3.4. Discussão

Pode-se notar na Figura 3.1 que os OEs, a $30 \mu\text{g mg}^{-1}$ de inseto, apresentam diferentes graus de eficácia contra larvas de segundo ínstar de *P. xylostella*. Após 48 horas de tratamento, a mortalidade variou de 3,3% a 80%. As diferenças de mortalidade podem ser atribuídas à composição química diferente dos OEs. Deve-se notar que a composição química, bem como a atividade inseticida de OEs de folhas de *C. citriodora* contra *P. xylostella* variaram de acordo com o tempo de colheita. Neste contexto, enquanto os OEs de folhas de *C. citriodora* coletado no final da estação seca brasileira causou alta mortalidade sobre *P. xylostella*, os OEs extraídos de folhas coletadas durante a estação chuvosa apresentaram baixa ação inseticida contra ela.

Os OEs mais ativos, extraídos das folhas de *C. citriodora* coletadas ao final da estação seca, apresentaram 80% de mortalidade. A legislação brasileira considera um produto adequado para controle de pragas quando sua eficácia é $\geq 80\%$. Em vista disso, esses OEs foram selecionados para serem submetidos a outros ensaios biológicos.

A eficácia de OEs de *C. citriodora* ($DL_{50} = 21,53 \mu\text{g mg}^{-1}$ de inseto; $DL_{90} = 42,29 \mu\text{g mg}^{-1}$ de inseto) foi superior à do óleo de neem ($DL_{50} = 30,79 \mu\text{g mg}^{-1}$ de inseto; $DL_{90} = 161,11 \mu\text{g mg}^{-1}$ de inseto) utilizado como controle positivo (Figura 3.2). O principal responsável pela toxicidade do OE de *C. citriodora* a *P. xylostella* é, possivelmente, citronelal. Esta afirmação pode ser corroborada pelas seguintes conclusões: (i) o citronelal é o principal componente dos OEs de *C. citriodora*; (ii)

citronelal foi encontrado em alto teor (> 80%) somente em OEs de *C. citriodora* de folhas coletadas durante ao final da estação seca e estes OEs foram os que apresentaram a melhor atividade inseticida; (iii) foi encontrada correlação positiva e significativa ($p < 0,05$) entre a mortalidade de *P. xylostella* e os níveis de citronelal nos OEs de *C. citriodora*; (iv) a aplicação tópica de citronelal sozinho causou mortalidade significativa para *P. xylostella* (Figuras 3.4 e 3.5).

No entanto, como pode ser visto na Figura 3.4, o efeito de OEs de *C. citriodora* contra *P. xylostella* é maior do que o efeito do próprio citronelal. Portanto, a atividade biológica observada em *P. xylostella* não pode ser atribuída apenas ao citronelal. Portanto, provavelmente a atividade inseticida dos OEs de *C. citriodora* da estação seca para *P. xylostella* é causada pelo sinergismo entre citronelal e outras substâncias presentes nos OEs. A Tabela 2.1 mostra que o (-)-isopulegol é o segundo componente principal de OEs de *C. citriodora* da estação seca. Especulamos que talvez a atividade inseticida dos OEs seja devido a um efeito sinérgico entre citronelal e (-)-isopulegol. Gratificante, quando uma mistura de citronelal e (-)-isopulegol foi aplicada topicamente a *P. xylostella*, a mortalidade foi superior aos OEs, mas o (-)-isopulegol utilizado na concentração em que este é encontrado no OE de *C. citriodora* ($1,54 \mu\text{g mg}^{-1}$ de inseto) não tem efeito sobre *P. xylostella* (Figura 3.4). Em outro experimento complementar (Figura 3.5), foi verificado efeito de sinergismo da mistura entre citronelal e (-)-isopulegol em todas as proporções estudadas. Portanto, uma vez que os bioensaios revelaram que citronelal e (-)-isopulegol são susceptíveis de serem as substâncias responsáveis pela atividade inseticida do OE de *C. citriodora* contra *P. xylostella*, é importante ter em consideração a presença destes compostos nos OEs.

Outra característica importante dos OEs de *C. citriodora* da estação seca é o efeito rápido sobre *P. xylostella*. Os ensaios biológicos demonstraram que menos de três minutos após a aplicação dos OEs de *C. citriodora*, 100% das larvas estavam mortas (Figura 3.3). Esta característica torna estes OEs atraentes para serem utilizados no controle de *P. xylostella*, mesmo em condições extremas, tais como surtos populacionais. Nesta situação, as pragas devem ser controladas rapidamente, pois podem causar grandes danos às culturas (Galdino *et al.*, 2011; Barbosa *et al.*, 2012). Uma preocupação com o uso de OEs em aplicações de campo é sua alta volatilidade. No entanto, o uso de OEs de *C. citriodora* não apresentaria esse problema, uma vez que sua ação de controle sobre *P. xylostella* é muito rápida (menos de três minutos, $TL_{50} = 0,52$ minutos).

Uma característica significativa na busca e desenvolvimento de novos agentes

para o controle de insetos é que eles devem preferencialmente fornecer seletividade para espécies não-alvo, em particular predadores e polinizadores (Mills *et al.*, 2016). Isto é muito importante uma vez que os inimigos naturais podem ajudar no controle da população de pragas nas culturas. Além disso, a conservação e o aprimoramento da atividade natural do inimigo nos agrossistemas é uma das principais características da produção agrícola sustentável (Symondson *et al.*, 2002; Pretty, 2008; Shennan, 2008; Bacci *et al.*, 2009b; Biondi *et al.*, 2012; Jones *et al.*, 2015).

No entanto, os inimigos naturais sozinhos não são capazes de prevenir qualquer dano causado pela praga (Stara *et al.*, 2011). Devido a isso, encontrar um equilíbrio entre o uso de inseticidas químicos e a sobrevivência de inimigos naturais é de grande importância no manejo integrado de pragas. Além disso, a polinização é essencial para garantir a reprodução da maioria das plantas (Garibaldi *et al.*, 2013). Assim, insetos polinizadores devem ser mantidos, de modo que a biodiversidade do ecossistema seja mantida (Larsen *et al.*, 2005; Ollerton *et al.*, 2011).

Considerando os pontos acima, foram avaliados os efeitos do OE de *C. citriodora* da estação seca sobre *S. saevissima* (predador natural de *P. xylostella*) e *T. angustula* (polinizador). A Organização Internacional de Controle Biológico (IOBC) utiliza uma classificação padronizada para o impacto de pesticidas em inimigos naturais para experimentos em laboratório que consiste em quatro categorias: inofensivo (efeito <30%), ligeiramente nocivo (efeito entre 30-79%), moderadamente nocivo (efeito entre 80-99%) e nocivo (efeito >99%) (Sterk *et al.*, 1999). O OE de *C. citriodora* matou 28% de *S. saevissima* como mostrado na Figura 3.6. Assim, o OE é inofensivo ao predador natural de *P. xylostella*. Entretanto, o OE de *C. citriodora* causou alta mortalidade tanto para a espécie de abelha *T. angustula* quanto para larvas de *P. xylostella* (Figura 3.6). Assim, para a preservação das populações de *T. angustula*, as aplicações de OEs de *C. citriodora* devem ser realizadas utilizando os princípios da seletividade ecológica. A seletividade ecológica é a aplicação de inseticidas de tal forma que o contato desses produtos com as pragas é maximizado e o contato com organismos não-alvo é minimizado (Ripper *et al.*, 1951). Portanto, os OEs de *C. citriodora* devem ser aplicados em tempos e lugares de baixa incidência de *T. angustula*. Como esses insetos visitam plantas na fase de floração e nos momentos mais quentes do dia, o uso de OEs de *C. citriodora* nas culturas não deve ser realizado nesses períodos.

3.5. Conclusão

O OE de folhas de *C. citriodora* tem atividade inseticida sobre *P. xylostella*.

Sendo mais eficaz que o óleo neem e exercendo rápido controle sobre esta espécie. Os componentes responsáveis pela atividade inseticida do OE de *C. citriodora* mais ativos são citronelal e (-)-isopulegol. Os ensaios biológicos demonstraram efeito sinérgico destes compostos em termos de atividade inseticida. O OE de *C. citriodora* não apresentou efeito prejudicial sobre *S. saevissima*, um predador natural de *P. xylostella*, mas apresentou alta toxicidade para as abelhas *T. angustula*, um polinizador. Consciente da biodegradabilidade dos OEs, o OE de *C. citriodora* pode representar uma alternativa ao controle por inseticida.

Referências

1. Abbott, W.S.A., 1925. Method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* 18, 265-266.
2. Abro, G.H., Syed, T.S., Kalhor, A.N., Sheikh, G.H., Awan, M.S., Jessar, R.D., Shelton, A.M., 2013. Insecticides for control of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) in Pakistan and factors that affect their toxicity. *Crop Prot.* 52, 91-96.
3. Adams, R.P., 2007. Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectroscopy. 4th Edition, Allured Publishing Corporation, IL, USA.
4. ASAE, 2000. American Society of Agricultural Engineers; Standards Engineering Practices Data, Moisture Measurement ASAE S358.2 DEC99, Forages.
5. Bacci, L., Picanço, M.C., Rosado, J.F., Silva, G.A., Crespo, A.L.B., Pereira, E.J.G., Martins, J. C., 2009b. Conservation of natural enemies in brassica crops: comparative selectivity of insecticides in the management of *Brevicoryne brassicae* (Hemiptera: Sternorrhyncha: Aphididae). *Appl. Entomol. Zool.* 44, 103-113.
6. Bacci, L., Picanço, M.C., Silva, E.M., Martins, J.C., Chediak, M., Sena, M.E., 2009a. Seletividade fisiológica de inseticidas aos inimigos naturais de *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) em brássicas. *Ciênc. Agrotec.* 33, 2045-2051.
7. Bandeira, G.N., Camara, C.A.G., Moraes, M.M., Barros, R., Muhammad, S., Akhtar, Y., 2013. Insecticidal activity of *Muntingia calabura* extracts against larvae and pupae of diamondback, *Plutella xylostella* (Lepidoptera, Plutellidae). *J. King Saud Univ. Sci.* 25, 83-89.
8. Barbosa, P., Letourneau, D.K., Agrawal, A.A., 2012. Insect outbreaks revisited. Chichester: Wiley Blackwell.
9. Bernal, J., Garrido-Bailón, E., Del-Nozal, M.J., González-Porto, A.V., Martín-Hernández, R., Diego, J.C., Jiménez, J.J., Bernal, J.L., Higes, M., 2010. Overview of pesticide residues in stored pollen and their potential effect on bee colony (*Apis mellifera*) losses in Spain. *J. Econ. Entomol.* 103, 1964-1971.
10. Biondi, A., Desneux, N., Siscaro, G., Zappalà, L., 2012. Using organic-certified rather than synthetic pesticides may not be safer for biological control agents: Selectivity and side effects of 14 pesticides on the predator *Orius laevigatus*, *Chemosphere* 87, 803-812.
11. Braga, J.A., Sales, E.O., Neto, J.S., Conde, M.M., Barth, O.M., Lorenzon, M.C., 2012. Floral sources to *Tetragonisca angustula* (Hymenoptera: Apidae) and their pollen morphology in a Southeastern Brazilian Atlantic Forest. *Rev. Biol. Trop.* 60, 1491-1501.
12. Cantrell, C.L., Dayan, F.E., Duke, S.O., 2012. Natural Products as sources of new pesticides. *J. Nat. Prod.* 75, 1231-1242.
13. Chaudhary, A., Sharma, P., Nadda, G., Tewary, D.K., Singh, B., 2011. Chemical composition and larvicidal activities of the Himalayan cedar, *Cedrus deodara* essential oil and its fractions against the diamondback moth, *Plutella xylostella*. *J. Insect Sci.* 11, 157.
14. Copping, L.G., Duke, S.O., 2007. Natural products that have been used commercially as crop protection agents. *Pest Manag. Sci.* 63, 524-554.
15. Doran, J.C., 1991. Comercial sources, uses, formation and biology. In: Boland, D. J., Brophy, J. J., House APN. *Eucalyptus* leaf oils: use, chemistry, distillation and marketing. Inkata: Melbourne.
16. Galdino, T.V.S., Picanço, M.C., Morais, E.G.F., Silva, N.R., Silva, G.A.R., Lopes, M.C., 2011. Bioassay method for toxicity studies of insecticide formulations to *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917). *Ciênc. Agrotec.* 35, 869-877.
17. Garibaldi, L.A., Steffan-Dewenter, I., Winfree, R., Aizen, M.A., Bommarco, R., Cunningham, S.A., Kremen, C., Carvalheiro, L.G., Harder, L.D., Afik, O., Bartomeus, I., Benjamin, F., Boreux, V., Cariveau, D., Chacoff, N.P., Dudenhöffer, J.H., Freitas, B.M., Ghazoul, J., Greenleaf, S., Hipólito, J., Holzschuh, A., Howlett, B., Isaacs, R., Javorek, S.K., Kennedy, C.M., Krewenka, K.M., Krishnan, S., Mandelik, Y., Mayfield, M.M., Motzke, I., Munyuli, T., Nault, B.A., Otieno, M., Petersen, J., Pisanty, G., Potts, S.G., Rader, R., Ricketts, T.H., Rundlöf, M., Seymour, C.L., Schüepp, C., Szentgyörgyi, H., Taki, H., Tsharntke, T., Vergara, C.H., Viana, B.F., Wanger, T.C., Westphal, C., Williams, N., Klein, A.M., 2013. Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. *Science* 339, 1608-1611.
18. Goulson, D., 2013. Review: An overview of the environmental risks posed by neonicotinoid insecticides. *J. Appl. Ecol.* 50, 977-987.
19. Grzywacz, D., Rossbach, A., Rauf, A., Russell, D.A., Srinivasan, R., Shelton, A.M., 2010. Current control methods for diamondback moth and other brassica insect pests and the prospects for

- improved management with lepidopteran-resistant Bt vegetable brassicas in Asia and Africa. *Crop Prot.* 29, 68-79.
20. Harvey, C.T., Eubanks, M.D., 2004. Effect of habitat complexity on biological control by the red imported fire ant (Hymenoptera: Formicidae) in collards. *Biol. Control* 29, 348-358.
 21. Jones, V.P., Horton, D.R., Mills, N.J., Unruh, T.R., Baker, C.C., Melton, T.D., Milickzy, E., Steffan, S.A., Shearer, P.W., Amarasekare, K.G., 2016. Evaluating plant volatiles for monitoring natural enemies in apple, pear and walnut orchards. *Biol. Control* 102, 53-65.
 22. Klein, A.M., Vaissiere, B.E., Cane, J.H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S.A., Kremen, C., Tscharntke, T., 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proc. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* 274, 303-313.
 23. Kumrungsee, N., Pluempanupat, W., Koul, O., Bullangpoti, V., 2014. Toxicity of essential oil compounds against diamondback moth, *Plutella xylostella*, and their impact on detoxification enzyme activities. *J. Pest Sci.* 87, 721-729.
 24. Larsen, T.H., Williams, N.M., Kremen, C., 2005. Extinction order and altered community structure rapidly disrupt ecosystem functioning. *Ecol. Lett.* 8, 538-547.
 25. Lingathurai, S., Vendan, S.E., Paulraj, M.G., Ignacimuthu, S., 2011. Antifeedant and larvicidal activities of *Acalypha fruticosa* Forssk. (Euphorbiaceae) against *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Yponomeutidae) larvae. *J. King Saud Univ. Sci.* 23, 11-16.
 26. Mills, N.J., Beers, E.H., Shearer, P.W., Unruh, T.R., Amarasekare, K.G., 2016. Comparative analysis of pesticide effects on natural enemies in western orchards: A synthesis of laboratory bioassay data. *Biol. Control* 102, 17-25.
 27. Minuzzi, R.B., Sediya, G.C., Barbosa, E.M., Júnior, J.C.F.M., 2007. Climatologia do comportamento do período chuvoso da região sudeste do Brasil. *Rev. Bras. Meteorol.* 22, 338-344.
 28. Mohan, M., Gujar, G.T., 2001. Toxicity of *Bacillus thuringiensis* strains and commercial formulations to the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.). *Crop Prot.* 20, 311-316.
 29. Moreno, S.C., Picanço, M.C., Silvério, F.O., Alvarenga, E.S., Carvalho, G.A., 2009. Toxicity of new pyrethroids to the social insects *Protonectarina sylveirae*, *Solenopsis saevissima* and *Tetragonisca angustula*. *Sociobiology* 54, 893-906.
 30. Nelder, J.A., Wedderburn, R.W.M., 1972. Generalized linear models. *J. R. Statist. Soc. A* 74, 221-232.
 31. Neumann, P., Carreck, N.L., 2010. Honey bee colony losses. *J. Apic. Res.* 49, 1-6.
 32. Ollerton, J., Winfree, R., Tarrant, S., 2011. How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos* 120, 321-326.
 33. Pretty, J., 2008. Agricultural sustainability: concepts, principles and evidence. *Phil. Trans. R. Soc. B* 363, 447-465.
 34. Ramos, R.S., Picanço, M.C., Santana Jr., P.A., Silva, E.M., Bacci, L., Gonring, A.H.R., Silva, G.A., 2012. Natural biological control of lepidopteran pests by ants. *Sociobiology* 59, 1389-1399.
 35. Ripper, W.E., Greenslade, R.M., Hartley, G.S., 1951. Selective insecticides and biological control. *J. Econ. Entomol.* 44, 448-459.
 36. Sarfraz, M., Keddie, B., 2005. Conserving the efficacy of insecticides against *Plutella xylostella* (L.) (Lep., Plutellidae). *J. Appl. Entomol.* 129, 149-157.
 37. SAS Institute, 2013. SAS User's Manual, Version 9.4. Cary: SAS Institute.
 38. Schmutterer, H., 1990. Properties and potential of natural pesticides from the neem tree, *Azadirachta indica*. *Annu. Rev. Entomol.* 35, 271-297.
 39. Scott, A.J., Knott, M.A., 1974. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. *Biometrics* 30, 507-512.
 40. Shennan, C., 2008. Biotic interactions, ecological knowledge and agriculture. *Phil. Trans. R. Soc. B* 363, 717-739.
 41. Silva, G.A., Picanço, M.C., Bacci, L., Crespo, A.L.B., Rosado, J.F., Guedes, R.N.C., 2011. Control failure likelihood and spatial dependence of insecticide resistance in the tomato pinworm, *Tuta absoluta*. *Pest Manage. Sci.* 67, 913-920.
 42. Sparks, T.C., Hahn, D.R., Garizi, N.V., 2016. Natural products, their derivatives, mimics and synthetic equivalents: role in agrochemical discovery. *Pest Manag. Sci.* DOI: 10.1002/ps.4458.
 43. Stara, J., Ourednickova, J., Kocourek, F., 2011. Laboratory evaluation of the side effects of insecticides on *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Aphidiidae), *Aphidoletes aphidimyza* (Diptera: Cecidomyiidae), and *Neoseiulus cucumeris* (Acari: Phytoseiidae). *J. Pest Sci.* 84, 25-31.

44. Sterk, G., Hassan, S.A., Baillod, M., Bakker, F., Bigler, F., Blümel, S., Bogenschütz, H., Boller, E., Bromand, B., Brun, J., Calis, J.N.M., Coremans-Pelseneer, J., Duso, C., Garrido, A., Grove, A., Heimbach, U., Hokkanen, H., Jacas, J., Lewis, G., Moreth, L., Polgasr, L., Roversti, L., Samsoe-Petersen, L., Sauphanor, B., Schaub, L., Stäubli, A., Tuset, J.J., Vainio, A., Van de Veire, M., Viggiani, G., Viñuela, E., Vogt, H., 1999. Results of the seventh joint pesticide testing programme carried out by the IOBC/WPRS-Working Group 'Pesticides and Beneficial Organisms'. *BioControl* 44, 99-117.
45. Symondson, W.O.C., Sunderland, K.D., Greenstone, M.H., 2002. Can generalist predators be effective biocontrolagents? *Annu. Rev. Entomol.* 47, 561-594.
46. Talekar, N.S., Shelton, A.M., 1993. Biology, ecology and management of the diamondback moth. *Annu. Rev. Entomol.* 38, 275-301.
47. Verkerk, R.H., Wright, D.J., 1993. Biological activity of neem seed kernel extracts and synthetic azadirachtin against larvae of *Plutella xylostella* L. *Pestic. Sci.* 37, 83-91.
48. Ware, G.W., 1999. The Pesticide Book, 5th Ed. Thomson Publications, Fresno, California, pp. 45-80.
49. Young, L.J., Young, J.H., 1998. Statistical ecology - A population perspective. Boston: Kluwer.

CAPÍTULO 4

ATIVIDADE INSETICIDA DE CONTATO E FUMIGAÇÃO DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE ESPÉCIES DE MYRTACEAE CONTRA *Rhyzopertha dominica*

RESUMO

Rhyzopertha dominica (F.) (Coleoptera: Bostrychidae), é um dos principais insetos que causam grande perda em grãos armazenados em todo mundo. Este capítulo descreve a investigação da atividade inseticida de óleos essenciais (OEs) extraídos das folhas, coletadas ao final da estação seca, de 22 espécies de plantas de Myrtaceae, cultivadas em Viçosa-MG. O OE mais ativo foi obtido a partir de folhas de *E. resinifera* que apresentou como componentes principais 1,8-cineol (59,3%), *p*-cimeno (12,9%) e α -pineno (9,7%). Nos bioensaios de contato na dose de 30 $\mu\text{g mg}^{-1}$ de inseto, este OE causou 83,3% de mortalidade a *R. dominica*, sendo que sua eficácia ($\text{DL}_{50} = 17,08 \mu\text{g mg}^{-1}$ de inseto; $\text{DL}_{95} = 56,17 \mu\text{g mg}^{-1}$ de inseto) foi inferior à do inseticida comercial Actellic ($\text{DL}_{50} = 0,49 \mu\text{g mg}^{-1}$ de inseto; $\text{DL}_{95} = 1,14 \mu\text{g mg}^{-1}$ de inseto), utilizado como controle positivo. Já nos bioensaios de fumigação a mortalidade causada pelo OE de *E. resinifera* a 150 $\mu\text{L L}^{-1}$ foi de 90,0%, apresentando eficácia ($\text{CL}_{50} = 70,55 \mu\text{L L}^{-1}$; $\text{CL}_{95} = 266,40 \mu\text{L L}^{-1}$) superior à do Actellic ($\text{CL}_{50} = 154,74 \mu\text{L L}^{-1}$; $\text{CL}_{95} = 334,95 \mu\text{L L}^{-1}$). O TL_{50} sobre adultos de *R. dominica* para o OE de *E. resinifera* foi de 1,7 horas no bioensaio de contato (DL_{95} de 56,17 $\mu\text{g mg}^{-1}$ de inseto) e de 12,6 horas no bioensaio de fumigação (CL_{95} de 266,40 $\mu\text{L L}^{-1}$). Os bioensaios demonstraram que o responsável pelo efeito fumigante do OE de *E. resinifera* é o 1,8-cineol. Em relação ao bioensaio de contato, não foi possível identificar o principal responsável pelo efeito tóxico sendo, provavelmente, a toxicidade de contato do OE de *E. resinifera* a *R. dominica* causada pelo sinergismo entre substâncias presentes no OE. Levando em conta os resultados obtidos neste trabalho, sugere-se que o OE de *E. resinifera* apresenta potencial para ser utilizado como uma alternativa aos inseticidas comerciais no controle de *R. dominica*.

ABSTRACT

Rhyzopertha dominica (F.) (Coleoptera: Bostrychidae), is one of the insects that most damage stored grains worldwide. This chapter investigates the insecticidal properties of essential oils (EOs) extracted from the leaves of 22 species of Myrtaceae. These were grown in Viçosa-MG and collected at the end of the dry season. The most active EO was obtained from the foliage of *E. resinifera*, of which the main components are 1.8-cineol (59.3%), *p*-cymene (12.9%) and α -pinene (9.7%). In contact bioassays at 30 $\mu\text{g mg}^{-1}$ per insect, this EO lead to 83.3% mortality of *R. dominica* (with an efficiency of $\text{LD}_{50} = 17.08 \mu\text{g mg}^{-1}$ per insect; $\text{LD}_{95} = 56,17 \mu\text{g mg}^{-1}$ per insect). This was lower than that of the commercial insecticide Actellic ($\text{LD}_{50} = 0,49 \mu\text{g mg}^{-1}$ per insect); ($\text{LD}_{95} = 1,14 \mu\text{g mg}^{-1}$ per insect) was used as a positive benchmark. Mortality rates of 90.0% were achieved during fumigation bioassays ($150 \mu\text{L L}^{-1}$) by *E. resinifera*'s EO equal to a performance of ($\text{LC}_{50} = 70.55 \mu\text{L L}^{-1}$; $\text{LC}_{95} = 266.40 \mu\text{L L}^{-1}$) which exceeds Actellic's ($\text{LC}_{50} = 154.74 \mu\text{L L}^{-1}$; $\text{LC}_{95} = 334.95 \mu\text{L L}^{-1}$). The LT_{50} of *E. resinifera* EO on *R. dominica* adults was of 1.7 hours for contact bioassays (LD_{95} of $56,17 \mu\text{g mg}^{-1}$ per insect) versus 12.6 hours during fumigation bioassays (LC_{95} of $266,40 \mu\text{L L}^{-1}$). Bioassays prove that 1.8-cineol is responsible for the EO's fumigant properties of *E. resinifera*. Contact bioassays, however, were unable to identify the toxicity source (presumably the synergy between substances present in the EOs of both *E. resinifera* and *R. dominica*). Results obtained, suggest that *E. resinifera*'s EO show potential as an alternative to commercial insecticides against *R. dominica*.

4.1. Introdução

Atualmente, o Brasil é um dos maiores produtores e exportadores de grãos do mundo. Segundo a CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento), a estimativa de produção de grãos no país para safra 2016/17 é de 210,5 a 214,8 milhões de toneladas. A qualidade dos grãos produzidos e armazenados para consumo humano exige o mais alto nível de preocupação do governo e da sociedade (Pereira *et al.*, 2012). Depois de colhidos, os grãos são normalmente armazenados em silos e armazéns, que apresentam características físicas, químicas e biológicas que podem alterar a qualidade dos produtos armazenados, sendo que a presença de insetos diminui a qualidade dos grãos armazenados e é responsável por uma quantidade expressiva de perdas de grãos todos os anos (Neethirajan *et al.*, 2007; Ribeiro *et al.*, 2015). Estima-se que 10% da produção anual de grãos no Brasil possa tornar-se inadequada para o consumo devido à ação de insetos (Lorini, 2008).

Entre os insetos que causam grandes perdas em grãos armazenados destaca-se a *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae), conhecida como besourinho dos cereais. Ela destrói consideravelmente os grãos deixando-os perfurados e produzindo grande quantidade de resíduos na forma de farinha em decorrência de seus hábitos alimentares, chegando a destruir de 5 a 6 vezes o seu próprio peso em uma semana (Poy, 1991). *R. dominica* é a principal praga do trigo armazenado, sendo considerada uma das pragas mais destrutivas de grãos armazenados no mundo, devido à alta incidência e a grande dificuldade de se evitar os prejuízos que causa aos grãos (Lorini, 2008). Esta espécie se adapta rapidamente às mais diversas condições climáticas e sobrevive mesmo em temperaturas extremas. Tanto adultos como larvas causam danos aos grãos armazenados, alimentando-se do grão por inteiro, e possuem grande número de hospedeiros como trigo, cevada, triticale, arroz em casca e aveia (Hamdi *et al.*, 2015; Hansen *et al.*, 2012; Kiran e Prakash, 2015). Esta praga é capaz de sobreviver e se desenvolver no resíduo produzido de sua alimentação. A infestação ocorre normalmente no armazenamento, sendo raro o ataque no campo (Antunes e Dionello, 2010).

