



Importância química e biológica dos óleos voláteis de espécies do gênero *Eucalyptus*

Alda Ernestina dos Santos

Professora do Núcleo de Química do Instituto Federal de Minas Gerais, Departamento de Ciências e Linguagens, Bambuí, Minas Gerais, Brasil. *alda.santos@ifmg.edu.br

Recebido em: 25/01/2021

Aceito em: 22/02/2021

Publicado em: 20/03/2021

RESUMO

Dado seu potencial químico, biológico e farmacológico os óleos voláteis ou óleos essenciais são produtos naturais de grande interesse científico e econômico. *Eucalyptus* é um dos principais gêneros da família Myrtaceae, sendo reconhecido pelos óleos voláteis produzidos por suas espécies, aos quais são atribuídas atividades biológicas diversas, especialmente as atividades inseticida e repelente, comprovadas em inúmeros estudos científicos. Contudo, no que diz respeito aos óleos voláteis de *Eucalyptus*, há muito ainda a ser explorado, uma vez que dentre as mais de 800 espécies deste gênero, cerca de apenas 300 espécies foram avaliadas quanto à produção e teor dessas substâncias. Diante deste contexto, o objetivo deste artigo de revisão é discutir e evidenciar a importância química e biológica dos óleos voláteis obtidos de espécies do gênero *Eucalyptus*, especialmente no controle de insetos.

Palavras-chave: *Eucalyptus*. Óleos voláteis. Inseticida. Repelente.

Chemical and biological importance of *Eucalyptus* volatile oils

ABSTRACT

Given their chemical, biological and pharmacological potential, volatile oils or essential oils are natural products of great scientific and economic interest. *Eucalyptus* is one of the main genera of the Myrtaceae family, being recognized for the volatile oils produced by its species, to which various biological activities are attributed, especially the insecticide and repellent activities, proven in numerous scientific studies. However, with regard to volatile *Eucalyptus* oils, there is still much to be explored, since among the more than 800 species of this genus, only about 300 species have been evaluated regarding the production and content of these substances. Given this context, the objective of this review article is to discuss and highlight the chemical and biological importance of volatile oils obtained from species of the genus *Eucalyptus*, especially in insect control.

Keywords: *Eucalyptus*. Volatile oils. Insecticide. Repellent.

INTRODUÇÃO

Os óleos voláteis, também conhecidos por óleos essenciais, consistem de misturas complexas de compostos voláteis produzidos como metabólitos secundários por plantas aromáticas, onde atuam no mecanismo de defesa, protegendo a planta do

ataque por predadores e microorganismos patogênicos, bem como na atração de polinizadores (ZHANG et al., 2020).

Apesar de sua ocorrência em outras famílias, a produção e acúmulo de óleos voláteis é característica de espécies pertencentes às famílias Cupressaceae, Pinaceae, Apiaceae, Asteraceae, Lamiaceae, Poaceae, Myrtaceae e Zingiberaceae, de onde são geralmente obtidos como líquidos voláteis, lipossolúveis, incolores e menos densos que a água (FRANZ; NOVAK, 2010; BELLIK et al., 2019).

Nos vegetais os óleos voláteis são produzidos por estruturas secretoras especializadas, que podem estar presentes em órgãos específicos como, por exemplo, nas flores de rosa (GIL et al., 2019), sementes de noz-moscada (ZHAO et al., 2019), folhas de eucalipto (SAULLE et al., 2018), cascas da laranja (HOU; LIANG; WANG, 2020), raízes do gengibre (ABDULLAHI et al., 2020); ou em toda a planta (VITTI; BRITO, 2003).

Diversas atividades biológicas e farmacológicas são atribuídas aos óleos voláteis, cita-se como exemplo as atividades antidepressiva (SANTOS et al., 2018), analgésica (AVOSEH et al., 2021), antiviral (WANI et al., 2020), antibacteriana e antibiótica (ALMEIDA et al., 2013), dentre outras. Contudo, os óleos voláteis são reconhecidos principalmente por suas atividades inseticida e repelente (KNAAK; FIUZA, 2010; AZEEM et al., 2019; SALMAN et al., 2020).

Devido as suas propriedades aromatizante, flavorizante e terapêutica os óleos voláteis são de grande interesse para a perfumaria, a indústria farmacêutica e a indústria alimentícia, as quais demandam uma produção deste tipo de matéria-prima em escala de toneladas, movimentando bilhões de dólares anualmente (SCHMIDT, 2010). Para se ter ideia, somente no ano de 2020 a demanda no mercado mundial de óleos essenciais foi estimada em 274 mil toneladas, e há uma expectativa de que ocorra um crescimento de 7,5% nos próximos sete anos (GRAN VIEW RESEARCH, 2020).

Dada a riqueza de sua flora, o Brasil figura entre os principais produtores mundiais de óleos voláteis, se destacando principalmente na produção de óleos essenciais de espécies cítricas, como é o caso do óleo essencial obtido das cascas da laranja, responsável pela maior parte das exportações (BAIN; COMPANY, 2014).

Além dos óleos cítricos, os óleos voláteis obtidos de espécies do gênero *Eucalyptus* merecem destaque, dado seu potencial químico e biológico, especialmente

no que diz respeito às propriedades inseticida e repelente, reportada para os óleos voláteis de muitas espécies deste gênero (REYES et al., 2019; OLIVEIRA et al., 2020).

Apesar da importância econômica, química e biológica de *Eucalyptus*, no que diz respeito aos óleos voláteis, há muito ainda o que se explorar, uma vez que dentre as mais de 800 espécies deste gênero, cerca de apenas 300 espécies foram avaliadas quanto à produção e teor dessas substâncias (LIMAN et al., 2020). Diante deste contexto, o objetivo deste artigo de revisão é discutir e evidenciar a importância química e biológica dos óleos voláteis obtidos de espécies do gênero *Eucalyptus*.

