



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
Centro de Ciências Agrárias  
Departamento de Ciências Ambientais  
CURSO DE BACHARELADO EM AGROECOLOGIA  
Rod. Anhanguera, Km. 174  
CEP: 13.600-970 – Araras – SP – Fone: (019) 3543-2601



**VICTOR CARVALHO RASSI**

**CONTROLE DE FORMIGAS CORTADEIRAS COM USO DE ÓLEOS  
ESSENCIAIS: UMA REVISÃO**

**Araras, SP  
2022**

VICTOR CARVALHO RASSI

**CONTROLE DE FORMIGAS CORTADEIRAS COM USO DE ÓLEOS  
ESSENCIAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Agroecologia – Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), como parte dos requisitos para obtenção do título de Agroecólogo.

**Orientador:** Prof. Dr. Rodrigo Neves Marques

Araras, São Paulo

2022

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a minha família por sempre se fazer presente em todos os momentos da minha vida, em especial a minha mãe, Vanessa Biagioni, sempre me inspirando força e segurança. A minha esposa Larissa e meu filho Lucca, que me incentivaram em momentos difíceis e compreenderam minha ausência enquanto eu me dedicava a realização desse trabalho.

Aos meus amigos e companheiros de curso que me acompanharam até aqui, estendendo-me a mão quando foi necessário, tornando essa jornada mais leve e proveitosa.

A república K-Navial, por ter sido a família que me acolheu e me preparou para o futuro, foram anos incríveis vividos junto a pessoas que agregaram de diversas formas para minha vida profissional e pessoal.

Agradeço ao meu orientador que me guiou pelo caminho deste trabalho de Conclusão de Curso, sem o qual nada disso seria possível, a você Rodrigo meu agradecimento especial. Obrigado pela dedicação e tempo despendido em meu auxílio na realização da pesquisa, o mundo precisa de mais professores como você.

A Deus, por ter permitido que eu tivesse saúde e determinação para não desanimar durante a realização deste trabalho.

## RESUMO

No Brasil, práticas de reflorestamento e monoculturas são fortemente impactadas por formigas cortadeiras, que causam danos severos ao passo que, acometem diferentes estágios do desenvolvimento vegetal e se distribuem em larga escala. De tal modo, o uso de defensivos agrícolas se dá majoritariamente com o emprego de produtos sintéticos, que inferem inúmeros prejuízos à saúde ambiental e humana pela acumulação e alta persistência no ambiente a longo do tempo, além de pressões seletivas que potencializam a persistência de pragas. Os óleos essenciais, despontam hoje como método de controle ambiental economicamente rentável e benéfico ao meio ambiente, à medida que possui fatores inseticidas e de repelência em sua constituição capazes de lidar com os impactos de formigas cortadeiras. Assim, o presente trabalho teve por objetivo, investigar o uso de óleos essenciais enquanto defensivo ao ataque de formigas cortadeiras, por meio de revisão bibliográfica. Ao longo de sua estrutura é desenvolvido uma contextualização acerca da importância da pesquisa, seguida de aprofundamentos na compreensão das formigas dos gêneros *Atta* e *Acromyrmex*, com explicações acerca de seu modo de vida e comportamentos, determinado a nível de indivíduo e colônia, bem como, espécies vegetais que por meio de seus óleos essenciais inferem impactos a vida dessas formigas, com explicações acerca dos experimentos e resultados. Ademais é apresentado demais informações sobre os óleos essenciais, sua performance no mercado atual, constituição química, meios de extração e aplicações na atualidade. Por fim, à vista do arcabouço teórico exposto, como considerações finais compreende-se falta de informações sobre os constituintes químicos que de fato interagem e agem como princípios ativos capazes de repelir as pragas em questão, assim como, falta de informações acerca da resposta específica das formigas diante da exposição aos óleos, expressando resultados em termos de repelência, toxicidade, abandono de colônia e potencial antifúngico sobre o fungo simbiote, que de forma mútua, inserem novas perspectivas ao campo dos defensivos e elucidam potenciais lacunas a serem investigadas.

**Palavras-chave:** Formigas cortadeira; Óleo essencial; Defensivo Agrícola; Inseticida.

## **ABSTRACT**

In Brazil, reforestation and monoculture practices are strongly impacted by leaf-cutting ants, which cause severe damage while affecting different stages of plant development and are distributed on a large scale. In this way, the use of pesticides occurs mainly with the use of synthetic products, which infer numerous damages to environmental and human health due to the accumulation and high persistence in the environment over time, in addition to selective pressures that potentiate the persistence of pests. . Essential oils are emerging today as an economically profitable method of environmental control and beneficial to the environment, as they have insecticidal and repellent factors in their constitution capable of dealing with the impacts of leaf-cutting ants. Thus, the present work aimed to investigate the use of essential oils as a defensive to the attack of leaf-cutting ants, through a literature review. Throughout its structure, a contextualization about the importance of the research is developed, followed by deepening in the understanding of the ants of the *Atta* and *Acromyrmex* genera, with explanations about their way of life and behaviors, determined at the individual and colony level, as well as, plant species that, through their essential oils, infer impacts on the lives of these ants, with explanations about the experiments and results. In addition, other information is presented about essential oils, their performance in the current market, chemical constitution, extraction means and current applications. Finally, in view of the theoretical framework exposed, as final considerations, we understand the lack of information about the chemical constituents that actually interact and act as active principles capable of repelling the pests in question, as well as the lack of information about the specific response. of ants in the face of exposure to oils, expressing results in terms of repellency, toxicity, colony abandonment and antifungal potential on the symbiont fungus, which mutually introduce new perspectives to the field of pesticides and elucidate potential gaps to be investigated.

**Keywords:** Leaf-cutting ants; Essential oil; Agricultural Defensive; Insecticide.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
4.1. As formigas cortadeiras	9
4.2. Os Óleos Essenciais	14
4.2.1. Métodos de Extração	15
4.2.2. Métodos de aplicação dos óleos	19
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	20
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	21

## 1. INTRODUÇÃO

Na contemporaneidade o Brasil destaca-se como um dos maiores produtores de madeira, celulose e carvão, à vista de sua paisagem com maior porção de florestas plantadas no mundo, possui cultivos de importantes contribuições para setores ambientais, econômicos e sociais, dada fonte de matéria-prima e montante que proporciona menor pressão às florestas nativas. Assim, espécies como *Pinnus* e *Eucalyptus* despontam como espécies de maior interesse para reflorestamentos no Sul e Sudeste do país e perpassam mais de um milhão e meio de hectares do território nacional (ABRAF, 2011).

Todavia, as formigas cortadeiras são consideradas as pragas mais importantes no reflorestamento devido aos danos que causam e à ampla área de ocorrência (ANTUNES; DELLA LUCIA, 1999). Os danos causados pelas formigas cortadeiras variam de acordo com a idade da planta e a intensidade do ataque. No caso de um ataque forte e sustentado, as perdas podem chegar a 100% da produção. Quando o ataque ocorre durante as fases iniciais de plantio, os danos podem ser irreversíveis (ANJOS et al., 1993). Ainda, os danos causados não se limitam à redução da produtividade, mas incluem também a resistência das plantas, tornando-as mais vulneráveis ao ataque de outros insetos e doenças, além da necessidade de monitoramento e do alto custo das atividades de vigilância (FERREIRA, 1989; ZANUNCIO et al. 1996).