O eficiente controle de insetos em produtos alimentares tem sido o objetivo dos produtores para diminuir a perda causada por estas pragas (Hamdi *et al.*, 2015). Na tentativa de controlar as pragas, agricultores e gestores da armazenagem têm usado diferentes métodos para reduzir a infestação de insetos nos grãos. A estratégia de controle mais comum é a utilização de inseticidas diretamente nos grãos ou por fumigação (Lorini *et al.*, 2007; Edde, 2012; Shi *et al.*, 2012; Prates *et al.*, 1998; Hamdi *et al.*, 2015). Em muitos sistemas de armazenamento, tratamentos de fumigação é a

técnica empregada mais comum e econômica para o gerenciamento de pragas de insetos em grãos armazenados (Jemaa *et al.*, 2012; Hamdi *et al.*, 2015; Rajendran e Sriranjini, 2008), não só por causa de sua capacidade de eliminar um amplo espectro de pragas mas por deixar resíduos mínimos (Lee *et al.*, 2004). Vários inseticidas sintéticos, tais como fosfina, clorpirifos, malathion, e piretróides são atualmente utilizados para evitar a infestação de pragas de insetos (Kiran e Prakash, 2015). O fumigante mais utilizado para o controle da *R. dominica* é a fosfina, mas o seu uso indiscriminado tem promovido o aparecimento de populações resistentes a este fumigante (Calil, 1995; Sartori *et al.*, 1990).

As questões ambientais prejudiciais causadas pelo uso excessivo de inseticidas tem gerado grande preocupação, pois podem causar a contaminação do ambiente com efeitos letais em organismos não-alvo, além de resistência e falhas de controle (Collins *et al.*, 2005; Jovanović *et al.*, 2007; Koul *et al.*, 2008; Aref *et al.*, 2015; Kiran e Prakash, 2015; Lee *et al.*, 2004; Hamdi *et al.*, 2015; Rajendran e Sriranjini, 2008), podendo também, ocorrer persistência de resíduos de inseticidas nos grãos que pode ser prejudicial à saúde humana (Prates *et al.*, 1998).

O crescente problema com fumigantes hoje faz com que seja necessário buscar estratégias alternativas, incluindo o desenvolvimento de substitutos químicos, exploração de atmosferas controladas e integração de métodos físicos (Rajendran e Sriranjini, 2008; Lee *et al.*, 2004). O manejo integrado de pragas em grãos armazenados é atualmente desafiado pela crescente frequência das populações que são resistentes aos inseticidas disponíveis. Assim, é necessário o desenvolvimento de novas ferramentas de gestão e compostos inseticidas de baixo risco (Moreau e Isman, 2012; Ribeiro *et al.*, 2015).

Compostos produzidos pelo metabolismo secundário de plantas são fontes potenciais para o desenvolvimento de inseticidas de baixo risco, que diferem de inseticidas sintéticos convencionais em sua baixa toxicidade para mamíferos, rápida degradação e disponibilidade local (Isman, 2008; Regnault-Roger *et al.*, 2012; Ribeiro *et al.*, 2015). Estes metabólitos podem desempenhar papel importante na interação planta-inseto, e são geralmente responsáveis pela resistência das plantas aos insetos (Prates *et al.*, 1998). Nesta perspectiva, OEs muitas vezes têm uma forte ação fumigante, baixa toxicidade para mamíferos, efeito reduzido no organismo não-alvo, e baixa atividade de persistência, portanto, podem ser considerados como potenciais alternativas a inseticidas sintéticos (Shaaya *et al.*, 1991, 1997; Lee *et al.*, 2004; Prakash

et al., 2013; Singh *et al.*, 2014; Kiran e Prakash, 2015; Rajendran e Sriranjini, 2008; Aref *et al.*, 2015).

Alguns OEs têm toxicidade aguda, ação repelente, inibição de alimentação, ou efeitos nocivos sobre o sistema reprodutivo de insetos (Prates *et al.*, 1998). A toxicidade pode ser por contato, ingestão ou através da ação fumigante (Rajendran e Sriranjini, 2008). Várias pesquisas têm mostrado que os OEs e os seus componentes apresentam potencial como compostos alternativos aos fumigantes usados atualmente (Shaaya *et al.*, 1991, 1997; Regnault-Roger *et al.*, 1993; Dunkel e Sears, 1998; Huang e Ho, 1998, 2000; Tunç *et al.*, 2000; Lee *et al.*, 2001a, 2001b; Lee *et al.*, 2004).

Constituintes principais de OEs, principalmente monoterpenos, são de especial interesse para indústria por causa de diversas atividades biológicas, além de sua atividade inseticida (Kubo *et al.*, 1994; Isman, 2000; Lee *et al.*, 2004). Estes componentes têm atraído maior atenção para a atividade fumigante contra insetos de produtos armazenados. Entre os monoterpenos, 1,8-cineol encontrados nos OEs de espécies de *Eucalyptus*, *Lavandula*, *Mentha*, *Ocimum* e *Rosmarinus* apresentou ação fumigante interessante (Rajendran e Sriranjini, 2008). Os OEs de várias espécies de plantas, tais como: Apiaceae, Asteraceae, Cupressaceae, Lamiaceae, Lauraceae, Myrtaceae, Rutaceae, Poaceae, Piperaceae e Zingiberaceae são caracterizados por propriedades inseticidas (Tripathi *et al.*, 2009; Isman *et al.*, 2010; Regnault-Roger *et al.*, 2012; Ebadollahi, 2013; Mahmoodi *et al.*, 2014; Aref *et al.*, 2015).

A família Myrtaceae é uma das mais importantes na região neotropical, devido à sua alta abundância e diversidade de espécies (Paula *et al.*, 2010). Além disso, estas plantas secretam uma grande diversidade de metabolitos secundários, especialmente sob a forma de OEs. Alguns destes metabolitos apresentam importantes atividades biológicas (Stefanello *et al.*, 2011), e as propriedades farmacológicas e toxicológicas de várias espécies de Myrtaceae receberam interesse multidisciplinar. Estudos recentes têm mostrado que muitas espécies de insetos são afetados por OEs de plantas de Myrtaceae. Estes OEs podem ter vários efeitos, incluindo ação inseticida (efeito *knockdown*), repelência, a dissuasão de alimentação e oviposição e inibição do crescimento (Ebadollahi, 2013; Ribeiro *et al.*, 2015).

Em vários estudos foi verificado que OEs de espécies de *Eucalyptus*, um dos principais gêneros da família Myrtaceae, apresentaram potencial inseticida contra diversas pragas de grãos armazenados como *Ephestia kuehniella*, *Ephestia cautela*, *Ectomyelois ceratoniae* (Jemaa *et al.*, 2012), *Rhyzopertha dominica*, *Callosobruchus maculatus*, *Tribolium castaneum* (Hamdi *et al.*, 2015), *Sitophilus zeamais* (Mossi *et al.*,

2011), *Oryzaephilus surinamensis* (Aref *et al.*, 2015), *Sitophilus oryzae* (Lee *et al.*, 2001a).

Neste estudo, descrevemos os resultados da avaliação da atividade inseticida por contato e fumigação sobre *R. dominica* de OEs de vinte e duas espécies de Myrtaceae, que foram extraídos das folhas de quatorze espécies de *Eucalyptus*, seis espécies de *Corymbia*, além das espécies *Lophostemon confertus* e *Syncarpia glomulifera*.

4.2. Materiais e métodos

4.2.1. Reagentes

1,8-cineol (Eucaliptol, Sigma-Aldrich, padrão analítico, teor $\geq 99,0\%$), *p*-cimeno (Sigma-Aldrich, teor = 99,0%), α -pineno (Sigma-Aldrich, teor = 98,0%), acetona (Vetec P.A., 99,5%) e Actellic 50EC (500 g L⁻¹ de pirimifós-metil, registrado por Orion Crop Protection, Auckland, Nova Zelândia).

4.2.2. Ensaio biológico

Nos bioensaios foram usados adultos de *Rhyzopertha dominica*, provenientes da criação mantida em laboratório, em frascos de vidro de 1,5 L, em câmaras climáticas tipo D.B.O. (Demanda Bioquímica de Oxigênio), sob condições constantes de temperatura (28 \pm 2 °C), umidade relativa (70 \pm 5%) e escotofase de 24 horas. Como substrato foram utilizados grãos de trigo inteiros com 13% de umidade (base úmida), previamente expurgados e mantidos sob refrigeração (-18 °C) para evitar reinfestação.

4.2.2.1. Bioensaios de contato

Os bioensaios foram realizados em estufa incubadora tipo D.B.O. (26 \pm 1 °C; UR 70 \pm 5%, sem fotoperíodo), em quatro bioensaios. No primeiro, foram selecionados os OEs com maior atividade inseticida sobre *R. dominica*. Os OEs utilizados foram obtidos de folhas coletadas ao final da estação seca. Entre os OEs usados no primeiro bioensaio, só aquele com maior atividade inseticida sobre *R. dominica* foi usado nos bioensaios subsequentes. Nos bioensaios 2 e 3 foram determinadas a potência e a velocidade de controle de *R. dominica* do OE selecionado. No quarto bioensaio, foi estudado o sinergismo dos componentes principais do OE com maior atividade inseticida sobre *R. dominica*.

4.2.2.1.1. Bioensaio de triagem para *Rhyzopertha dominica*

Os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado

com três repetições. Os tratamentos foram os 22 OEs de Myrtaceae. Cada repetição consistiu de um pote plástico (125 mL) contendo 10 insetos. Foram colocadas 100 miligramas de trigo para alimentação dos insetos. Foi aplicada topicamente em cada inseto, através de uma micro-seringa Hamilton, 0,5 μL de uma solução dos OEs avaliados, dissolvidos em acetona, correspondendo a uma dose de 30 μg de OE mg^{-1} de inseto. O peso médio de cada inseto foi determinado pela medida, em um balança analítica, da massa de 20 adultos de *R. dominica* (Gehaka, AG200). A atividade do inseticida comercial Actellic foi utilizado como controle positivo contra *R. dominica*. Já acetona foi o controle negativo. As avaliações de mortalidade foram feitas 48 horas após a aplicação dos tratamentos. Foram considerados mortos os insetos que perderam a coordenação motora. Os dados de mortalidade de *R. dominica* foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos foram comparados pelo teste de Scott-Knott a $p < 0,05$ (Scott e Knott, 1974). Os tratamentos que causaram mortalidade a *R. dominica* $\geq 80\%$ foram selecionados para bioensaios subsequentes. Apenas o OE das folhas de *E. resinifera* foi selecionado. Este critério de seleção foi utilizado porque é o mesmo utilizado no Brasil para que um produto seja considerado efetivo no controle de pragas (Silva *et al.*, 2011).

4.2.2.1.2. Bioensaio de dose-mortalidade para *Rhyzopertha dominica*

O OE de *E. resinifera* foi submetido a outras experiências para obter curvas dose-mortalidade. As experiências foram conduzidas por aplicação tópica de um modo semelhante ao descrito na seção 4.2.2.1.1. Avaliou-se o efeito sobre adultos de *R. dominica* de cinco doses diferentes do OE de *E. resinifera* (4, 16, 25, 30 e 40 μg mg^{-1} de inseto) e seis doses do Actellic (0,250; 0,375; 0,5; 0,75; 1,0 e 1,25 μg mg^{-1} de inseto). Os dados de dose-mortalidade foram corrigidos pelo método de Abbott (1925) e, em seguida, submetidos à análise probit utilizando o PROC PROBIT do software Statistical Analysis System (SAS) para estimar as curvas dose-mortalidade (SAS, 2013). A curva que apresentou probabilidade superior a 0,05 pelo teste χ^2 (Young e Young, 1998) foi aceita. Esta curva foi utilizada para determinar a dose letal (DL) que causa 50% e 90% de mortalidade da população de *R. dominica*, bem como os intervalos de confiança para estas doses a 95% de probabilidade. Para comparar a potência do OE com Actellic (padrão de eficiência), comparou-se a DL_{50} destes dois tratamentos. Nesta comparação, utilizaram-se os intervalos de confiança da DL_{50} a 95% de probabilidade do Actellic e do OE de *E. resinifera* e uma DL_{50} foi considerada diferente da outra quando sua média não se inseriu no intervalo de confiança da outra DL_{50} (Nelder e Wedderburn, 1972).

4.2.2.1.3. Bioensaio de tempo-mortalidade para *Rhyzopertha dominica*

O OE de *E. resinifera* foi submetido a experimentos para obter a curva de sobrevivência. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado. Utilizaram-se 100 adultos de *R. dominica* por tratamento. Os tratamentos foram o controle (acetona) e DL₉₅ do OE de *E. resinifera* (56,17 µg mg⁻¹ de inseto). Cada unidade experimental consistia em um pote plástico (125 mL). Os bioensaios foram conduzidos de forma semelhante aos descritos acima. A mortalidade por insetos foi observada imediatamente após a aplicação do tratamento. Os dados de mortalidade de *R. dominica*, em função do tempo após a aplicação dos tratamentos, foram submetidos à análise de sobrevivência pelo método do produto-limite de Kaplan-Meier pelo qual o tempo letal para 50% da população (TL₅₀) foi estimado (SAS, 2013).

4.2.2.1.4. Experimento de sinergismo

Os bioensaios foram conduzidos de forma semelhante aos descritos na seção 4.2.2.1.1. Os tratamentos corresponderam a doses do OE de *E. resinifera* (56,17 µg mg⁻¹ de inseto) e seus componentes principais 1,8-cineol (33,30 µg mg⁻¹ de inseto), *p*-cimeno (7,24 µg mg⁻¹ de inseto) e α -pineno (5,45 µg mg⁻¹ de inseto). Os componentes principais foram aplicados topicamente quer individualmente quer em misturas nas doses correspondentes à concentração destes constituintes no OE de *E. resinifera*.

4.2.2.2. Bioensaios de fumigação

Foram realizados quatro bioensaios semelhantes aos bioensaios de contato. Nestes bioensaios, soluções padrão foram preparadas e volumes dessas soluções eram aplicados em papel filtro (1 cm²) com o auxílio de uma microseringa (Hamilton modelo 701 N), de forma a se ter a concentração desejada. Para o controle era aplicado acetona. O papel tratado foi acondicionado dentro da tampa do pote acrílico. Previamente o fundo da tampa foi revestido com um disco de papel alumínio evitando o contato do papel com a tampa. Em seguida esta tampa foi coberta com tecido tipo organza impedindo o contato direto dos insetos com o papel tratado.

4.2.2.2.1. Bioensaio de triagem para *Rhyzopertha dominica*

Os experimentos foram conduzidos de forma completamente casualizada com quatro repetições para cada tratamento. Cada repetição consistiu de um tubo de acrílico (10,00 cm³) hermeticamente fechado contendo 10 insetos. Foram colocadas 100

miligramas de trigo para alimentação dos insetos. A concentração utilizada foi de 150 $\mu\text{L L}^{-1}$. Os tratamentos foram realizados com 21 OEs obtidos de folhas coletadas ao final da estação seca, o inseticida comercial Actellic como padrão de eficiência e a acetona (controle negativo). As contagens de mortalidade foram feitas 48 horas após a aplicação dos tratamentos. Foram considerados mortos os insetos que perderam a coordenação motora. Os dados de mortalidade de *R. dominica* foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos foram comparados pelo teste de Scott-Knott a $p < 0,05$ (Scott e Knott, 1974). Os tratamentos que causaram mortalidade a *R. dominica* $\geq 80\%$ foram selecionados para bioensaios subsequentes. Novamente, apenas o OE das folhas de *E. resinifera* foi selecionado.

4.2.2.2.2. Bioensaio de dose-mortalidade para *Rhyzopertha dominica*

O OE de *E. resinifera* foi submetido a outras experiências para obter curvas dose-mortalidade. As experiências foram conduzidas de um modo semelhante ao descrito na seção 4.2.2.2.1. Avaliou-se o efeito sobre adultos de *R. dominica* de cinco doses diferentes do OE de *E. resinifera* (25, 50, 100, 150 e 295 $\mu\text{L L}^{-1}$) e cinco doses do Actellic (75, 150, 225, 285 e 350 $\mu\text{L L}^{-1}$). Os dados de dose-mortalidade foram corrigidos pelo método de Abbott (1925) e, em seguida, submetidos à análise probit utilizando o PROC PROBIT do software Statistical Analysis System (SAS) para estimar as curvas dose-mortalidade (SAS, 2013). A curva que apresentou probabilidade superior a 0,05 pelo teste χ^2 (Young e Young, 1998) foi aceita. Esta curva foi utilizada para determinar a concentração letal (CL) que causa 50% e 95% de mortalidade da população de *R. dominica*, bem como os intervalos de confiança para estas doses a 95% de probabilidade. Para comparar a potência do OE com Actellic (padrão de eficiência), comparou-se a CL_{50} destes dois tratamentos. Nesta comparação, utilizaram-se os intervalos de confiança da CL_{50} a 95% de probabilidade do Actellic e do OE de *E. resinifera* e uma CL_{50} foi considerada diferente da outra quando sua média não se inseriu no intervalo de confiança da outra CL_{50} (Nelder e Wedderburn, 1972).

4.2.2.2.3. Bioensaio de tempo-mortalidade para *Rhyzopertha dominica*

O OE de *E. resinifera* foi submetido a experimentos para obter a curva de sobrevivência. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado. Utilizaram-se 100 adultos de *R. dominica* por tratamento. Os tratamentos foram o controle (acetona) e CL_{95} do OE de *E. resinifera* (266,40 $\mu\text{L L}^{-1}$). Os bioensaios foram conduzidos de forma semelhante aos descritos acima. A mortalidade por insetos foi observada imediatamente

após a aplicação do tratamento. Os dados de mortalidade de *R. dominica*, em função do tempo após a aplicação dos tratamentos, foram submetidos à análise de sobrevivência pelo método do produto-limite de Kaplan-Meier pelo qual o tempo letal para 50% da população (TL₅₀) foi estimado (SAS, 2013).

4.2.2.2.4. Experimento de sinergismo

Os bioensaios foram conduzidos de forma semelhante aos descritos na seção 4.2.2.2.1. Os tratamentos corresponderam a doses do OE de *E. resinifera* (266,40 µL L⁻¹) e seus componentes principais 1,8-cineol (157,98 µL L⁻¹), *p*-cimeno (34,37 µL L⁻¹) e α -pineno (25,84 µL L⁻¹). Os componentes principais foram aplicados quer individualmente quer em misturas nas doses correspondentes à concentração destes constituintes no OE de *E. resinifera*.

4.3. Resultados

4.3.1. Bioensaios de contato

4.3.1.1. Avaliação da atividade inseticida de óleos essenciais sobre *Rhyzopertha dominica*

Pode-se observar na Figura 4.1 que os OEs, a 30 µg mg⁻¹ de inseto (ANOVA, $F_{23, 48} = 28,23$; $p < 0,001$), apresentam diferentes graus de eficácia contra adultos de *R. dominica*. Após 48 horas de tratamento, a mortalidade variou de 6,7% a 83,3%. De acordo com a mortalidade causada a *R. dominica*, os OEs podem ser divididos em cinco grupos. No primeiro grupo está o inseticida comercial Actellic (controle positivo) cujo tratamento causou mortalidade de 100% a *R. dominica*. Já no segundo grupo, encontra-se os OEs das folhas de *E. resinifera* que causaram 83,3% de mortalidade a *R. dominica*. No terceiro grupo, estão os OEs de *E. pyrocarpa*, *Lophostemon confertus*, *E. crebra* e *E. sphaerocarpa*, que causaram mortalidade entre 49,8 e 60,0%. No quarto grupo, encontram-se os OEs de *E. umbra*, *E. punctata*, *C. torelliana*, *C. intermedia*, *C. henryi*, *C. maculata*, *E. siderophloia*, *E. phaeotricha* e *C. citriodora*, que provocaram mortalidades de 23,3% a 36,7%. Já no quinto grupo estão *E. phoenicea*, *E. cinerea*, *E. andrewsii*, *Syncarpia glomulifera*, o híbrido *E. alba* x *E. tereticornis*, *E. nitens*, *E. pellita* e *C. ptychocarpa*, cujos OEs causaram as menores mortalidades a *R. dominica*, semelhantes às ocorridas no controle (Figura 4.1). Portanto, o OE das folhas de *E. resinifera* foi o único selecionado para participar dos ensaios posteriores.

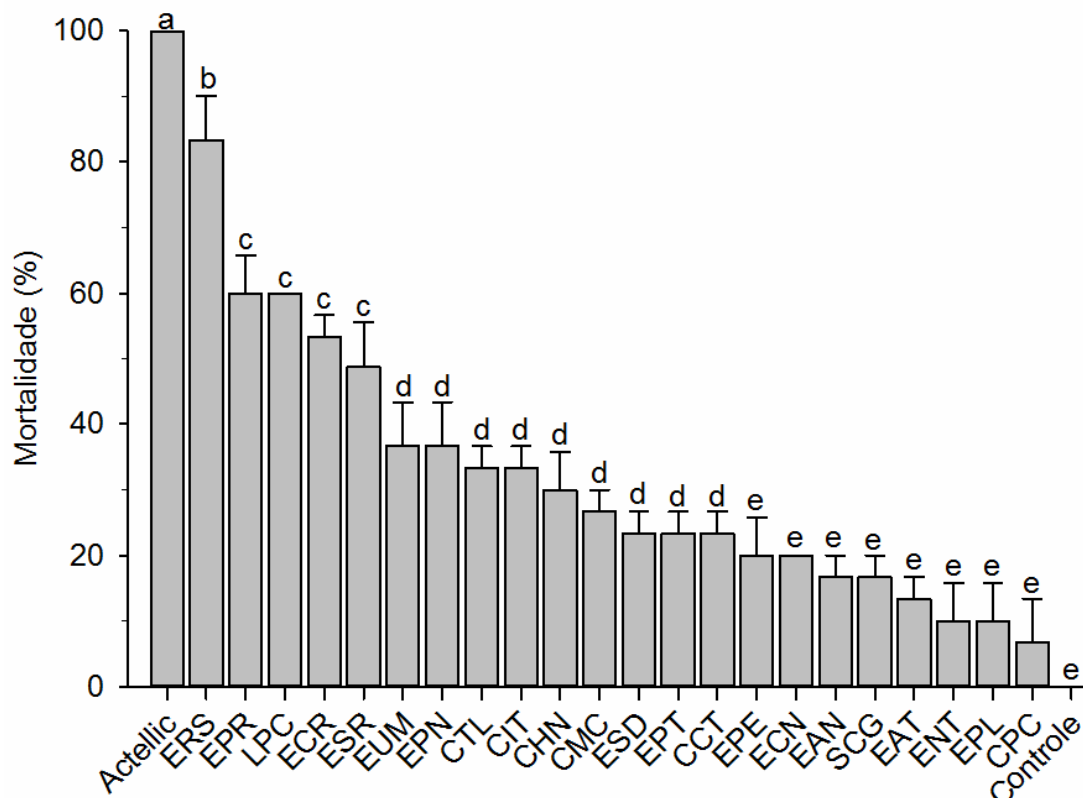


Figura 4.1. Mortalidade de adultos de *Rhyzopertha dominica* após 48 horas de tratamento e usando uma dose de $30 \mu\text{g mg}^{-1}$ de inseto. Os valores são expressos como a média \pm erro padrão de três experimentos independentes. O inseticida comercial Actellic foi utilizado como controle positivo. Foram usados os OEs das espécies *E. resinifera* (ERS), *E. pyrocarpa* (EPR), *Lophostemon confertus* (LPC), *E. crebra* (ECR), *E. sphaerocarpa* (ESR), *E. umbra* (EUM), *E. punctata* (EPN), *C. torelliana* (CTL), *C. intermedia* (CIT), *C. henryi* (CHN), *C. maculata* (CMC), *E. siderophloia* (ESD), *E. phaeotricha* (EPT), *C. citriodora* (CCT), *E. phoenicea* (EPE), *E. cinerea* (ECN), *E. andrewsii* (EAN), *Syncarpia glomulifera* (SCG), o híbrido *E. alba x E. tereticornis* (EAT), *E. nitens* (ENT), *E. pellita* (EPL) e *C. ptychocarpa* (CPC). Acetona foi utilizada como controle negativo. As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pela análise de agrupamento Scott-Knott a $p < 0,05$.

Comparando a composição química e as mortalidades da *R. dominica* causadas pelos OEs, não houve correlação significativa entre o teor dos componentes com a mortalidade ao inseto-praga.

4.3.1.2. Dose-mortalidade e tempo-mortalidade do óleo essencial de *Eucalyptus resinifera* sobre *Rhyzopertha dominica*

Conforme mencionado anteriormente, o OE mais ativo, extraído das folhas de *E. resinifera*, apresentou 81,7% de mortalidade. A eficácia desse OE ($DL_{50} = 17,08 \mu\text{g mg}^{-1}$ de inseto, $DL_{95} = 56,17 \mu\text{g mg}^{-1}$ de inseto) foi inferior à do inseticida comercial Actellic ($DL_{50} = 0,49 \mu\text{g mg}^{-1}$ de inseto; $DL_{95} = 1,14 \mu\text{g mg}^{-1}$ de inseto) utilizado como controle positivo (Figura 4.2).

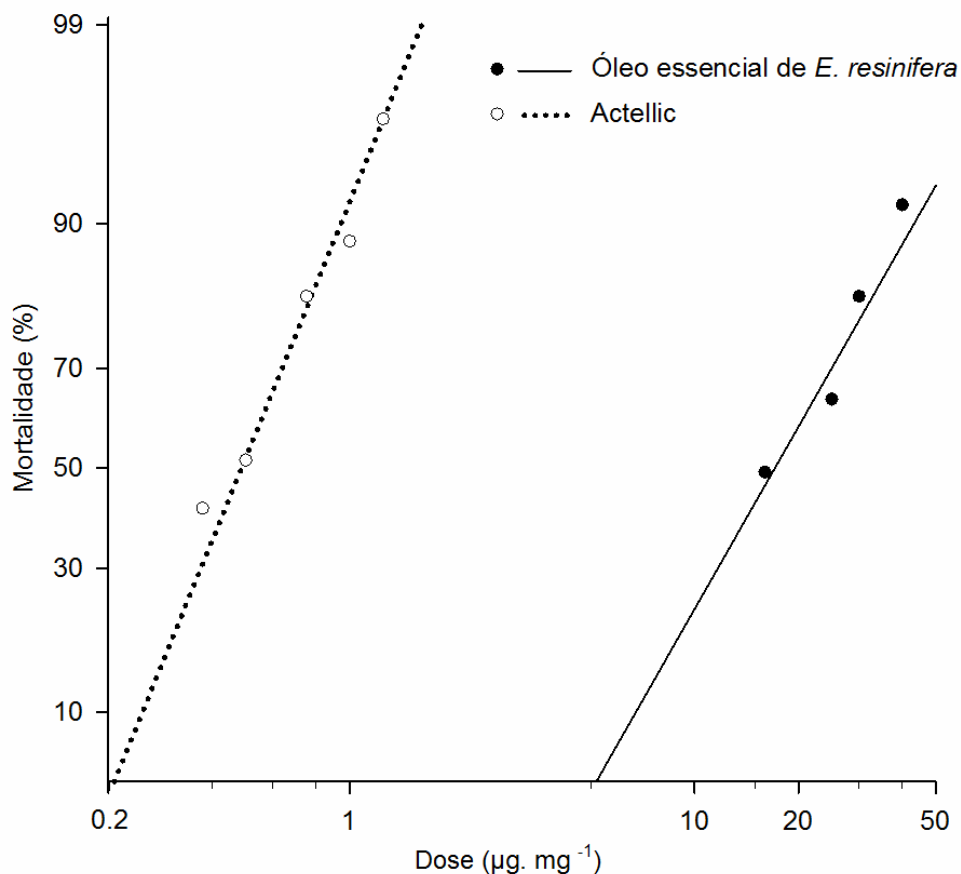


Figura 4.2. Curvas dose-mortalidade do Actellic e do OE de *Eucalyptus resinifera* sobre *Rhyzopertha dominica* obtidas após 48 horas de tratamento

Verificou-se que a DL₉₅ do OE de *E. resinifera* causou quase 100% de mortalidade à *R. dominica* no tempo de seis horas. Em contrapartida, nesse mesmo período, 100% de *R. dominica* permaneceram vivas no controle. Na determinação do TL₅₀ do OE de *E. resinifera*, os adultos de *R. dominica* começaram a morrer logo após a aplicação do tratamento (Figura 4.3).