DESENVOLVIMENTO

O gênero Eucalyptus

Eucalyptus é nativo da Austrália e o principal gênero da família Myrtaceae, abrangendo mais de 800 espécies (LIMAN et al., 2020). Embora a maioria das espécies de *Eucalyptus* seja nativa da Austrália e Tasmânia, devido ao interesse econômico e a fácil adaptação climática, espécies diversas têm sido introduzidas em diferentes países, tornando *Eucalyptus* um dos gêneros mais cultivados no mundo, principalmente como fonte de madeira e óleos voláteis (BATISH et al., 2008; CHAHOMCHUEN; INSUAN, 2020).

O nome *Eucalyptus* deriva do Grego (*eu*, "bem" + *kalyptós*, "coberto"), referindo-se à estrutura globular arredondada de seu fruto, que protege bem as sementes e esconde o botão floral em seu interior (CHENG et al., 2009). As espécies de *Eucalyptus* ocorrem como árvores de grande porte que apresentam odor característico devido aos óleos voláteis exalados por suas folhas (BREMNESS, 1993).

A madeira de *Eucalyptus* spp. encontra aplicações variadas, sendo utilizada na construção civil, marcenaria, indústria do papel, bem como biomassa para produção de energia. Por sua vez, as folhas representam uma excelente fonte de óleos voláteis de interesse para as indústrias farmacêutica, alimentícia e da perfumaria (FIGUEIREDO et al., 2013).

No Brasil, espécies de *Eucalyptus* foram introduzidas visando seu cultivo primariamente como fonte de matéria prima para a indústria de celulose, a produção de carvão e a obtenção de óleos voláteis, esta última, por sua vez, é a atividade mais lucrativa. Somente no período de 2005-2008 as exportações brasileiras de óleos voláteis

de *Eucalyptus* somaram aproximadamente US\$ 9,6 milhões, sendo a União Européia o maior importador do nosso produto (BIZZO et al., 2009).

As espécies de *Eucalyptus* mais cultivadas para obtenção de óleos voláteis no Brasil são *E. globulus*, *E. citriodora* e *E. staigeriana*, que produzem óleo rico em 1,8-cineol. *E. globulus* foi a espécie pioneira, introduzida em 1855 visando primariamente a produção de madeira, mas somente em 1903 grandes populações foram difundidas. Já a extração do óleo volátil de suas folhas iniciou-se durante a 2ª Guerra Mundial, onde a importação deste tipo de óleo era impraticável (VITTI; BRITO, 2003).

Composição química dos óleos voláteis de *Eucalyptus*

Os óleos voláteis de *Eucalyptus* podem ser obtidos das folhas, cascas, brotos e frutos. Contudo, o óleo mais comum e de maior valor comercial é o obtido das folhas, o qual apresenta elevado teor de terpenos (ZRIRA et al., 2004).

Os óleos voláteis de *Eucalyptus* são constituídos por uma mistura complexa composta por cerca de 50-100 ou até mais componentes, principalmente terpenos, álcoois, aldeídos, cetonas, ácidos e ésteres. Embora os terpenos sejam geralmente os componentes principais, a composição bem como o teor dos constituintes do óleo varia de acordo com cada espécie (BROOKER; KLEINIG, 2006), sendo influenciada por fatores diversos como variabilidade genética, variáveis climáticas (temperatura, índice pluviométrico, fotoperíodo, sazonalidade, altitude), bem como pela fase de desenvolvimento do vegetal (CHAHOMCHUEN; INSUAN, 2020).

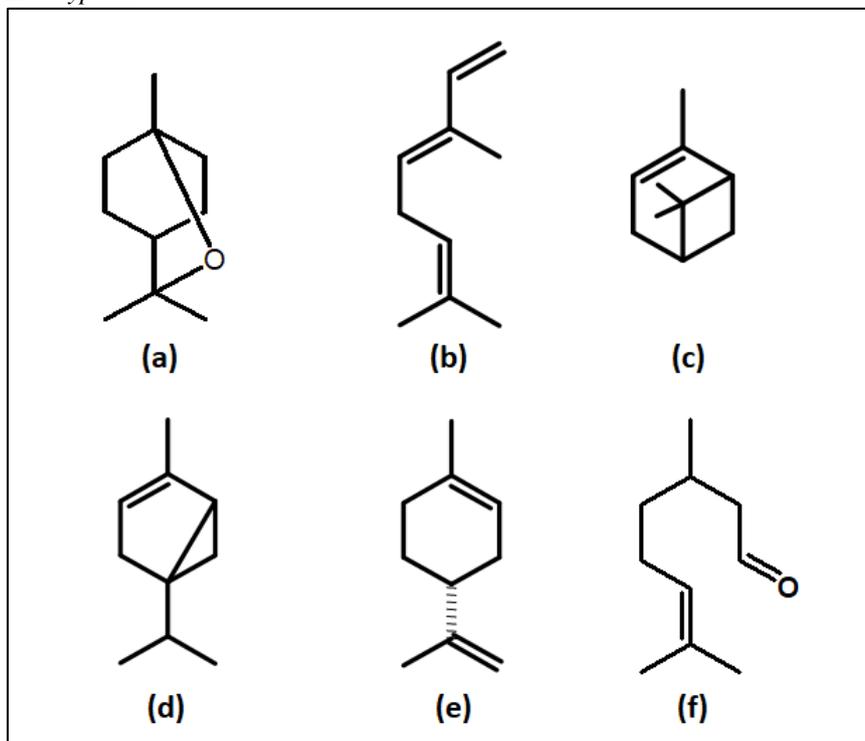
Dentre os principais componentes dos óleos voláteis de *Eucalyptus* o monoterpeno 1,8-cineol (figura 1) merece destaque, já que ocorre como componente majoritário da maior parte das espécies já estudadas, onde pode atingir teores superiores a 90% da composição do óleo (SILVA et al., 2020).

