

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE**

**JAMILA FARIA MENDONÇA**

**ÓLEOS ESSENCIAIS DE PIPERÁCEAS COMO ALTERNATIVAS PARA O  
CONTROLE DE PRAGAS**

**RIO BRANCO  
ACRE - BRASIL  
JULHO - 2019**

JAMILA FARIAS MENDONÇA

ÓLEOS ESSENCIAIS DE PIPERÁCEAS COMO ALTERNATIVAS PARA O  
CONTROLE DE PRAGAS

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Acre, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para a obtenção do título de Mestra em Ciência Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Adalberto Hipólito de Sousa.

Coorientador: Prof. Dr. Carromberth Carioca Fernandes.

RIO BRANCO  
ACRE – BRASIL  
JULHO – 2019

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da UFAC

---

M5390 Mendonça, Jamila Farias, 1984 -

Óleos essenciais de piperáceas como alternativas para o controle de pragas /  
Jamila Farias Mendonça; orientador: Dr. Adalberto Hipólito de Sousa e Co-  
orientador: Dr. Carromberth Carioca Fernandes. – 2019.

67 f.: il. ; 30 cm.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Acre, Programa de Pós –  
Graduação em Ciência Florestal, Mestre em Ciência Florestal, Rio Branco, 2019.  
Inclui referências bibliográficas.

1. Rendimento. 2. Piperaceae. 3. Toxicidade. I. Sousa, Adalberto Hipólito de  
(orientador). II. Fernandes , Carromberth Carioca ( Co-orientador ). III.Título.

CDD: 634

---



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE

Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação/ Centro de Ciências Biológicas e da Natureza  
Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal

ATA DE SESSÃO DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA  
FLORESTAL, MESTRANDA: **JAMILA FARIAS  
MENDONÇA**, REALIZADA NO DIA TRINTA DE MAIO  
DE 2019.

Às oito horas e trinta minutos do dia trinta do mês de maio do ano de 2019, na sala Ambiente da Engenharia Agronômica, da Universidade Federal do Acre, realizou-se a Defesa de Dissertação intitulada: **"ÓLEOS ESSENCIAIS DE PIPERÁCEAS COMO ALTERNATIVAS PARA O CONTROLE DE PRAGAS"**, de autoria da mestrandra: **Jamila Farias Mendonça**, discente do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, em nível de Mestrado (UFAC). Na ocasião, a Comissão Examinadora esteve constituída pelos membros: **Dr. Adalberto Hipólito de Sousa (Presidente/ CCBN/UFAC)**, **Dr. Nei Sebastião Braga Gomes (CCBN/UFAC)**, **Dra. Ana Cláudia Vieira dos Santos**, **Dra. Almecina Balbino Ferreira (suplente/ CCBN/UFAC)**. Após a exposição oral, houve arguição pelos examinadores e ao término da arguição, reaberta a sessão pública, a discente foi considerada aprovada pela Comissão Examinadora. Ao final, foi lavrada a presente ata, que será assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

Adalberto H. Sousa  
Dr. Adalberto Hipólito de Sousa

(Presidente/ CCBN UFAC)

Nei SB

Dr. Nei Sebastião Braga Gomes

(CCBN UFAC)

Ana cláudia Vieira dos Santos

Drª. Ana Cláudia Vieira dos Santos

À minha mãe, motivo pelo qual me fez prosseguir.  
Ao meu pai Walter Pereira de Mendonça (*in memoriam*).  
E ao meu irmão Valcileudo Farias Mendonça (*in memoriam*).

Dedico.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu Deus, por “tudo o que tenho; tudo o que sou; o que viera a ser devo a ti Senhor”.

Sou grata à minha família, em especial à minha mãe, por todo auxílio durante esse período de mestrado. A meu pai Walter (*in memoriam*), que em vida foi um exemplo de ser humano. A meu irmão Valcileudo (mano) (*in memoriam*), que em vida (mesmo em silêncio) me ensinou o que significa persistência, força e fé.

Ao Professor Dr. Adalberto Hipólito de Sousa, pela orientação durante esses anos, desde a graduação até o mestrado. Agradeço pela paciência e compreensão nos momentos difíceis e pelos ensinamentos repassados, estes me fizeram crescer como profissional. Tens minha admiração e gratidão.

Ao Professor Dr. Carromberth Carioca Fernandes, por todo apoio durante o mestrado, pelos ensinamentos repassados e amizade. O destino nos uniu e despertou minha admiração pelo excelente profissional e ser humano que és.

Aos professores do curso de mestrado em Ciência Florestal, pelos conhecimentos repassados, em especial ao Professor Dr. Tiago Georg Pikart, pelo apoio durante o período do estágio em docência orientada.

À Ana Cláudia Vieira dos Santos, pela ajuda e apoio durante esse período de mestrado e pela amizade.

A todos os meus colegas de pós-graduação em Ciência Florestal, turma 2017, que fizeram a caminhada mais leve, com momentos de descontração, apoio intelectual e emocional nos momentos difíceis que passei durante essa jornada.

Ao meu amigo Ruan Matos pela ajuda em campo e amizade. À Karina Silvestre pela ajuda em campo. Ao meu amigo Pedro Raimundo pela ajuda em campo com a identificação de populações botânicas e coleta.

Aos colegas do grupo MIP, em especial Valter e Lucas pela ajuda e por sanar algumas dúvidas durante a elaboração desta dissertação. À Josilene, Joseane e Roger pelos momentos de descontração vividos durante esse período. Sentir que existem pessoas que torcem pelo nosso sucesso, é sem dúvida, muito encorajador. Vocês transmitiam energia positiva para mim. Obrigada!

À Universidade Federal do Acre (UFAC) e ao Programa de Pós-graduação em Ciência Florestal (Ciflor) pelas oportunidades oferecidas.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela concessão de bolsa de estudo.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. <i>P. hispidinervum</i> , folhas e espiguetas (A e B) .....	24
Figura 2. <i>P. aduncum</i> , folhas e espiguetas (A e B) .....	25
Figura 3. <i>P. anonifolium</i> , folhas e espiguetas (A e B) .....	26
Figura 4. <i>P. crassinervium</i> , folhas e espiguetas (A e B) .....	27
Figura 5. Imagens A e C: <i>Atta</i> com três pares de espinhos no dorso e detalhes da cabeça e mandíbula. Imagens B e D: <i>Acromyrmex</i> com quatro pares de espinhos no dorso e detalhes da cabeça e mandíbula. ....	28
Figura 6. <i>A. monuste orseis</i> , fêmea fazendo a postura (A); Larvas (B).....	30
Figura 7. <i>C. ferrugineus</i> : adulto dorsal (A) e adulto ventral (B); <i>Z. subfasciatus</i> : fêmea (C) e adulto lateral (D); <i>S. zeamais</i> : adulto lateral (E) e adulto dorsal (F).....	33
Figura 8. Fórmula estrutural dos compostos majoritários dos óleos essenciais .....	45
Figura 9. Cromatograma dos óleos essenciais de <i>P. hispidinervum</i> (A) e <i>P. aduncum</i> (B). ..	48
Figura 10. Cromatograma dos óleos essenciais de <i>P. anonifolium</i> (A) e <i>P. crassinervium</i> (B). .....	49
Figura 11. Mortalidade (%) de <i>A. monuste orseis</i> (A) e <i>A. sexdens</i> (B) nas concentrações de 0,017 e 1%.....	52
Figura 12. Mortalidade (%) de <i>C. ferrugineus</i> (A), <i>Z. subfasciatus</i> (B) e <i>S. zeamais</i> (C) nas concentrações de 0,017 e 1% .....	53