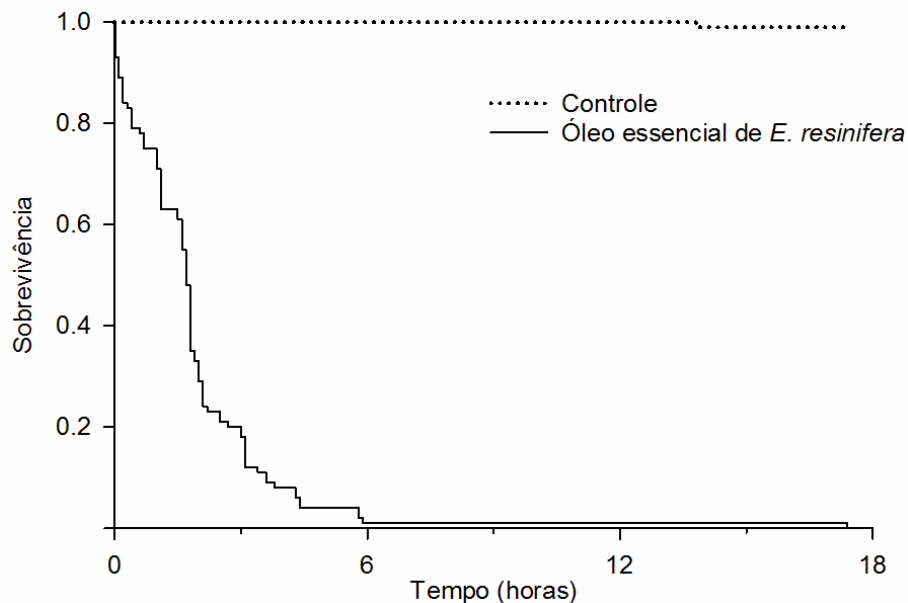


Figura 4.3. Curvas de sobrevivência de *Rhyzopertha dominica* submetidas à aplicação do OE de *Eucalyptus resinifera*, à concentração de DL_{95} ($56,17 \mu\text{g mg}^{-1}$ de inseto). Acetona foi utilizada como controle negativo.

4.3.1.3. Sinergismo dos principais componentes do óleo essencial de *Eucalyptus resinifera*

Neste bioensaio foi observada diferença significativa na mortalidade dos adultos de *R. dominica* em função dos tratamentos (ANOVA - análise de variância, $F_{8, 27} = 123,09$; $p < 0,001$). O OE de *E. resinifera* causou mortalidade de 95,5% a *R. dominica*. Já a aplicação de seus principais constituintes 1,8-cineol, *p*-cimeno e α -pineno usados isoladamente e em misturas nas doses que esses componentes estão presentes no OE de *E. resinifera* causou baixa ou nenhuma mortalidade, estatisticamente semelhante ao controle (Figura 4.4).

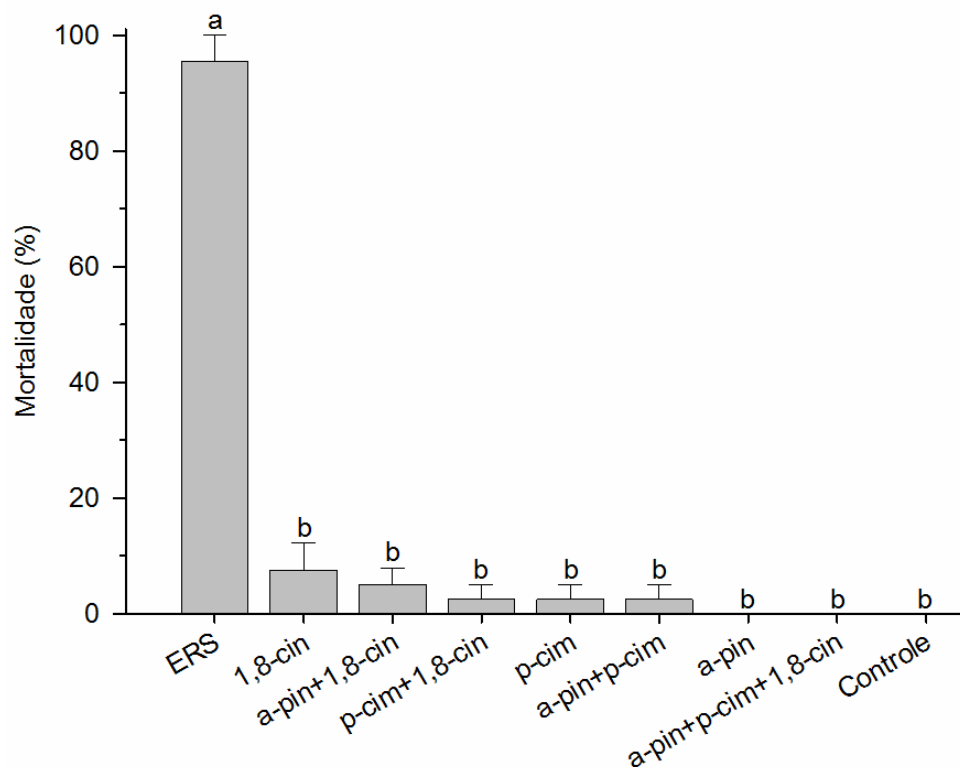


Figura 4.4. Mortalidade de adultos de *Rhyzopertha dominica* após 48 h de aplicação tópica do OE de *Eucalyptus resinifera* ($56,17 \mu\text{g mg}^{-1}$ de inseto) e seus componentes principais 1,8-cineol ($33,30 \mu\text{g mg}^{-1}$ de inseto), *p*-cimeno ($7,24 \mu\text{g mg}^{-1}$ de inseto) e α -pineno ($5,45 \mu\text{g mg}^{-1}$ de inseto). Os valores são expressos como a média \pm erro padrão de quatro experimentos independentes. As médias seguidas pela mesma letra não diferem, entre si, de acordo com o teste Scott-Knott a $p < 0,05$.

4.3.2. Bioensaios de fumigação

4.3.2.1. Avaliação da atividade inseticida de óleos essenciais sobre *Rhyzopertha dominica*

Pode-se observar na Figura 4.5 que os OEs, a $150 \mu\text{L L}^{-1}$ (ANOVA, $F_{22, 69} = 27,54$; $p < 0,001$), apresentam diferentes graus de efeito fumigante contra adultos de *R. dominica*. Após 48 horas de tratamento, a mortalidade variou de 0,0 a 90,0%. Com base nesta informação, os OEs foram divididos em cinco grupos de acordo com a mortalidade causada a *R. dominica*. O OE das folhas de *E. resinifera* que causou 90,0% de mortalidade a *R. dominica*, encontra-se no primeiro grupo. No segundo, está o Actellic (controle positivo) que causou mortalidade de 65%. Já no terceiro grupo, encontram-se os OEs de *C. citriodora*, o híbrido *E. alba x E. tereticornis*, *E. cinerea* e *C. henryi*, que provocaram mortalidades de 32,5% a 52,5%. Os OEs de *E. pyrocarpa*, *E. nitens*, *C. maculata*, *E. pellita*, *E. punctata* e *C. intermedia*, que causaram baixa mortalidade a *R. dominica* (15,0% e 25,0%), estão no quarto grupo. E no quinto grupo estão *C. torelliana*, *E. phoenicea*, *E. sphaerocarpa*, *Syncarpia glomulifera*, *E. siderophloia*, *E. umbra*, *Lophostemon confertus*, *E. phaeotricha*, *E. andrewsii* e *E.*

crebra, cujos OEs causaram as menores mortalidades a *R. dominica*, semelhantes às ocorridas no controle (Figura 4.5). Portanto, novamente o OE das folhas de *E. resinifera* foi o único selecionado para participar dos ensaios posteriores.

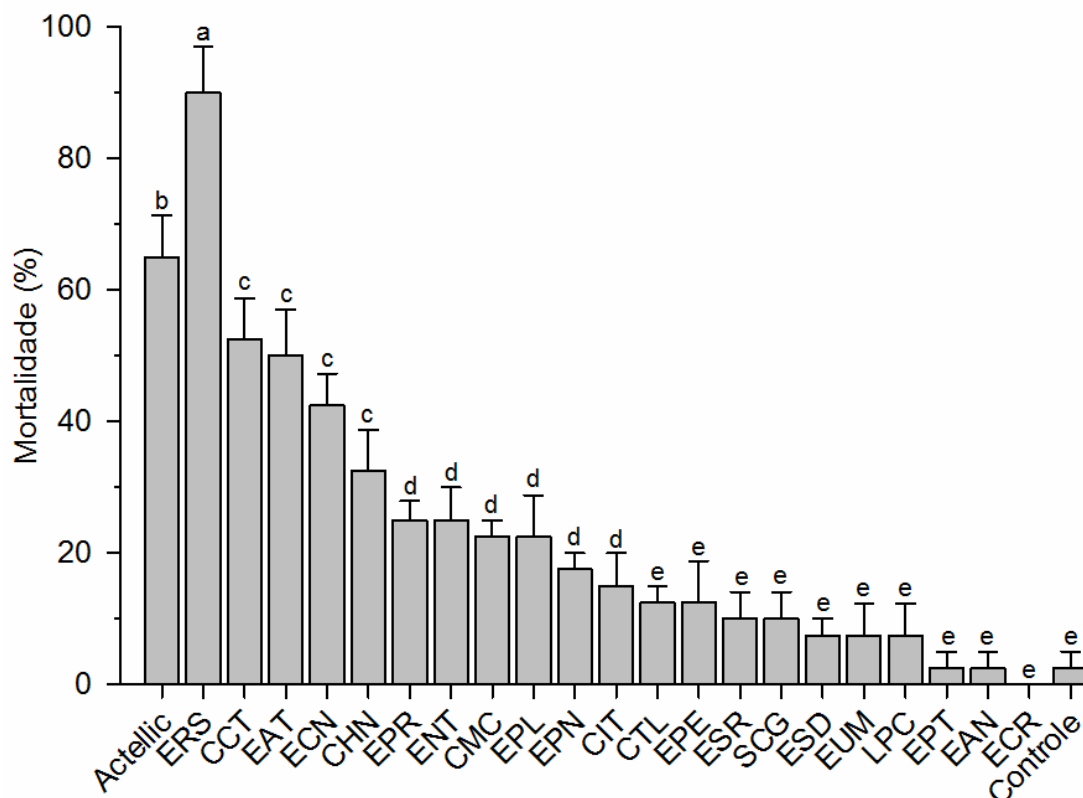


Figura 4.5. Mortalidade de adultos de *Rhyzopertha dominica* após 48 horas de tratamento e usando uma dose de 150 µL L⁻¹. Os valores são expressos como a média ± erro padrão de quatro experimentos independentes. O inseticida comercial Actellic foi utilizado como controle positivo. Foram usados os OEs das espécies *E. resinifera* (ERS), *C. citriodora* (CCT), o híbrido *E. alba* x *E. tereticornis* (EAT), *E. cinerea* (ECN), *C. henryi* (CHN), *E. pyrocarpa* (EPR), *E. nitens* (ENT), *C. maculata* (CMC), *E. pellita* (EPL), *E. punctata* (EPN), *C. intermedia* (CIT), *C. torelliana* (CTL), *E. phoenicea* (EPE), *E. sphaerocarpa* (ESR), *Syncarpia glomulifera* (SCG), *E. siderophloia* (ESD), *E. umbra* (EUM), *Lophostemon confertus* (LPC), *E. phaeotricha* (EPT), *E. andrewsii* (EAN) e *E. crebra* (ECR). Acetona foi utilizada como controle negativo. As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pela análise de agrupamento Scott-Knott a $p < 0,05$.

Comparando a composição química e as mortalidades da *R. dominica* causadas pelos OEs, foi possível detectar correlações positivas e significativas entre essas duas variáveis para os teores de 1,8-cineol ($r = 0,52$, $p = 0,016$), *trans*-pinocarveol ($r = 0,59$, $p = 0,005$) e pinocarvona ($r = 0,56$, $p = 0,008$).

4.3.2.2. Dose-mortalidade e tempo-mortalidade do óleo essencial de *Eucalyptus resinifera* sobre *Rhyzopertha dominica*

Conforme mencionado acima, o OE mais ativo, extraído das folhas de *E. resinifera*, apresentou 90,0% de mortalidade. A eficácia desses OEs ($CL_{50} = 70,55$ µL

L⁻¹, CL₉₅ = 266,40 μL L⁻¹) foi superior à do inseticida comercial Actellic (CL₅₀ = 154,74 μL L⁻¹; CL₉₅ = 334,95 μL L⁻¹) utilizado como controle positivo (Figura 4.6).

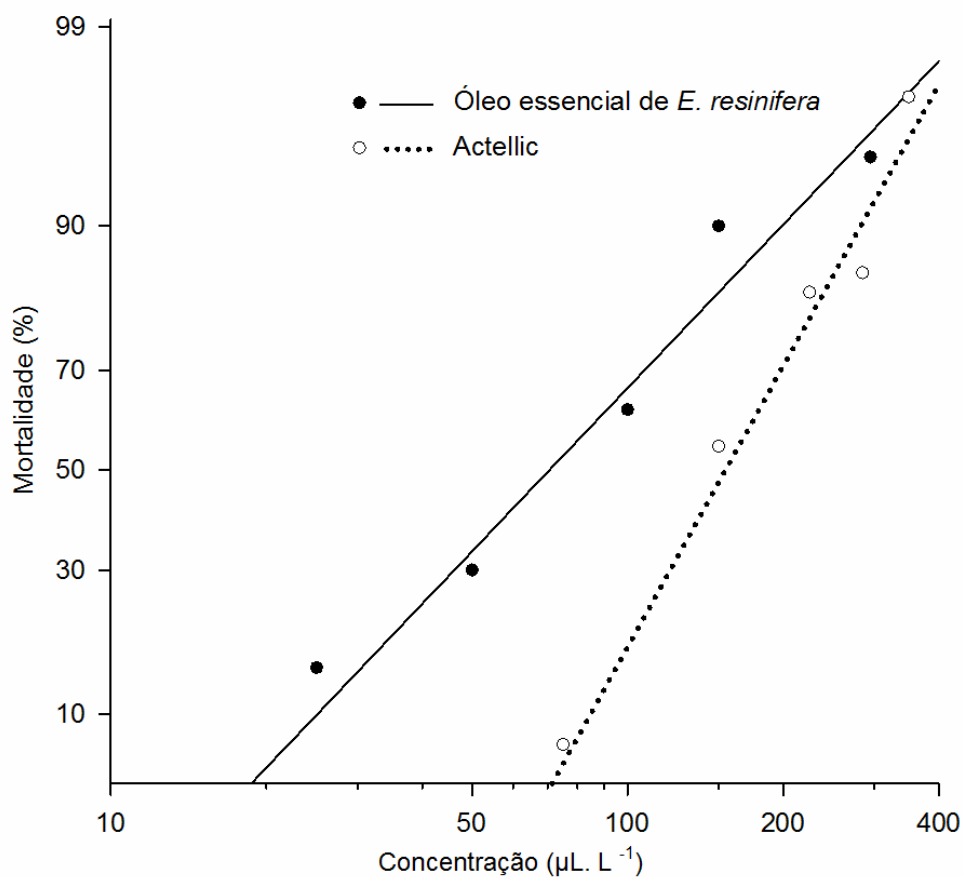


Figura 4.6. Curvas dose-mortalidade do Actellic e do OE de *Eucalyptus resinifera* sobre *Rhyzopertha dominica* obtidas após 48 horas de tratamento

A CL₉₅ do OE de *E. resinifera* causou 100% de mortalidade à *R. dominica* no tempo de 21 horas. Em contrapartida, nesse mesmo período, 100% de *R. dominica* permaneceram vivas no controle (Figura 4.7).

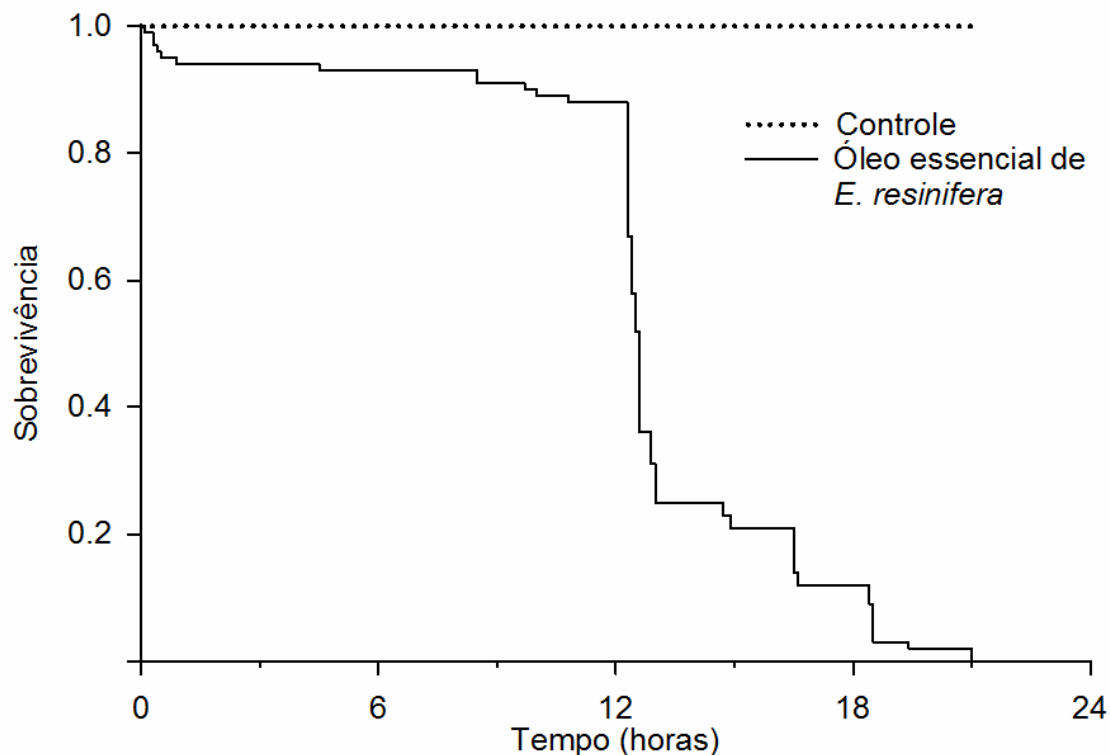


Figura 4.7. Curvas de sobrevivência de *Rhyzopertha dominica* submetidas à aplicação do OE de *Eucalyptus resinifera*, à concentração de CL_{95} ($266,40 \mu\text{L L}^{-1}$). Acetona foi utilizada como controle negativo.

4.3.2.3. Sinergismo dos principais componentes do óleo essencial de *Eucalyptus resinifera*

Foi observada diferença significativa na mortalidade dos adultos de *R. dominica* em função dos tratamentos (ANOVA - análise de variância, $F_{8, 27} = 203,86$; $p < 0,001$). O OE de *E. resinifera* e seu componente principal, 1,8-cineol usados isoladamente e em misturas com os componentes *p*-cimeno e α -pineno nas concentração que estes estão presentes no OE de *E. resinifera* causaram mortalidades de 95% a 100%. Já a aplicação dos constituintes *p*-cimeno e α -pineno usados isoladamente e em misturas nas doses que esses constituintes estão presentes no OE de *E. resinifera* não causou mortalidade à *R. dominica* (Figura 4.8).

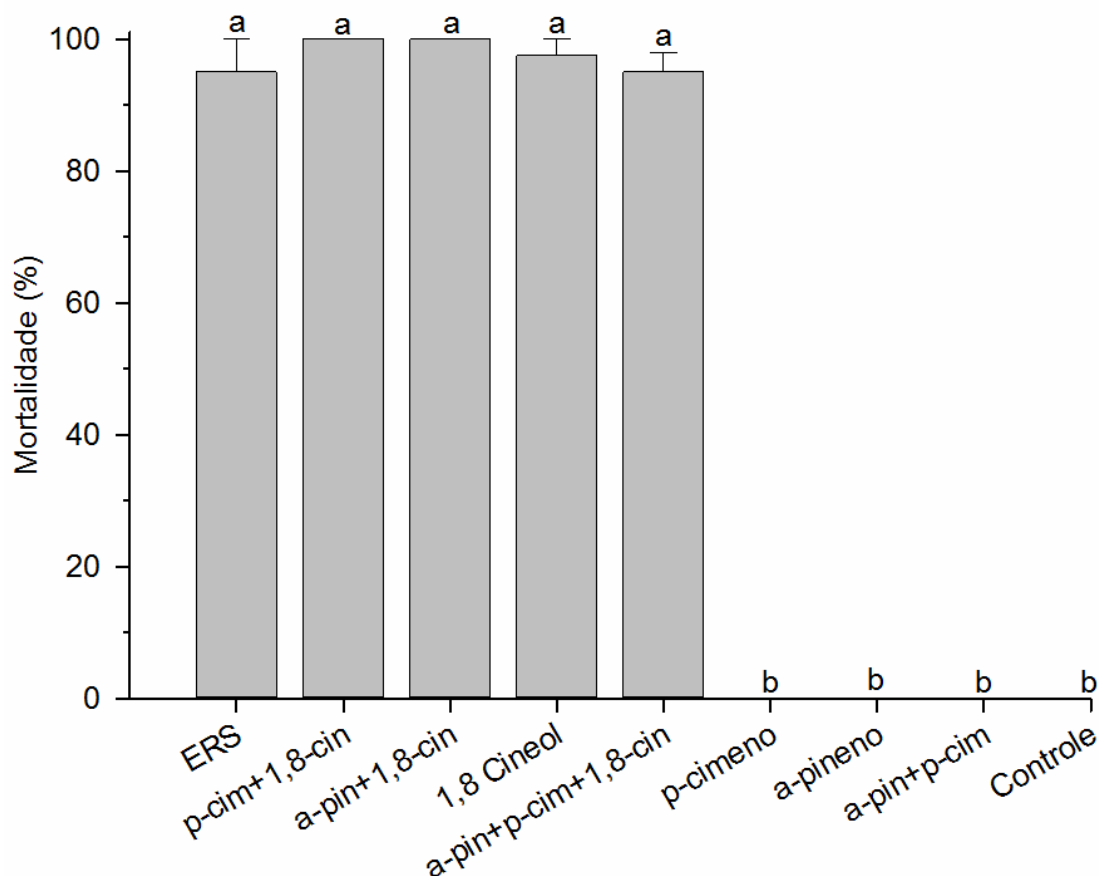


Figura 4.8. Mortalidade de adultos de *Rhyzopertha dominica* após 48 h de aplicação do OE de *Eucalyptus resinifera* ($266,40 \mu\text{L L}^{-1}$) e seus componentes principais 1,8-cineol ($157,98 \mu\text{L L}^{-1}$), *p*-cimeno ($34,37 \mu\text{L L}^{-1}$) e *a*-pineno ($25,84 \mu\text{L L}^{-1}$). Os valores são expressos como a média \pm erro padrão de quatro experimentos independentes. As médias seguidas pela mesma letra não diferem, entre si, de acordo com o teste Scott-Knott a $p < 0,05$.

4.4. Discussão

Os bioensaios com os OEs das espécies de Myrtaceae estudadas revelaram grande variação na mortalidade causada a *R. dominica*, tanto nos bioensaios de contato como nos de fumigação. O fato do OE das folhas de *E. resinifera* ter causado alta mortalidade (83,33% e 90,0%, respectivamente) nos bioensaios de contato (dose de $30 \mu\text{g mg}^{-1}$ de inseto) e fumigação (concentração de $150 \mu\text{L L}^{-1}$), a adultos de *R. dominica* indica o alto potencial para esse OE ser usado como inseticida no controle desta praga. Destaca-se o efeito fumigante deste OE, que causou mortalidade à *R. dominica* superior ao padrão de eficiência (Actellic). A eficácia do OE de *E. resinifera* no bioensaio de fumigação ($\text{CL}_{50} = 70,55 \mu\text{L L}^{-1}$; $\text{CL}_{95} = 266,40 \mu\text{L L}^{-1}$) foi superior à do Actellic ($\text{CL}_{50} = 154,74 \mu\text{L L}^{-1}$; $\text{CL}_{95} = 334,95 \mu\text{L L}^{-1}$) utilizado como controle positivo. Já a eficácia do OE de *E. resinifera* no bioensaio de contato ($\text{DL}_{50} = 17,08 \mu\text{g mg}^{-1}$ de inseto; $\text{DL}_{95} =$

56,17 $\mu\text{g mg}^{-1}$ de inseto) foi inferior à do Actellic ($\text{DL}_{50} = 0,49 \mu\text{g mg}^{-1}$ de inseto; $\text{DL}_{95} = 1,14 \mu\text{g mg}^{-1}$ de inseto).

O TL_{50} sobre adultos de *R. dominica* para o OE de *E. resinifera* foi de 1,7 horas no bioensaio de contato (DL_{95} de 56,17 $\mu\text{g mg}^{-1}$ de inseto) e de 12,6 horas no bioensaio de fumigação (CL_{95} de 266,40 $\mu\text{L L}^{-1}$), enquanto bioensaios de fumigação realizados com OE de *E. floribundi*, tendo como componente principal 1,8-cineol (58%), variou de 4,28 dias para a concentração de 100 $\mu\text{L L}^{-1}$ a 3,13 dias para a concentração de 500 $\mu\text{L L}^{-1}$ (Aref *et al.*, 2016).

O responsável pelo efeito fumigante do OE de *E. resinifera* é, possivelmente, o 1,8-cineol. Esta afirmação é baseada nos seguintes fatos: (i) o efeito fumigante do OE de *E. resinifera* e seu componente principal, 1,8-cineol, usados isoladamente e em misturas com os componentes *p*-cimeno e α -pineno, causaram altas mortalidades a *R. dominica*; (ii) os tratamentos com os outros constituintes principais do OE de *E. resinifera*, *p*-cimeno e α -pineno, usados isoladamente e em misturas, não causaram mortalidade à *R. dominica* e (iii) foram detectadas correlações positivas e significativas ($p < 0,05$) das mortalidades de *R. dominica* com os teores de 1,8-cineol nos OEs. Apesar disso, OEs das espécies que apresentaram elevados teores de 1,8-cineol (Tabela 2.2) como o híbrido *E. alba x E. tereticornis* (70,7%) e *E. cinerea* (70,8%) apresentaram mortalidade intermediária de 50,0% e 42,5%, respectivamente, indicando, possivelmente, a existência de efeito antagônico entre os constituintes destes OEs.