Vilela (1986) observou que as formigas cortadeiras são responsáveis por 75% do custo e tempo do controle de pragas florestais. Alípio (1989) relatou que elas representavam 30% dos gastos com a floresta até o terceiro ciclo, o que, segundo Rezende et al. (1983), corresponde a 7,4% do preço da madeira em pé. A estimativa de danos causados por formigas cortadeiras é relativamente complexa esse conhecimento é essencial no manejo e pode ser influenciado por muitas variáveis, como espécies de formigas, número e tamanho de formigueiros, disponibilidade de outros materiais vegetais, entre outros (ANTUNES; DELLA LUCIA, 1999).

Os óleos essenciais derivados de plantas são um dos produtos de baixo custo mais comuns e amplamente disponíveis como alternativa aos repelentes sintéticos comercialmente disponíveis. São considerados mais seguros devido ao seu longo histórico de uso humano em perfumes e medicamentos, seus extratos de diferentes famílias de plantas demonstraram ter atividade inseticida contra diferentes espécies de vetores (CHELAPPANDIAN et al., 2018). Ainda, são considerados uma importante classe de metabólitos secundários, cujos constituintes pertencem a dois grupos fitoquímicos, terpenos e fenilpropanos. Os terpenos são

biossintetizados pelas vias do fosfato de metileritritol e do mevalonato, enquanto os fenilpropanos são biossintetizados pela via do chiquimato (SIMÕES; SPITZA, 2004; TAIZ; ZEIGER, 2006; BERNARDS, 2010). Estimativas sugerem que cerca de 17.500 espécies de plantas aromáticas produzem estes compostos, pertencendo as mais diversas famílias botânicas, incluindo Myrtaceae, Lauraceae, Piperaceae, Rutaceae, Lamiaceae e Cupressaceae (RODRIGUEZ et al., 1984; JACOBSON, 1989; SETZER et al., 1992; RAJENDRAN & SRIRANJINI, 2008; TRIPATHI et al., 2009).

Destaca-se a importância de identificar os componentes presentes nos óleos essenciais, à medida que as condições ambientais, como ritmos circadianos, temperatura, disponibilidade de água, radiação UV, nutrientes, altitude, danos causados, pelo ataque de patógenos, entre outros, podem alterar a taxa de produção de metabólitos secundários e sua composição (GOBBO NETO; LOPES, 2007). Além de que, a identificação dos componentes ajuda a entender possíveis respostas ao papel dos óleos essenciais na fisiologia dos insetos, uma vez que os diferentes componentes presentes nos óleos essenciais podem atuar de diferentes maneiras dentro desses organismos (ISMAN, 2000; RATTAN, 2010; REGNAULT-ROGER et al., 2012; CRUZ et al., 2017). Fumigação, ingestão e exposição são diferentes modos de ação dos óleos, que resultam em mortalidade, repelência, inibição da oviposição, redução do desenvolvimento larval e fecundidade de insetos (MARTINEZ, VAN EMDEN, 2001; KO et al., 2009; CRUZ et al., 2014), por atuar no sistema nervoso, interferindo na transmissão normal dos impulsos nervosos, no sistema neuroendócrino; interferindo no processo de ecdise; no metabolismo respiratório; atuando na síntese de ATP e no sistema reprodutivo, interferindo nos processos de espermatogênese e oogênese (MENEZES, 2005; RAJENDRAN; SRIRANJINI, 2008; ALVES et al., 2014; CRUZ et al., 2015).

Este efeito repelente e tóxico encontrado em diversos óleos essenciais deve-se à sua composição química, na qual apresenta uma mistura complexa de compostos voláteis, incluindo terpeno olefinas, aldeídos, álcoois, cetonas, éteres, fenóis, etc. (SIMÕES; SPITZA, 2004). Esses produtos são extraídos de diversos órgãos vegetais (raízes, rizomas, flores, frutos, folhas, sementes, cascas e caules) por diferentes métodos, como hidrodestilação e destilação a vapor (REGANULT et al., 2012). a análise dos constituintes do óleo essencial é realizada usando técnicas de cromatografia gasosa (GC) e cromatografia gasosa-espectrometria de massa (GC-MS) que podem quantificar e identificar misturas de constituintes (BROCHINI; LAGO, 2007; ADAMS, 2009; RUBIOLO et al., 2010).

À vista deste contexto, a aplicação dos óleos essenciais como método de controle agrícola frente ao ataque de predadores é uma prática com potencial inseticida e de repelência, que por ventura pode intervir de modo mais econômico para o produtor e benéfico ao meio à medida que se insere como modo alternativo de tratamento diante dos produtos sintéticos majoritariamente utilizados hoje. De tal modo, o presente trabalho tem como objetivo, investigar o uso de óleos essenciais enquanto defensivo ao ataque de formigas cortadeiras, por meio de revisão bibliográfica.

## **4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **4.1. As formigas cortadeiras**

As formigas (Hymenoptera: Formicidae) da tribo Attini, possuem hábito de fungicultura, coletam fragmentos vegetais (folhas, flores, galhos e sementes) para o cultivo de fungos, que são base da sua alimentação, uma relação que promoveu as formigas mais bem-sucedidas do ponto de vista ecológico, as cortadeiras. Conhecidas como quenquéns, pertencentes ao gênero *Acromyrmex* Mayr, 1865, e saúvas pertencentes ao gênero *Atta* Fabricius, 1805 (MENEGETTI, 2015; SANTANA, 2017; TUNES, 2018). A riqueza e composição de espécies cortadeiras, esta relacionada a altitude e latitude, assim como, às condições climáticas, temperatura e umidade. Ainda pode-se determinar que as características do meio inferem influência as formigas, à medida que habitats com maior complexidade vegetal, favorecem a disponibilidade de locais hábeis à nidificação e oferta de alimento (ALBUQUERQUE; DIEHL, 2009).

O modo de vida e comportamento desses seres é de grande interesse, ao passo que de modo correlato aos cupins e algumas abelhas e vespas, caracterizam-se como eussociais, ou seja, a organização desses insetos diz respeito a três critérios: (i) cuidado coletivo da prole (ii) sobreposição de ao menos duas gerações na mesma sociedade e (iii) divisão do trabalho reprodutivo. Todavia, o terceiro critério determina a eussociabilidade, uma vez que a presença de castas para reprodução e demais funções da colônia promove a sociabilidade verdadeira ou completa (HOLLDÖBLER; WILSON, 2011).