## LISTA DE TABELA

Tabela 1 – Densidade e rendimento dos óleos essenciais.....	40
Tabela 2 - Porcentagem dos compostos do OE de folhas (secas a 35 °C) de <i>Piper hispidinervum</i> C.DC. (P.hi), <i>Piper aduncum</i> L. (P.ad.), <i>Piper anonifolium</i> Kunth (P.an) e <i>Piper crassinervium</i> Kunth (P.cr).....	46

## RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi investigar a influência de técnicas de secagem de folhas (bancada e em estufa a 35 e 45 °C) sobre o rendimento do óleo essencial (OE) de *Piper hispidinervum* C.DC., *Piper aduncum* L., *Piper anonifolium* Kunth e *Piper crassinervium* Kunth; analisar o perfil químico dos OEs; e o potencial inseticida destes óleos para *Ascia monuste orseis* (Godart, 1819), *Atta sexdens* L., *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens, 1831), *Zabrotes subfasciatus* (Boheman, 1833) e *Sitophilus zeamais* Motschulsky. As folhas foram obtidas nos municípios de Bujari e Rio Branco, Acre. As folhas foram secas até atingirem o peso constante. Avaliou-se o rendimento do OE utilizando quatro repetições de 100g de folhas secas. Os OEs foram obtidos por hidrodestilação e submetidos à análise por CG-EM para a constatação da composição química. Os bioensaios de mortalidade foram realizados em placas de Petri com o fundo recoberto de papel filtro umedecido com 1mL da solução (OE e Propanona), utilizou-se as concentrações 0,017% e 1%. Após a evaporação do solvente, os insetos foram acondicionados nas placas e a mortalidade dos insetos foi avaliada após 24 horas de exposição. O rendimento dos OEs de *P. aduncum* e *P. hispidinervum* variou entre as técnicas de secagens, sendo o maior rendimento obtido com folhas secas em estufa a 45 °C. Os constituintes majoritários presentes nos OEs foram o Safrol (98,8%) em *P. hispidinervum*, o Apiol (90%) em *P. aduncum*, o  $\alpha$ -Muuroleno (23,11%) em *P. anonifolium* e o Viridiflorol (27,7%) em *P. crassinervium*. Em geral, constatou-se que os OEs de *P. hispidinervum*, *P. aduncum*, *P. anonifolium* e *P. crassinervium* apresentaram efeito tóxico para todas as espécies de insetos, exceto as espécies *P. anonifolium* e *P. crassinervium*, em que os OEs não apresentaram efeito tóxico para *S. zeamais*, nas concentrações investigadas. O rendimento dos OEs foi maior nos óleos das espécies *P. hispidinervum* e *P. aduncum*, e estes óleos causaram maior taxa de mortalidade aos insetos.

**Palavras-chaves:** Rendimento, Piperaceae, Toxicidade, *Piper*.

## ABSTRACT

The objective this research was to investigate the influence of leaf drying techniques (bench and oven at 35 and 45 °C) on essential oil yield (EO) of *Piper hispidinervum* C.DC., *Piper aduncum* L., *Piper anonifolium* Kunth and *Piper crassinervium* Kunth; analyze the chemical profile of OEs; and the insecticidal potential of these oils for *Ascia monuste orseis* (Godart, 1819), *Atta sexdens* L., *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens, 1831), *Zabrotes subfasciatus* (Boheman, 1833) and *Sitophilus zeamais* Motschulsky. The leaves were obtained in the citys Bujari and Rio Branco, Acre. The leaves were dried to constant weight. EO income was evaluated using four 100g repetitions of dried leaves. The EOs were obtained by hydrodistillation and subjected to GC-MS analysis for chemical composition. Mortality bioassays were performed in Petri dishes with the bottom covered with filter paper moistened with 1mL of the solution (EO and Propanone), using concentrations of 0.017% and 1%. After solvent evaporation, the insects were placed in the plates and the insect mortality was evaluated after 24 hours of exposure. The yield of *P. aduncum* and *P. hispidinervum* EOs varied among drying techniques, with the highest yield obtained with oven-dried leaves at 45 °C. The major constituents present in OEs were Safrol (98.8%) in *P. hispidinervum*, Apiol (90%) in *P. aduncum*,  $\alpha$ -Murolene (23.11%) in *P. anonifolium* and Viridiflorol (27.7%) in *P. crassinervium*. In general, it was found that *P. hispidinervum*, *P. aduncum*, *P. anonifolium* and *P. crassinervium* EOs had a toxic effect on all insect species except *P. anonifolium* and *P. crassinervium*, where the EOs showed not toxic effect for *S. zeamais* at the investigated concentrations. The yield of EOs was higher in *P. hispidinervum* and *P. aduncum* oils, and these oils caused higher insects mortality rate.

**Key words:** Yield, Piperaceae, Toxicity, *Piper*.

## SUMARIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1 INSETICIDAS BOTÂNICOS .....	15
2.2 ÓLEOS ESSENCIAIS .....	16
2.2.1 Óleos essenciais de <i>Piper</i> como bioinseticidas .....	17
2.2.2 Processos de extração de óleo essencial .....	18
2.2.3 Secagem do material vegetal para a extração de óleo essencial.....	19
2.3 ASPECTOS FITOQUÍMICOS DO METABÓLITO SECUNDÁRIO .....	19
2.4 FAMÍLIA PIPERACEAE .....	21
2.5 GÊNERO <i>Piper</i> L.....	22
2.6 ASPECTOS BOTÂNICOS DAS ESPÉCIES DE <i>Piper</i> ESTUDADAS .....	23
2.6.1 <i>Piper hispidinervum</i> .....	23
2.6.2 <i>Piper aduncum</i> .....	24
2.6.3 <i>Piper anonifolium</i> .....	25
2.6.4 <i>Piper crassinervium</i> .....	26
2.7 INSETOS-PRAGA E MÉTODOS DE CONTROLE.....	27
2.7.1 <i>Atta sexdens</i> L.....	27
2.7.2 <i>Ascia monuste orseis</i> .....	29
2.7.3 Pragas de grãos armazenados e métodos de controle .....	31
3 METODOLOGIA.....	34
3.1 EXTRAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL, DENSIDADE E RENDIMENTO .....	34

3.2 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS ÓLEOS ESSENCIAIS.....	35
3.3 OBTENÇÃO E CRIAÇÃO DE INSETOS .....	36
3.4 BIOENSAIOS DE MORTALIDADE .....	37
3.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS .....	37
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>38</b>
4.1 DENSIDADE DOS ÓLEOS ESSENCIAIS.....	38
4.2 RENDIMENTO DOS ÓLEOS ESSENCIAIS .....	41
4.3 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS ÓLEOS ESSENCIAIS.....	43
4.4 TOXICIDADE DOS ÓLEOS ESSENCIAIS SOBRE OS INSETOS-PRAGA.....	50
<b>5 CONCLUSÕES .....</b>	<b>55</b>
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>56</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Os óleos essenciais (OEs) representam o grupo de matéria prima mais importante para as indústrias agronômica, farmacêutica, cosmética e alimentos (SILVEIRA et al., 2012; OOTANI et al., 2013). São constituídos por uma mistura complexa de substâncias terpênicas, voláteis, lipofílicas e líquidas, oriundas do metabolismo secundário das plantas. Comumente apresentam aroma crítico e marcante (MORAIS, 2009; MILLEZI et al., 2013). São encontrados em baixas concentrações, em glândulas especiais e tricomas na planta (NAVARRETE et al., 2011).