Zrira et al., (2004) avaliaram a composição química dos óleos voláteis de nove espécies de *Eucalyptus* cultivadas no Marrocos e observaram o 1,8-cineol como componente majoritário de todas as espécies avaliadas, sugerindo tais espécies como excelentes fontes de óleos essenciais de alto valor comercial.

Além do 1,8-cineol, monoterpenos como o β -ocimeno, α -pineno e β -pineno são também bastante comuns, ocorrendo como componente majoritário dos óleos voláteis de espécies como *E. curtissi*, *E. rubiginosa* e *E. tenuipes*, respectivamente (BROPHY et al., 1999). Outros exemplos são (*R*)-limoneno, α -tujeno e citronelal, componentes

majoritários dos óleos voláteis de *E. staigeriana*, *E. alba* e *E. citriodora* respectivamente (OYEDEJI et al., 1999; MACIEL et al., 2010; RIBEIRO et al., 2013).

Figura 1 – Monoterpenos comumente observados como componente majoritário dos óleos voláteis de *Eucalyptus*.



Legenda: (a) 1,8-cineol; (b) β -ocimeno; (c) α -pineno; (d) α -thujeno; (e) limoneno; (f) citronelal.

Em contrapartida, os monoterpenos timol, mirceno, terpinoleno, α -terpineol, linalol e pinocarvona, embora bastante comuns, ocorrem geralmente como componentes minoritários dos óleos voláteis de espécies de *Eucalyptus*, dentre elas *E. smithii*, *E. camaldulensis* e *E. alba*, respectivamente (ZRIRA et al., 2004; CHENG et al., 2009; OYEDEJI et al., 1999).

Os componentes majoritários dos óleos voláteis de *Eucalyptus* são via de regra monoterpenos. Há, entretanto, espécies cuja composição química foge do habitual e apresentam sesquiterpenos como componentes majoritários, a exemplo de *E. varia* e *E. deglupta* que apresentam como componente majoritário os sesquiterpenos germacreno D e *trans*-nerolidol, respectivamente (BROPHY et al., 1999; OYEDEJI et al., 1999).

Na Tabela 1 são apresentados exemplos de compostos majoritários dos óleos voláteis de algumas espécies de *Eucalyptus*.

Tabela 1 – Compostos majoritários observados nos óleos voláteis de *Eucalyptus* spp. coletadas em regiões diversas.

Espécie	Composto	(%)	País da coleta	Referência
<i>E. staigeriana</i>	(+) - limoneno	72.9	Brasil	Ribeiro et al., (2013)
<i>E. citriodora</i>	1,8-cineol	54.0	Tunísia	Elaissi et al., (2011)
<i>E. camaldulensis</i>	<i>p</i> -cimeno	28.6	Montenegro	Grbovic et al., (2010)
<i>E. camaldulensis</i>	1,8-cineol	69.5	Irã	Medhi et al., (2010)
<i>E. globulus</i>	1,8-cineol	89.9	Brasil	Vilela et al., (2009)
<i>E. camaldulensis</i>	α -pineno	22.52	Taiwan	Cheng et al., (2009)
<i>E. tenuipes</i>	β -pineno	31.0	Austrália	Brophy et al., (2009)
<i>E. saligna</i>	α -pineno	39.5	Camarões	Tapondjou et al., (2005)
<i>E. cinerea</i>	1,8-cineol	87.8	Marrocos	Zrira et al., (2004)
<i>E. alba</i>	α -tujeno	32.9	Nigéria	Oyedeji et al., (1999)

Segundo Bizzo et al., (2009), quanto ao uso, os óleos voláteis de *Eucalyptus* são divididos em três tipos principais:

óleos medicinais – apresentam como componente majoritário o 1,8-cineol (mínimo de 70%) e são destinados à fabricação de produtos farmacêuticos, como inalantes, estimulantes da secreção nasal, produtos para higiene bucal ou como aromatizante e flavorizante de medicamentos diversos. *E. dumosa*, *E. camaldulensis*, *E. sideroxylon*, *E. globulus* estão entre as principais fontes de obtenção deste tipo de óleo, sendo que no Brasil *E. globulus* é de longe a espécie mais cultivada para este fim.

óleos industriais – apresentam como componente principal o felandreno ou a piperitona. O felandreno é usado como solvente e matéria prima de desinfetantes, a piperitona, por sua vez, é utilizada como base para a obtenção de timol e mentol, que apresentam utilidades diversas. Dentre as espécies que são fontes deste tipo de óleo, cita-se *E. dives*, *E. elata* e *E. radiata*.

óleos para a perfumaria – apresentam como componente majoritário o citral ou o citronelal, são utilizados como essências na fabricação de produtos diversos como sabões, desinfetantes, velas aromáticas, dentre outros. As principais fontes deste tipo de óleo são *E. citriodora*, *E. macarthurii* e *E. staigeriana*.

Potencial inseticida e repelente dos óleos voláteis de *Eucalyptus*

Aos óleos voláteis de *Eucalyptus* são atribuídas atividades diversas, dentre elas as atividades antibacteriana, antifúngica e anti-séptica, que são bem descritas na literatura e conhecidas há centenas de anos (BROOKER; KLEINIG, 2006). Contudo, tais óleos voláteis são reconhecidos por seu potencial pesticida, atuando principalmente

sobre insetos, como inseticidas ou repelentes. A potencialidade como pesticida, somada à baixa toxicidade para mamíferos e facilidade de obtenção torna o uso dos óleos voláteis de *Eucalyptus* uma excelente alternativa no controle de insetos diversos (BATISH et al., 2008).