Entre os componentes dos OEs, monoterpenóides tem contribuído para atividades de fumigação contra pragas de produtos de armazenamento (Rajendran e Sriranjini 2008), sendo que foram indicados serem letais para os insetos através da inibição da atividade da enzima acetilcolinesterase (AChE) (Houghton *et al.*, 2006). A relação entre a quantidade elevada de 1,8-cineol com a atividade fumigante a *R. dominica*, foi indicada para OEs de *E. camaldulensis*, *E. lehmani*, *E. leucoxydon* e *E. astringens* (Jemaa *et al.*, 2012). As concentrações mais elevadas de α -pineno, 1,8-cineol e α -terpineol no OE de *E. lehmani* em comparação com o OE de *E. astringens* foi considerada responsável pelo melhor potencial inseticida contra os insetos *Tribolium castaneum*, *Rhyzopertha dominica* e *Callosobruchus maculatus* (Hamdi *et al.*, 2015). Assim como o OE de *E. dundasii* pode ter sua ação inseticida contra *R. dominica* e *O. surinamensis* relacionada com seus componentes principais, tais como 1,8-cineol (Aref *et al.*, 2015).

Em relação ao bioensaio de contato, não foi possível determinar o composto responsável pelo efeito tóxico, pois apesar do OE de *E. resinifera* apresentar alta

mortalidade à adultos de *R. dominica*, a aplicação de seus principais constituintes 1,8-cineol, *p*-cimeno e α -pineno, usados isoladamente e em misturas nas doses que esses componentes estão presentes no OE de *E. resinifera*, causaram baixa ou nenhuma mortalidade à *R. dominica*. Resultado contrário ao encontrado por Prates *et al.* (1998) que mostraram o 1,8-cineol tóxico em bioensaio de contato para *R. dominica*. Assim, provavelmente a toxicidade de contato do OE de *E. resinifera* a *R. dominica* é causada pelo sinergismo entre substâncias presentes no OE. Pelos experimentos realizados, não foi possível determinar quais substâncias exercem tal efeito. Além disso, no bioensaio de contato os OEs de *E. crebra* (Tabela 2.2), *E. pyrocarpa* (Tabela 2.3), *Lophostemon confertus* e *E. sphaerocarpa* (Tabela 2.4), que causaram mortalidade intermediária aos adultos de *R. dominica* (49,8% a 60,0%), a composição química dos componentes principais foi muito variada. A espécie de *E. pyrocarpa* mostrou como componentes principais α -eudesmol (30,9%), 7-epi- α -eudesmol (15,6%) e γ -eudesmol (15,1%), na espécie de *L. confertus* os componentes principais foram α -pineno (20,9%) e aromadendreno (12,0%), em *E. crebra* o α -pineno foi obtido com alto teor (72,9%) e *E. sphaerocarpa* apresentou 1,8-cineol (37,9%), *p*-cimeno (16,7%) e α -felandreno (15,1%) entre os componentes principais. As espécies *E. punctata*, *E. phaeotricha*, *E. cinerea*, o híbrido *E. alba* x *E. tereticornis* e *C. henryi*, que apresentaram altos teores 1,8-cineol (Tabelas 2.1 a 2.3), mostraram mortalidade inferior a 50% a adultos de *R. dominica* nos bioensaios de contato.

4.5. Conclusão

O OE de folhas de *E. resinifera* é tóxico contra *R. dominica* em bioensaios de contato e fumigação. Os bioensaios de fumigação mostraram que este OE é mais eficaz que o inseticida comercial Actellic. O 1,8-cineol é o principal responsável pelo efeito fumigante. Portanto, o OE *E. resinifera* apresenta-se como promissor inseticida a ser usado contra *R. dominica*, podendo ser utilizado como uma alternativa aos inseticidas comerciais.

Referências

1. Abbott, W.S.A., 1925. Method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* 18, 265-266.
2. Antunes, L.E.G., Dionello, R.G., 2010. Bioecologia de *Rhyzopertha dominica* (Fabricius) 1972 (Coleoptera: Bostrycidae). Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2010_3/Rhyzopertha/index.htm>. Acesso em: 7/4/2016
3. Aref, S.P., Valizadegan, O., Farashiani, M.E., 2015. *Eucalyptus dundasii* Maiden essential oil, chemical composition and insecticidal values against *Rhyzopertha dominica* (F.) and *Oryzaephilus surinamensis* (L.). *J. Pl. Prot. Res.* 55, 35-41.
4. Aref, S.P., Valizadegan, O., Farashiani, M.E., 2016. The insecticidal effect of essential oil of *Eucalyptus floribundi* against two major stored product insect pests; *Rhyzoperth dominica* (F.) and *Oryzaephilus surinamensis* (L.). *J. Essent. Oil Bear. Pl.* 19, 820-831.
5. Calil, A.C.P., 1995. Efeito de doses de fosfina e períodos de exposição, na mortalidade de formas adultas e imaturas de *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae), em trigo. Viçosa, MG: UFV, Tese de Doutorado. 67p.
6. Collins, P.J., DGLISH, G.J., PAVIC, H., KOPITKE, R.A., 2005. Response of mixed age cultures of phosphine-resistant and susceptible strains of lesser grain borer, *Rhyzopertha dominica*, to phosphine at a range of concentrations and exposure periods. *J. Stored Prod. Res.* 41, 373-385.
7. CONAB, Acomp. safra bras. grãos, v. 4 Safra 2016/17 - Primeiro levantamento, Brasília, p. 1-164 outubro 2016. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_10_10_08_48_44_safra_outubro_1.pdf>. Acesso em: 10/10/2016.
8. Dunkel, F.V., Sears, J., 1998. Fumigant properties of physical preparations from mountain big sagebrush, *Artemisia tridentata* Nutt. spp. vaseyana (Rydb.) beetle for stored grain insects. *J. Stored Prod. Res.* 34, 307-321.
9. Ebadollahi, A., 2013. Essential oils isolated from Myrtaceae family as natural insecticides – a review. *Annu. Rev. Res. Biol.* 3, 148-175.
10. Edde, P.A., 2012. A review of the biology and control of *Rhyzopertha dominica* (F.) the lesser grain borer. *J. Stored Prod. Res.* 48, 1-18.
11. Hamdi, S.H., Hedjal-Chebheb, M., Kellouche, A., Khouja, M.L., Boudabous, A., Jemaa, J.M.B., 2015. Management of three pests' population strains from Tunisia and Algeria using *Eucalyptus* essential oils. *Ind. Crops Prod.* 74, 551-556.
12. Hansen, L.S., Hansen, P., Jensen, K.M.V., 2012. Lethal doses of ozone for control of all stages of internal and external feeders in stored products. *Pest. Manag. Sci.* 68, 1311-1316.
13. Houghton, P.J., Ren, Y., Howes, M.J., 2006. Acetylcholinesterase inhibitors from plants and fungi. *Nat. Prod. Rep.* 23, 181-199.
14. Huang, Y., Ho, S.H., 1998. Toxicity and antifeedant activity of cinnamaldehyde against the grain storage insects, *Tribolium castaneum* (Herbst) and *Sitophilus zeamais* Motsch. *J. Stored Prod. Res.* 34, 11-17.
15. Huang, Y., Lam, S.L., Ho, S.H., 2000. Bioactivities of essential oil from *Elettaria cardamomum* (L.) Maton. To *Sitophilus zeamais* Motschulsky and *Tribolium castaneum* (Herbst). *J. Stored Prod. Res.* 36, 107-117.
16. Isman, M.B., 2000. Plant EOs for pest and disease management. *Crop Prot.* 19, 603-608.
17. Isman, M.B., 2008. Botanical insecticides: for richer, for poorer. *Pest. Manag. Sci.* 64, 8-11.
18. Isman, M.B., Miresmailli, S., Machial, C., 2010. Commercial opportunities for pesticides based on plant essential oils in agriculture, industry and consumer products. *Phytochem. Rev.* 10, 197-204.
19. Jemaa, J.M.B., Haouel, S., Bouaziz, M., Khouja, M.L., 2012. Seasonal variations in chemical composition and fumigant activity of five *Eucalyptus* EOs against three moth pests of stored dates in Tunisia. *J. Stored Prod. Res.* 48, 61-67.
20. Jovanović, Z., Kostić, M., Popović, Z., 2007. Grain-protective properties of herbal extracts against the bean weevil *Acanthoscelides obtectus* Say. *Ind. Crop Prod.* 26, 100-104.
21. Kiran, S., Prakash, B., 2015. Assessment of toxicity, antifeedant activity, and biochemical responses in stored-grain insects exposed to lethal and sublethal doses of *Gaultheria procumbens* L. essential oil. *J. Agric. Food Chem.* 63, 10518-10524.

22. Koul, O., Walia, S., Dhaliwal, G.S., 2008. Essential oils as green pesticides: potential and constraints. *Biopest. Int.* 4, 63-84.
23. Kubo, I., Muroi, H., Kubo, A., 1994. Naturally occurring antiacne agents. *J. Nat. Prod.* 57: 9-17.
24. Lee, B.H., Annis, P.C., Tumaalii, F.A., Choi, W.S., 2004. Fumigant toxicity of essential oils from the Myrtaceae family and 1,8-cineole against 3 major stored-grain insects. *J. Stored Prod. Res.* 40, 553-564.
25. Lee, B., Choi, W., Lee, S., Park, B., 2001a. Fumigant toxicity of EOs and their constituent compounds towards the rice weevil, *Sitophilus oryzae* (L.). *Crop Prot.* 20, 317-320.
26. Lee, S.E., Lee, B.H., Choi, W.S., Park, B.S., Kim, J.G., Campbell, B.C., 2001b. Fumigant toxicity of volatile natural products from Korean spices and medicinal plants towards the rice weevil, *Sitophilus oryzae* (L.). *Pest. Manag. Sci.* 57, 548-553.
27. Lorini, I., 2008. Manejo integrado de pragas de grãos de cereais armazenados. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 72p.
28. Lorini, I., Collins, P.J., Daglish, G.J., Nayak, M.K., Pavic, H., 2007. Detection and characterisation of strong resistance to phosphine in Brazilian *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae). *Pest. Manag. Sci.* 63, 358-364.
29. Mahmoodi, L., Valizadegan, O., Mahdavi, V., 2014. Fumigant toxicity of *Petroselinum crispum* L. (Apiaceae) essential oil on *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae) adults under greenhouse conditions. *J. Pl. Prot. Res.* 54, 294-299.
30. Moreau, T.L., Isman, M.B., 2012. Combining reduced-risk products, trap crops and yellow sticky traps for greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*) management on sweet peppers (*Capsicum annum*). *Crop Prot.* 34, 42-46.
31. Mossi, A.J., Astolfi, V., Kubiak, G., Lerin, L., Zanella, C., Toniazzo, G., Oliveira, D., Treichel, H., Devilla, I.A., Cansiana, R., Restello, R., 2011. Insecticidal and repellency activity of essential oil of *Eucalyptus* ssp. against *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera, Curculionidae). *J. Sci. Food Agr.* 91, 273-277.
32. Neethirajan, S., Karunakaran, C., Jayas, D.S., White, N.D.G., 2007. Detection techniques for stored-product insects in grain. *J. Food Control.* 18, 157-162.
33. Nelder, J.A., Wedderburn, R.W.M., 1972. Generalized linear models. *J. R. Statist. Soc. A* 74, 221-232.
34. Paula, J.A.M., Reis, J.B., Ferreira, L.H.M., Menezes, A.C.S., Paula, J.R., 2010. Gênero Pimenta: aspectos botânicos, composição química e potencial farmacológico. *Rev. Bras. Pl. Med.* 12, 363-379.
35. Pereira, P.A.A., Martha, G.B., Santana, C.A.M., Alves, E., 2012. The development of Brazilian agriculture: future technological challenges and opportunities. *Agric. Food Sec.* 1, 1-12.
36. Poy, L.A., 1991. Ciclo de vida de *Rhyzopertha dominica* (Fabricius, 1972) (Col., Bostrychidae) em farinhas e grãos de diferentes cultivares de trigo. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 135p.
37. Prakash, B., Singh, P., Yadav, S., Singh, S.C., Dubey, N.K., 2013. Safety profile assessment and efficacy of chemically characterized *Cinnamomum glaucescens* essential oil against storage fungi, insect, aflatoxin secretion and as antioxidant. *Food Chem. Toxicol.* 53, 160-167.
38. Prates, H.T., Santos, J.P., Waquil, J.M., Fabris, J.D., Oliveira, A.B., Foster, J.E., 1998. Insecticidal activity of monoterpenes against *Rhyzopertha dominica* (F.) and *Tribolium castaneum* (Herbst). *J. stored Prod. Res.* 34, 243-249.
39. Rajendran, S., Sriranjini, V., 2008. Plant products as fumigants for stored-product insect control. *J. Stored Prod. Res.* 44, 126-135.
40. Regnault-Roger, C., Hamraoui, A., Holeman, M., Theron, E., Pinel, R., 1993. Insecticidal effect of essential oils from Mediterranean plants upon *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae), a pest of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *J. Chem. Ecol.* 14, 1965-1975.
41. Regnault-Roger, C., Vincent, C., Arnason, J.T., 2012. Essential oils in insect control: low-risk products in a high-stakes world. *Annu. Rev. Entomol.* 57, 405-424.
42. Ribeiro, L.P., Ansante, T.F., Niculau, E.S., Pavarni, R., Silva, M.F.G.F., Seffrin, R.C., Vendramim, J.D., 2015. *Pimenta pseudocaryophyllus* derivatives: extraction methods and bioactivity against *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). *Neotrop. Entomol.* 44, 634-642.
43. Sartori, M.R., Pacheco, I.A., Vilar, R.M.G., 1990. Resistance to phosphine in stored grain insects in Brazil. II. In: International Working Conference on Stored-Product Protection, Bordeaux. Proceedings. Bordeaux: [s.n], 5, 1041-1049.

44. SAS Institute, 2013. SAS User's Manual, Version 9.4. Cary: SAS Institute.
45. Scott, A.J., Knott, M.A., 1974. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. *Biometrics* 30, 507-512.
46. Shaaya, E., Kostjukovski, M., Eilberg, J., Sukprakarn, C., 1997. Plant oils as fumigants and contact insecticides for the control of stored-product insects. *J. Stored Prod. Res.* 33, 7-15.
47. Shaaya, E., Ravid, U., Paster, N., Juven, B., Zisman, U., Pizarrev, V., 1991. Fumigant toxicity of essential oils against four major stored-product insects. *J. Chem. Ecol.* 17, 499-504.
48. Shi, M., Collins, P.J., Ridsdill-Smith, J., Renton, M., 2012. Individual-based modelling of the efficacy of fumigation tactics to control lesser grain borer (*Rhyzopertha dominica*) in stored grain. *J. Stored Prod. Res.* 51, 23-32.
49. Silva, G.A., Picanço, M.C., Bacci, L., Crespo, A.L.B., Rosado, J.F., Guedes, R.N.C., 2011. Control failure likelihood and spatial dependence of insecticide resistance in the tomato pinworm, *Tuta absoluta*. *Pest Manage. Sci.* 67, 913-920.
50. Singh, P.S., Prakash, B., Dubey, N.K., 2014. Insecticidal activity of *Ageratum conyzoides* L., *Coleus aromaticus* Benth. and *Hyptis suaveolens* (L.) Poit essential oils as fumigant against storage grain insect *Tribolium castaneum* Herbst. *J. Food Sci. Technol.* 51, 2210-2215.
51. Stefanello, M.E.A, Pascoal, A.C.R.F., Salvador, M.J., 2011. Essential oils from Neotropical Myrtaceae: chemical diversity and biological properties. *Chem. Biodivers.* 8, 73-94.
52. Tripathi, A.K., Upadhyay, S., Bhuiyan, M., Bhattachary, P.R., 2009. A review on prospects of essential oils as biopesticide in insect-pest management. *J. Pharmacogn. Phytother.* 1, 52-63.
53. Tunç, I., Berger, B.M., Erler, F., Dagli, F., 2000. Ovicidal activity of essential oils from five plants against two stored product insects. *J. Stored Prod. Res.* 36, 161-168.
54. Young, L.J., Young, J.H., 1998. Statistical ecology - A population perspective. Boston: Kluwer.

CONCLUSÃO GERAL

A pesquisa sobre OEs é de fundamental importância considerando as aplicações atuais de extratos naturais e OEs nas indústrias de alimentos, cosméticos, perfumarias, farmacêuticas e agroquímicas. O primeiro capítulo, deste trabalho, mostrou a grande variabilidade química existente entre OEs de várias espécies de *Eucalyptus*. Além de descrever a utilidade desses OEs em termos de sua atividade antimicrobiana, inseticida, acaricida e fitotóxica. Sendo que, em alguns casos, a atividade biológica observada dos OEs é superior à dos produtos disponíveis no mercado, mas há muito pouca investigação sobre o mecanismo de ação das atividades biológicas de tais OEs. Considerando todos esses aspectos, e considerando que várias espécies de *Eucalyptus* ainda não foram exploradas em termos de conteúdo e composição de OEs, consideramos que as investigações neste campo continuarão ativas no futuro. Novas atividades serão relatadas para OEs de *Eucalyptus* e mais detalhes sobre seus mecanismos de ação também aparecerão no futuro.

As análises dos OEs, no segundo capítulo, revelaram que os OEs das espécies de *E. cinerea*, *E. punctata*, *E. andrewsii*, *E. siderophloia*, *E. resinifera*, *E. phaeotricha*, *E. sphaerocarpa*, *E. pyrocarpa*, *E. umbra*, *E. phoenicea*, *E. nitens*, *E. pellita*, *E. crebra*, o híbrido *E. alba* x *E. tereticornis*, *C. citriodora*, *C. maculata*, *C. henryi*, *C. torelliana*, *C. intermedia*, *C. ptychocarpa* *S. glomulifera* e *L. confertus* apresentaram variações com respeito aos constituintes terpênicos identificados, com predominância de monoterpenos. Entre aquelas que mostraram elevados teores de α - e β -pineno, destaca-se a *C. maculata*, que pode ser explorada como fonte comercial de α -pineno para a indústria de perfumes e cosméticos, bem como para a indústria de química fina.

Várias espécies apresentaram o 1,8-cineol como componente principal, entre elas destacam-se *E. cinerea* e o híbrido *E. alba* x *E. tereticornis*, com elevado teor deste componente e excelentes teores de OEs. Os referidos OEs, podem ser comercializados, pois se enquadram nas normas comerciais nacionais e internacionais, que exigem o conteúdo mínimo de 70% para 1,8-cineol. Além de ser utilizado para fins medicinais, o 1,8-cineol apresenta grande potencial econômico para a indústria de alimentos e perfumaria.

Os OEs das espécies de *E. sphaerocarpa* e *C. henryi* obtidos na coleta da estação chuvosa, apresentaram elevados teores de OEs, mas mostraram diferenças significativas em sua composição química em relação às amostras colhidas ao final da estação seca que apresentaram conteúdos relevantes de 1,8-cineol. *C. henryi* não apresentou 1,8-cineol em sua composição química, nas amostras coletadas na estação

chuvosa, tendo como principais constituintes os isômeros α -, β - e γ -eudesmol. A espécie *E. sphaerocarpa* apresentou baixa concentração de 1,8-cineol, apresentando também os isômeros α -, β - e γ -eudesmol como constituintes principais nas coletas realizadas na estação chuvosa. As diferenças nos resultados mostram a importância da escolha da estação de colheita, para se obter o produto com as concentrações desejadas, já que os isômeros de eudesmol são importantes para indústria de cosméticos, sendo usado como fixador de perfumes.

Outra espécie que merece destaque é *E. pyrocarpa*, que apresentou considerável teor de OE e composição química de importante conteúdo, onde os componentes principais foram α -eudesmol, 7-epi- α -eudesmol e γ -eudesmol na coleta realizada ao final da estação seca e α -, β - e γ -eudesmol na coleta realizada na estação chuvosa. Assim como *C. henryi* e *E. sphaerocarpa*, pode ser utilizado como fonte desses sesquiterpenos.

A espécie *C. citriodora*, cultivada em Viçosa, apresentou elevado teor de citronelal e excelente teor de OE na coleta realizada ao final da estação seca, semelhante à maioria dos trabalhos encontrados, mas as folhas desta mesma planta coletada na estação chuvosa apresentou redução no teor de OE e de citronelal, tendo o citronelol com teor mais elevado. O OE obtido nas amostras coletadas ao final da estação seca também podem ser explorados comercialmente, pois seu conteúdo de citronelal é superior a 70%. O citronelal além de ser utilizado pela indústria de perfumaria, sendo o Brasil um dos maiores exportadores, apresenta diversas bioatividades comprovadas, como repelente de insetos e ação fungicida.

Finalmente, as espécies de Myrtaceae cultivadas em Viçosa constituem fontes promissoras para a exploração comercial de terpenos bioativos e produtos importantes na indústria química. Esta pesquisa apresenta ainda, relatos inéditos da composição química dos OEs das espécies *E. andrewsii*, *C. henryi*, *E. phoenicea*, *C. ptychocarpa*, *E. pyrocarpa* e o híbrido *E. alba* x *E. tereticornis*.

Os bioensaios descritos no terceiro capítulo, mostraram que o OE de folhas de *C. citriodora* tem atividade inseticida sobre *P. xylostella*. Sendo mais eficaz que o óleo neem exercendo rápido controle sobre esta espécie. Os componentes responsáveis pela atividade inseticida do OE de *C. citriodora* mais ativos são citronelal e (-)-isopulegol. Os ensaios biológicos demonstraram efeito sinérgico destes compostos em termos de atividade inseticida. O OE de *C. citriodora* não apresentou efeito prejudicial sobre *S. saevissima*, um predador natural de *P. xylostella*, mas apresentou alta toxicidade para as abelhas *T. angustula*, um polinizador. Consciente da biodegradabilidade dos OEs, o OE

de *C. citriodora* pode representar uma alternativa ao controle por inseticida.

No quarto capítulo, foi mostrado que o OE de folhas de *E. resinifera* é tóxico contra *R. dominica* em bioensaios de contato e fumigação. Os bioensaios de fumigação mostraram que este OE é mais eficaz que o inseticida comercial Actellic. O 1,8-cineol é o principal responsável pelo efeito fumigante. Portanto, o OE *E. resinifera* apresenta-se como promissor inseticida a ser usado contra *R. dominica*, podendo ser utilizado como uma alternativa aos inseticidas comerciais.

APÊNDICE

A1. Cromatogramas dos óleos essenciais das folhas de *Corymbia citriodora* utilizando coluna capilar de sílica fundida RTX-5 (30 m x 0,25 mm x 0,25 µm).

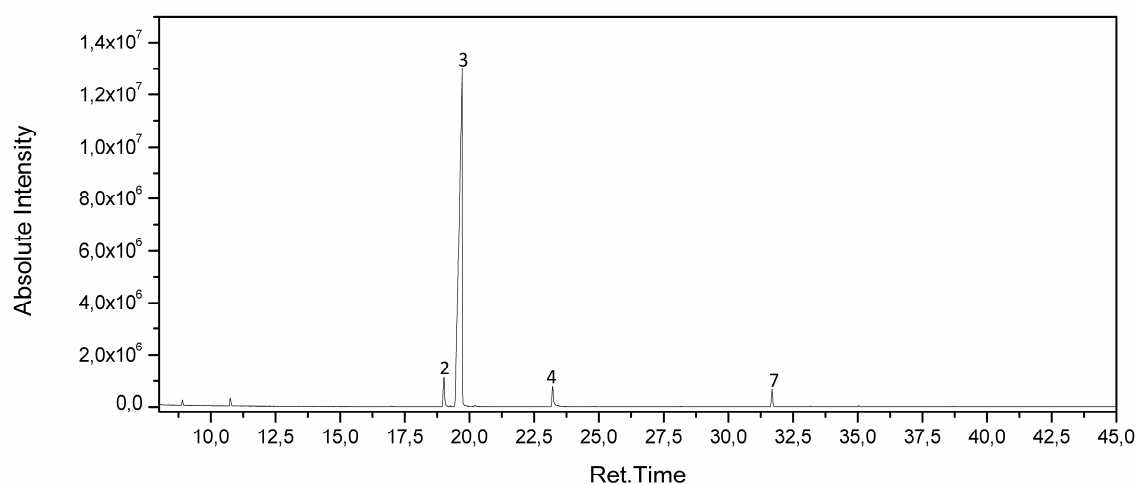


Figura 1A. Cromatograma do OE das folhas de *C. citriodora* (CCT-1) coletadas ao final da estação seca.

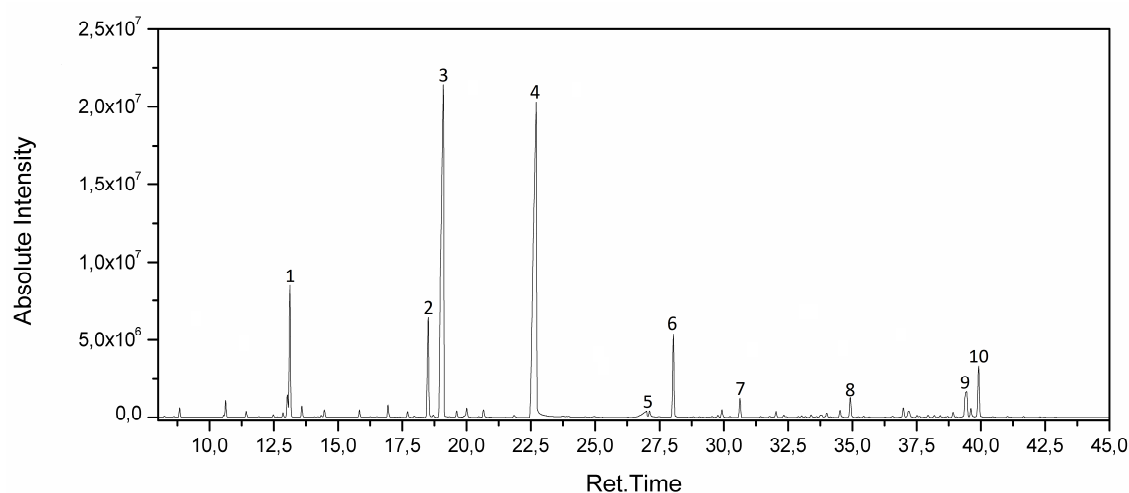


Figura 2A. Cromatograma do OE das folhas de *C. citriodora* (CCT-2) coletadas na estação chuvosa.