O rendimento do OE e a concentração de seus compostos químicos variam entre as espécies, sendo determinados por fatores genéticos, mas influenciados pela região geográfica, sazonalidade, condições de secagens, entre outros (GOBBO-NETO; LOPEZ, 2007; GONÇALVES; GUAZZELLI, 2014). Nas espécies oleíferas, se faz necessário reduzir a umidade do material vegetal após a coleta para inibir a atividade enzimática e o desenvolvimento de microrganismos (FIGIEL et al., 2010; PIMENTEL et al., 2012).

O processo de secagem do material botânico precisa ser realizado em temperatura adequada para cada espécie vegetal, pois, os OEs são altamente voláteis (VERMA; SHUKLA, 2015). A otimização da temperatura de secagem pode afetar quantitativamente o rendimento do OE. Com a perda de umidade, as paredes glandulares das folhas e estruturas secretoras se rompem, facilitando a saída do óleo presente em seu interior (GOLMAKANI; REZAEI, 2008; RIVA et al., 2011; ROCHA et al., 2011).

Espécies de Piperaceae exibem elevado conteúdo de OE. Esta família é uma das maiores entre as dicotiledôneas (ANDRADE et al., 2009). No Brasil é representada pelos gêneros *Piper*, *Peperomia* e *Pothomorphe*, sendo o gênero *Piper* o qual apresenta maior diversidade, com cerca de 288 espécies (GUIMARÃES et al.,

2009; ZAPPI et al., 2015; SILVA et al., 2017). Seus OEs são constituídos principalmente de terpenos, fenilpropanóides, aldeídos e cetona (SILVA et al., 2014). Estes compostos agem de forma distinta nas plantas, atuam contra agentes patogênicos, aleloquímicos, agentes de sinalização para a atração e defesa de animais herbívoros e causam efeitos tóxicos para insetos (BRUN; MOSSI, 2010; SOUZA et al., 2010).

Espécies do gênero *Piper* apresentam classes metabólicas com distintas atividades biológicas e biocidas para vários grupos de insetos como Lepidoptera (SOARES et al., 2011), Hymenoptera (SOUTO et al., 2012), Coleoptera (SANTOS et al., 2010; BRITO et al., 2012), Hemiptera (LIMA et al., 2014; KRINSKI; FOERSTER, 2016), Blattodea (RUFINO; FREITAS, 2018) e Díptera (SANTANA et al., 2015).

Os OEs são fontes alternativas para o controle de insetos-praga. Além de exibirem efeitos inseticidas de repelência e toxicidade, são biodegradáveis, sensíveis à luz solar, à umidade e ao calor (KRINSKI; MASSAROLI; MACHADO, 2014). Sua utilização contribui para a diminuição dos danos causados pelo uso de inseticidas sintéticos, ao homem e meio ambiente, a organismos não-alvo e ao surgimento de populações de insetos resistentes (NASCIMENTO et al., 2011; SILVA; RICCI, 2017).

A maior demanda de inseticidas está nos setores agrícola e florestal. Entre os insetos-praga que causam grandes danos nestes setores, estão as formigas-cortadeiras (saúvas e quenquéns), que dependendo do nível de ataque, inviabiliza a implantação das culturas (MATRANGOLO et al., 2014; ARAÚJO et al., 2015). Seu controle é feito, sobretudo, com inseticidas dos grupos sulfonamidas fluorinas e fenilpirazóis (OLIVEIRA et al., 2018).

No setor de armazenamento de produtos agrícolas, destacam-se as espécies *Sitophilus zeamais* e *Cryptolestes ferrugineus* atacando grãos de cereais e subprodutos, bem como *Zabrotes subfasciatus* em grão de leguminosas, que por sua vez, são cosmopolitas. Elevados níveis de detritos deixados nos produtos torna-os impróprios para o consumo. Comumente, o controle é feito com o fumigante fosfina ( $\text{PH}_3$ ) e os inseticidas protetores piretróides e organofosforatos (FARONI; SOUSA, 2006; LORINI, 2012; LORINI et al., 2015).

O objetivo deste estudo é investigar a influência de técnicas de secagem de folhas (bancada e em estufa a 35 e 45 °C) sobre o rendimento do óleo essencial de

*Piper hispidinervum* C.DC., *Piper aduncum* L., *Piper anonifolium* Kunth e *Piper crassinervium* Kunth; analisar o perfil químico dos OEs; e avaliar seus potenciais inseticidas sobre os insetos-praga *Ascia monuste orseis* (Godart, 1819) (Lepidoptera: Pieridae), *Atta sexdens* L. (Hymenoptera: Formicidae), *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens, 1831) (Coleoptera: Laemophloeidae), *Zabrotes subfasciatus* (Boheman, 1833) (Coleoptera: Chrysomelidae) e *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae).

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 INSETICIDAS BOTÂNICOS

A utilização de plantas como inseticida é uma prática adotada pelo homem desde a idade antiga. São empregadas na forma de pós, óleos e extratos, de modo geral, são de fácil obtenção e não provocam danos para os aplicadores e consumidores (KRINSKI et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2018). Porém, seu uso necessita dos mesmos cuidados adotados com os inseticidas sintéticos, pois alguns inseticidas botânicos podem causar efeito tóxico para mamíferos ou insetos não alvo (CORRÊA; SALGADO, 2011; XU et al., 2015).

As plantas utilizadas como inseticidas, comumente, sintetizam uma diversidade de elementos químicos moderadamente tóxicos ou uma pequena quantidade altamente tóxicas (RATTAN, 2010). Estes compostos são provenientes do metabolismo secundário da planta, que são utilizados como aleloquímicos, atrativos para polinizadores e para proteção contra patógenos e insetos fitófagos (SOARES et al., 2011; OOTANI et al., 2013; SANTOS et al., 2017). Alguns constituintes atuam no sistema nervoso central dos insetos, afetam a fisiologia, o desenvolvimento, causa mortalidade, repelência, deterrência alimentar e na oviposição (RATTAN, 2010; COITINHO, 2011; LUCENA et al., 2017).

No Brasil, algumas famílias botânicas são conhecidas por apresentar potencial inseticida, como a Piperaceae, Apiaceae, Asteracea, Meliaceae, Scrophulariaceae, Lauraceae, Rutaceae e outras (MATA; LOMONACO, 2013). A família Piperaceae é conhecida por exibir substâncias com poder inseticidas, como a Piperina, Safrol, Dilapiol e Sarisan (FERRAZ et al., 2010; GARCEZ et al., 2013; SINGH; CHOUDHARY, 2015). Nesta família, o gênero *Piper* agrupa espécies cujos constituintes químicos são amidas, flavonóides, terpenos, fenilpropanóides, esteróis

saponinas, e outros, que apresentam alto potencial biocida (CARMONA-HERNÁNDEZ et al., 2015).