Vários estudos demonstram o potencial dos óleos voláteis de *Eucalyptus* no controle de insetos, desde simples invasores como a baratinha germânica (*Blattella germanica*) à espécies dos gêneros *Aedes*, *Anopheles* e *Culex*, vetores de importantes doenças como a dengue, malária e filariose, respectivamente (ALZOGARAY et al., 2011; NERIO et al., 2010).

Embora os óleos voláteis de *Eucalyptus* possam atuar sobre diferentes estágios de desenvolvimento dos insetos, observa-se que a maior parte dos estudos se atém a avaliação da atividade sobre um único estágio, sendo bastantes escassos estudos como o de Yang et al., (2004) que demonstraram a atividade de *Eucalyptus globulus* sobre os estágios adulto, larval e de pupa de *Pediculus humanus capitis*, o piolho humano, e foi mais ativo que a delta-fenotrina e a piretrina, potentes inseticidas.

Na tabela 2 são apresentados alguns exemplos de estudos avaliando a atividade de óleos voláteis de *Eucalyptus* sobre espécies variadas de insetos.

Tabela 2 – Atividade de *Eucalyptus* spp. sobre diferentes espécies de insetos.

Espécie	Atividade avaliada	Espécie alvo	Referência
<i>E. camaldulensis</i>	Repelente	<i>Musca domestica</i>	Khan (2021)
<i>E. resinifera</i>	Repelente	<i>Hypothenemus hampei</i>	Reyes et al. (2018)
<i>E. camaldulensis</i>	Adulticida	<i>Ectomyelois ceratoniae</i>	Jemâa et al. (2013)
<i>E. elata</i>	Repelente	<i>Tetranychus urticae</i>	Roh et al. (2013)
<i>E. citriodora</i>	Repelente	<i>Aedes aegypti</i>	Sritabutra et al. (2013)
<i>E. globulus</i>	Larvicida	<i>Aedes aegypti</i>	Manimaran et al. (2013)
<i>E. globulus</i>	Pupicida	<i>Musca domestica</i>	Kumar et al. (2012)
<i>E. dunnii</i>	Ninficida	<i>Blattella germanica</i>	Alzogaray et al. (2011)
<i>E. camaldulensis</i>	Larvicida	<i>Anopheles stephensi</i>	Medhi et al. (2010)
<i>E. grandis</i>	Fumigante	<i>Aedes aegypti</i>	Lucia et al. (2009)
<i>E. globulus</i>	Ovicida	<i>Pediculus humanus</i>	Yang et al. (2004)

Potencial biológico dos óleos voláteis de *Eucalyptus* sobre *Aedes aegypti*

A dengue é uma doença viral que ocorre em mais de 100 países, com uma estimativa anual de 50 a 100 milhões de casos de infecção. Além disso, mais de 2,5

bilhões de pessoas vivem em áreas com alto risco de contaminação (ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE, 2019).

O vírus da dengue é transmitido principalmente pela picada de fêmeas infectadas do mosquito *A. aegypti* (BARRETO; TEIXEIRA, 2008). Desta forma, o combate à esta doença envolve como estratégia principal o controle vetorial, que visa à redução dos vetores do vírus, através da eliminação dos criadouros dos mosquitos, bem como a aplicação de inseticidas (LIGON, 2005).

No controle de *A. aegypti* os inseticidas mais comumente utilizados são, o temefós, usado como larvicida no tratamento focal e os piretróides, usados no controle do mosquito na fase adulto, em casos de epidemia (LUCIA et al., 2013). Embora eficazes no controle vetorial, tais substâncias podem ser tóxicas para os seres humanos, levando a casos de intoxicações (GOMES, 2014). Desta forma, o uso de produtos naturais inseticidas pode representar uma alternativa interessante no controle de *A. aegypti*, especialmente no caso de determinados óleos voláteis, cujo potencial inseticida é reconhecido.

Óleos voláteis de *Eucalyptus* além de atuarem como inseticidas e/ou repelentes apresentam como vantagem a baixa toxicidade sobre mamíferos, a exemplo do óleo volátil das folhas de *E. citriodora*, bem como o 1,8-cineol, seu componente majoritário, que apresentaram toxicidade aguda em ratos de 4440 mg/kg e 2480 mg/kg, respectivamente, sendo ambos muito menos tóxicos que as piretrinas (350-500 mg/kg), componentes de produtos inseticidas diversos (BATISH et al., 2008).

Considerando-se o potencial inseticida dos óleos voláteis de *Eucalyptus*, e *Aedes aegypti* como o principal vetor da dengue, são bastante comuns estudos avaliando a atividade de *Eucalyptus* sobre esta espécie. Dentre as atividades mais avaliadas destacam-se as atividades larvicida, adulticida e repelente (MACIEL et al., 2010).

Estudos como o de Lucia et al., (2007) em que foi avaliada a atividade larvicida do óleo volátil das folhas de *E. grandis*, bem como dos terpenos 1,8-cineol, α -pineno e β -pineno, seus componentes principais, sobre larvas de *Aedes aegypti* de 3^o e 4^o ínstar. Todas as amostras apresentaram atividade larvicida. No entanto, os terpenos α -pineno e β -pineno, para os quais foram respectivamente observados valores de CL₅₀ de 15.4 e 12.1 ppm, foram mais ativos que o óleo bruto (CL₅₀ = 32.4 ppm). A menor atividade foi observada para o 1,8-cineol, com CL₅₀ = 57.2 ppm.