A formação e organização da colônia, é determinado pelo arranjo das interações entre estes insetos. Contudo, inicialmente todo ninho tem origem com uma única rainha, que apresenta inúmeras habilidades desde a saída de seu ninho original até o estabelecimento de

um novo. De tal modo a rainha deixa o ninho original, acasala, constrói seu ninho em local apropriado e dá origem a sua prole. Com as primeiras operárias prontas para desempenhar seu trabalho, a rainha delimita suas atividades e vida à postura de ovos e receber alimento. Operárias inférteis realizam as demais atividades como, cuidar da rainha, ovos e pupas; construir, conservar e proteger a colônia; bem como buscar alimentos, entre outras tarefas. Em suma, à medida que a colônia cresce e as castas se formam, o trabalho das operárias diminui, por outro lado a diversificação de tarefas aumenta (OSTER; WILSON, 1978).

Ainda, a divisão de castas infere consequências morfológicas, isto é, um polimorfismo das operárias que determinam suas atividades de modo auto-organizado. Operárias de formiga saúva manifestam polimorfismo extremo, como o comprimento da cabeça que varia de 0,6mm a 3,6mm. Nota-se que esta característica está relacionada ao comportamento desempenhado, como as operárias responsáveis pelo cuidado com a rainha, larvas e pupas, ou seja, enfermeiras, possuem cabeça de <0,6mm a 1,2mm; ao passo que operárias generalistas internas, vinculadas ao trabalho no jardim de fungos possuem 1,3mm a 2,0. As forrageadoras, que realizam a escavação de tuneis e galerias, exploração de novos locais, além de corte e transporte de folhas possuem cabeça de 2,1mm a 2,9mm; as operárias soldados por sua vez, cuidam da defesa e têm cabeça >3,0mm (WILSON, 1980).

No que concerne à compreensão da colônia, seu sistema age como um superorganismo. A percepção do estado do meio e dos companheiros, assim como a aquisição de informações é vital para o coletivo organizado. Evidências apresentam diversas modalidades de sistema sensorial encontrados em insetos eussociais, como visão, olfato, audição e até magnetorrecepção, descritos em todos os indivíduos da colônia. Pondera-se a integração de informações entre indivíduos da colônia, à vista de um sistema nervoso integrado a informações sensoriais e múltiplos órgãos terminais, capazes de conceder respostas, como as glândulas endócrinas e exócrinas de feromônios (BANKS; SRYGLEY, 2013).

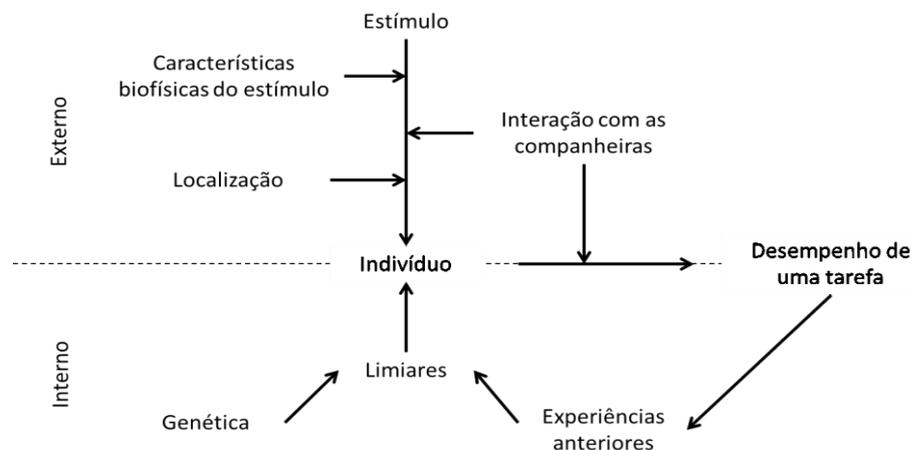
De tal modo, o comportamento executado de um indivíduo, atua como resposta observável para as demais operárias, avançando a compreensão de percepção e resposta, de indivíduo a coletivo, compreende-se o processamento em escala, a toda colônia, determinando o comportamento coordenado. A resposta coletiva, de modo sintético, é coordenada segundo o modelo de auto-organização da colônia, dado que não há hierarquização de tarefas, assim como, nenhuma operária com poder de decisão, cada indivíduo tem sua resposta frente aos

estímulos e a somatória de decisão de cada um, rege a resposta a nível coletivo (CHAPMAN, 1998; CAMAZINE, 2003).

À medida que a colônia enquanto superorganismo se perfaz pela interação de indivíduos, muito se discute também, acerca da memória coletiva proveniente do coletivo. Morley (1958), discorre sobre o potencial de fenômenos de comportamento de multidões se darem, diferentemente dos individuais, isto é, basta um exemplo que as demais farão o mesmo, logo a memória se expressaria pela ação de poucas e repetida por muitos. Gordon (2018) por sua vez, apresenta que a memória decorre das mudanças na interação entre indivíduos, e conseqüentemente, mudanças no comportamento da colônia, de tal modo, um estímulo acometido em um dia, seria sucedido nos dias seguinte, mesmo com o fim do estímulo. Embora as formigas tenham trocado de tarefa, os padrões de interação permanecem para então retornarem ao estado precedente, logo, os indivíduos não se lembravam do estímulo, mas a colônia tinha a memória.

Ademais vale a elencar a compreensão de colônia na qualidade de entidade, em si mesma, ou seja, a ideia de que a memória está inerente ao processo. Freinerman e Korman (2017), somam a discussão, e afirmam o quão capaz é o processo cognitivo das formigas, no ato de processar informações, que são majoritariamente importantes à colônia, assim, cognição associada a colônia é condicionada e proveniente da autonomia das formigas, logo o sistema organizacional é beneficiário das informações macro e micro.

**FIGURA 1.** A ação de diferentes aspectos individuais, coletivos e ambientais na modulação do desempenho das diversas tarefas.



Fonte: adaptado de BESHERS; FEWELL, 2001.

No contexto agrícola e florestal brasileiro, as formigas cortadeiras apresentam grande importância à medida que inferem danos aos cultivos, quando relacionado ao eucalipto, tratam-se da praga de maior importância. Enquanto praga, a conceituação diz respeito ao tamanho populacional dos insetos em determinadas culturas, o tamanho populacional se torna crítico, ao analisar a proporção por unidade local em sua distribuição no espaço tempo. Todavia os danos oriundos do impacto de formigas cortadeiras, está associado ao corte de partes vegetativas, para seu uso enquanto substrato do cultivo do fungo simbiote para sua alimentação (LIMA et al., 2009; BURATTO et al., 2012).

As plantas alvo de ataques, preferencialmente estão em fases de pré-corte, pós-plantio e início da condução de brotação, causando até, desfolha total do vegetal. Entretanto, nota-se que o consumo de folhas se dá de modo particularizado em diferentes plantas e cultivos, à medida que dependem das características dos vegetais hospedeiros, assim como, do aprendizado das formigas. Em suma, no que concerne ao cenário econômico e ambiental, as formigas cortadeiras tem inferido grande atenção as empresas do setor florestal, uma vez que evocam incentivo à busca de novos e melhores métodos de controle químico, bem como, princípios ativos e técnicas de manejo (BURATTO et al., 2012; ARENAS; ROCES, 2017).