Constituintes Principais		IA _C	IA _T	CCT-1	CCT-2
1.	1,8-cineol	1029	1026	-	3,7±0,3
2.	Isopulegol	1143	1145	4,7±0,4	5,1±0,2
3.	Citronelal	1154	1148	86,8±2,5	31,4±0,7
4.	Citronelol	1229	1223	3,3±0,4	43,6±0,2
5.	Ácido citronélico	1318	1312	-	4,4±0,1
6.	Acetato de citronelila	1355	1350	-	3,7±0,2
7.	<i>trans</i> -cariofileno	1417	1417	1,2±0,8	1,0±0,1
8.	δ -cadineno	1522	1522	-	1,1±0,1
9.	Epi- α -cadinol	1637	1638	-	2,3±0,2
10.	α -cadinol	1654	1652	-	3,0±0,3
IDENTIFICADOS				97,5	100,0

IA_C – Índice Aritmético Calculado; IA_T – Índice Aritmético Tabelaado (Adams, 2007).

A2. Cromatogramas dos óleos essenciais das folhas de *Corymbia henryi* utilizando coluna capilar de sílica fundida RTX-5 (30 m x 0,25 mm x 0,25 µm).

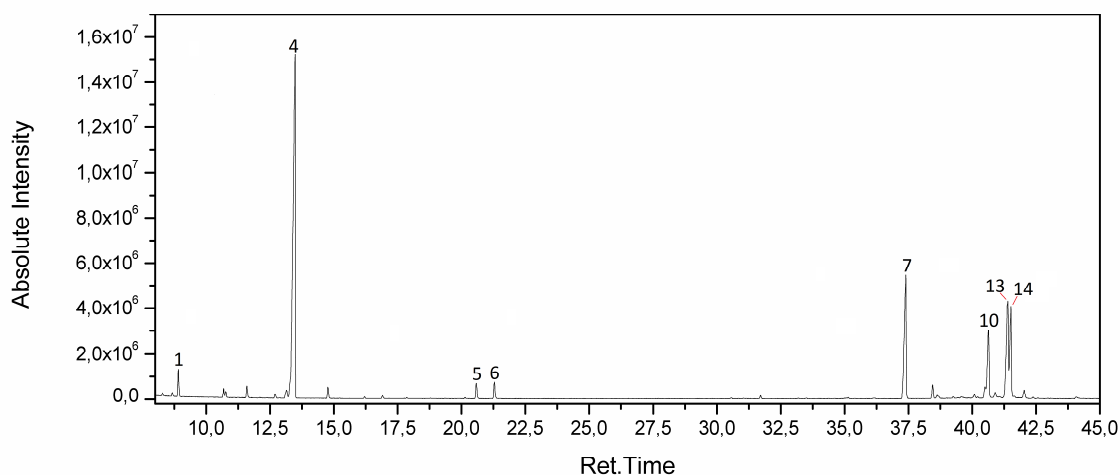


Figura 3A. Cromatograma do OE das folhas de *C. henryi* (CHN-1) coletadas ao final da estação seca.

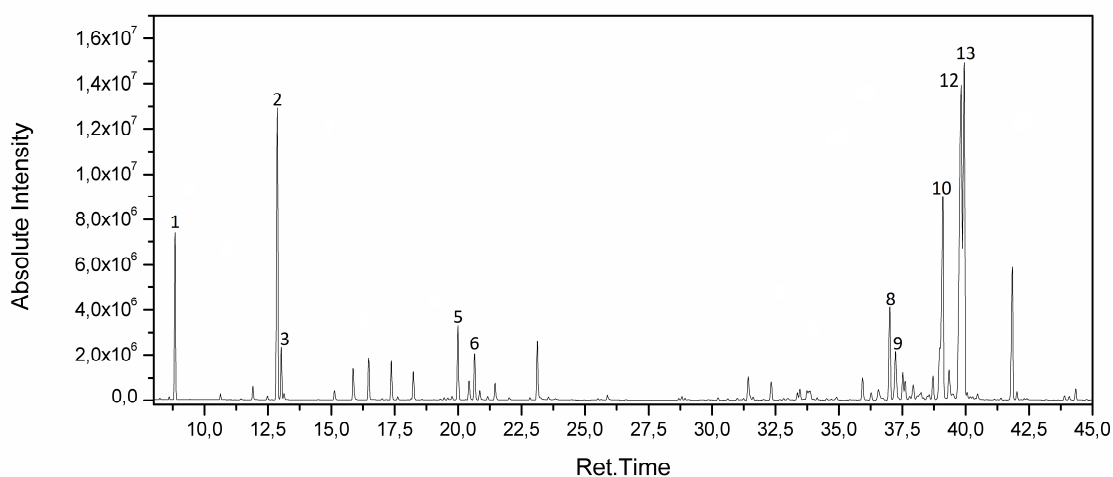


Figura 4A. Cromatograma do OE das folhas de *C. henryi* (CHN-2) coletadas na estação chuvosa.

Constituintes Principais		IA _C	IA _T	CHN-1	CHN-2
1.	α -pineno	930	932	1,9±0,0	4,7±0,1
2.	<i>p</i> -cimeno	1022	1020	1,1±0,1	5,3±0,6
3.	β -felandreno	1027	1025	-	1,2±0,0
4.	1,8-cineol	1029	1026	41,8±4,4	-
5.	Terpinen-4-ol	1175	1174	1,2±0,2	1,9±0,0
6.	α -terpineol	1190	1186	1,2±0,2	1,3±0,0
7.	Elemol	1550	1548	13,1±0,6	-
8.	Espatulenol	1578	1577	1,2±0,1	3,7±0,1
9.	Globulol	1589	1590	-	2,2±0,1
10.	γ -eudesmol	1632	1630	8,9±1,4	12,3±0,3
11.	Hinesol	1640	1640	1,1±0,1	1,6±0,0
12.	β -eudesmol	1650	1649	-	23,4±0,3
13.	α -eudesmol	1653	1652	10,5±2,0	15,2±0,3
14.	Valerianol	1658	1656	8,4±1,3	-
15.	Bulnesol	1670	1670	1,6±0,1	-
IDENTIFICADOS				96,6	85,5

IA_C – Índice Aritmético Calculado; IA_T – Índice Aritmético Tabelado (Adams, 2007).

A3. Cromatogramas dos óleos essenciais das folhas de *Corymbia intermedia* utilizando coluna capilar de sílica fundida RTX-5 (30 m x 0,25 mm x 0,25 μ m).

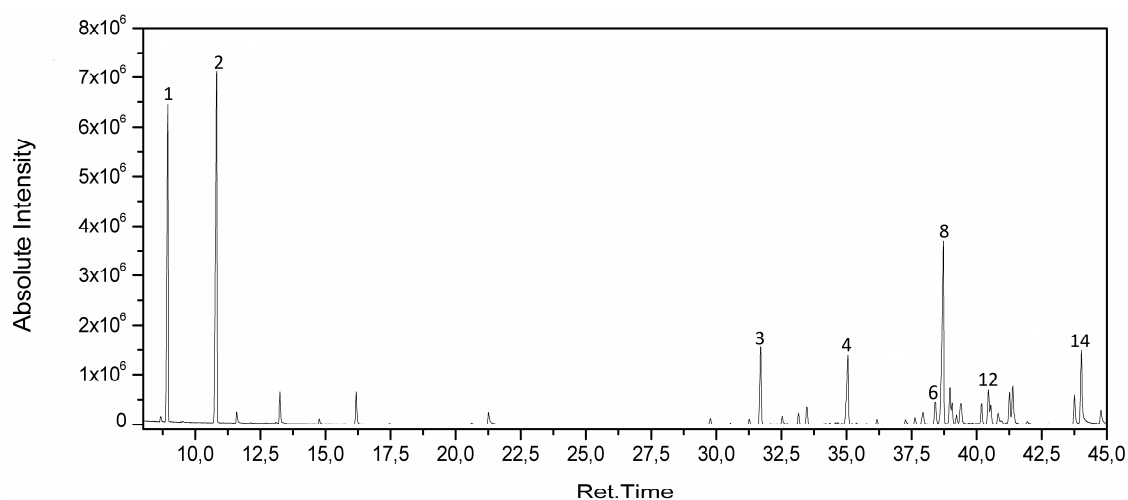


Figura 5A. Cromatograma do OE das folhas de *C. intermedia* (CIT-1) coletadas ao final da estação seca.

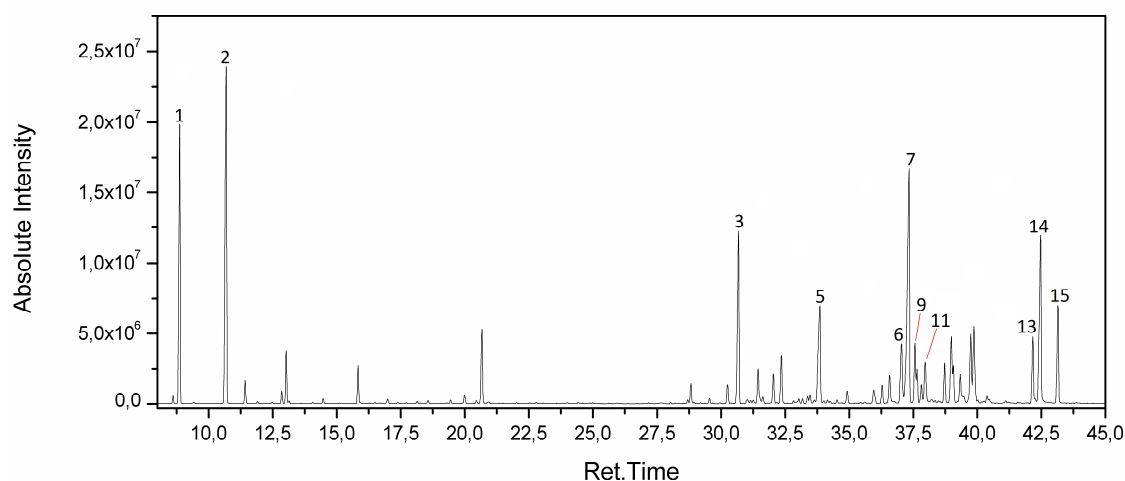


Figura 6A. Cromatograma do OE das folhas de *C. intermedia* (CIT-2) coletadas na estação chuvosa.

Constituintes Principais		IA _C	IA _T	CIT-1	CIT-2
1.	α -pineno	930	932	18,5 \pm 3,5	6,4 \pm 0,2
2.	β -pineno	972	974	24,6 \pm 2,7	9,1 \pm 0,6
3.	<i>trans</i> -cariofileno	1417	1417	5,3 \pm 0,7	8,7 \pm 0,6
4.	α -selineno	1496	1498	5,7 \pm 0,9	-
5.	Biclogermacreno	1495	1500	-	7,7 \pm 0,5
6.	Espatulenol	1578	1577	1,5 \pm 0,3	3,2 \pm 0,2
7.	Óxido de cariofileno	1583	1582	-	14,8 \pm 0,1
8.	Tujopsan-2 α -ol	1586	1586	9,6 \pm 1,7	-
9.	Globulol	1589	1590	-	2,8 \pm 0,0
10.	Ledol	1600	1602	-	2,7 \pm 0,1
11.	α -acorenol	1634	1632	-	3,3 \pm 0,3
12.	Selin-11-en-4 α -ol	1656	1658	3,3 \pm 0,3	-
13.	(2 <i>Z</i> ,6 <i>E</i>)-farnesal	1716	1715	-	3,1 \pm 0,1
14.	(2 <i>Z</i> ,6 <i>E</i>)-farnesol	1724	1722	4,8 \pm 0,7	9,2 \pm 0,4
15.	(2 <i>E</i> ,6 <i>E</i>)-farnesal	1745	1740	-	4,6 \pm 0,1
IDENTIFICADOS				92,6	98,6

IA_C – Índice Aritmético Calculado; IA_T – Índice Aritmético Tabelaado (Adams, 2007).

A4. Cromatogramas dos óleos essenciais das folhas de *Corymbia maculata* utilizando coluna capilar de sílica fundida RTX-5 (30 m x 0,25 mm x 0,25 µm).

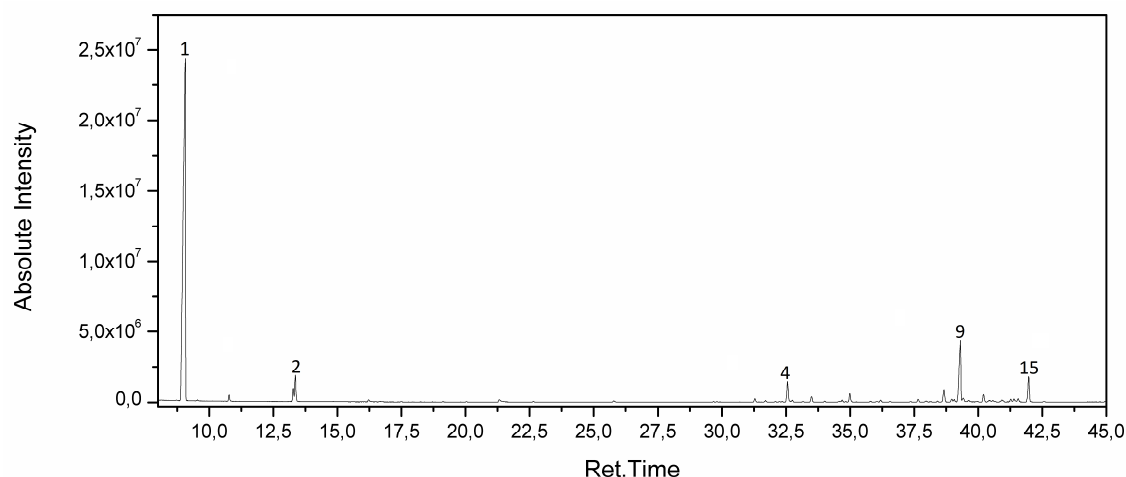


Figura 7A. Cromatograma do OE das folhas de *C. maculata* (CMC-1) coletadas ao final da estação seca.

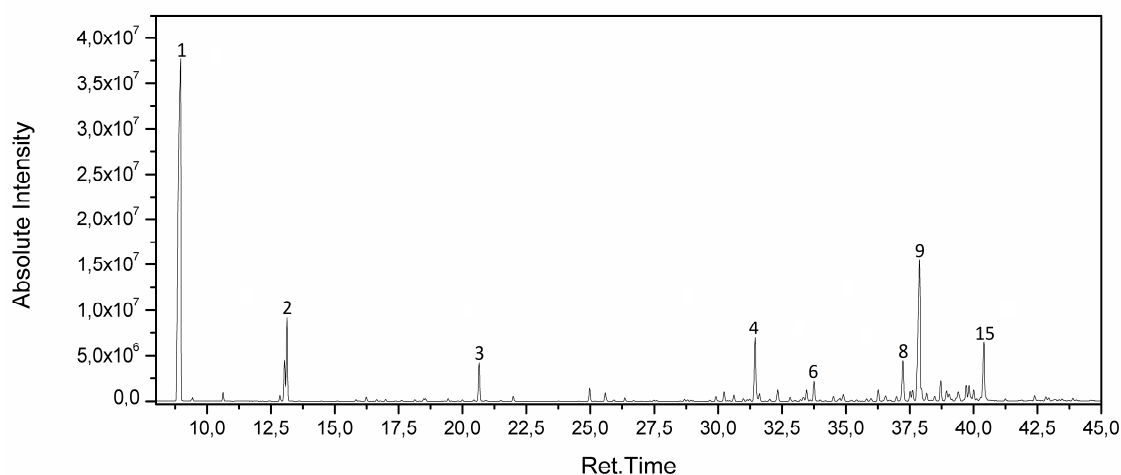


Figura 8A. Cromatograma do OE das folhas de *C. maculata* (CMC-2) coletadas na estação chuvosa.

Constituintes Principais		IA _C	IA _T	CMC-1	CMC-2
1.	α -pineno	930	932	68,1±1,6	41,5±1,3
2.	1,8-cineol	1029	1026	3,5±0,2	3,0±0,3
3.	α -terpineol	1190	1186	-	1,8±0,3
4.	Aromadendreno	1437	1439	3,0±0,2	6,7±1,4
5.	Aloaromadendreno	1459	1459	0,7±0,0	1,4±0,0
6.	Valenceno	1492	1496	-	2,0±0,4
7.	Viridifloreno	1494	1496	1,2±0,0	-
8.	Globulol	1589	1590	-	4,1±0,4
9.	Guaiol	1597	1600	8,8±0,4	23,9±1,5
10.	10-epi- γ -eudesmol	1622	1622	0,9±0,1	1,8±0,1
11.	γ -eudesmol	1632	1630	-	1,7±0,5
12.	β -eudesmol	1650	1649	-	1,3±0,1
13.	α -eudesmol	1653	1652	0,7±0,2	1,4±0,1
14.	Valerianol	1658	1656	-	1,3±0,1
15.	Bulnesol	1670	1670	2,9±0,1	7,0±0,2
IDENTIFICADOS				92,5	98,9

IA_C – Índice Aritmético Calculado; IA_T – Índice Aritmético Tabelaado (Adams, 2007).

A5. Cromatograma do óleo essencial das folhas de *Corymbia ptychocarpa* utilizando coluna capilar de sílica fundida RTX-5 (30 m x 0,25 mm x 0,25 µm).

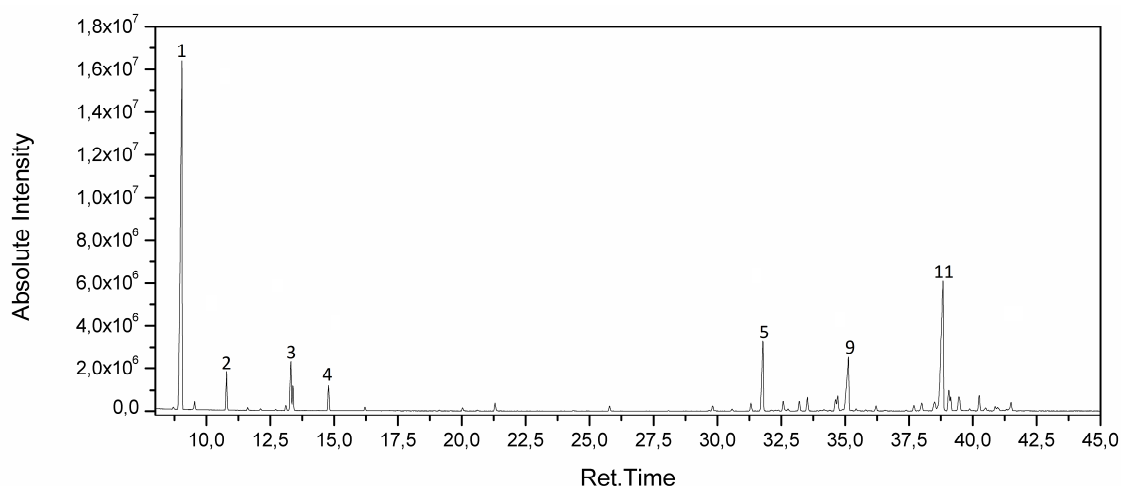


Figura 9A. Cromatograma do OE das folhas de *C. ptychocarpa* (CPC-1) coletadas ao final da estação seca.

Constituintes Principais		IA _C	IA _T	CPC-1
1.	α -pineno	930	932	37,6±1,7
2.	β -pineno	972	974	2,5±0,2
3.	Limoneno	1026	1024	4,8±0,9
4.	γ -terpineno	1057	1054	2,1±0,1
5.	<i>trans</i> -cariofileno	1417	1417	6,2±0,8
6.	Aromadendreno	1437	1439	1,1±0,1
7.	Aloaromadendreno	1459	1459	1,1±0,1
8.	β -selineno	1485	1489	2,3±0,1
9.	α -selineno	1496	1498	6,4±0,8
10.	Espatulenol	1578	1577	1,3±0,2
11.	Viridiflorol	1592	1592	16,1±1,8
12.	5-epi-7-epi- α -eudesmol	1605	1607	1,6±0,2
13.	10-epi- γ -eudesmol	1622	1622	1,2±0,2
14.	Selin-11-en-4 α -ol	1656	1658	1,0±0,1
IDENTIFICADOS				89,3

IA_C – Índice Aritmético Calculado; IA_T – Índice Aritmético Tabelado (Adams, 2007).

A6. Cromatogramas dos óleos essenciais das folhas de *Corymbia torelliana* utilizando coluna capilar de sílica fundida RTX-5 (30 m x 0,25 mm x 0,25 μ m).

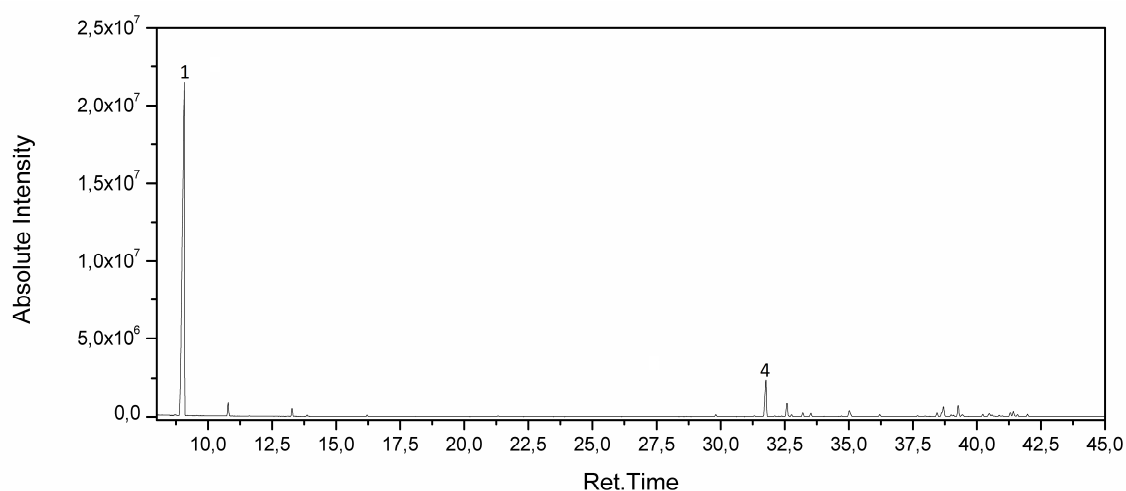


Figura 10A. Cromatograma do OE das folhas de *C. torelliana* (CTL-1) coletadas ao final da estação seca.

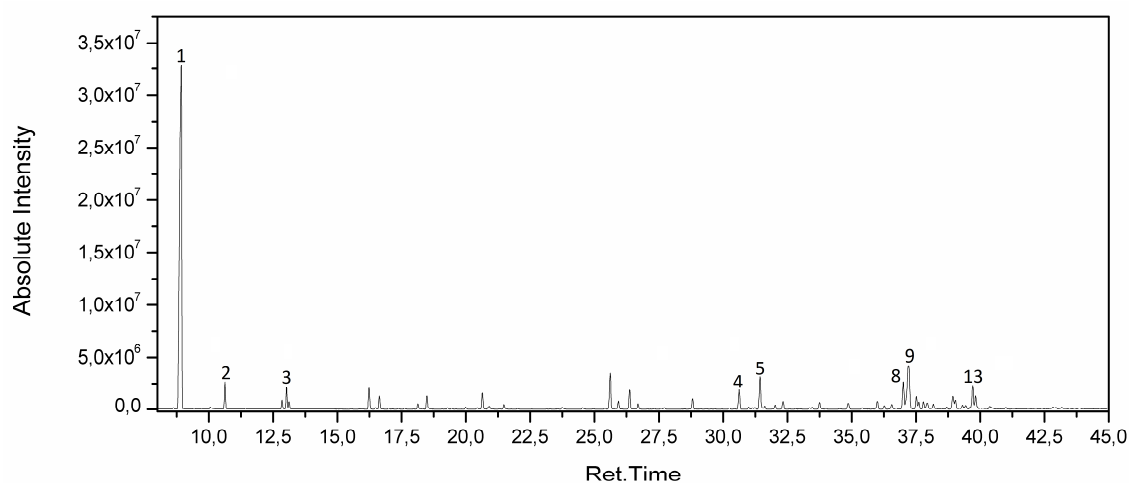


Figura 11A. Cromatograma do OE das folhas de *C. torelliana* (CTL-2) coletadas na estação chuvosa.

Constituintes Principais		IA _C	IA _T	CTL-1	CTL-2
1.	α -pineno	930	932	69,6 \pm 3,3	68,0 \pm 1,8
2.	β -pineno	972	974	1,7 \pm 0,2	1,7 \pm 0,0
3.	Limoneno	1026	1024	1,1 \pm 0,0	1,7 \pm 0,6
4.	<i>trans</i> -cariofileno	1417	1417	7,4 \pm 1,4	3,2 \pm 0,6
5.	Aromadendreno	1437	1439	3,2 \pm 0,8	2,8 \pm 0,1
6.	Valenceno	1492	1496	-	1,2 \pm 0,4
7.	α -selineno	1496	1498	1,4 \pm 0,2	-
8.	Espatulanol	1578	1577	0,8 \pm 0,1	2,0 \pm 0,5
9.	Óxido de cariofileno	1583	1582	-	4,4 \pm 1,0
10.	Globulol	1589	1590	2,3 \pm 0,2	1,0 \pm 0,2
11.	Guaiol	1597	1600	2,1 \pm 0,3	1,5 \pm 0,2
12.	α -acorenol	1634	1632	-	1,7 \pm 0,0
13.	β -eudesmol	1650	1649	-	2,0 \pm 0,2
14.	α -eudesmol	1653	1652	-	1,7 \pm 0,1
15.	Selin-11-en-4 α -ol	1656	1658	1,7 \pm 0,4	-
IDENTIFICADOS				92,8	98,2

IA_C – Índice Aritmético Calculado; IA_T – Índice Aritmético Tabelado (Adams, 2007).

A7. Cromatogramas dos óleos essenciais das folhas de *Eucalyptus alba* x *Eucalyptus tereticornis* utilizando coluna capilar de sílica fundida RTX-5 (30 m x 0,25 mm x 0,25 μm).

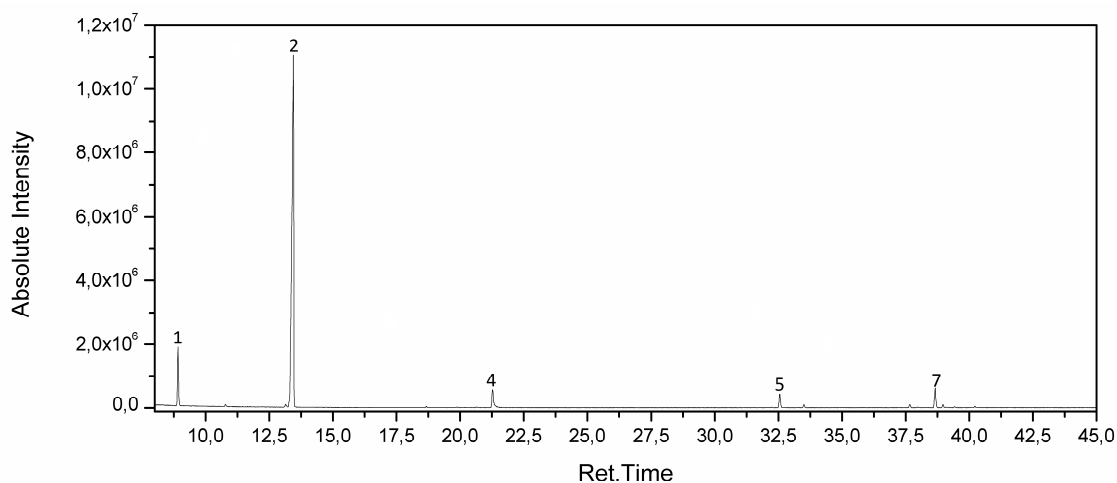


Figura 12A. Cromatograma do OE das folhas de *E. alba* x *tereticornis* (EAT-1) coletadas ao final da estação seca.