A ampliação do uso de inseticidas botânicos é dependente da identificação de suas substâncias e de testes com as dosagens seguras. São imprescindíveis estudos fitoquímicos que envolvam a caracterização química de compostos voláteis para conhecer efetivamente as propriedades dessas plantas inseticidas e a maneira como elas afetam os sistemas biológicos dos insetos-praga, visando a segurança para o homem, meio ambiente e insetos não alvo (CORRÊA, SALGADO, 2011; PIMENTEL, 2012).

## 2.2 ÓLEOS ESSENCIAIS

Os óleos essenciais (OEs) são misturas de substâncias complexas, voláteis e lipofílicas, geralmente odoríferas e líquidas. São oriundos do metabolismo secundário das plantas e podem apresentar mais de 60 compostos diferentes na composição e em variadas concentrações (BAKALLI et al., 2008). Estes compostos são derivados de terpenóides gerados a partir do ácido mevalônico, ou de fenilpropanóides, oriundos do ácido chiquímico (JACOB et al., 2016).

A composição química dos OEs se sobressai às classes de terpenos e fenilpropanóides, geralmente um deles será o majoritário, havendo outros em menores quantidades (FELIPE; BICAS, 2017). A quantidade dos constituintes químicos no óleo afeta diretamente sua qualidade e determina seu possível aproveitamento industrial e, consequentemente, o seu valor comercial (JEMÂA et al. 2012).

Os constituintes presentes no OE são determinados pelo genótipo da planta, porém, sofrem mudanças de acordo com as variações sazonais e ritmos circadianos (MORAIS, 2009). Bem como a rota metabólica da planta, fatores ambientais, idade da planta, origem geográfica, secagem do material vegetal, horário de coleta e outros (BAKKALI et al., 2008). São extraídos de folhas, frutos, sementes, tubérculos ou raízes (SÁNCHEZ et al., 2010; ASCENÇÃO; MOUCHREK-FILHO, 2013).

Nas plantas os OEs atuam como hormônios reguladores e catalisadores, ajudam na adaptação destas ao meio ambiente (PRINS; VIEIRA; FREITAS, 2010). As estruturas secretoras responsáveis pela produção destes compostos são: células

parenquimáticas, tricomas glandulares, canais oleíferos e bolsas específicas, que podem ser encontradas em partes específicas ou em toda a planta (TORRES et al., 2014).

Geralmente, os OEs apresentam problemas de qualidade, isso pode estar relacionado com as condições ambientais, tipo de extração, ou mesmo pela adulteração com a adição de compostos sintéticos e outros óleos (SARTURI; BORCHHARDT, 2017). Após a extração se faz necessário separar a fase aquosa ou hidrolato do óleo utilizando um processo que não altere a sua composição para garantir uma melhor qualidade do produto (FIGUEIREDO et al., 2014).

### 2.2.1 Óleos essenciais de *Piper* como bioinseticidas

A utilização de óleos essenciais como alternativa aos inseticidas sintéticos é um campo que vem crescendo, pesquisas têm mostrado resultados positivos para a utilização destes produtos como biocidas (SILVA et al., 2017). Uma ampla gama de OEs oriundos de plantas do gênero *Piper* tem demonstrado diferentes propriedades biológicas, como inseticida, antimicrobiana, anti-inflamatória, antioxidante, entre outras (CARNEVALLI; ARAÚJO, 2015; FAZOLIN et al., 2016).

O gênero *Piper* apresenta grande biodiversidade nos Neotrópicos, e seus OEs demonstram uma abundante diversidade química, constituídos principalmente por monoterpenos, sesquiterpenos e fenilpropanóides (SILVA et al., 2017). Espécies de *Piper* têm sido investigadas quimicamente em todo o mundo, resultando no isolamento de 592 compostos diferentes, dos quais 145 são alcalóides e amidas (JOSHI; SHRESTHA; ADHIKARI, 2017).

Várias espécies de *Piper* têm demonstrado altos potenciais bioinseticidas comprovados em laboratório. Ação bioinseticida de *Piper hispidinervum* foi comprovada para as lagartas *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) e *Thyrinteina arnobia* (Stoll) (Lepidoptera: Geometridae) (LIMA et al., 2009; SOARES et al., 2011) e aos carunchos *S. zeamais* (Coleoptera: Curculionidae), *Tenebrio molitor* L. e *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae) (ESTRELA et al., 2006; FAZOLIN et al., 2007), *Z. subfasciatus* e *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) (PEREIRA et al., 2008; BRITO et al., 2012), entre outros.

A atividade bioinseticida de *Piper aduncum* foi confirmada para a lagarta *Helicoverpa armigera* Hubner (Lepidoptera: Noctuidae) (SANTOS et al., 2017), a formiga *Solenopsis saevissima* (Smith) (Hymenoptera: Formicidae) (SOUTO et al., 2012), os carunchos *Cerotoma tingomarianus* Bechyné (Coleoptera: Chrysomelidae), *T. molitor* (FAZOLIN et al., 2007), *S. zeamais* (ESTRELA et al., 2006), ao mosquito *Aedes aegypti* L. (Diptera, Culicidae) (OLIVEIRA et al., 2013), entre outros.

Já a espécie *Piper tuberculatum* JACQ apresentou ação bioinseticida para a lagarta *S. frugiperda* (FARIAS, 2012). *P. alatabaccum* Trel & Yuncker proporcionou ação bioinseticida sobre a broca-do-café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae) (SANTOS et al., 2013). Logo, a exploração econômica de algumas espécies deste gênero para a produção de OE e isolamento de seus constituintes é uma realidade promissora para as áreas de bioinseticidas (RIANI et al., 2017; TAKEARA et al., 2017).

## 2.2.2 Processos de extração de óleo essencial

O emprego de metodologias para a extração de OEs depende da localização do óleo na planta e da qualidade do produto que se deseja obter. Os métodos de extração comumente utilizados são: hidrodestilação, destilação a vapor, por solventes orgânicos, com fluido supercrítico, enfloração, prensagem a frio, entre outros (SILVEIRA et al., 2012). A destilação por arraste a vapor e hidrodestilação com água são as mais empregadas a nível mundial nos laboratórios, por serem de baixo custo, e produzem OEs com características iguais, sem variação química (YUSOFF et al., 2011).

A destilação por arraste a vapor permite obter óleos das mais diversas espécies vegetais e materiais botânicos, como folhas, ramos, sementes, raízes e de flores (BIASI; DESCHAMPS, 2009). Para extração de OE é comum utilizar a hidrodestilação, este método consiste em volatizar e condensar a mistura de vapor d'água com os constituintes voláteis do material vegetal. Como os componentes voláteis e a água não se misturam, formam então duas fases, facilitando a separação, este processo é eficiente, a nível laboratorial (WOLFFENBÜTTEL, 2010).