Dentre os principais métodos de controle inferido às formigas cortadeiras, o uso de químicos ainda é majoritariamente empregado, com uso de iscas granulares, por meio de macro porta-iscas e micro porta-iscas, compreendido como o método mais eficiente, prático e econômico. Evidencia-se ainda que as iscas promovem maior segurança para o executor, sem necessidade de mão de obra e equipamentos especializados, com alcance efetivo de formigueiros de difícil acesso (ZANETTI, 2002).

Entretanto, desde a década de 1940 o uso de inseticidas foi marcado pela total substituição de métodos de controle natural, por inseticidas sintéticos, que causaram inúmeros prejuízos à saúde ambiental e humana pela acumulação e alta persistência no ambiente. Na atualidade a necessidade de busca de métodos de controle mais seguros, volta olhares ao potencial inseticida das plantas, visando a obtenção de derivados vegetais natural para o controle de pragas, afim de aumentar a diversidade de moléculas inferida aos insetos, bem como, diminuir processos de acúmulo ambiental e intervir em processo de pressão seletiva referentes a resistência das pragas (BUENO, 2005; VIEIRA et al., 2010). Boiça Júnior et al. (2005), discorre sobre 2.400 espécies de plantas conhecidas com potencial inseticida, porém poucas apresentam ação de controle sobre as pragas, diferente da nicotina, azadiractina, as

rotenonas e as piretrinas, que inferem toxicidade a insetos, que explicita a necessidade de maiores investigações.

Os óleos essenciais aqui, despontam como interesse científico enquanto metabólito secundário rico em compostos antibactericidas e fungicida. Jung et al. (2013) destaca algumas espécies empregadas no controle de formigas cortadeiras, que apresentam resultados promissores, como *Ricinus communis* L. (HEBLING et al., 1996), *Carapa guianensis* Aubl., *Elaeis guineensis* Jacq., *Sesamum indicum* L., *Anacardium occidentale* L., *Azadirachta indica* Juss. (OLIVEIRA, 2006) e *Rauia* sp. (FREITAS, 2010). Ainda, evidências indicam que as espécies da família Myrtaceae, apresentam melhor ação inseticida, a espécie *Eugenia uniflora* L., é de grande interesse para o controle de *Atta laevigata*, assim como, a espécie *Melia azedarach* L. (Meliaceae), compreende princípios ativos de efeito neurotóxico eficientes para o manejo (ISMAN, 2000; SINITOX, 2009). Pode-se destacar acerca do potencial defensivo de *Eucalyptus* sp. (família Myrtaceae), que em diferentes dosagens, como 5, 10, 15, 20 e 25 µL (microlitro) possui potencial de mortalidade de todos os indivíduos amostrados de *Atta laevigata*, após 4 horas de exposição (BEZERRA et al., 2017).

De forma específica, demais espécies promovem ação inseticida em formigas cortadeiras, como *Drimys angustifolia* Miers, (Ordem Canellales; Família Winteraceae), popularmente conhecida como casca de anta ou cataia. Estudos recentes inferem a ação de constituintes presentes em seu óleo essencial, como drimenol, biciclogermacreno, miristicina e ciclocolorenona, com resultados positivos enquanto isoladamente pesquisado referente a ação inseticida, larvicida, antibacteriana e antifúngica aferidos com testes em colônias de *Acromyrmex* em concentrações respectivas de 100%, 10% e controle, em que nos dois primeiros tratamentos houveram abandono das colônias e no controle não (MANEGHETTI, 2010; SILVA et al., 2007).

A espécie vegetal *Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf. (Família Poaceae), popularmente conhecida como capim limão, possui propriedades de toxicidade e repelência de pragas infestantes de culturas de grãos (OOTANI, 2011). Seu óleo essencial (OE) de citronela possui ação fungicida verificada, em concentração de 15%, 30% e 60%, com potencial de repelência para formigas *Atta sexdens* (SANTANA et al., 2017).

*Lippia sidoides* Cham. (Família Verbenaceae), popularmente conhecida como alecrim-grande e estrepa-cavalo, apresenta propriedade antibactericida, seu óleo essencial aferido em concentrações 15, 30 e 60% também infere ação antifúngica, em que sua maior concentração

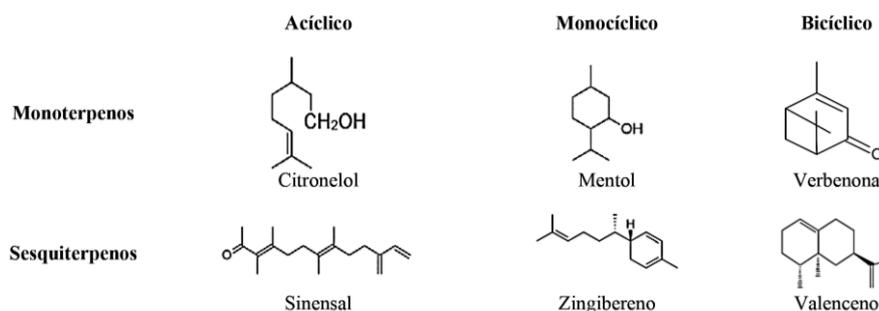
tem melhor desempenho frente ao controle do fungo simbiote, e posteriormente inativação das colônias de *Atta sexdens*, inferindo perspectivas boas para investigações mais ricas acerca de sua ação, uma vez que não possível aferir a morte da rainha, ainda que este resultado esteja condicionado, à vista da morte do fungo e sua relação de dependência (SANTANA et al., 2018).

## 4.2. Os Óleos Essenciais

O mercado internacional de Óleos Essenciais (OE) possui quatro grandes produtores mundiais, dentre eles o Brasil ao lado, da China, Índia e Indonésia, os quais são responsáveis pela produção majoritária de óleos oriundos de cítricos, eucalipto (1,8-cineol e citronelal), hortelã pimenta (*Mentha piperita* L.), cravo-da-índia (*Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & L.M.Perry), cedro (*Cedrela fissilis* Vell.), lavanda (*Lavandula* sp.), spearmint (*Mentha spicata* L.), sassafrás (*Ocotea odorífera* Vell), cânfora (*Cinnamomum camphora* (L.) J. Presl), coentro (*Coriandrum sativum* L.), grapefruit (*Citrus paradisi* Macf.) e patchouli (*Pogostemon cablin* Benth). Aqui, o Brasil incorpora a posição de maior produtor de óleos essencial de laranja, à medida que se dá como produto secundário da produção do suco, consecutivamente o segundo é o OE *Corymbia citriodora* (FAO, 2012). Ainda, vale destacar os maiores consumidores de OE, segundo dados do COMTRADE (*United Nations Commodity Trade Statistics Database*) de 2005, isto é, a França assume liderança enquanto país de maior importação, seguida EUA (40%), União Europeia (30%) e Japão (7%) (BIZZO et al., 2009).