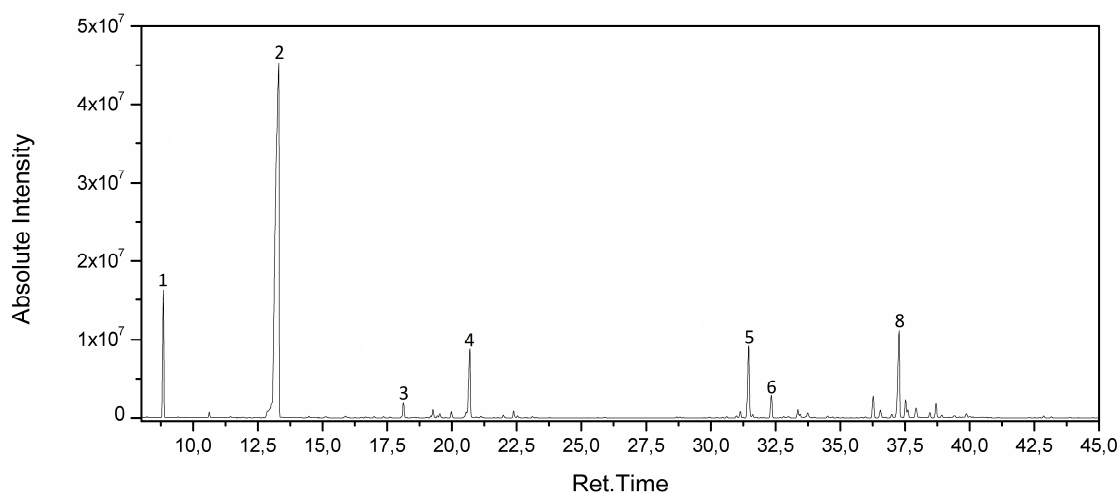


Figura 13A. Cromatograma do OE das folhas de *E. alba* x *tereticornis* (EAT-2) coletadas na estação chuvosa.

Constituintes Principais		IA _C	IA _T	EAT-1	EAT-2
1.	α -pineno	930	932	7,7 \pm 0,3	5,4 \pm 0,2
2.	1,8-cineol	1029	1026	70,7 \pm 2,5	62,7 \pm 1,7
3.	<i>trans</i> -pinocarveol	1136	1135	-	1,4 \pm 0,2
4.	α -terpineol	1190	1186	5,2 \pm 0,2	6,3 \pm 0,3
5.	Aromadendreno	1437	1439	3,5 \pm 0,4	6,6 \pm 0,5
6.	Aloaromadendreno	1459	1459	-	1,5 \pm 0,1
7.	Óxido de cariofileno	1583	1582	4,8 \pm 1,2	-
8.	Epiglobulol	1583	1587	-	9,0 \pm 1,0
9.	Globulol	1589	1590	-	1,9 \pm 0,2
10.	Ledol	1600	1602	-	1,0 \pm 0,1
11.	10-epi- γ -eudesmol	1622	1622	-	1,0 \pm 0,1
IDENTIFICADOS				91,9	98,7

IA_C – Índice Aritmético Calculado; IA_T – Índice Aritmético Tabelaado (Adams, 2007).

A8. Cromatogramas dos óleos essenciais das folhas de *Eucalyptus andrewsii* utilizando coluna capilar de sílica fundida RTX-5 (30 m x 0,25 mm x 0,25 µm).

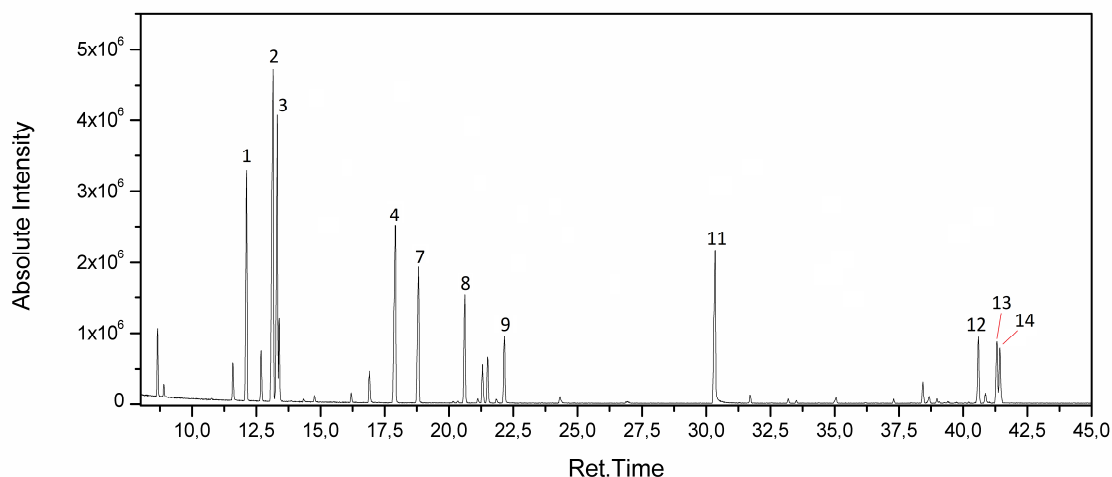


Figura 14A. Cromatograma do OE das folhas de *E. andrewsii* (EAN-1) coletadas ao final da estação seca.

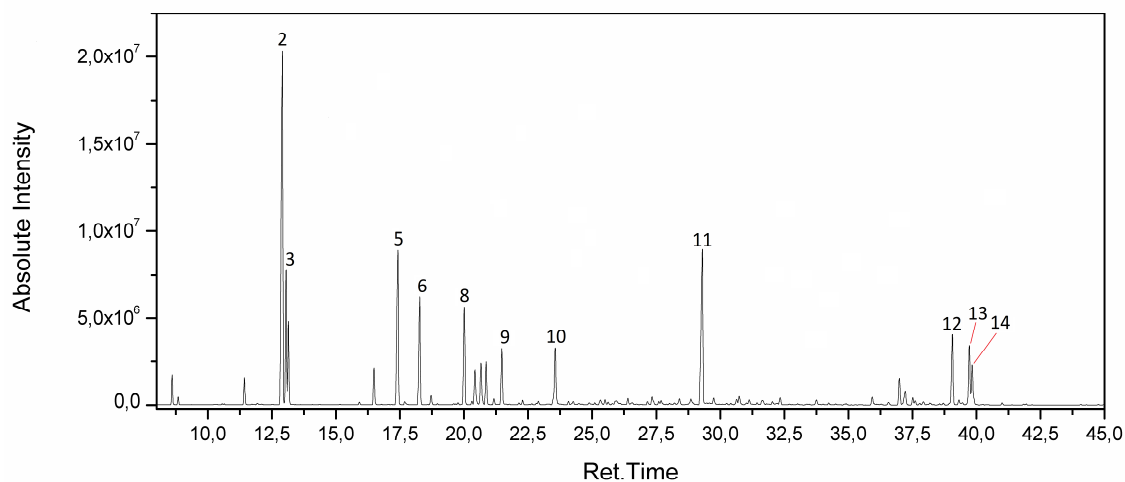


Figura 15A. Cromatograma do OE das folhas de *E. andrewsii* (EAN-2) coletadas na estação chuvosa.

Constituintes Principais		IA _C	IA _T	EAN-1	EAN-2
1.	α -felandreno	1002	1002	9,3±0,1	-
2.	<i>p</i> -cimeno	1022	1020	19,7±1,0	15,0±3,0
3.	β -felandreno	1027	1025	14,7±0,7	2,0±0,3
4.	Diidro-sabinacetona	1122	1117	10,0±0,5	-
5.	<i>cis-p</i> -menth-2-en-1-ol	1120	1118	-	9,6±1,7
6.	<i>trans-p</i> -menth-2-en-1-ol	1138	1136	-	6,5±1,5
7.	<i>cis</i> - β -terpineol	1140	1140	6,8±0,4	-
8.	Terpinen-4-ol	1175	1174	4,4±0,4	5,8±0,6
9.	<i>trans</i> -piperitol	1207	1207	3,2±0,2	3,7±0,3
10.	Piperitona	1253	1249	-	5,0±0,3
11.	<i>trans</i> -cinamato de metila	1384	1376	7,2±1,1	11,1±3,0
12.	γ -eudesmol	1632	1630	2,8±0,1	5,5±0,5
13.	β -eudesmol	1650	1649	2,5±0,1	4,0±0,5
14.	α -eudesmol	1653	1652	2,6±0,1	4,2±1,2
IDENTIFICADOS				94,7	98,2

IA_C – Índice Aritmético Calculado; IA_T – Índice Aritmético Tabelaado (Adams, 2007).

A9. Cromatogramas dos óleos essenciais das folhas de *Eucalyptus cinerea* utilizando coluna capilar de sílica fundida RTX-5 (30 m x 0,25 mm x 0,25 μ m).

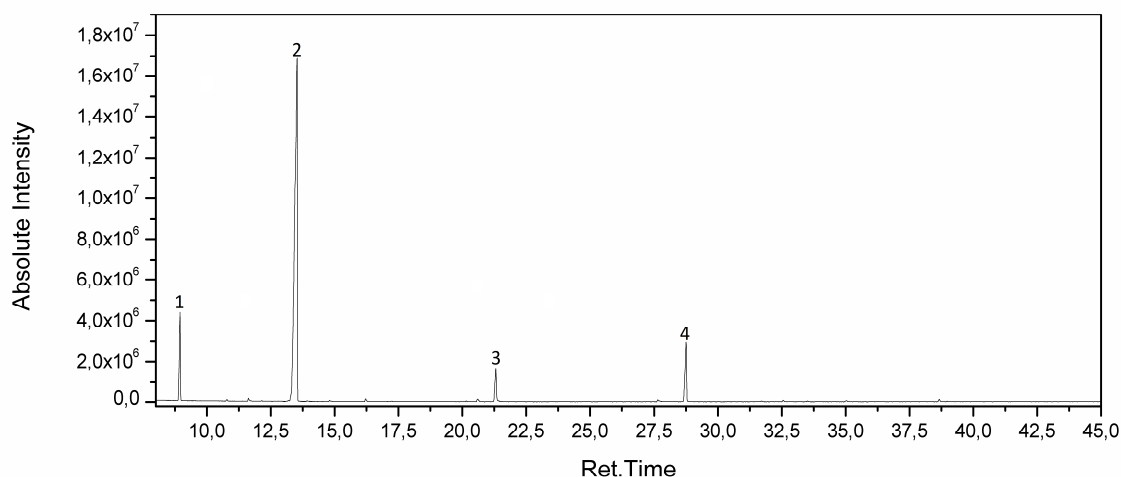


Figura 16A. Cromatograma do OE das folhas de *E. cinerea* (ECN-1) coletadas ao final da estação seca.

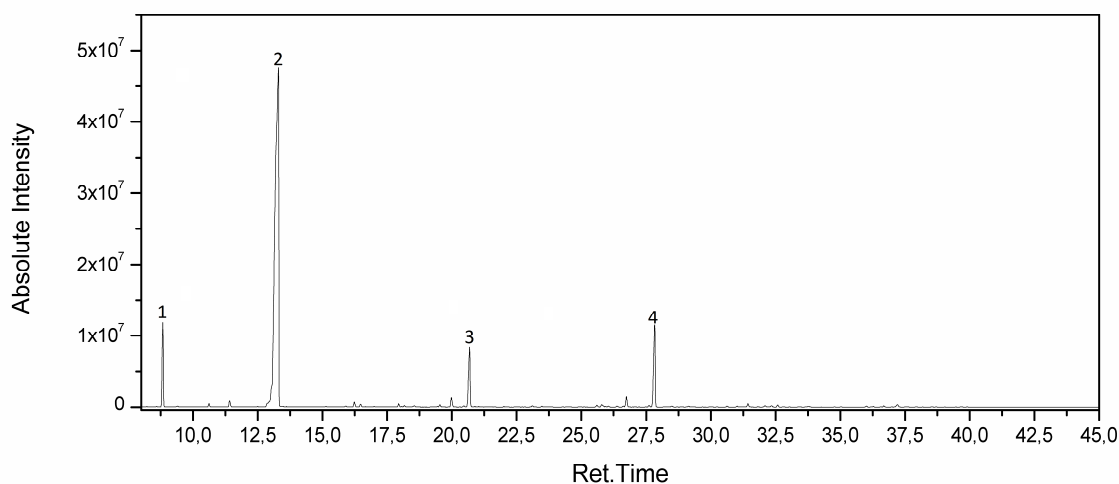


Figura 17A. Cromatograma do OE das folhas de *E. cinerea* (ECN-2) coletadas na estação chuvosa.

Constituintes Principais		IA _C	IA _T	ECN-1	ECN-2
1.	α -pineno	930	932	9,8 \pm 0,9	4,4 \pm 0,7
2.	1,8-cineol	1029	1026	70,8 \pm 0,4	74,8 \pm 2,8
3.	α -terpineol	1190	1186	5,5 \pm 0,1	8,9 \pm 1,5
4.	Acetato de α -terpinila	1349	1346	8,5 \pm 0,4	11,9 \pm 2,1
IDENTIFICADOS				94,6	100,0

IA_C – Índice Aritmético Calculado; IA_T – Índice Aritmético Tabelado (Adams, 2007).

A10. Cromatogramas dos óleos essenciais das folhas de *Eucalyptus crebra* utilizando coluna capilar de sílica fundida RTX-5 (30 m x 0,25 mm x 0,25 μ m).

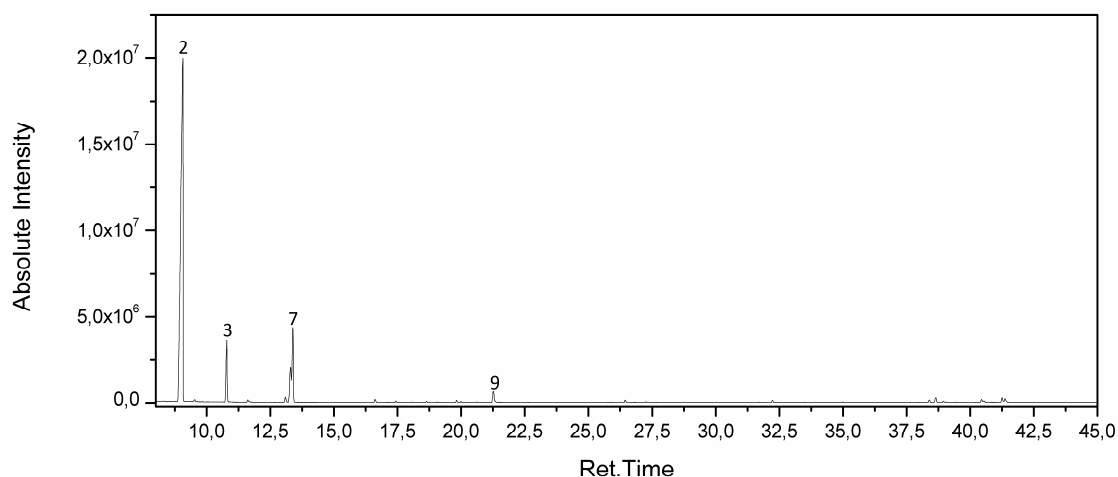


Figura 18A. Cromatograma do OE das folhas de *E. crebra* (ECR-1) coletadas ao final da estação seca.

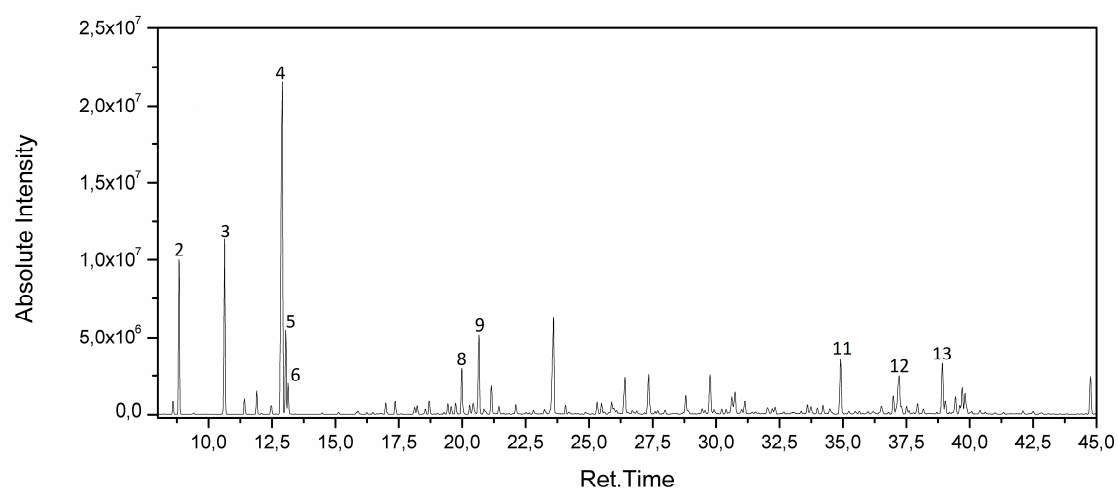


Figura 19A. Cromatograma do OE das folhas de *E. crebra* (ECR-2) coletadas na estação chuvosa.

Constituintes Principais		IA _C	IA _T	ECR-1	ECR-2
1.	α -tujeno	924	924	-	1,2 \pm 0,4
2.	α -pineno	930	932	72,9 \pm 5,2	12,0 \pm 2,6
3.	β -pineno	972	974	6,6 \pm 0,2	11,9 \pm 0,7
4.	α -felandreno	1002	1002	-	24,1 \pm 0,9
5.	<i>p</i> -cimeno	1022	1020	0,6 \pm 0,1	17,0 \pm 1,2
6.	Limoneno	1026	1024	-	4,9 \pm 0,3
7.	1,8-cineol	1029	1026	11,1 \pm 1,3	-
8.	Terpinen-4-ol	1175	1174	-	1,7 \pm 0,2
9.	α -terpineol	1190	1186	1,7 \pm 0,6	3,3 \pm 0,4
10.	<i>trans</i> -cariofileno	1417	1417	-	1,9 \pm 0,5
11.	δ -cadineno	1522	1522	-	4,7 \pm 1,1
12.	Óxido de cariofileno	1583	1582	-	2,5 \pm 0,6
13.	α -acorenol	1634	1632	-	2,7 \pm 0,5
14.	β -eudesmol	1650	1649	-	1,4 \pm 0,5
15.	α -eudesmol	1653	1652	0,5 \pm 0,2	1,3 \pm 0,5
IDENTIFICADOS				95,4	96,0

IA_C – Índice Aritmético Calculado; IA_T – Índice Aritmético Tabelaado (Adams, 2007).

A11. Cromatogramas dos óleos essenciais das folhas de *Eucalyptus nitens* utilizando coluna capilar de sílica fundida RTX-5 (30 m x 0,25 mm x 0,25 μ m).

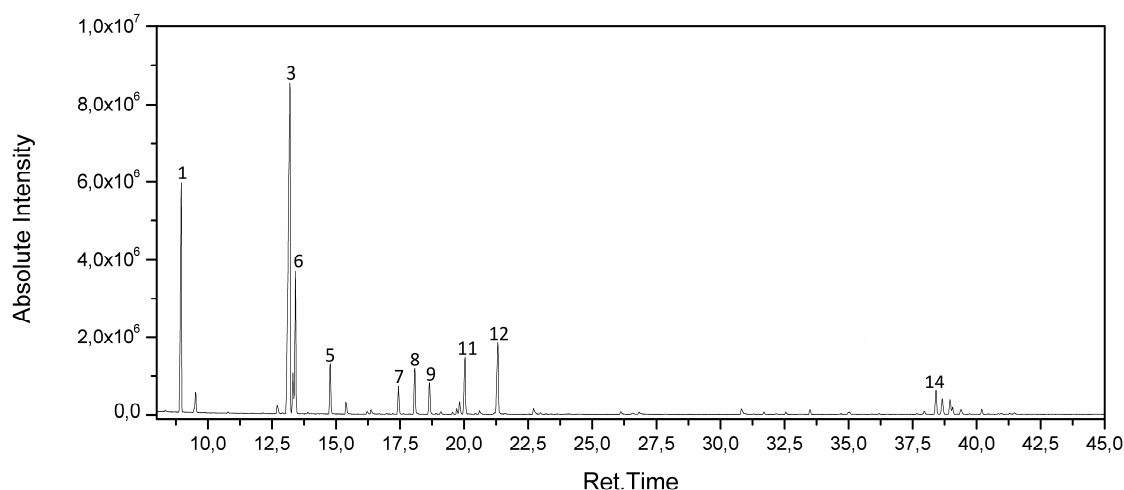


Figura 20A. Cromatograma do OE das folhas de *E. nitens* (ENT-1) coletadas ao final da estação seca.

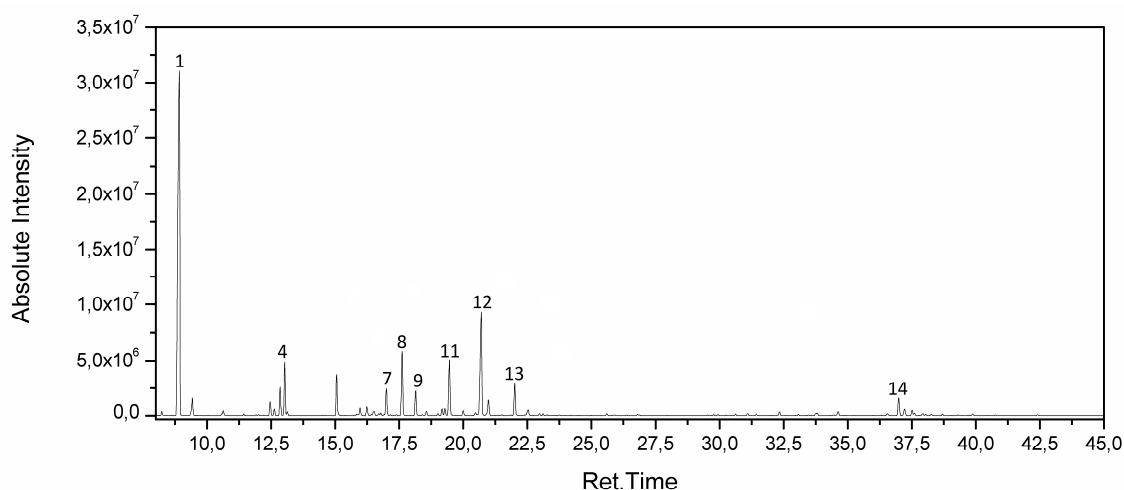


Figura 21A. Cromatograma do OE das folhas de *E. nitens* (ENT-2) coletadas na estação chuvosa.

Constituintes Principais		IA _C	IA _T	ENT-1	ENT-2
1.	α -pineno	930	932	13,9 \pm 2,7	59,6 \pm 4,7
2.	Canfeno	943	946	1,6 \pm 0,2	1,4 \pm 0,1
3.	<i>p</i> -cimeno	1022	1020	37,5 \pm 1,5	1,2 \pm 0,2
4.	Limoneno	1026	1024	-	2,9 \pm 0,2
5.	γ -terpineno	1057	1054	3,1 \pm 0,4	-
6.	1,8-cineol	1029	1026	10,4 \pm 0,2	-
7.	<i>endo</i> -fenchol	1111	1114	2,0 \pm 0,2	2,2 \pm 0,5
8.	α -canfolenal	1124	1122	3,1 \pm 0,2	5,7 \pm 1,3
9.	<i>trans</i> -pinocarveol	1136	1135	2,8 \pm 0,3	2,5 \pm 0,7
10.	Pinocarvona	1160	1160	1,6 \pm 0,2	0,9 \pm 0,3
11.	Borneol	1164	1165	4,8 \pm 0,5	5,4 \pm 1,1
12.	α -terpineol	1190	1186	6,2 \pm 0,4	11,2 \pm 1,9
13.	<i>trans</i> -carveol	1218	1215	-	2,8 \pm 0,3
14.	Espatulenol	1578	1577	1,8 \pm 0,1	2,3 \pm 0,2
15.	Viridiflorol	1592	1592	1,3 \pm 0,1	-
IDENTIFICADOS				91,1	99,7

IA_C – Índice Aritmético Calculado; IA_T – Índice Aritmético Tabelado (Adams, 2007).

A12. Cromatogramas dos óleos essenciais das folhas de *Eucalyptus pellita* utilizando coluna capilar de sílica fundida RTX-5 (30 m x 0,25 mm x 0,25 µm).

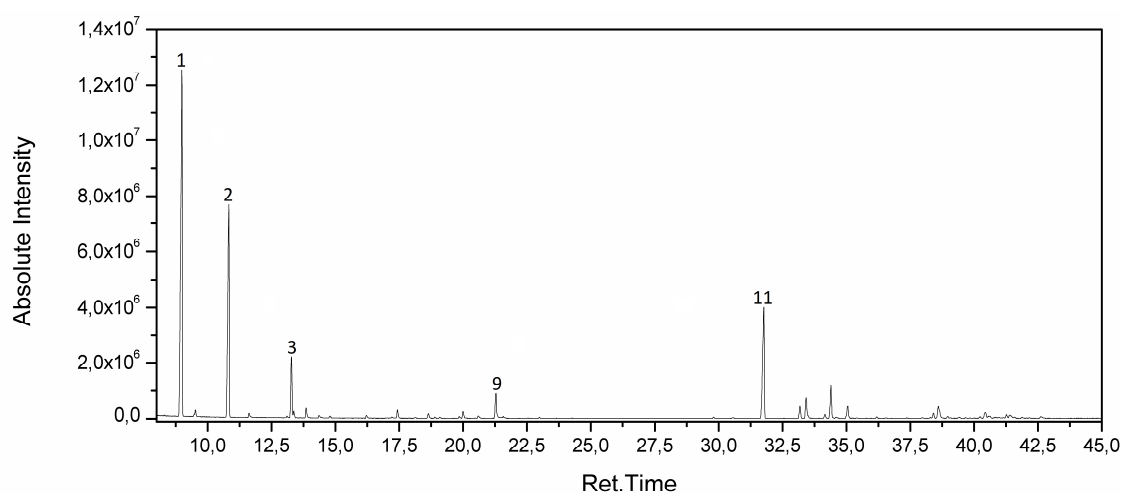


Figura 22A. Cromatograma do OE das folhas de *E. pellita* (EPL-1) coletadas ao final da estação seca.

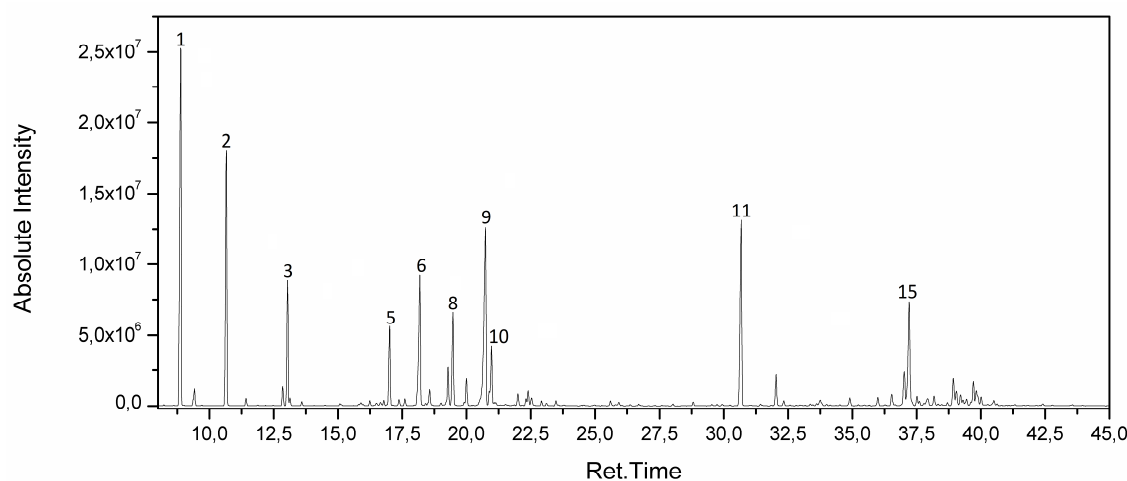


Figura 23A. Cromatograma do OE das folhas de *E. pellita* (EPL-2) coletadas na estação chuvosa.