Para obter êxito na extração do OE é necessário a preparação do material que será destilado, eliminando resíduos e impurezas da biomassa vegetal. A quantidade

do OE extraído independe do método utilizado, podendo ser baixíssimo, inferior a 1% em algumas espécies, havendo exceções, por exemplo, para botões florais, que podem apresentar rendimentos de até 15% (SILVEIRA et al., 2012). O método de extração deve ser escolhido com cautela, pois, pode resultar em OEs com composições distintas, além de ocorrer alterações em suas características físico-químicas e/ou propriedades bioativas (CASSEL et al., 2009).

### 2.2.3 Secagem do material vegetal para a extração de óleo essencial

Logo após a coleta, folhas e ramos jovens apresentam de 50 a 70% de água em sua composição. O excesso de umidade em matérias-primas vegetais permite a ação de enzimas que causam a degradação de constituintes químicos importantes, além de possibilitar o desenvolvimento de fungos e bactérias que podem decompôr ou modificar os princípios aromáticos originais (PINTO et al., 2014).

A secagem do material reduz o tempo e o custo com a destilação, aumenta a estabilidade do produto, estabiliza cor, odor, sabor e textura (CERIMELE; RINGUELET, 2008). Reduzir o excesso de água evita a fermentação da biomassa antes da destilação, cujo efeito é prejudicial ao teor e à qualidade do OE (PEREIRA et al., 2013).

O material vegetal pode ser seco naturalmente, em ar ambiente ou artificialmente, em ar movimentado artificialmente em estufas. Durante este processo, o conteúdo volátil do óleo essencial é eliminado pelo vapor d'água, o que eleva a concentração do componente majoritário (MACHADO et al., 2013). Em Piperaceae o OE ocorre em células parenquimáticas. Com a secagem das folhas, reduz o excesso de umidade e acredita-se há um rompimento nas estruturas das células, facilitando a extração do óleo essencial (SCHINDLER; SILVA; HEINZMANN, 2018).

## 2.3 ASPECTOS FITOQUÍMICOS DO METABÓLITO SECUNDÁRIO

O metabolismo primário é essencial a todos os seres vivos. Várias rotas biossintéticas geram o segundo grupo de substâncias químicas, os metabólitos secundários, que apresentam estrutura complexa, baixo peso molecular, acentuadas

atividades biológicas, concentrações relativamente baixas e estão presentes em determinados grupos de plantas (OOTANI et al., 2013; LIMA; SILVA, 2016) são responsáveis pela adaptação da planta ao ambiente, mas não fazem parte dos caminhos bioquímicos primários do crescimento e da reprodução celular (BASER; BUCHBAUER, 2012). Suprem a planta de energia e restauram as moléculas, porém, plantas iguais podem apresentar metabólitos diferentes (PEREIRA; CARDOSO, 2012).

Apenas alguns grupos botânicos produzem metabólitos secundários, eles são sintetizados em pequenas quantidades, sendo a sua produção restrita a um determinado gênero, a uma família, ou mesmo a algumas espécies. Entre estes metabólitos, destaca-se a produção de óleo, que são responsáveis pelos efeitos terapêuticos e biológicos na planta (GARCIA; CARRIL, 2009; DE LA ROSA et al., 2010).

Os metabólitos secundários são divididos em quatro grupos quimicamente distintos: terpenos, glicosídeos, compostos fenólicos e compostos nitrogenados (VERRUCK, PRUDENCIO; SILVEIRA, 2018). Dentre esses compostos, na maior parte, estão os terpenóides e fenilpropanóides, sendo os primeiros mais frequentes. Os terpenos são geralmente insolúveis em água e derivam da união de unidades de isopreno (cinco átomos de carbono, C5) e são classificados em monoterpenos (C10), sesquiterpenos (C15), diterpenos (C20), triterpenos (C30) e tetraterpenos (C40) (VOLLHARDT, P.; SCHORE, 2013).

O tamanho da cadeia carbônica está relacionada com a volatilidade dos terpenos. Os monoterpenos são muito voláteis, os sesquiterpenos exibem média volatilidade e os diterpenos quase não apresentam volatilidade (ALMEIDA et al., 2015). Os monoterpenos geralmente formam os principais constituintes em OEs, com grande importância para a indústria de perfumes e fragrâncias, além de agirem como herbicidas, pesticidas, antimicrobianos e anticarcinogênicos em alimentos. São biodegradáveis e por isso são utilizados também no controle de pragas (SOUSA, 2011).

A classe dos sesquiterpenos forma a maior representatividade dos constituintes químicos, cerca de 5000 compostos já foram descritos. Estão presentes em OEs de várias plantas, apresentam atividades biológicas, com ação alelopática e fitoalexinas, atividade fungicida, inseticida e outras (MAO; HENDERSON, 2010). Os diterpenos têm a Giberelina como principal representante, um hormônio responsável pela

germinação de sementes, alongamento caulinar e expansão dos frutos de muitas espécies vegetais. Os terpenos de maior tamanho são os tetraterpenos (carotenoides) e politerpenos (hidrocarbonetos de alto peso molecular com a borracha) (GARCIA; CARRIL, 2009; OOTANI et al., 2013).

Os fenilpropanóides são um grande grupo de compostos orgânicos produzidos pelas plantas para proteção contra infecções, irradiação ultravioleta, ferimentos e herbívoros. A formação dos fenilpropanóides ocorre a partir da via do ácido chiquímico, dando origem a fenilalanina. Com a ação da enzima fenilalanina amonialiase (PAL) se forma o ácido cinâmico, que por meio de reduções enzimáticas formam os alilbenzenos e propenilbenzenos, esqueletos carbônicos dos fenilpropanóides (BASER; BUCHBAUER, 2012; SILVA et al., 2014).

A grande variedade dos metabólitos secundários produzidos pelas plantas tem despertado o interesse de pesquisadores de diversos campos da ciência, pois estes representam uma grande fonte para adquirir novas moléculas potencialmente úteis ao ser humano (COSTA, 2016).

## 2.4 FAMÍLIA PIPERACEAE

A família Piperaceae, descrita por Paul Dietrich Giseke, cujo nome significa pimenta preta é considerada uma das famílias mais abundantes entre as dicotiledôneas, comprehende aproximadamente 3000 mil espécies presentes em regiões tropicais e subtropicais de ambos os hemisférios (ANDRADE et al., 2009). No Brasil ocorrem aproximadamente 500 espécies distribuídas em quatro gêneros, sendo os mais abundantes *Piper* e *Peperomia* (SOBREIRA; HERNANDEZ; SOUZA, 2017). Normalmente estão presentes nas florestas de várzeas e locais sombreados, sendo comuns na Amazônia brasileira (SOUTO et al., 2012; GUIMARÃES et al., 2015).

Piperaceae é representada por plantas com hábitos herbáceos, trepadeiras, arbustos (maioria) e algumas árvores. O caule é articulado e nodoso, as folhas são simples, dorsiventrais, alternas e raramente opostas ou verticiladas, pecioladas com estípulas (CARVALHO-SILVA; GUIMARÃES; VON, 2013; MELO; GUIMARÃES; ALVES, 2014). São constituídas por células de OEs com maior intensidade nas folhas, além de abranger uma fonte de isobutilamidas insaturadas de cadeia longa,

com propriedades inseticidas e ação fitopatógenas, como a Piperina (FERREIRA et al., 2012).