Acerca de sua constituição química, os OE se dão em grande parte por terpenos, embora 90% de sua forma se dê frequentemente como monoterpenos oxigenados e sesquiterpenos (Figura 2), além de um conjunto de complementos que variam em álcoois, aldeídos, cetonas, ésteres, éteres, hidrocarbonetos, fenóis, entre outros. Sua obtenção se dá a partir de diferentes órgãos vegetais, contudo as características físicas, químicas, assim como odor, pode variar de forma quantitativa e qualitativa de acordo com a parte que se objetiva a extração, ainda que na mesma planta de acordo com a espécie analisada. Vale destacar demais condicionantes que inferem variações à composição dos OE, entre eles, condições climáticas, do solo e a época de colheita, como também, plantas com estruturas histológicas de acúmulo em sua superfície, que diferem das que possuem estruturas mais profundas, as quais possuem óleos com características com menor variação (SIMÕES; SPITZER, 1999; SIMÕES; SPITZER, 2001).

**FIGURA 2.** Representação de Monoterpenos e Sesquiterpenos: Acíclico, Monocíclico e Bicíclico, constituintes químicos dos óleos essenciais.



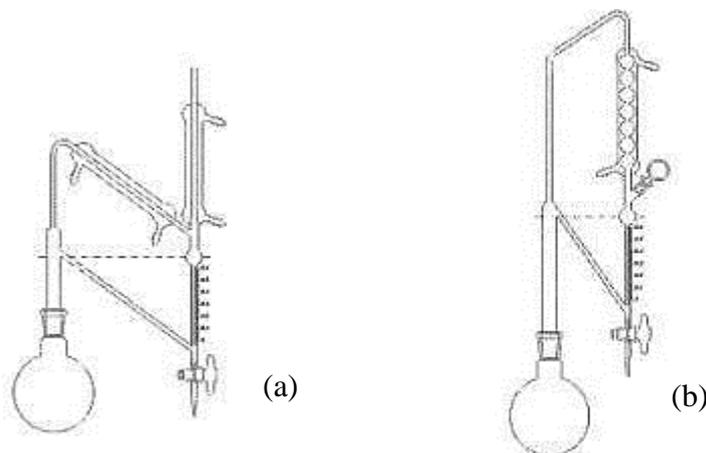
Fonte: FELIPE; BRITAS, 2017

#### 4.2.1. Métodos de Extração

Os métodos de obtenção dos OE, evocam diversos processos, entre eles os mais frequentes são arraste à vapor e hidrodestilação, para além elenca-se a maceração, enfleurage, prensagem e extração com solventes orgânicos, que são aplicados de acordo com a natureza da planta alvo. Comumente as extrações se dão a partir das folhas, em que se aplica o método de arraste à vapor na maioria dos casos.

A hidrodestilação compreende o material botânico submerso em água, em equipamentos como Clevenger ou Schilcher (Figura 3), consecutivamente o conteúdo é aquecido, seu vapor contém compostos voláteis que ao passar pelo condensador chegam ao compartimento que OE é separado por diferença de densidade. Por sua vez, o arraste à vapor compreende o acometimento do material botânico ao vapor de água, que dessa forma, carrega compostos voláteis (CAZES, 2005).

**FIGURA 3.** Equipamentos Schilcher (a) e Clevenger (b) para obtenção de OE por Hidrodestilação. Em comparação Schilcher possui um segundo condensador para prevenir que o OE já obtido seja perdido para a atmosfera. Clevenger tem apenas uma torneira de aeração. Assim, o equipamento Schilcher permite períodos mais longos de destilação.

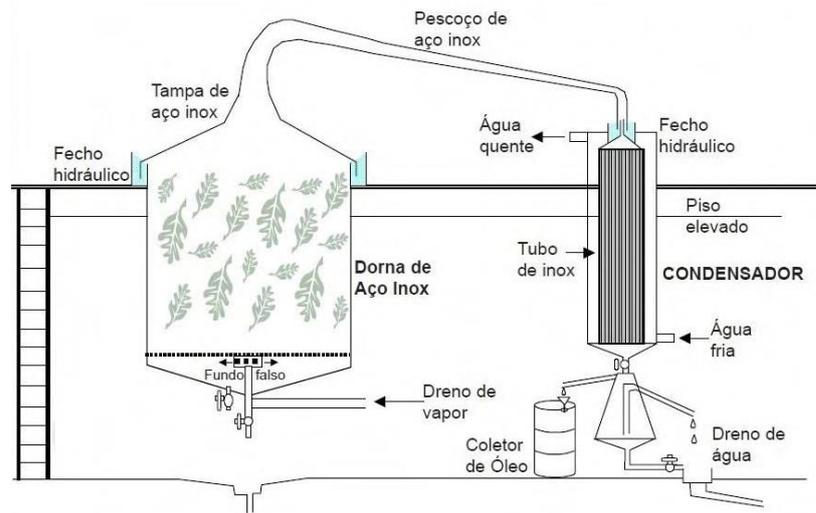


Fonte: BAILER et al., 2001.

De forma específica, o arraste à vapor faz uso de uma dorna, recipiente em que são alocadas as folhas, cujo o vapor é gerado em uma caldeira no seu inferior que possui uma grela para separar a massa do vapor, onde se dá a extração do OE. Na parte superior, é utilizado um fecho hidráulico, isto é, uma canaleta de água onde a tampa é colocada, afim de evitar perdas. A água é inserida de forma manual ou mecanizada, durante o processo, o conteúdo vegetal é compactado para aproveitamento de espaço, com o carregamento das folhas, a tampa é colocada e a conexão com o condensador é feita. O vapor atinge a base da dorna, percorre as folhas, as aquecendo e arrastando o OE para o condensador (VITTI e BRITO, 2003).

Ademias, acerca do método de arraste, pondera-se a relação baixo custo e efetividade da operação, uma vez que possui muitas desvantagens, isto é, o baixo rendimento da técnica, uso de elevadas temperaturas que podem degradar compostos com maior termossensibilidade, além de hidrólise e solubilização na água de alguns compostos aromáticos. Para além são poucos os parâmetros determináveis para o controle do processo, de tal modo, os OE obtidos via arraste em geral, diferem do OE presente de fato na planta (MUKHOPADHYAY, 2000; GHASEMI et al., 2007).

**FIGURA 4.** Esquemática de um equipamento destilador para óleo essencial por arraste à vapor



Fonte: VITTI; BRITO, 2003.

A enflourage ou enfloração, consiste na técnica de acondicionar pétalas de flores, em temperatura ambiente à uma camada de gordura durante determinado tempo, à medida que as pétalas se esgotam, uma nova quantidade de pétalas é adicionada até saturação total, quando a gordura é tratada com álcool e para obtenção do OE, este álcool é destilado em baixa temperatura e pressão, obtendo um produto de alto valor comercial, destaca-se que esta prática é pouco utilizada, exceto à indústria de perfumes que a usa para extração de espécies com baixo teor de óleo (BRUNETON, 1991).