A mistura do óleo volátil das folhas de *Eucalyptus globulus* (16%) com os óleos voláteis de *Acorus calamus* (3%), *Cinnamomum verum* (13%), *Cymbopogon nardus* (12%), *Myrtus caryophyllus* (24%), *Citrus lemon* (7%), *Citrus sinensis* (25%) resultou em uma formulação com potente atividade larvicida sobre *Aedes aegypti* (LC₅₀ = 40.17 ppm), *Anopheles stephensi* (LC₅₀ = 42.17 ppm) e *Culex quiquefasciatus* (LC₅₀ = 35.95 ppm). Sugerindo que os óleos voláteis de *Eucalyptus* sejam ativos também quando associados a outros óleos (MANIMARAN et al., 2013).

Lucia et al., (2009), avaliaram a atividade fumigante dos óleos voláteis das folhas de treze espécies de *Eucalyptus* sobre a fase adulta de *Aedes aegypti*. Os testes foram realizados em câmara fechada para permitir a concentração do vapor e a atividade foi estabelecida com base nos valores de KT₅₀, que expressa o tempo necessário para paralisar 50% dos mosquitos, baseado no chamado efeito *knockdown* provocado por piretróides que causam a paralisia dos insetos e consequente morte. Dentre as espécies avaliadas as mais ativas foram *E. viminalis* (KT₅₀ = 4.2 minutos), *E. globulus maidenii* (KT₅₀ = 4.3 min.) e *E. sideroxylon* (KT₅₀ = 4.8 min)

A atividade fumigante do α -terpineol, γ -terpineno, 4-terpineol, *p*-cimeno, α -pineno e 1,8-cineol, terpenos bastante comuns nos óleos voláteis de *Eucalyptus*, foi avaliada sobre a fase adulta de *A. aegypti*. O 1,8-cineol (KT₅₀ = 1.34 min.) foi o mais ativo, seguido pelo α -pineno (KT₅₀ = 5.36 min.) e *p*-cimeno (KT₅₀ = 5.82 min.). Foi observada forte correlação entre atividade adulticida e a pressão de vapor dos terpenos, quanto maior a volatilidade, maior a atividade observada (LUCIA et al., 2013).

Os repelentes são substâncias que atuam localmente ou a distância afastando os insetos. Entretanto, o uso de repelentes se dá principalmente pelo emprego de substâncias sintéticas que podem trazer riscos à saúde, provocando desde ardência na pele a erupções cutâneas e/ou alergias (DAS et al., 2003).

Diversos óleos de *Eucalyptus* são utilizados como repelentes e dependendo da concentração podem fornecer até 8 horas de proteção contra a picada de insetos e por esse motivo o uso popular destes óleos é bastante difundido. Na África, por exemplo, é comum a queima das folhas de *Eucalyptus* spp. com a finalidade de repelir espécies diversas de mosquitos (BATISH et al., 2008).

A atividade repelente do óleo volátil das folhas de *E. globulus* foi avaliada sobre *A. aegypti* e *Anopheles dirus*, através do teste repelência em superfície impregnada, na qual os braços de voluntários foram tratados com o óleo e expostos às fêmeas adultas

das duas espécies de mosquito. A atividade foi determinada considerando-se o tempo de proteção provocado pelo óleo, que demonstrou alta atividade contra ambas as espécies, com tempos de proteção de 82 minutos e 95 minutos para *A. aegypti* e *Anopheles dirus*, respectivamente. O óleo de *E. globulus* foi avaliado ainda como mistura binária com os óleos das flores de *Syzigium aromaticum* (cravo da Índia), das folhas de *Mentha x piperita* (hortelã-pimenta) e das folhas de *Ocimum basilicum* (manjeriço), sendo este último o mais ativo, apresentando tempos de proteção de 99 minutos e 210 minutos, contra *A. aegypti* e *Anopheles dirus*, respectivamente (SRITABUTRA et al., 2011).

Embora sejam eficientes como inseticidas e/ou repelentes poucos são os inseticidas à base de *Eucalyptus* disponíveis no mercado. O primeiro produto foi registrado nos EUA em 1948 e até 2006, apenas outros 29 produtos haviam sido registrados, dentre eles o Mosi-guard[®], repelente que contém 50% do óleo volátil das folhas de *E. citriodora* (JAENSON et al., 2006).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dada a importância química e biológica dos óleos voláteis, *Eucalyptus* constitui um gênero de grande interesse econômico e industrial, cujas espécies apresentam aplicações diversas, destacando-se a produção de óleos voláteis largamente utilizados pela perfumaria e as indústrias farmacêutica e alimentícia.

Apesar da importância deste gênero, no que diz respeito aos óleos voláteis, o conhecimento fitoquímico sobre *Eucalyptus* é ainda incipiente, visto que das mais de 800 espécies deste gênero, cerca de apenas 300 espécies foram avaliadas quanto à produção e composição de óleos voláteis. Havendo assim a necessidade da realização de estudos científicos avaliando as demais espécies deste gênero, de forma a explorar não somente a fitoquímica, mas também o potencial biológico dos óleos voláteis.

Por fim, diante de inúmeros estudos científicos comprovando as atividades inseticida e repelente dos óleos voláteis de *Eucalyptus*, é inegável a importância biológica de tais óleos no controle de insetos, especialmente de vetores de doenças importantes como a dengue, malária, filariose, dentre tantas outras, que apresentam insetos como vetores.