Constituintes Principais		IA _C	IA _T	EPL-1	EPL-2
1.	α -pineno	930	932	35,4±2,3	18,3±0,6
2.	β -pineno	972	974	21,3±0,9	9,5±0,6
3.	Limoneno	1026	1024	5,9±0,1	3,9±0,6
4.	<i>trans</i> - β -ocimeno	1043	1044	1,4±0,4	0,8±0,2
5.	<i>endo</i> -fenchol	1111	1114	1,1±0,1	2,7±0,3
6.	<i>trans</i> -pinocarveol	1136	1135	-	7,3±0,9
7.	Pinocarvona	1160	1160	-	1,6±0,2
8.	Borneol	1164	1165	1,0±0,2	3,8±0,6
9.	α -terpineol	1190	1186	3,3±0,6	11,0±1,5
10.	Mirtenol	1195	1194	-	3,4±0,4
11.	<i>trans</i> -cariofileno	1417	1417	12,7±0,2	15,0±2,6
12.	α -humuleno	1451	1452	1,3±0,1	1,8±0,3
13.	Germacreno D	1481	1484	1,5±2,4	-
14.	Espatuleno	1578	1577	-	1,6±0,4
15.	Óxido de cariofileno	1583	1582	2,7±0,3	4,9±1,0
16.	α -acorenol	1634	1632	-	1,4±0,3
IDENTIFICADOS				89,5	98,6

IA_C – Índice Aritmético Calculado; IA_T – Índice Aritmético Tabelaado (Adams, 2007).

A13. Cromatogramas dos óleos essenciais das folhas de *Eucalyptus phaeotricha* utilizando coluna capilar de sílica fundida RTX-5 (30 m x 0,25 mm x 0,25 μ m).

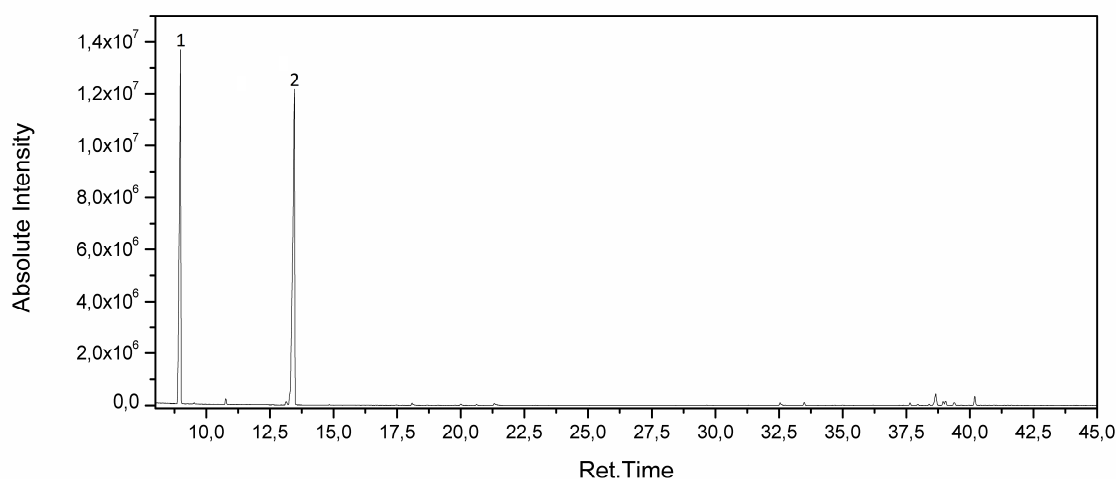


Figura 24A. Cromatograma do OE das folhas de *E. phaeotricha* (EPT-1) coletadas ao final da estação seca.

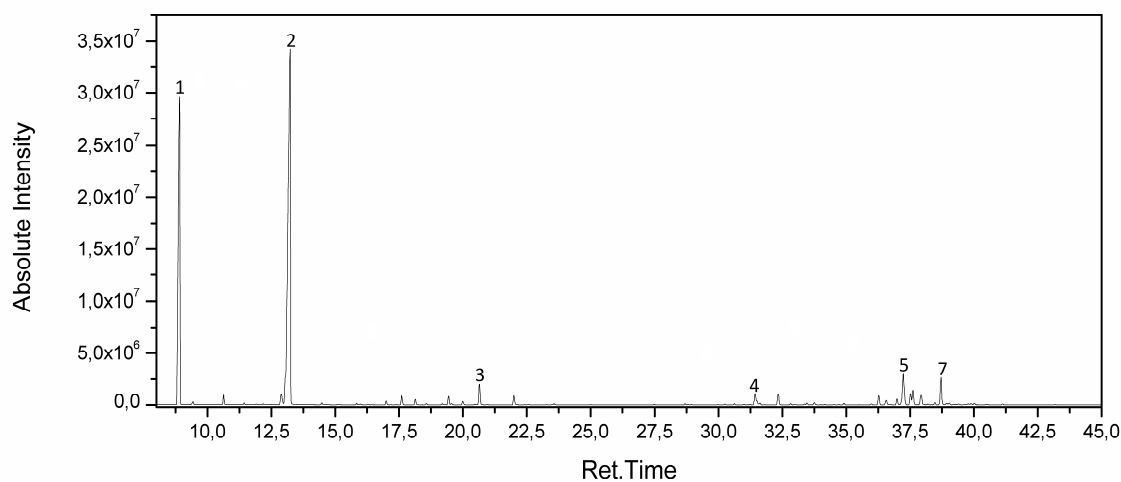


Figura 25A. Cromatograma do OE das folhas de *E. phaeotricha* (EPT-2) coletadas na estação chuvosa.

Constituintes Principais	IA _C	IA _T	EPT-1	EPT-2
1. α -pineno	930	932	40,6 \pm 1,1	37,3 \pm 1,8
2. 1,8-cineol	1029	1026	48,2 \pm 0,7	49,2 \pm 0,5
3. α -terpineol	1190	1186	-	1,5 \pm 0,1
4. Aromadendreno	1437	1439	-	1,1 \pm 0,1
5. Óxido de cariofileno	1583	1582	2,5 \pm 0,2	2,3 \pm 0,2
6. Viridiflorol	1592	1592	-	1,3 \pm 0,5
7. 10-epi- γ -eudesmol	1622	1622	1,3 \pm 0,1	1,5 \pm 0,1
IDENTIFICADOS			93,3	99,8

IA_C – Índice Aritmético Calculado; IA_T – Índice Aritmético Tabelaado (Adams, 2007).

A14. Cromatogramas dos óleos essenciais das folhas de *Eucalyptus phoenicea* utilizando coluna capilar de sílica fundida RTX-5 (30 m x 0,25 mm x 0,25 μ m).

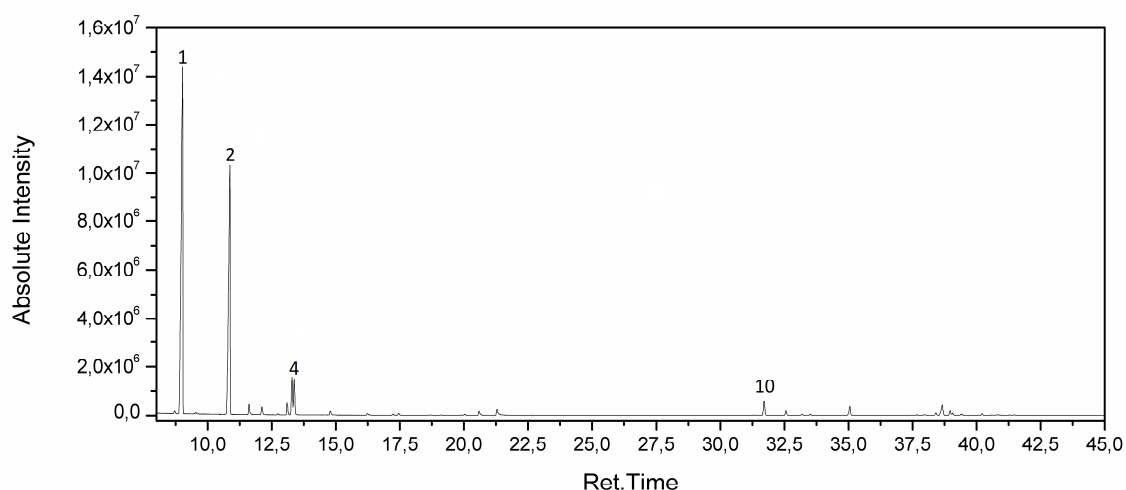


Figura 26A. Cromatograma do OE das folhas de *E. phoenicea* (EPE-1) coletadas ao final da estação seca.

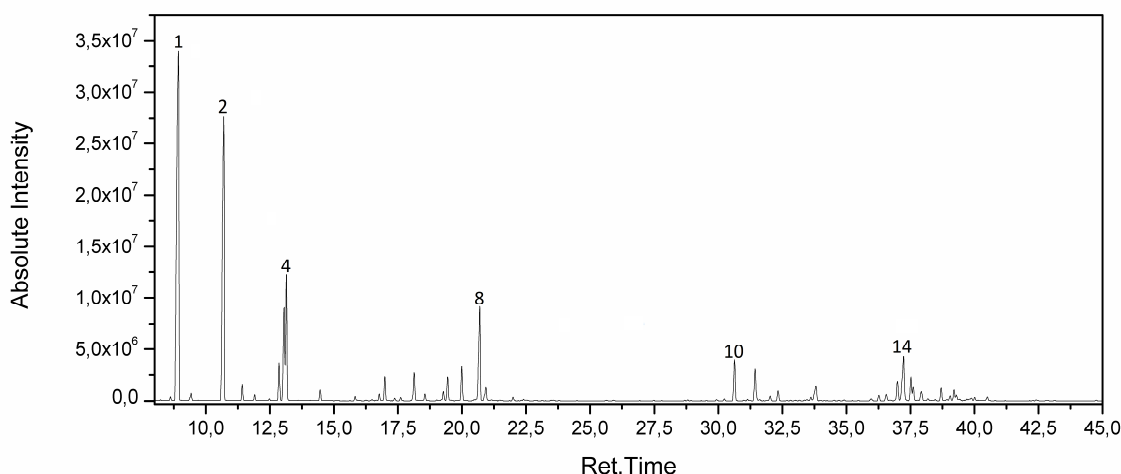


Figura 27A. Cromatograma do OE das folhas de *E. phoenicea* (EPE-2) coletadas na estação chuvosa.

Constituintes Principais		IA _C	IA _T	EPE-1	EPE-2
1.	α -pineno	930	932	44,6 \pm 1,8	41,7 \pm 1,0
2.	β -pineno	972	974	31,2 \pm 1,5	21,1 \pm 1,3
3.	<i>p</i> -cimeno	1022	1020	1,3 \pm 0,2	1,1 \pm 0,0
4.	1,8-cineol	1029	1026	7,3 \pm 0,2	7,9 \pm 0,6
5.	<i>trans</i> -pinocarveol	1136	1135	-	1,6 \pm 0,6
6.	Borneol	1164	1165	-	1,2 \pm 0,3
7.	Terpinen-4-ol	1175	1174	-	1,5 \pm 0,3
8.	α -terpineol	1190	1186	1,3 \pm 0,2	5,4 \pm 1,1
9.	Mirtenol	1195	1194	-	1,4 \pm 0,5
10.	<i>trans</i> -cariofileno	1417	1417	2,1 \pm 0,3	2,1 \pm 0,2
11.	α -guaíeno	1436	1437	-	1,6 \pm 0,2
12.	α -selineno	1496	1498	1,6 \pm 0,2	-
13.	Espatulenol	1578	1577	-	1,2 \pm 0,2
14.	Óxido de cariofileno	1583	1582	1,9 \pm 0,2	3,3 \pm 0,5
15.	Globulol	1589	1590	-	1,7 \pm 0,4
IDENTIFICADOS				94,1	97,0

IA_C – Índice Aritmético Calculado; IA_T – Índice Aritmético Tabelado (Adams, 2007).

A15. Cromatogramas dos óleos essenciais das folhas de *Eucalyptus punctata* utilizando coluna capilar de sílica fundida RTX-5 (30 m x 0,25 mm x 0,25 µm).

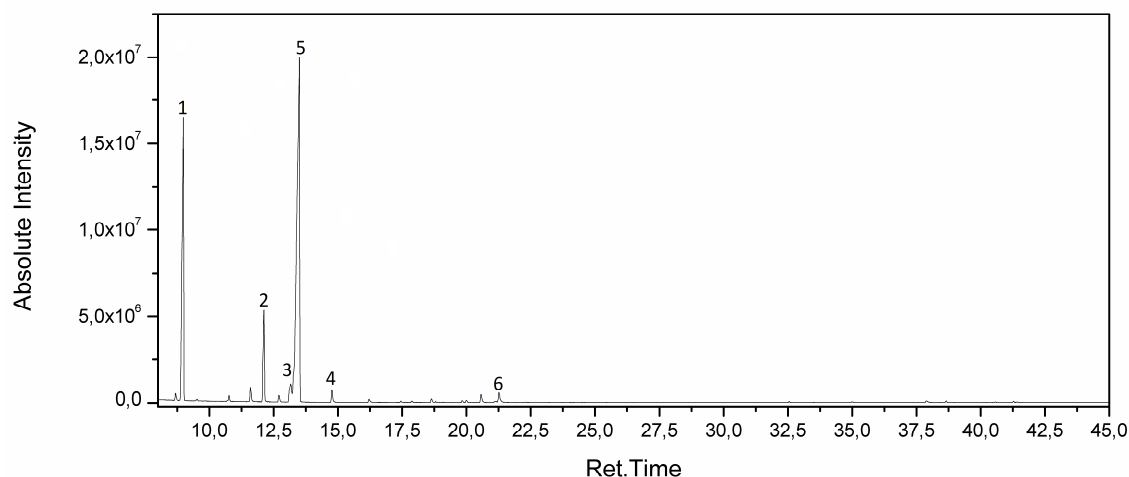


Figura 28A. Cromatograma do OE das folhas de *E. punctata* (EPN-1) coletadas ao final da estação seca.

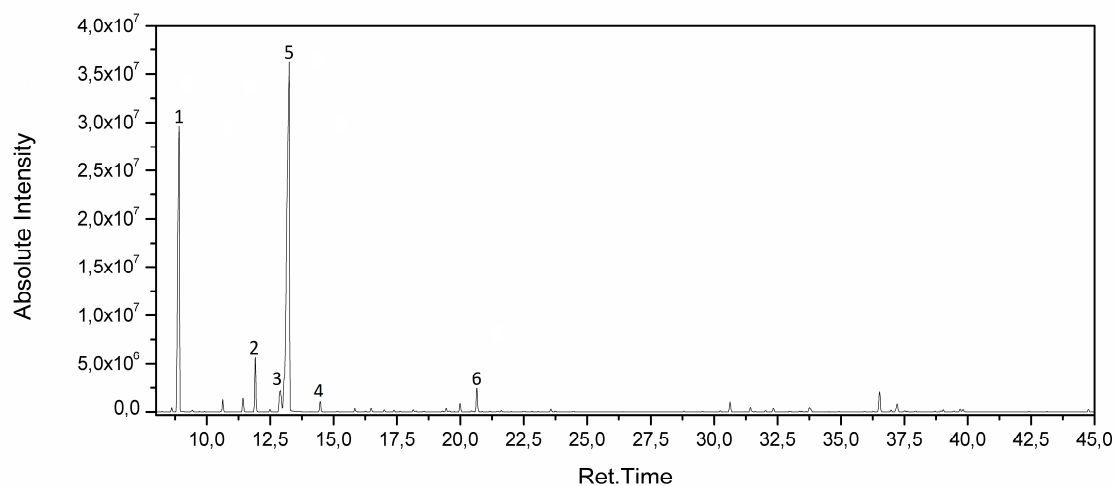


Figura 29A. Cromatograma do OE das folhas de *E. punctata* (EPN-2) coletadas na estação chuvosa.

Constituintes Principais		IA _C	IA _T	EPN-1	EPN-2
1.	α -pineno	930	932	27,2±0,5	34,9±1,2
2.	α -felandreno	1002	1002	6,8±0,6	3,5±0,2
3.	<i>p</i> -cimeno	1024	1020	3,0±0,3	1,6±0,2
4.	γ -terpineno	1057	1054	1,0±0,0	0,5±0,0
5.	1,8-cineol	1029	1026	55,6±1,4	56,8±1,5
6.	α -terpineol	1190	1186	1,0±0,1	1,1±0,1
IDENTIFICADOS				97,7	100,0

IA_C – Índice Aritmético Calculado; IA_T – Índice Aritmético Tabelaado (Adams, 2007).

A16. Cromatogramas dos óleos essenciais das folhas de *Eucalyptus pyrocarpa* utilizando coluna capilar de sílica fundida RTX-5 (30 m x 0,25 mm x 0,25 μ m).

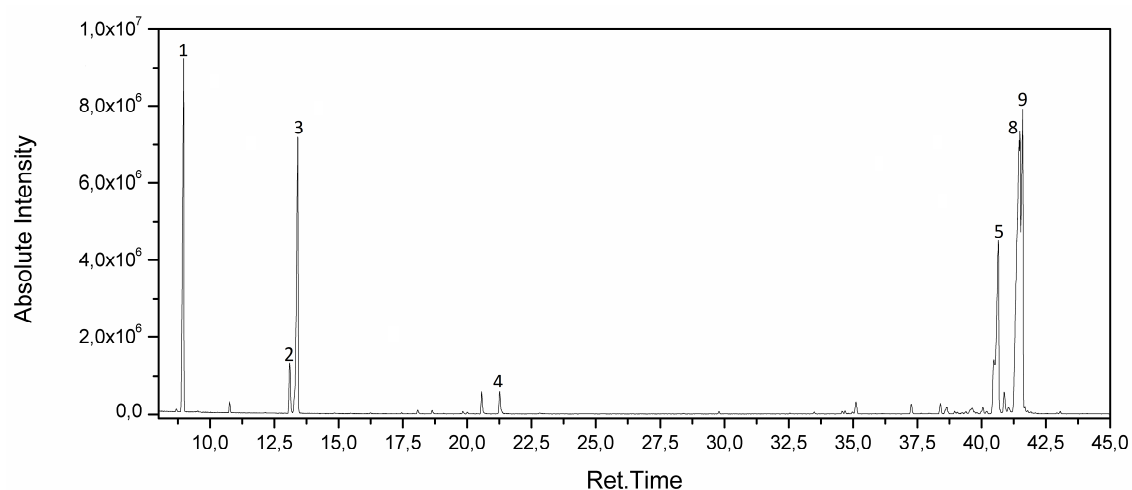


Figura 30A. Cromatograma do OE das folhas de *E. pyrocarpa* (EPR-1) coletadas ao final da estação seca.

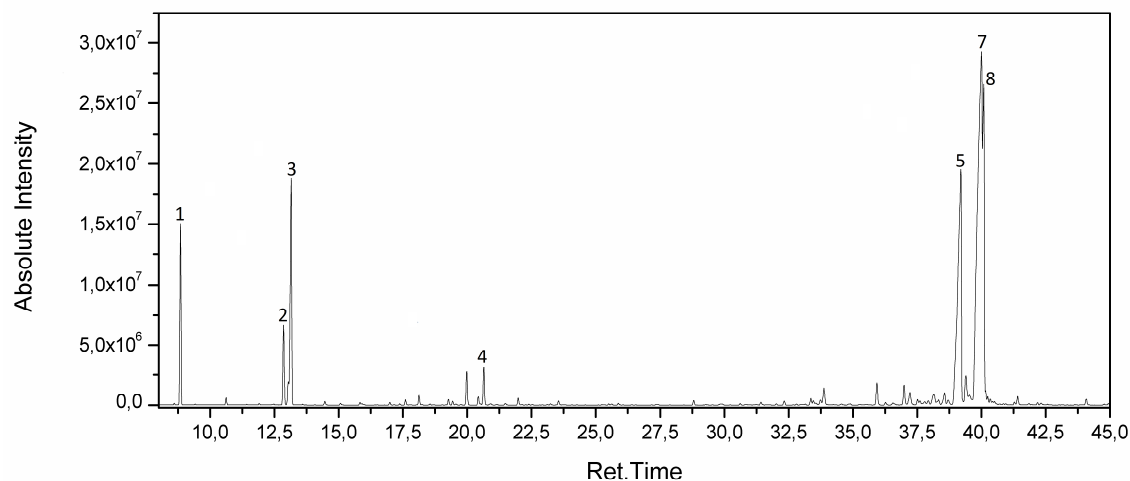


Figura 31A. Cromatograma do OE das folhas de *E. pyrocarpa* (EPR-2) coletadas na estação chuvosa.

Constituintes Principais		IA _C	IA _T	EPR-1	EPR-2
1.	α -pineno	930	932	14,0 \pm 3,1	3,3 \pm 0,3
2.	<i>p</i> -cimeno	1022	1020	2,5 \pm 0,5	0,8 \pm 0,0
3.	1,8-cineol	1029	1026	11,9 \pm 2,3	1,8 \pm 0,5
4.	α -terpineol	1190	1186	1,1 \pm 0,1	0,8 \pm 0,3
5.	γ -eudesmol	1632	1630	15,1 \pm 1,1	25,1 \pm 2,5
6.	Hinesol	1640	1640	-	2,2 \pm 0,2
7.	β -eudesmol	1650	1649	-	40,0 \pm 5,2
8.	α -eudesmol	1653	1652	30,9 \pm 3,3	20,4 \pm 3,2
9.	7-epi- α -eudesmol	1660	1662	15,6 \pm 0,9	-
IDENTIFICADOS				94,2	100,0

IA_C – Índice Aritmético Calculado; IA_T – Índice Aritmético Tabelado (Adams, 2007).

A17. Cromatogramas dos óleos essenciais das folhas de *Eucalyptus resinifera* utilizando coluna capilar de sílica fundida RTX-5 (30 m x 0,25 mm x 0,25 µm).

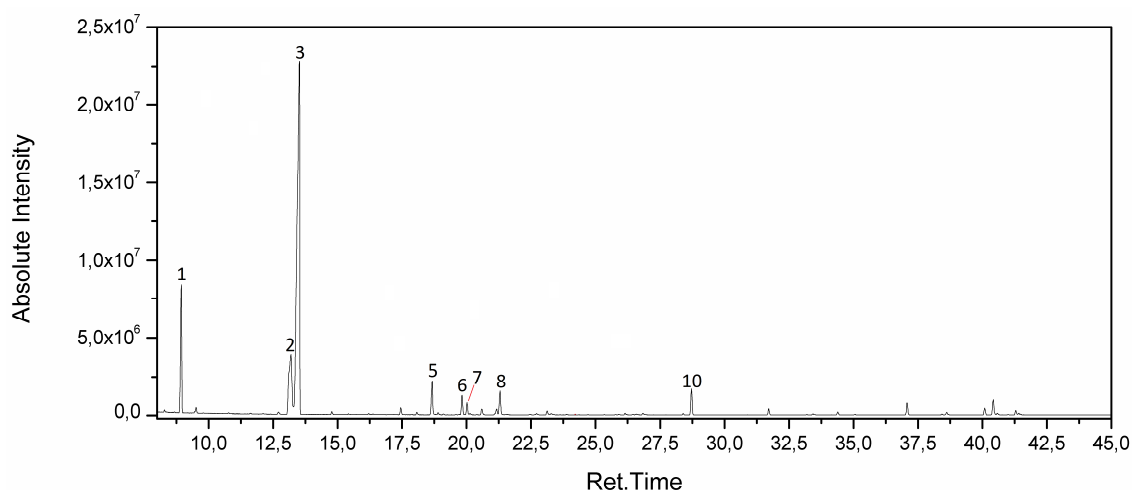


Figura 32A. Cromatograma do OE das folhas de *E. resinifera* (ERS-1) coletadas ao final da estação seca.

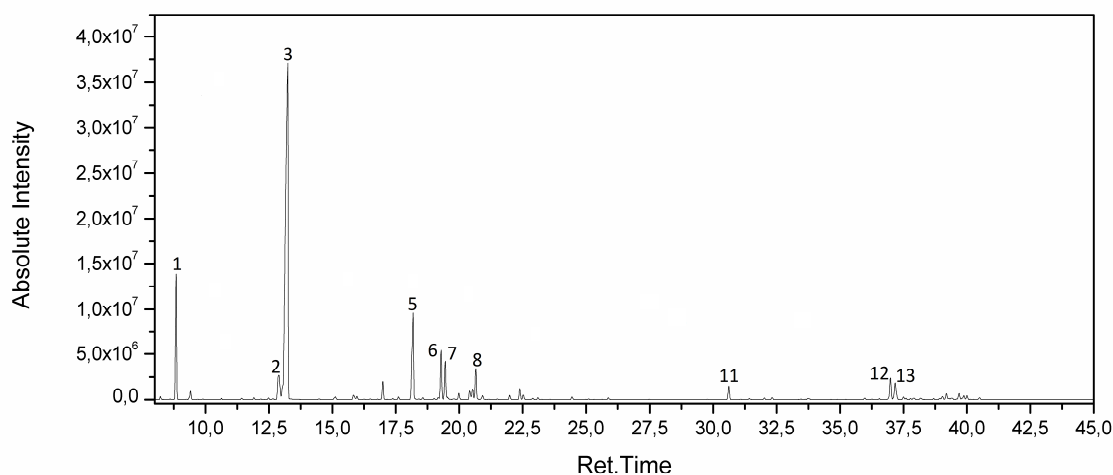


Figura 33A. Cromatograma do OE das folhas de *E. resinifera* (ERS-2) coletadas na estação chuvosa.

Constituintes Principais		IA _C	IA _T	ERS-1	ERS-2
1.	<i>α</i> -pineno	930	932	9,7±0,8	8,4±0,7
2.	<i>p</i> -cimeno	1024	1020	12,9±0,2	2,4±0,2
3.	1,8-cineol	1029	1026	59,3±0,7	55,4±3,3
4.	<i>endo</i> -fenchol	1111	1114	0,5±0,0	1,5±0,0
5.	<i>trans</i> -pinocarveol	1136	1135	3,4±0,2	11,0±0,5
6.	Pinocarvona	1160	1160	1,7±0,1	5,4±0,4
7.	Borneol	1164	1165	1,1±0,1	3,6±0,1
8.	<i>α</i> -terpineol	1190	1186	2,5±0,1	3,6±0,6
9.	<i>cis</i> -carveol	1227	1226	-	1,3±0,1
10.	Acetato de <i>α</i> -terpinila	1349	1346	1,8±0,1	-
11.	<i>trans</i> -cariofileno	1417	1417	0,5±0,1	1,1±0,2
12.	Espatuleno	1578	1577	-	1,6±0,1
13.	Óxido de cariofileno	1583	1582	-	1,6±0,2
IDENTIFICADOS				94,9	99,1

IA_C – Índice Aritmético Calculado; IA_T – Índice Aritmético Tabelado (Adams, 2007).