**FIGURA 5.** Ilustração do método de enflourage; pétalas submetidas a gordura em temperatura ambiente.

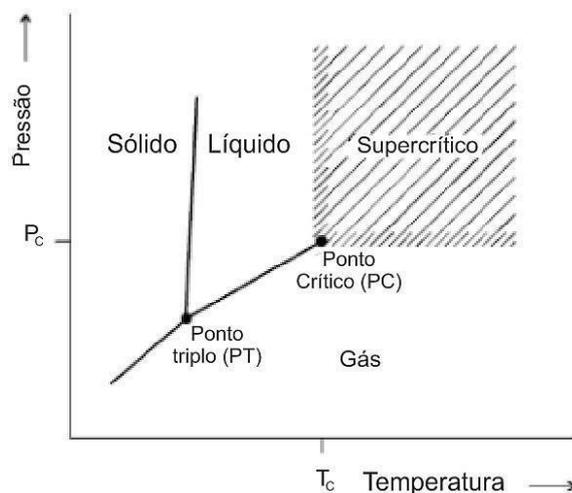


Fonte: TAVARES, 2021.

A prensagem por sua vez, compreende a prensagem do pericarpo de frutos alvos, em que a camada de OE é separada e posteriormente da emulsão formada de água, por decantação, centrifugação ou destilação fracionada. Já a extração por solvente orgânico, envolve a técnica em que o conteúdo vegetal é submetido ao solvente, após determinado tempo há transferência dos componentes solúveis, com separação de fases, sólida e líquida, seguida da evaporação do líquido para obtenção do óleo, esta prática faz uso de solventes como éter, éter de petróleo ou diclorometano, entretanto, em seu processo, extrai compostos lipofílicos além do OE, logo a obtenção desse modo, raramente possui valor comercial (BRUNETON, 1991).

A extração por Fluido Supercrítico é o método mais empregado na atualidade pela indústria de OE e compreende a técnica mais eficiente para sua. Em seu processo possibilita a recuperação não só de aromas como demais compostos de valor mercadológico, sem nenhum traço de solventes, isto é, o produto final obtido é o mais puro quando comparado às outras técnicas. Destaca-se que um fluido supercrítico é uma substância com propriedades pressão-volume-temperatura (P-V-T) acima de seus valores críticos, ou seja, à medida que abaixo do ponto crítico uma substância existe enquanto sólida, líquida ou vapor, acima desse ponto, as fases gasosa e líquida, tornam-se indistinguíveis. Assim, o método emprega CO<sub>2</sub> liquefeito por compressão, em seguida aquecido a temperatura superior a 31°C, quando o elemento atinge um quarto estágio de viscosidade análogo a de um gás, mas com capacidade de dissolução elevada como a de um líquido, desse modo, a extração é realizada com o CO<sub>2</sub> acometido a seu estado gasoso, com sua total eliminação do produto (SIMÕES; SPITZER, 2001; BRUNNER, 2005).

**FIGURA 6.** Representação gráfica de fase P-V-T para um componente puro e sua projeção no plano pressão temperatura.



Fonte: BRUNNER, 2005.

#### 4.2.2. Métodos de aplicação dos óleos

A literatura infere diferentes abordagens às aplicações dos óleos essenciais, como fisiológicas, psicológicas, neurológica, farmacológica e psiconeuroendocrinológica. Em síntese, os estudos relacionados a área, compreendem em sua maioria aplicações terapêuticas, em que, a séculos, se avaliam principalmente a ação dos OE em atividades antimicrobianas, bem como, antiviral, antioxidante e em intervenções antitumoral, cardiovasculares, trombose e arteriosclerose. Ainda, é crescente a quantidade de trabalhos produzidos acerca da atividade biológica dos OE, em suma, as investigações visam a análise de sua ação antifúngica e antibacteriana, bem como, fungistática e bacteriostática, isto é, a interrupção do desenvolvimento fúngico e bacteriológico, respectivamente, além da compreensão de suas concentrações inibitórias mínimas (CIM) (AMR, 2007).

No que tange a indústria de alimentos, esses produtos naturais, ainda são estudados e testados enquanto conservantes de alimentos, como o OE de oréganos – Lamiaceae, que em maioneses verifica-se sua ação na contagem de *Salmonella enteritidis*. Para a indústria de cosméticos, é possível encontrar a aplicação de diversos OE como conservantes de cremes cosméticos, em que é verificada a ação bacteriológica do OE de Malaleuca – Myrtaceae, assim como, de alecrim – Lamiaceae (SCHARF et al., 2016; PEREIRA, 2009).

Ademais, vale destacar, que a concentração de OE nas plantas varia de acordo com a espécie, porém, Samuelsson (1999) apresenta as famílias com maior concentração de óleos essenciais, são elas: Apiaceae, Lamiaceae, Lauraceae, Myrtaceae e Rutaceae. No que concerne a família Lamiaceae, sua distribuição cosmopolita, proporciona cerca de 300 gêneros e 7.500 espécies, no Brasil há ocorrência de 28 gêneros e cerca de 350 espécies catalogadas, em que dentre os gêneros exóticos, como *Mentha*, *Rosmarinus*, *Thymus* e *Lavandula* é verificada a ação antimicrobiana, antioxidante e anti-inflamatória dos OE (LIMA et al., 2006).

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do objetivo determinado no presente trabalho, compreende-se que a revisão bibliográfica proporcionou ciência de diferentes espécies vegetais com potencial de repelência para formigas cortadeiras, dentre elas, espécies com seus respectivos Óleos Essenciais, testados especificamente nos gêneros *Acromyrmex* e *Atta* (*laevigata* e *sexdens*).

Destaca-se que o fator concentração infere diferentes impactos de acordo com os constituintes químicos, como OE de citronela (*Cymbopogon citratus*) que infere impacto as formigas em todas as concentrações amostradas, contudo poucos trabalhos apresentam de forma específica, os constituintes que inferem impactos as formigas, isto é, os princípios ativos que fato agem. Ainda se destaca a falta de informações e compreensão do modo em que os OE agem nos organismos alvos, em que apenas um trabalho apresenta a ação neurotóxica de mortalidade para *Atta laevigata*, sem maiores explicações.