REFERÊNCIAS

- ABDULLAHI, A.; KHAIRULMAZMI, A.; YASMEEN, S.; ISMAIL, I. S.; NORHAYU, A.; SULAIMAN, M. R.; ISMAIL, M. R. Phytochemical profiling and antimicrobial activity of ginger (*Zingiber officinale*) essential oils against important phytopathogens. **Arabian Journal of Chemistry**, v. 13, n. 11, p. 8012-8025, 2020.
- ALMEIDA, T. S., ROCHA, J. B. T., RODRIGUES, F. F. G., CAMPOS, A. R.; DA COSTA, J. G. M. Chemical composition, antibacterial and antibiotic modulatory effect of *Croton campestris* essential oils. **Industrial Crops and Products**, v. 44, p. 630-633, 2013.
- ALZOGARAY, R. A.; LUCIA, A.; ZERBA, E. N.; MASUH, H. M. Insecticidal activity of essential oils from eleven *Eucalyptus* spp. and two hybrids: lethal and sublethal effects of their major components on *Blattella germanica*. **Journal of Economic Entomology**, v. 104, n. 2, p. 595-600, 2011.
- AVOSEH, O. N.; MTUNZI, F. M.; OGUNWANDE, I. A.; ASCRIZZI, R.; GUIDO, F. *Albizia lebbek* and *Albizia zygia* volatile oils exhibit anti-nociceptive and anti-inflammatory properties in pain models. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 268, 113676, 2021.
- AZEEM, M.; ZAMAN, T.; TAHIR, M.; HARIS, A.; IQBAL, Z.; BINYAMEEN, M.; MOZÛRAITIS, R. Chemical composition and repellent activity of native plants essential oils against dengue mosquito, *Aedes aegypti*. **Industrial Crops and Products**, v. 140, 111609, 2019.
- BAIN & COMPANY. **Potencial de diversificação da indústria química brasileira**. Rio de Janeiro: BNDES, 2014.
- BARRETO, M. L.; TEIXEIRA, M. G. Dengue no Brasil: situação epidemiológica e contribuições para uma agenda de pesquisa. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 64, p. 53-72, 2008.
- BATISH, D. R.; SINGH, H. P.; KOHLI, R. K.; KAUR, S. *Eucalyptus* essential oil as a natural pesticide. **Forest Ecology and Management**, v. 256, n. 12, p. 2166-2174, 2008.
- BELLIK, F. Z.; BENKACI-ALI, F.; ALSAFRA, Z.; EPPE, G.; TATA, S.; SABAOU, N.; ZIDANI, R. Chemical composition, kinetic study and antimicrobial activity of essential oils from *Cymbopogon schoenanthus* L. Spreng extracted by conventional and microwave-assisted techniques using cryogenic grinding. **Industrial Crops and Products**, v. 139, p. 111505, 2019.
- BIZZO, H. R.; HOVELL, A. M. C.; REZENDE, C. M. Óleos essenciais no Brasil: aspectos gerais, desenvolvimento e perspectivas. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 588-594, 2009.
- BREMNESS, L. **Plantas aromáticas**. Porto: Civilização, 1993.
- BROOKER, M. I. H.; KLEINIG, D. A. **Field guide to Eucalyptus**. Melbourne: Inkata Press, 2006.
- BROPHY, J. J.; FORSTER, P. I.; GOLDSACK, R. J. The Essential Oils of Three Unusual *Eucalypts*: *Eucalyptus curtisii*, *E. rubiginosa* and *E. tenuipes* (Myrtaceae). **Flavour and Fragrance Journal**, v. 13, p. 87-89, 1999.
- CHAHOMCHUEN, T.; INSUAN, O.; INSUAN, W. Chemical profile of leaf essential oils from four *Eucalyptus* species from Thailand and their biological activities. **Microchemical Journal**, v. 158, 105248, 2020.
- CHENG, S. S.; HUANG, C. G.; CHEN, Y. J.; YU, J. J.; CHEN, W. J.; CHANG, S. T. Chemical compositions and larvicidal activities of leaf essential oils from two *Eucalyptus* species. **Bioresource Technology**, v. 100, p. 452-456, 2009.
- DAS, N. G.; BARUAH, I.; TALUKDAR, P. K.; DAS, S. C. Evaluation of botanicals as repellents against mosquitoes. **Journal of Vector Borne Diseases**, n. 40, p. 49-53, 2003.