Muitas espécies de Piperaceae apresentam alta importância econômica, industrial, médica e por serem utilizadas como planta alimentícia não convencional (PLANC). Sendo que, as espécies utilizadas com propriedades medicinais são conhecidas por apresentarem atividades analgésica, diurética e antisséptica (RIOS; PASTORE, 2011).

## 2.5 GÊNERO *PIPER* L.

O gênero *Piper* é considerado o maior gênero da família Piperaceae, abrange aproximadamente 2000 espécies, distribuídas nas regiões tropicais e subtropicais, com ampla distribuição na América, sendo comumente encontradas em floresta de várzea, em regiões quentes e úmidas (JUNIOR-VALADARES; BERMUDEZ; GUIMARÃES, et al., 2014). Muitas espécies são pioneiras e apresentam um papel importante na regeneração e manutenção da diversidade de florestas (CAVALHEIRO et al., 2013).

Indivíduos de *Piper* são facilmente reconhecidos no campo por seus caules e ramos nodosos, inflorescências tipo espiga e o típico aroma crítico; apresentam hábito herbáceo, arbustos, lianas e pequenas árvores. As folhas, na maioria das espécies, são alternadas, comumente opostas, simples, sésseis ou pecioladas, de tamanho, forma e venação variável. As inflorescências são terminais, opostas às folhas ou axilares, comumente solitária, ereta ou recurvada, de tamanho variável. As flores são pequenas e numerosas. O fruto é uma pequena baga ou drupa, de várias formas, com um pericarpo fino e endocarpo às vezes endurecido e semente pequena (SILVA et al., 2017).

Do ponto de vista químico, este tem se tornado um dos gêneros mais estudados, sendo objeto de muitas pesquisas biológicas e fitoquímicas, onde muitas destas vêm comprovando suas propriedades inseticidas, farmacológicas e medicinais (NASCIMENTO et al., 2012). Seus OEs possuem elevada importância econômica, pois são empregados nas indústrias de condimentos, farmacêuticas e inseticidas (QIN et al., 2010; CAVALHEIRO et al., 2013).

Além do potencial econômico, as espécies de *Piper* apresentam destacado papel ecológico, pois sua polinização é realizada principalmente por abelhas e outros insetos e suas sementes são dispersas por aves e morcegos, que auxiliam no processo de regeneração de áreas degradadas (CAVALHEIRO et al., 2013). Além de compor o estrato herbáceo/arbustivo do sub-bosque em florestas tropicais, principalmente por sua representatividade, geralmente formam grandes populações no local de ocorrência (CHRIST, 2016).

## 2.6 ASPECTOS BOTÂNICOS DAS ESPÉCIES DE *PIPER* ESTUDADAS

De acordo com Guimarães et al. (2015), as espécies estudadas estão taxonomicamente descrita como:

Divisão: MAGNOLIOPHYTA

Classe: MAGNOLIOPSIDA

Subclasse: MAGNOLIIDAE

Ordem: PIPERALES

Família: PIPERACEAE

Gênero: *Piper* L.

Espécies: *Piper hispinervium* C. DC.; *Piper aduncum* L.; *Piper anonifolium* Kunth.; *Piper crassinervium* Kunth.

### 2.6.1 *Piper hispidinervum*

**Nomes comuns:** pimenta longa; pau de junta (Figura 1A e 1B) (ALVES et al., 2014).

**Descrição:** Arbusto, terrícola, de 2 a 7 m de altura com caule geniculado. Suas folhas são membranáceas ou cartáceas, elípticas, elíptico-ovadas ou elíptico-lanceoladas, com ápice attenuadamente acuminado e base inequilateral-oblíqua, lado maior mais arredondado, cordulado, com nervos pouco prensados, altamente pubescente na face dorsal e margem áspera hispidulosa na direção do ápice. As inflorescências do tipo espiga alongadas com orientação curvada, com flores minúsculas, apresenta brácteas triangular-subpeltadas, estreitamente franjadas e

frutos obpiramidais. É uma espécie pioneira (PEREIRA et al., 2012; GUIMARÃES et al., 2015).

**Distribuição geográfica:** Espécie nativa, sendo endêmica do Brasil. Ocorre nas regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste. Com domínios fitogeográficos na Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica. Ocorre tipicamente em ambientes abertos com incidência direta de luz (RIOS; PASTORE-JUNIOR, 2011; RIVA et al., 2011).

**Uso da espécie:** Agente sinergístico, repelente, inseticida, herbicida, fixador de fragrância em cosmético (LIMA et al., 2009; SAUTER et al., 2012; RIANI et al., 2017).

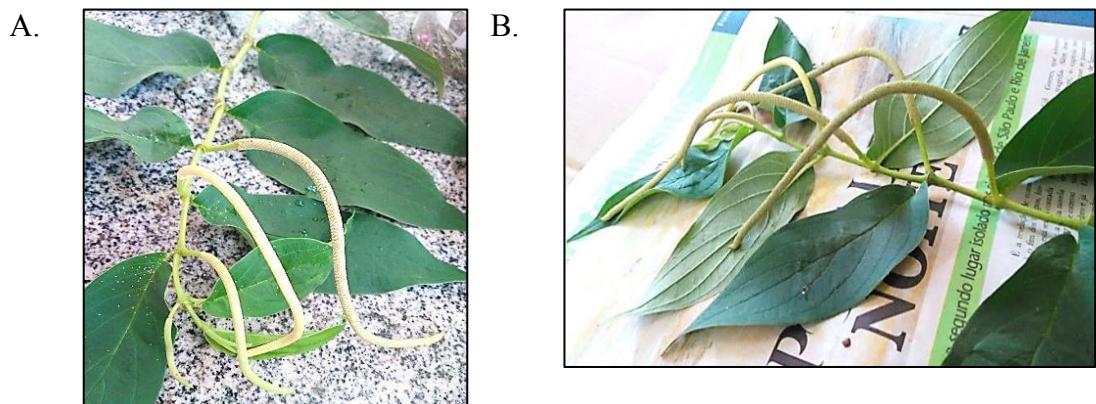


Figura 1. *P. hispidinervum*, folhas e espiguetas (A e B).

Fonte: Própria autora

#### 2.6.2 *Piper aduncum*

**Sinônimos:** *Piper aduncum* var. *brachyarthrum* (Trel.) Yunck; *Piper aduncum* var. *cordulatum* (C.DC.) Yunck. (Figura 2A e 2B) (GUIMARÃES et al., 2015).

**Nomes comuns:** Pimenta-de-macaco; jaborandi-falso; aperta ruão (SILVA et al., 2013; AIRES; LIMA, 2014).

**Descrição:** Arbusto, árvore, terrícola com caule de crescimento ereto e com tricomas. As folhas apresentam pecíolo com bainha basal e superfície escabra, forma ovada/elíptica/lanceolada/oblonga e ápice acuminado com simetria da base assimétrica; a base é cordada, com tricomas na face adaxial e abaxial, com nervação eucamptódroma. Inflorescência do tipo espiga, com orientação curva. Flor com as brácteas florais em forma triangular/subpeltada, com as margens das brácteas florais

franjadas em toda margem. Fruto em forma obovoide/trigonal/tetragonal, ápice truncado, estilete e tricomas ausentes (GOMES; KRINSKI, 2019; PEREIRA et al., 2012).