A18. Cromatogramas dos óleos essenciais das folhas de *Eucalyptus siderophloia* utilizando coluna capilar de sílica fundida RTX-5 (30 m x 0,25 mm x 0,25 µm).

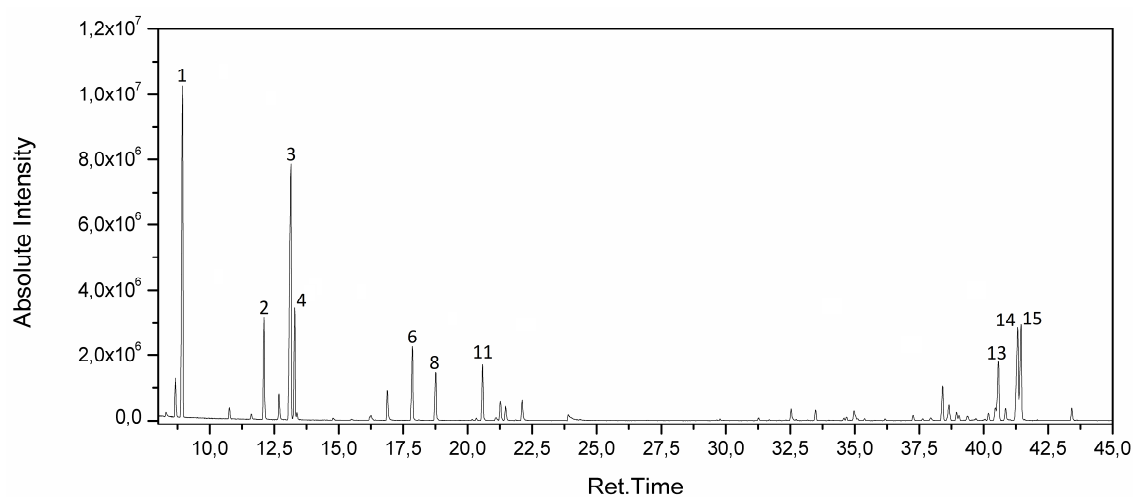


Figura 34A. Cromatograma do OE das folhas de *E. siderophloia* (ESD-1) coletadas ao final da estação seca.

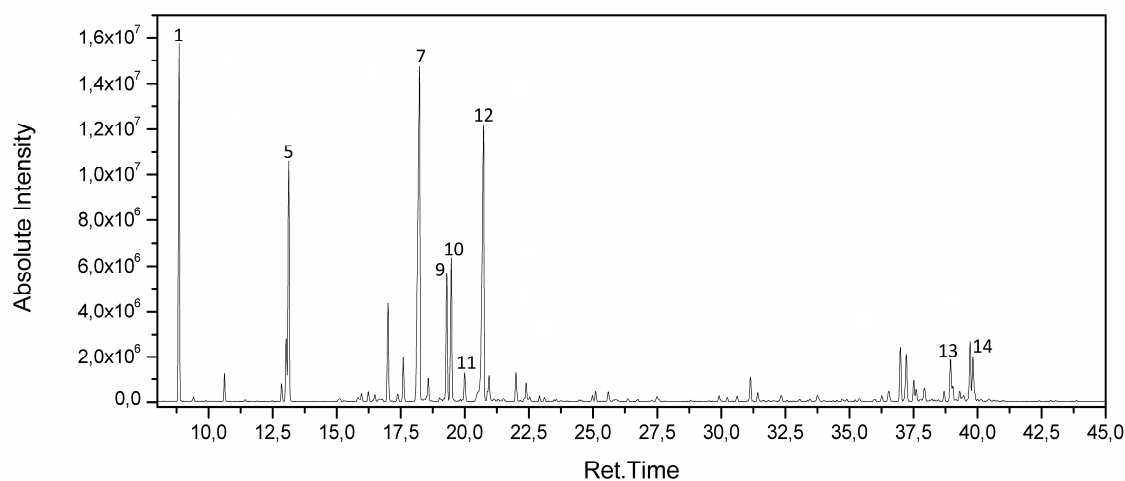


Figura 35A. Cromatograma do OE das folhas de *E. siderophloia* (ESD-2) coletadas na estação chuvosa.

Constituintes Principais		IA _C	IA _T	ESD-1	ESD-2
1.	α -pineno	930	932	10,9±2,4	38,2±6,7
2.	α -felandreno	1002	1002	6,4±1,5	-
3.	<i>p</i> -cimeno	1022	1020	13,5±3,6	-
4.	β -felandreno	1027	1025	5,3±0,8	-
5.	1,8-cineol	1029	1026	-	11,1±0,5
6.	Diidro-sabinacetona	1122	1117	5,9±0,8	-
7.	<i>trans</i> -pinocarveol	1136	1135	-	12,2±2,0
8.	<i>cis</i> - β -terpineol	1140	1140	4,0±0,6	-
9.	Pinocarvona	1160	1160	-	3,8±0,6
10.	Borneol	1164	1165	-	3,0±0,1
11.	Terpinen-4-ol	1175	1174	3,1±0,3	1,0±0,3
12.	α -terpineol	1190	1186	1,1±0,1	12,0±3,2
13.	α -acorenol	1634	1632	6,6±1,1	1,9±0,9
14.	α -eudesmol	1653	1652	8,6±1,5	1,8±0,8
15.	Selin-11-en-4 α -ol	1656	1658	8,1±1,3	-
IDENTIFICADOS				89,3	99,8

IA_C – Índice Aritmético Calculado; IA_T – Índice Aritmético Tabelaado (Adams, 2007).

A19. Cromatogramas dos óleos essenciais das folhas de *Eucalyptus sphaerocarpa* utilizando coluna capilar de sílica fundida RTX-5 (30 m x 0,25 mm x 0,25 μ m).

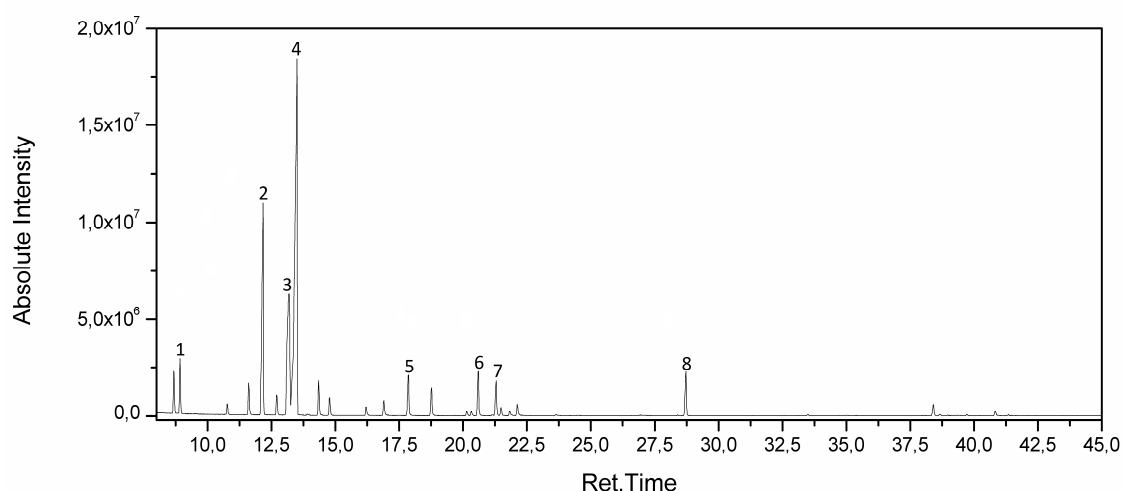


Figura 36A. Cromatograma do OE das folhas de *E. sphaerocarpa* (ESR-1) coletadas ao final da estação seca.

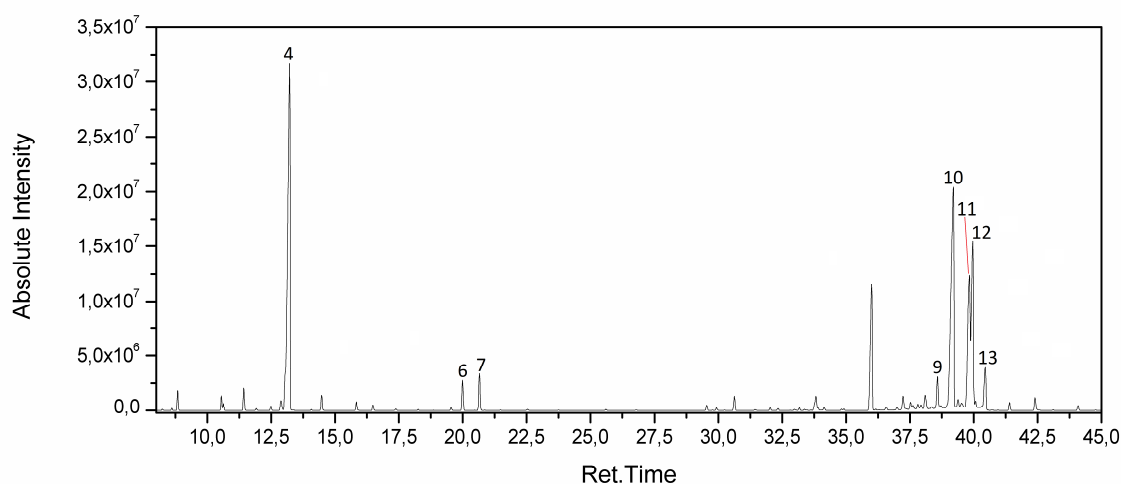


Figura 37A. Cromatograma do OE das folhas de *E. sphaerocarpa* (ESR-2) coletadas na estação chuvosa.

Constituintes Principais		IA _C	IA _T	ESR-1	ESR-2
1.	α -pineno	930	932	2,2 \pm 0,1	-
2.	α -felandreno	1002	1002	15,1 \pm 0,8	-
3.	<i>p</i> -cimeno	1022	1020	16,7 \pm 0,7	-
4.	1,8-cineol	1029	1026	37,9 \pm 1,8	16,4 \pm 0,8
5.	Diidro-sabinacetona	1122	1117	3,1 \pm 0,1	-
6.	Terpinen-4-ol	1175	1174	3,3 \pm 0,1	0,9 \pm 0,0
7.	α -terpineol	1190	1186	2,2 \pm 0,1	1,1 \pm 0,1
8.	Acetato de α -terpinila	1349	1346	3,0 \pm 0,2	-
9.	10-epi- γ -eudesmol	1622	1622	-	2,1 \pm 0,2
10.	γ -eudesmol	1632	1630	-	30,3 \pm 0,8
11.	β -eudesmol	1650	1649	-	13,6 \pm 0,3
12.	α -eudesmol	1653	1652	-	15,0 \pm 0,2
13.	Bulnesol	1670	1670	-	3,8 \pm 0,3
IDENTIFICADOS				97,1	99,1

IA_C – Índice Aritmético Calculado; IA_T – Índice Aritmético Tabelaado (Adams, 2007).

A20. Cromatogramas dos óleos essenciais das folhas de *Eucalyptus umbra* utilizando coluna capilar de sílica fundida RTX-5 (30 m x 0,25 mm x 0,25 μ m).

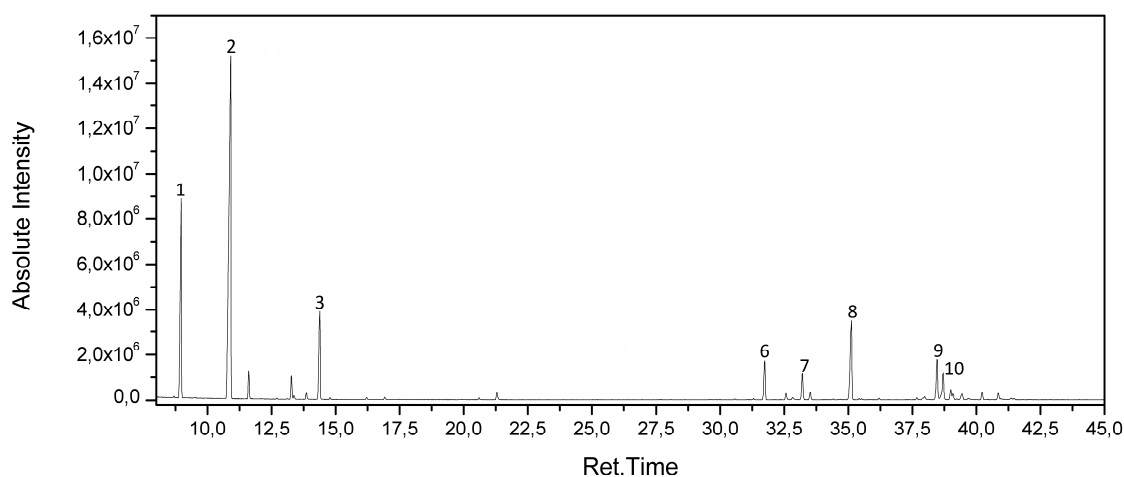


Figura 38A. Cromatograma do OE das folhas de *E. umbra* (EUM-1) coletadas ao final da estação seca.

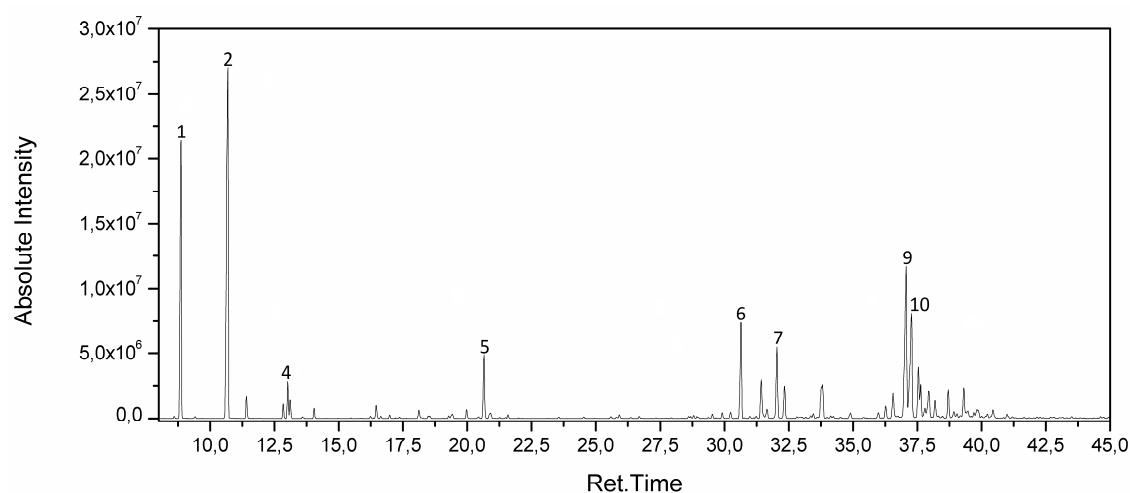


Figura 39A. Cromatograma do OE das folhas de *E. umbra* (EUM-2) coletadas na estação chuvosa.

Constituintes Principais		IA _C	IA _T	EUM-1	EUM-2
1.	α -pineno	930	932	15,6 \pm 2,1	13,7 \pm 0,3
2.	β -pineno	972	974	41,7 \pm 2,2	26,3 \pm 4,8
3.	<i>trans</i> - β -ocimeno	1043	1044	6,3 \pm 0,3	1,1 \pm 0,2
4.	1,8-cineol	1029	1026	-	2,3 \pm 1,1
5.	α -terpineol	1190	1186	0,7 \pm 0,1	3,5 \pm 0,6
6.	<i>trans</i> -cariofileno	1417	1417	3,6 \pm 0,3	4,2 \pm 1,1
7.	α -humuleno	1451	1452	2,6 \pm 0,2	3,2 \pm 0,7
8.	α -selineno	1496	1498	9,3 \pm 1,0	-
9.	Espatuleno	1578	1577	4,2 \pm 0,9	13,2 \pm 2,6
10.	Óxido de cariofileno	1583	1582	3,1 \pm 0,6	6,2 \pm 0,2
11.	Globulol	1589	1590	-	2,9 \pm 0,1
12.	Viridiflorol	1592	1592	1,7 \pm 0,3	1,9 \pm 0,1
13.	Ledol	1600	1602	-	2,2 \pm 0,4
14.	10-epi- γ -eudesmol	1622	1622	0,8 \pm 0,2	1,3 \pm 0,0
15.	Aloaromadendreno epóxido	1636	1639	-	2,2 \pm 0,1
IDENTIFICADOS				94,4	94,3

IA_C – Índice Aritmético Calculado; IA_T – Índice Aritmético Tabelaado (Adams, 2007).

A21. Cromatogramas dos óleos essenciais das folhas de *Lophostemon confertus* utilizando coluna capilar de sílica fundida RTX-5 (30 m x 0,25 mm x 0,25 µm).

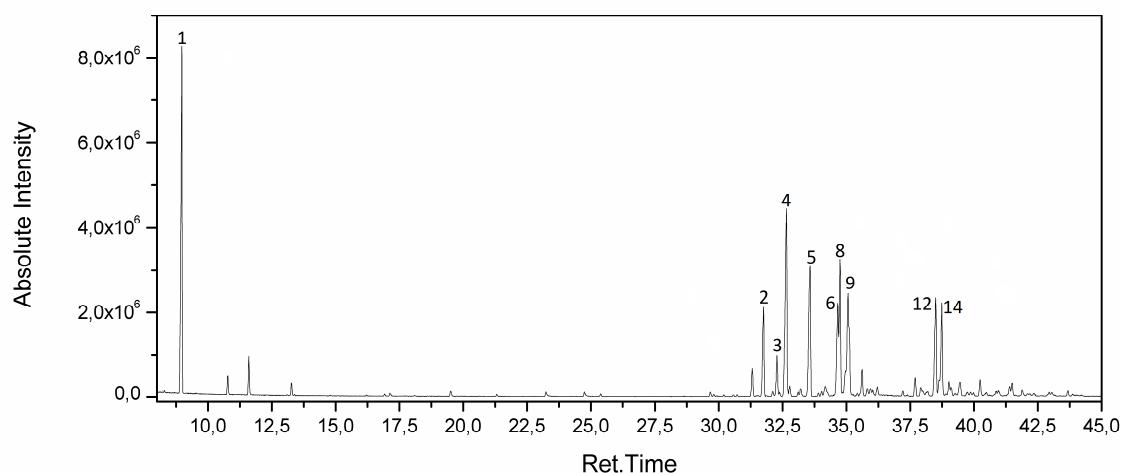


Figura 40A. Cromatograma do OE das folhas de *L. confertus* (LPC-1) coletadas ao final da estação seca.

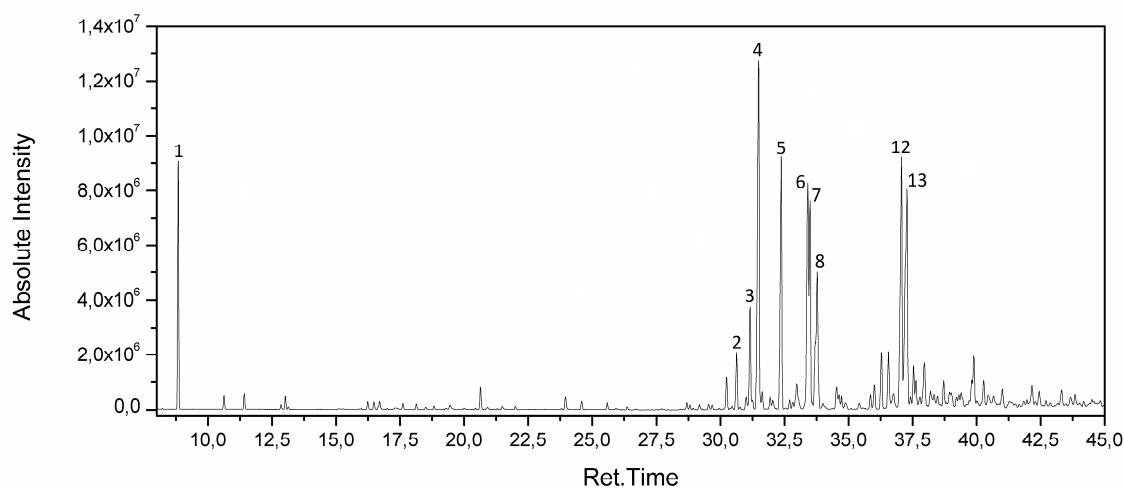


Figura 41A. Cromatograma do OE das folhas de *L. confertus* (LPC-2) coletadas na estação chuvosa.

Constituintes Principais	IA _C	IA _T	LPC-1	LPC-2
1. α -pineno	930	932	20,9±4,2	4,2±0,9
2. <i>trans</i> -cariofileno	1417	1417	4,6±0,5	4,4±0,6
3. β -gurjuneno	1430	1431	2,8±0,2	3,7±0,1
4. Aromadendreno	1437	1439	12,0±0,9	11,4±1,1
5. Aloaromadendreno	1459	1459	7,9±0,5	9,4±0,6
6. β -selineno	1485	1489	5,0±0,3	6,6±1,0
7. <i>cis</i> - β -guaieeno	1486	1492	-	9,8±1,4
8. Valenceno	1492	1496	6,4±0,5	12,9±1,8
9. α -selineno	1496	1498	8,7±0,6	-
10. γ -cadineno	1512	1513	-	2,5±0,8
11. <i>trans</i> -nerolidol	1564	1561	-	2,1±0,2
12. Espatulenol	1578	1577	5,1±0,1	6,9±0,3
13. Óxido de cariofileno	1583	1582	-	6,1±0,3
14. Tujopsan-2 α -ol	1586	1586	4,9±0,2	-
15. α -cadinol	1654	1652	-	2,4±0,1
IDENTIFICADOS			89,4	91,5

IA_C – Índice Aritmético Calculado; IA_T – Índice Aritmético Tabelaado (Adams, 2007).

A22. Cromatogramas dos óleos essenciais das folhas de *Syncarpia glomulifera* utilizando coluna capilar de sílica fundida RTX-5 (30 m x 0,25 mm x 0,25 µm).

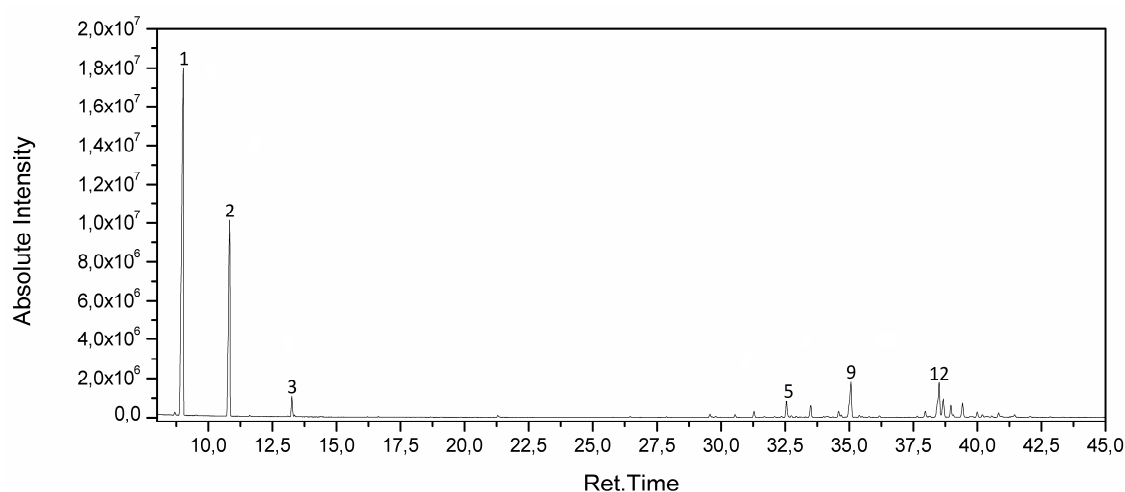


Figura 42A. Cromatograma do OE das folhas de *S. glomulifera* (SCG-1) coletadas ao final da estação seca.

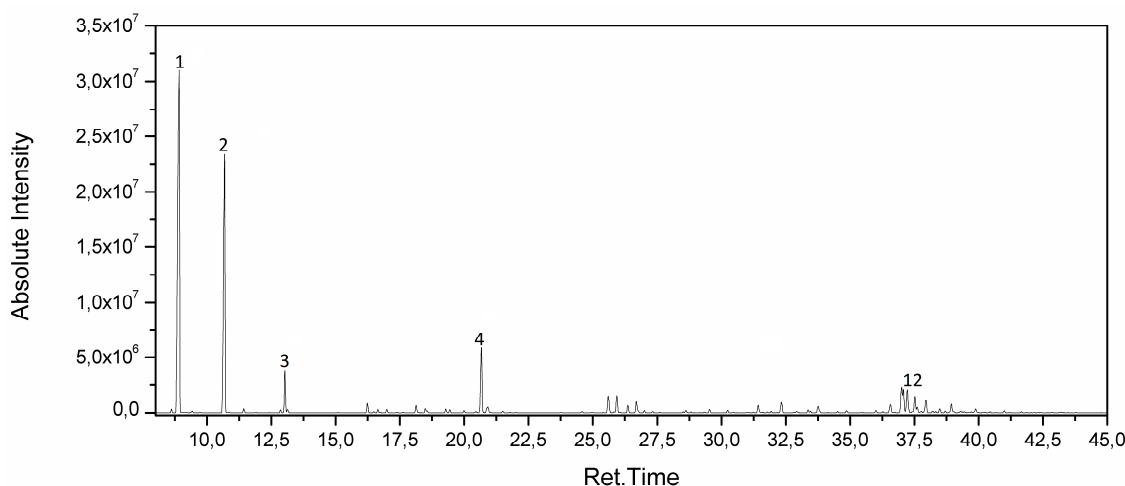


Figura 43A. Cromatograma do OE das folhas de *S. glomulifera* (SCG-2) coletadas na estação chuvosa.

Constituintes Principais		IA _C	IA _T	SCG-1	SCG-2
1.	α -pineno	930	932	50,5±7,5	46,9±1,5
2.	β -pineno	972	974	21,1±1,6	24,0±0,8
3.	Limoneno	1026	1024	1,7±0,1	2,3±0,4
4.	α -terpineol	1190	1186	-	5,3±0,5
5.	Aromadendreno	1437	1439	2,2±0,7	0,9±0,2
6.	Aloaromadendreno	1459	1459	1,3±0,4	1,5±0,2
7.	β -selineno	1485	1489	1,0±0,4	-
8.	Valenceno	1492	1496	-	1,3±0,2
9.	α -selineno	1496	1498	4,8±1,5	-
10.	Espatuleno	1578	1577	-	4,9±0,8
11.	Óxido de cariofileno	1583	1582	-	2,7±0,3
12.	Globulol	1589	1590	1,9±0,5	2,5±0,2
13.	Viridiflorol	1592	1592	1,4±0,4	-
14.	Ledol	1600	1602	-	1,7±0,2
15.	Khusimone	1604	1604	1,4±0,4	-
IDENTIFICADOS				89,8	95,6

IA_C – Índice Aritmético Calculado; IA_T – Índice Aritmético Tabelaado (Adams, 2007).