- ELAISSI, A.; MEDINI, H.; KHOUJA, M. L.; SIMMONDS, M.; LYNEN, F. Variation in volatile leaf oils of five *Eucalyptus* species harvested from Jbel Abderrahman arboreta (Tunisia). **Chemistry & Biodiversity**, v. 8, n. 2, p. 352-361, 2011.
- FIGUEIREDO, A. C.; PEDRO, L. G.; BARROSO, J. G.; TRINDADE, H.; SANCHES, J.; OLIVEIRA, C.; CORREIA, M. Óleos essenciais de espécies de *Eucalyptus*. **Agrotec**, n. 8, v. 1, p. 96-100, 2013.
- FRANZ, C.; NOVAK, J. Sources of essential oils. In: CAN BASER, K. H.; BUCHBAUER, G. **Handbook of essential oils: science, technology and applications**. Boca Raton: CRC Press, p. 39-82, 2010.
- GIL, C. S.; LIM, S. T.; LIM, Y. J.; JUNG, K. H.; NA, J. K.; EOM, S. H. Volatile content variation in the petals of cut roses during vase life. **Scientia Horticulturae**, v. 261, p. 108960, 2019.
- GRAN VIEW RESEARCH. Essential Oils Market Size: share and trends analysis reports. **Market Analysis Reports**, v. 121, 153 p. 2020.
- GOMES, W. **Uso de inseticida (organofosforado) no combate à dengue e os possíveis danos à saúde pública na área urbana de Foz do Iguaçu-PR**. 2014. 42 f. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2014.
- GRBOVIC, S.; ORCIC, D.; COULADIS, M.; JOVIN, E.; BUGARIN, D. Variation of essential oil composition of *Eucalyptus camaldulensis* (Myrtaceae) from the Montenegro coastline. **Acta Periodica Technologica**, v. 203, n. 41, p. 151-158, 2010.
- HOU, J.; LIANG, L.; WANG, Y. Volatile composition changes in navel orange at different growth stages by HS-SPME-GC-MS. **Food Research International**, v. 136, 109333, 2020.
- JAENSON, T. G. T.; GARBOUI, S.; PALSSON, K. Repellency of oils of lemon *Eucalyptus*, *Geranium* and Lavender and the mosquito repellent MyggA natural to *Ixodes ricinus* in the laboratory and field. **Journal of Medical Entomology**, n. 43, p. 731-736, 2006.
- JEMÂA, J. M. B.; HAOUEL, S.; KHOUJA, M. L. Efficacy of Eucalyptus essential oils fumigant control against *Ectomyelois ceratoniae* (Lepidoptera: Pyralidae) under various space occupation conditions. **Journal of Stored Products Research**, v. 53, p. 67-71, 2013.
- KHAN, H. A. Toxicity, repellent and oviposition deterrent effects of select essential oils against the house fly *Musca domestica*. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v. 24, n. 1, p. 15-20, 2021.
- KNAAK, N.; FIUZA, L. Potencial dos óleos essenciais de plantas no controle de insetos e microrganismos. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 5, n. 2, p. 120-132, 2010.
- KUMAR, P.; MISHRA, S.; MALIK, A.; SATYA, S. Compositional analysis and insecticidal activity of *Eucalyptus globulus* (family: Myrtaceae) essential oil against housefly (*Musca domestica*). **Acta Tropica**, v. 122, n. 2, p. 212-218. 2012.
- LIGON, B. L. Dengue fever and dengue hemorrhagic fever: a review of the history, transmission, treatment and prevention. **Pediatric Infectious Diseases**, v. 16, n. 1, p. 60-65, 2005.
- LIMAM, H.; BEN JEMAA, M.; TAMMAR, S.; KSIBI, N.; KHAMMASSI, S.; JALLOULI, S.; MSAADA, K. Variation in chemical profile of leaves essential oils from thirteen Tunisian *Eucalyptus* species and evaluation of their antioxidant and antibacterial properties. **Industrial Crops and Products**, v. 158, 112964, 2020.
- LUCIA, A.; AUDINO, P. G.; SECCACINI, E.; LICASTRO, S.; ZERBA, E. Larvicidal effect of *Eucalyptus grandis* essential oil and turpentine and their major components on *Aedes aegypti* larvae. **Journal of the American Mosquito Control Association**, v. 23, n. 3, p. 299-303, 2007.

LUCIA, A.; LICASTRO, S.; ZERBA, E.; AUDINO, P. G.; MASUH, H. Sensitivity of *Aedes aegypti* adults (Diptera: Culicidae) to the vapors of *Eucalyptus* essential oils. **Bioresource Technology**, v. 100, n. 23, p. 6083-6087, 2009.

LUCIA, A.; ZERBA, E.; MASUH, H. Knockdown and larvicidal activity of six monoterpenes against *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) and their structure-activity relationships. **Parasitology research**, v. 112, n. 12, p. 4267-72, 2013.

MACIEL, M. V.; MORAIS, S. M.; BEVILACQUA, C. M. L.; SILVA, R. A.; BARROS, R. S.; SOUSA, R. N.; SOUSA, L. C.; BRITO, E. S.; SOUZA-NETO, M. A. Chemical composition of *Eucalyptus* spp. essential oils and their insecticidal effects on *Lutzomyia longipalpis*. **Veterinary Parasitology**, v. 167, n. 1, p. 1-7, 2010.

MANIMARAN, A.; CRUZ, M. M. J. J. MUTHU, C.; VINCENT, S.; IGNACIMUTHU, S. Larvicidal and growth inhibitory activities of different plant volatile oils formulation against *Anopheles stephensi*, *Culex quinquefasciatus* and *Aedes aegypti*. **International Journal of Phytotherapy Research**, v. 3, n. 2, p. 38-48, 2013.

MEDHI, S. M.; REZA, S.; MAHNAZ, K.; REZA, A. M.; ABBAS, H. Phytochemistry and larvicidal activity of *Eucalyptus camaldulensis* against malaria vector, *Anopheles stephensi*. **Asian Pacific Journal of Tropical Medicine**, v. 3, n. 11, p. 841-845, 2010.

NERIO, L. S.; OLIVERO-VERBEL, J.; STASHENKO, E. Repellent activity of essential oils: a review. **Bioresource technology**, v. 101, n. 1, p. 372-378, 2010.

OLIVEIRA, M. A. S., COUTINHO, H. D. M.; LACERDA NETO, L. J.; OLIVEIRA, L. C. C.; CUNHA, F. A. B. Repellent activity of essential oils against culicids: A review. **Sustainable Chemistry and Pharmacy**, v. 18, 100328, 2020.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. **Dengue e dengue grave**. 2019. Disponível em: <https://bit.ly/3ofvKAq>. Acesso em: 10 jan. 2021.

OYEDEJI, A. O.; OLAWORE, O. N.; EKUNDAYO, O.; KOENIG, W. A. Volatile leaf oil constituents of three *Eucalyptus* species from Nigeria. **Flavour and Fragrance Journal**, v. 14, n. 4, p. 241-244, 1999.