Nesse sentido fica evidente, que os distintos termos utilizados para referir-se ao efeito dos OE, nos trabalhos avaliados, não apresentam exequibilidade clara do uso de OE como defensivos, à medida que nenhum estudo apresenta mortalidade total da colônia aferida pela morte de sua rainha, que de fato, contribuiria com as ideias adotadas nesse trabalho de substituição de defensivos sintéticos. Assim, os trabalhos expressam termos como, repelência, toxicidade, abandono de colônia e potencial antifúngico sobre o fungo simbiote, que elucidam a necessidade de maiores pesquisas acerca da ação dos Óleos Essenciais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, E. Z.; DIEHL, E. Análise faunística das formigas epígeas (Hymenoptera: Formicidae) em campo nativo no Planalto das Araucárias, Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 53, p. 398-403, 2009.
- ALÍPIO, A. S. Controle de formigas cortadeiras. **Normas técnicas da Pains Florestal**. p. 8, 1989.
- AMR, E. E. Pharmaceutical and Therapeutic Potentials of Essential Oils and Their Individual Volatile Constituents: A Review. **Phytotherapy Research**, v. 21, p. 308- 323, 2007.
- ANJOS, N.; DELLA-LUCIA, T. M. C.; MAYHÉ-NUNES, A. J. Guia prático sobre formigas cortadeiras em reflorestamentos. Ponte Nova: Editora Graff Cor, p. 100, 1998.
- ANJOS, N.; MOREIRA, D. D; DELLA LUCIA, T. M. C. Manejo integrado de formigas em reflorestamentos. In: DELLA LUCIA, T. M. C. (Ed.). As formigas cortadeiras. Viçosa, p. 212-241, 1993
- ANTUNES, E. C.; DELLA LUCIA, T. M. C. Consumo foliar em *Eucalyptus urophylla* por *Acromyrmex laticeps nicrosetosus* Forel (Hymenoptera – Formicidae). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 23, p.208-211, 1999
- ANUÁRIO ESTATÍSTICO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS (ABRAF), Ano base: 2009. Brasília, p.140, 2010.
- ARENAS, A.; ROCES, F. Avoidance of plants unsuitable for the symbiotic fungus in leaf-cutting ants: Learning can take place entirely at the colony dump. **Plos One**, v. 12, 2017.
- BAILER, J.; AICHINGER, T.; HACKL, G.; HUEBER, K.; DACHLER, M. Essential oil content and composition in commercially available dill cultivars in comparison to caraway. **Industrial Crops and Products**. v. 14, p. 229–239, 2001.
- BANKS, A. N.; SRYGLEY, R. B. Orientation by magnetic field in leaf-cutter ants, *Atta colombica* (Hymenoptera: Formicidae). **Ethology**, v. 109, n. 10, p. 835–846, 2003.
- BERNARDS, M. A. Plant natural products: a primer. **Can. J. Zool**, v. 88, p. 601-14, 2010.
- BESHERS, S. N.; FEWELL, J. H. Models of division of labor in social insects. **Annual Review of Entomology**, n. 46, v. 1, p. 413–440, 2001.
- BEZZERA, J. C. et al. Avaliação da atividade formicida do óleo essencial de eucalyptus sp. Sob diferentes dosagens. II Congresso Internacional das Ciências Agrárias COINTER - PDVAgro, 2017.
- 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.
- BOIÇA JÚNIOR, A.L.; MEDEIROS, C.A.M.; TORRES, A.L. et al. Efeito de extratos aquosos de plantas no desenvolvimento de *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) em couve. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 72, p. 45-50, 2005.

- BROCHINI, C. B.; LAGO, J. H. G. Aplicação de técnicas cromatográficas e espectrométricas como ferramentas de auxílio na identificação de componentes de óleos voláteis. **Rev. Bras. Farmacog**, v. 17, p. 266-270, 2007.
- BRUNETON, J. Elementos de Fitoquímica y de Farmacognosia. Zaragoza: **Acribia**, 1991. 594p.
- BRUNNER, G. Gas extraction: an introduction to fundamentals of supercritical fluids and the application to separation processes. New York: **Springer**, 1994.
- BUENO, O. C. Plantas inseticidas no controle de formigas cortadeiras. **Agroecologia-hoje**, Botucatu, SP, v. 4, n. 28, p. 20-22, 2005.
- CAMAZINE, Scott. Self-organization in biological systems. **Princeton University Press**, 2003.
- CAZES, J. Encyclopedia of chromatography. 3ª ed. Boca Raton: Florida, p. 2850, 2010.
- CHAPMAN, Reginald Frederick. The insects: structure and function. **Cambridge university press**, 1998.
- CHELLAPPANDIAN, M. et al. Botanical essential oils and uses as mosquitocides and repellents against dengue. **Environment Internacional**, v. 113, p. 214-230, 2018.
- DEWICK, P. M. Medicinal natural products: a biosynthetic approach, 3º ed. John Wiley & Sons Ltd, p. 539, 2009.
- FEINERMAN, O.; KORMAN, A. Individual versus collective cognition in social insects. **Journal of Experimental Biology**, v. 220, p. 73-82, 2017.
- FERREIRA, F. A. Patologia florestal: principais doenças florestais no Brasil. Viçosa: **Sociedade de Investigações Florestais**, p. 570, 1989.
- FREITAS, T. G. Toxicidade de extratos de Rauia sp. (Rutaceae) para operárias de Atta sexdens rubropilosa Forel (Hymenoptera: Formicidae). Dissertação (Mestrado). Rio Claro: Universidade Estadual Paulista; 2010.
- GHASEMI, E.; YAMINI, Y.; BAHRAMIFAR, N.; SEFIDKON, F. Comparative analysis of the oil and supercritical CO2 extract of Artemisia sibieri. **Journal of Food Engineering**. v. 79, p. 306-311, 2007.
- GOBBO-NETO, L.; LOPES, N. P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, v. 30, p. 374-381, 2007.
- HEBLING, M. J. A; MAROTI, P. S.; BUENO, O. C.; SILVA, O. A.; PAGNOCCA, F. C. Toxic effects of leaves of Ricinus communis (Euphorbiaceae) to laboratory nests of Atta sexdens rubropilosa (Hymenoptera: Formicidae). **Bulletin of Entomological Research**, v. 86, n. 3, p. 253-256, 1996.
- HÖLLDOBLER, B.; WILSON, E. O. The Leafcutter Ants. W. W. Norton & Company. New York. 2011.

ISMAN, M. B. Plant essential oils for pest and disease management. **Crop Protection**, v. 19, p. 603-608, 2000.

Sistema Nacional de Informações Tóxico Farmacológicas - SINITOX. Programa Nacional de Informações sobre Plantas Tóxicas. Cinamomo, 2009.

JACOBSON, M. Botanical pesticides: past, present and future, p. 69-77. In J.T. Arnason, B.J.R. Philogène & P. Morand (eds.), Insecticide of plant origin. Washington, **American Chemical Society**, p. 213, 1989.

JUNG, P. H.; et al. Insecticidal Activity of *Eugenia uniflora* L. and *Melia azedarach* L. on *Atta laevigata* Smith. **Floram**, v. 20, n. 2, p.191-196, 2013.

LIMA, C. A.; DELLA LUCIA, T. M. C.; SILVA, N. A. Formigas cortadeiras biologia e controle. **Boletim de Extensão da Universidade Federal de Viçosa**. n. 44, p. 28, 2001.

LIMA, I. O.; et al. Atividade fúngica de óleos essenciais sobre espécies de *Candida*. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 16, n. 2, 2006.

LOFGREEN, C. S.; VAN DER MEER, R. K. Fire ants and leaf-cutting ants: biology and management. Boulder, **Westview press**. p. 399-408, 1986.

MARTINEZ, S. S.; VAN EMDEN, H. F. Growth disruption, abnormalities and mortality of *Spodoptera littoralis* (Boisduval) (Lepidoptera: Noctuidae) caused by azadirachtin. **Entomol.** vol. 30, p. 113-124, 2001.