**Distribuição geográfica:** Espécie nativa, não é endêmica do Brasil. Ocorre em todo o Brasil (GUIMARÃES et al., 2015).

**Tipo de Vegetação:** Área Antrópica, Campo Rupestre, Cerrado, Floresta Ciliar ou Galeria, Floresta de Terra Firme, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila, Floresta Ombrófila Mista, Restinga, Savana Amazônica, Vegetação sobre Afloramentos Rochosos (GUIMARÃES et al., 2015).

**Uso da espécie:** inseticida, antimicrobiana, molusticida, citotóxica, e outros (NEGREIROS; MIQUELONI, 2013; OLIVEIRA et al., 2013).

A.



B.



Figura 2. *P. aduncum*, folhas e espiguetas (A e B).

Fonte: Própria autora

### 2.6.3 *Piper anonifolium*

**Sinônimos:** *Artanthe anonifolia* (Kunth) Miq. e heterotípico *Piper citrifolium* Trel. & Yunck (Figura 3A e 3B) (GUIMARÃES et al., 2015).

**Descrição:** Arbusto, terrícola, com caule de crescimento ereto e sem tricomas. As folhas apresentam pecíolo com bainha basal/canaliculada e superfície lisa, glândulas conspicuo, forma elíptica/lanceolada/oblonga e ápice acuminado com simetria da base subsimétrica. A base é aguda/decurrente/obtusa, glabra na face adaxial e abaxial, com nervação broquidódroma e disposição das nervuras até o ápice. Inflorescência do tipo espiga, com orientação ereta. Flor e forma das brácteas florais triangular/cuculada/côncavo/subpeltada, com as margens das brácteas florais

glabras. Fruto em forma obovoide/oblongo, ápice côncavo, estilete e tricomas ausentes (ANDRADE et al., 2005; BERNAL et al., 2015; GUIMARÃES et al., 2015)

**Distribuição geográfica:** Espécie nativa, mas não é endêmica do Brasil (ANDRADE et al., 2009).

**Tipo de Vegetação:** Área antrópica, Cerrado, Floresta de Terra Firme, Floresta Ombrófila. Ocorrências confirmadas nas regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste (GUIMARÃES; CARVALHO-SILVA, 2012).

**Uso da espécie:** O óleo essencial apresenta atividade antifúngica, atividade citotóxica sobre célula de melanoma humano *in vitro* e atividade antioxidante (ANDRADE et al., 2009; SILVA et al., 2014).

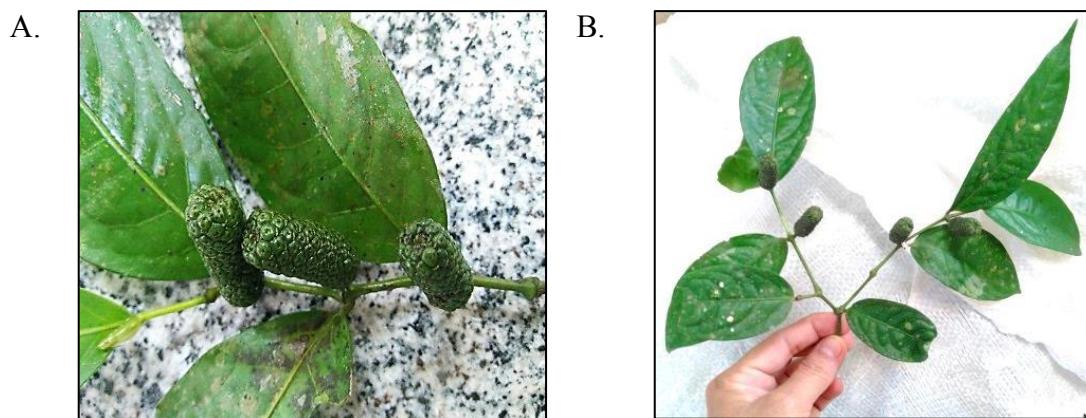


Figura 3. *P. anonifolium*, folhas e espiguetas (A e B).

Fonte: Própria autora

#### 2.6.4 *Piper crassinervium*

**Sinônimos:** *Artanthe enckeoides* Miq.; *Piper crassinervium* var. *tocotanum* (C. DC.) Yunck. (Figura 4A e 4B) (GUIMARÃES et al., 2015).

**Nomes comuns:** Pariparoba, jaguarandi, jaguarandy (ALBIERO et al., 2005).

**Descrição:** Arbusto, terrícola, com caule de crescimento ereto e sem tricomas. As folhas apresentam pecíolo com bainha canaliculado-alongada e superfície lisa, forma ovada/elíptico-oblunga e ápice acuminado/agudo. A base é aguda/obtusa/arredondada, glabra na face adaxial e com tricoma na face abaxial, com nervação eucamptódroma e disposição das nervuras até a porção mediana. Inflorescência do tipo espiga, com orientação ereta. Flor com as brácteas florais em forma triangular/subpeltada, com as margens franjadas. Fruto em forma

globoso/obovoide, ápice agudo, estilete presente e tricomas ausentes (ALBIERO et al., 2005; BARDELLI; KIRIZAWA; SOUSA, 2008; GOMES; KRINSK, 2019).

**Distribuição geográfica:** Espécie nativa, mas não é endêmica do Brasil, com ocorrências nas regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste (TOMCHINSKY, 2017).

**Tipo de Vegetação:** Área Antrópica, Cerrado (*lato sensu*), Floresta Ciliar ou Galeria, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila (GUIMARÃES et al., 2015).

**Usos da espécie:** fungicida, bactericida e antioxidante (MORANDIM et al., 2010; MORANDIM-GIANNETTI et al., 2010; PERIGO et al., 2016).

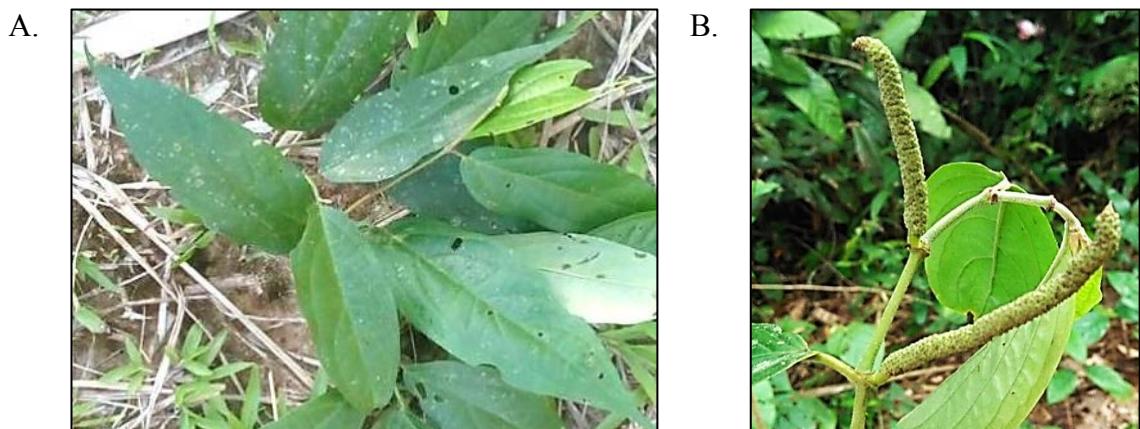


Figura 4. *P. crassinervium*, folhas e espiguetas (A e B).