REYES, E. I. M.; FARIAS, E. S.; SILVA, E. M. P.; FILOMENO, C. A.; PLATA, M. A. B.; PICANÇO, M. C.; BARBOSA, L. C. A. *Eucalyptus resinifera* essential oils have fumigant and repellent action against *Hypothenemus hampei*. **Crop Protection**, v. 116, p. 49-55, 2019.

RIBEIRO, W. L. C.; MACEDO, I. T. F.; SANTOS, J. M. L. dos.; OLIVEIRA, E. F.; VASCONCELOS, A. L. F. C. Activity of chitosan-encapsulated *Eucalyptus staigeriana* essential oil on *Haemonchus contortus*. **Experimental Parasitology**, v. 135, n. 1, p. 24-29, 2013.

ROH, H. S.; LEE, B. H.; PARK, C. G. Acaricidal and repellent effects of myrtacean essential oils and their major constituents against *Tetranychus urticae* (Tetranychidae). **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v. 16, n. 3, p. 245-249, 2013.

SALMAN, M.; ABBAS, R. Z.; ISRAR, M.; ABBAS, A.; MEHMOOD, M. K.; KHAN, M. K.; SHAH, S. Repellent and acaricidal activity of essential oils and their components against *Rhipicephalus* ticks in cattle. **Veterinary Parasitology**, v. 283, 109178, 2020.

SANTOS, É. R. Q.; MAIA, C. S. F.; FONTES JUNIOR, E. A.; MELO, A. S.; PINHEIRO, B. G.; MAIA, J. G. S. Linalool-rich essential oils from the Amazon display antidepressant-type effect in rodents. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 212, n. 15, p. 43-49, 2018.

SAULLE, C. C.; RAMAN, V.; OLIVEIRA, A. V. G.; MAIA, B. H. L. N. S.; MENEGHETTI, E. K.; FLORES, T. B.; FARAGO, P. V.; KHAN, I. A.; BUDEL, J. M. Anatomy and volatile oil chemistry of *Eucalyptus saligna* cultivated in South Brazil. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 28, n. 2, p. 125-134, 2018.

SCHMIDT, E. Production of essential oils. In: CAN BASER, K. H.; BUCHBAUER, G. **Handbook of essential oils: science, technology and applications**. Boca Raton: CRC Press, 2010. p. 83-120.

SILVA, P. P. M.; OLIVEIRA, J.; BIAZOTTO, A. M.; PARISI, M. M.; GLÓRIA, E. M.; SPOTO, M. H. F. Essential oils from *Eucalyptus staigeriana* F. Muell. ex Bailey and *Eucalyptus urograndis* W. Hill ex Maiden associated to carboxymethylcellulose coating for the control of *Botrytis cinerea* Pers. Fr. and *Rhizopus stolonifer* (Ehrenb.:Fr.) Vuill. in strawberries. **Industrial Crops and Products**, v. 156, 112884, 2020.

SRITABUTRA, D.; SOONWEREA, M.; WALTANACHANOBON, S.; POUNGJAI, S. Repellent activity of herbal essential oils against *Aedes aegypti* and *Culex quiquefasciatus*. **Asian Pacific Journal of Tropical Disease**, v. 3, n. 4, p. 271-276, 2013.

TAPONDJOU, A.; ADLER, C.; FONTEM, D.; BOUDA, H.; REICHMUTH, C. Bioactivities of cymol and essential oils of *Cupressus sempervirens* and *Eucalyptus saligna* against *Sitophilus zeamais* and *Tribolium confusum*. **Journal of Stored Products Research**, n. 41, p. 91-102, 2005.

VILELA, G. R.; ALMEIDA, G. S.; D'ARCE, M. A. B. R.; MORAES, M. H. D.; BRITO, J. O. Activity of essential oil and its major compound, 1,8-cineole, from *Eucalyptus globulus* against the storage fungi *Aspergillus flavus* and *Aspergillus parasiticus*. **Journal of Stored Products Research**, n. 45, p. 108-111, 2009.

VITTI, A. M. S.; BRITO, J. O. Óleo essencial de eucalipto. **Documentos Florestais**, n. 17, 30 p. 2003.
WANI, A. R.; YADAV, K.; KHURSHED, A.; RATHER, M. A. An updated and comprehensive review of the antiviral potential of essential oils and their chemical constituents with special focus on their mechanism of action against various influenza and coronaviruses. **Microbial Pathogenesis**, v. 134, 104620, 2020.

YANG, Y. C.; CHOI, H. Y.; CHOI, W. S.; CLARK, J. M.; AHN, Y. J. Ovicidal and adulticidal activity of *Eucalyptus globulus* leaf oil terpenoids against *Pediculus humanus capitis*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, n. 9, p. 2507-2511, 2004.

ZHANG, Y.; LONG, Y.; YU, S.; LI, D.; YANG, M.; GUAN, Y.; ZHANG, D.; WAN, J.; LIU, S.; SHI, A.; LI, N.; PENG, W. Natural volatile oils derived from herbal medicines: a promising therapy way for treating depressive disorder, **Pharmacological Research**, v. 164, n. 1, p. 105376, 2020.

ZHAO, X.; WU, H.; WEI, J.; YANG, M. Quantification and characterization of volatile constituents in *Myristica fragrans* Houtt. by gas chromatography-mass spectrometry and gas chromatography quadrupole-time-of-flight mass spectrometry. **Industrial Crops and Products**, v. 130, p. 137-145, 2019.

ZRIRA, S.; BESSIERE, J.M.; MENUT, C.; ELAMRANI, A.; BENJILALI, B. Chemical composition of the essential oil of nine *Eucalyptus* species growing in Morocco. **Flavour and Fragrance Journal**, v. 19, n. 2, p. 172-175, 2004.