MENEGHETTI, E. K. Extração, caracterização e avaliação antibacteriana do óleo essencial de *Drimys angustifolia* Miers. Monografia (Graduação em Química), Universidade Regional de Blumenau. Blumenau, SC, 2010, 77 f.

MENEGHETTI, C.; REBELO, R. A.; VITORINO, M. D. Efeito do óleo essencial das folhas de *Drimys angustifolia* em colônias de *Acromyrmex* spp. Em plantio de *Pinus taeda*. floresta, v. 45, n. 4, p. 755-768, 2015.

MUKHOPADHYAY M. Natural extracts using supercritical carbon dioxide. Boca Raton: **CRC Press**, p. 132-133, 2000.

OLIVEIRA, M. F. S. S. Controle de formigas cortadeiras (Hymenoptera: Formicidae) com produtos naturais. Dissertação (Mestrado). Rio Claro: Universidade Estadual Paulista; 2006.

OOTANI, M. A.; AGUIAR, R. W. S.; MELLO, A. Z. DIDONET, J.; PORTELLA, A. C. F.; NASCIMENTO, I. R. Toxicity of essential Oils of *Eucalyptus* and *Citronella* on *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). **Bioscience Journal**. v. 27, n. 4. p. 609-618, 2011.

OSTER, G. F.; WILSON, E. O. Caste and Ecology in the Social Insects. New Jersey: **Princeton University Press**, 1978.

PEREIRA, B. M. Avaliação da eficácia dos óleos essenciais de alecrim (*Rosmarinus officinalis*) e melaleuca (*Melaleuca alternifolia*) como conservante de creme cosmético. **Infarma**, Brasil, v. 21, n. 7/8, p. 29-33, 2009.

- RAJENDRAN, S.; SRIRANJINI, V. Plant products as fumigants for stored-product insect control. **J. Stored Prod. Res.** v. 44, p. 126-135, 2008.
- RATTAN, R. S. Mechanism of action of insecticidal secondary metabolites of plant origin. **Crop Prot.** v. 29, p. 913-920, 2010.
- REGNAULT-ROGER, C.; VINCENT C.; ARNASON, J. T. Essential oils in insect control: low-risk products in a high-stakes world. **Annu. Rev. Entomol.** v. 57, p. 405-424, 2012.
- REZENDE, J. P.; PEREIRA, A. R.; OLIVEIRA, A. D. Espaçamento ótimo para a produção de madeira. **Revista Árvore**, v. 7, p. 30-43, 1983.
- RODRIGUEZ, E.; HEALEY, P. L.; MEHLA, I. Biology and chemistry of plant trichomes. New York: **Plenum**, p. 255, 1984.
- SAMUELSSON, G. Drugs of Natural Origin: A Textbook of Pharmacognosy. Stockholm: **Swedish Pharmaceutical Press**, p.551, 1999.
- SANTANA, L. K. N. et al. Análise do efeito do óleo essencial de *Lippia sidoides* sobre *Atta sexdens* (Hymenoptera: Formicidae). **Revista Ciência Agrícola**, v. 16, p. 55, 2018.
- SANTANA, L. K. N. et al. Avaliação do efeito formicida do óleo essencial de *Cymbopogon citratus* (Poaceae) no controle de formigas do gênero *Atta*. 2017.
- SCHARF, D. R.; SIMIONATTO, E. L.; CARVALHO, J. E.; SALVADOR, M. J.; SANTOS, E. P.; STEFANELLO, M. E. A. Chemical Composition and Cytotoxic Activity of the Essential Oils of *Cantinoa stricta* (Benth.) Harley & J.F.B. Pastore (Lamiaceae). **Rec. Nat. Prod.**, v. 10, n.2, p. 257-261, 2016.
- SETZER, W. N.; WHITAKER, K. W.; LAWTON, R. O. A chemical ecological study of the components of the essential oil of eastern red cedar (*Juniperus virginiana*) from three habitats in Huntsville, **Alabama Castanea**, v. 57, p. 209-213, 1992.
- SILVA, L.; ONIKI, G. H.; AGRIPINO, D. G.; MORENO, P. R. H.; YOUNG, M. C. M.; MAYWORM, M. A. S.; LADEIRA, A. M. Bicyclogermacreno, resveratrol e atividade antifúngica em extratos de folhas de *Cissus verticillata* (L.) Nicolson & Jarvis (Vitaceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 17, n. 3, p. 361-367, 2007.
- SIMÕES C. M. O.; SPITZER, V. Óleos voláteis. In: SIMÕES, C. M. O.; SCKENKEL, E. P.; GOSMANN C.; MELLO, J. C. P. DE; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. (Eds.). Farmacognosia: da planta ao medicamento. Porto Alegre: **Editora da UFSC**, p. 387-415, 2000.
- SIMÕES, C. M. O.; SPITZER, V. Óleos essenciais. Porto Alegre/ Florianópolis. Ed. UFRGS/UFSC, p. 387-415, 1999.
- SIMÕES, C. M. O.; SPITZER, V. Óleos voláteis. Farmacognosia: da planta ao medicamento. 3. ed. Porto Alegre/Florianópolis: Ed. Universidade Federal do Rio Grande do Sul/ Ed. Universidade Federal de Santa Catarina, cap. 19, 2001.
- SIMÕES, C.M.O.; SCKENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P. Farmacognosia: da planta ao medicamento. Porto Alegre, Ed. UFSC, p.1104, 2002.

- TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal, 3.ed. Porto Alegre, **Artmed**, p. 722, 2006.
- TUNES, S. Cardápio mais variado Saúvas e quenquéns podem cultivar e se alimentar de várias espécies de fungos, e não de apenas uma, como se pensava. Pesquisa FAPESP. Edição 269, 2018.
- VIEIRA, P. C.; FERNANDES, J. B.; ANDREI, C. C. Plantas inseticidas. In: SIMÕES, C. M. O. et al. (Org.). Farmacognosia: da planta ao medicamento. 6 ed. 1ª reimpr. Porto Alegre/Florianópolis: Editora da UFRGS/Editora da UFSC, cap. 35, p. 903-918, 2010.
- VILELA, E. F. Status of leaf-cutting ant control in forest plantation in Brazil. In: VITTI, A.M.S.; BRITO, J.O. Óleo essencial de Eucalipto. **Documentos Florestais**, n. 17, p. 30, 2003.
- WILSON, E. O. Caste and division of labor in leaf-cutter ants (Hymenoptera: Formicidae: Atta) I. The Overall Pattern in *A. sexdens*. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 7, n. 2, p. 143-156, 1980.
- ZANETTI, R.; CARVALHO, G. A.; SANTOS, A.; SOUZA-SILVA, A.; GODOY, M. S. Manejo Integrado de Formigas Cortadeiras. Lavras, MG: UFLA, 2002.
- ZANUNCIO, J. C.; LARANJEIRO, A. J.; SOUZA, O. Controle de *Acromyrmex subterraneus* Santschi (Hymenoptera: Formicidae) com sulfluramida. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 25, p. 383-388, 1996.