Fonte: Própria autora

## 2.7 INSETOS-PRAGA E MÉTODOS DE CONTROLE

### 2.7.1 *Atta sexdens* L.

As formigas cortadeiras pertencem à família Formicidae, subfamília Myrmicinae e tribo Attini, que reúne todas as formigas cultivadoras de fungos simbiontes, nas terrícolas destacam-se os gêneros *Atta* (saúvas) e *Acromyrmex* (quenquéns), ambos os gêneros ocorrem somente no continente americano (ARCURI et al., 2014; SANTOS; CAZETTA, 2016). São insetos sociais, divididos em castas, em que as formigas reprodutivas aladas são as içás (fêmeas) e bitus (machos), a casta permanente é formada pela rainha, fêmeas ápteras, operárias, jardineiras, cortadeiras

e soldados (DELLA LUCIA; SOUZA, 2011). São insetos mastigadores e se desenvolvem por holometabolia (SERAGUZI; MARUYMA, 2011).

As principais diferenças entre os gêneros *Atta* spp. (saúvas) e *Acromyrmex* spp. (quenquéns) são que, em *Atta* (saúvas), as operárias apresentam três pares de espinhos dorsais (Figura 5A e 5C); Tamanho (12 a 15mm); Ninhos grandes (muitas panelas) e com monte de terra solta aparente. Em *Acromyrmex* (quenquéns) as operárias possuem de quatro a cinco pares de espinhos dorsais (Figura 5B e 5D); Tamanho (8 a 10mm); Ninhos pequenos (1 ou 2 panelas) e sem monte de terra solta, não aparente (ZANETTI et al., 2002). No Brasil, o gênero *Atta* está representado por 10 espécies e 3 subespécies. As espécies de saúvas com maior distribuição e importância no Brasil são: saúva-limão, *Atta sexdens* L. e saúva de vidro, *Atta laevigata* (Hymenoptera: Formicidae) (OLIVEIRA et al., 2018).

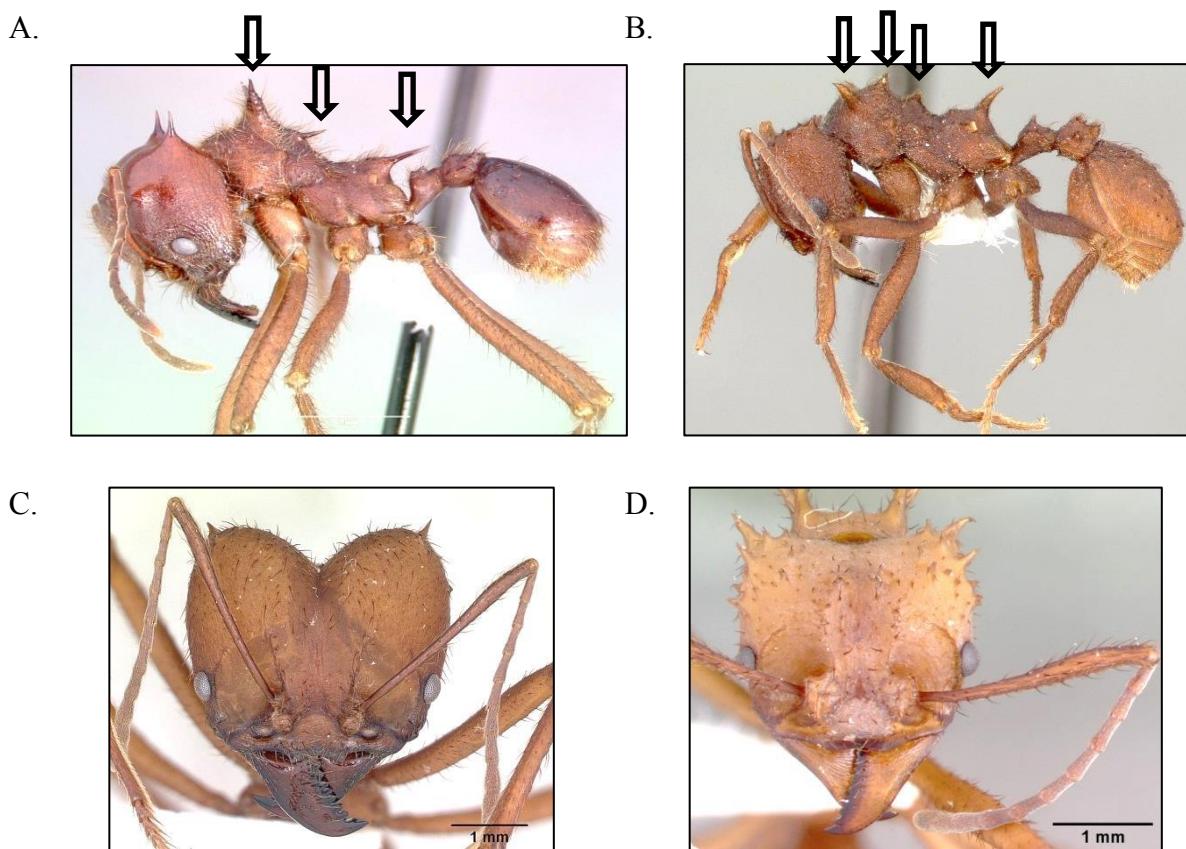


Figura 5. Imagens A e C: *Atta* com três pares de espinhos no dorso e detalhes da cabeça e mandíbula. Imagens B e D: *Acromyrmex* com quatro pares de espinhos no dorso e detalhes da cabeça e mandíbula.

Fonte: Figura (A): <http://twixar.me/dnWK>; Figura (B): <http://twixar.me/rHCK>; Figura (C): <http://twixar.me/9kCK>; Figura (D): <http://twixar.me/RkCK>.

Estas formigas praticam uma “agricultura avançada”, cortam parte dos vegetais e transportam para o formigueiro, para a criação e crescimento dos fungos, que são à base da alimentação da colônia. Representam uma ameaça para o setor agrícola e florestal, pois, dependendo do grau de ataque, inviabiliza a implantação de cultivos (DELLA LUCIA; SOUZA, 2011; GIESEL, 2014).

Em florestas plantadas, essas formigas são consideradas pragas-chave e limitantes para desenvolvimento da cultura, pois causam danos significativos aos plantios, principalmente em culturas homogêneas. Ocasionalmente causam perdas tanto diretas, como morte e redução do crescimento de mudas e árvores, quanto indiretas, como a diminuição da resistência das árvores a outras pragas (SPIER et al., 2013; MATRANGOLO et al., 2014).

Esses insetos são caracterizados por sua ampla adaptação a diferentes ambientes, variando desde matas nativas, até áreas de uso agrícola intensivo (LEAL et al., 2012). O controle pode ser realizado através de métodos mecânicos, culturais, biológicos e químicos. O método químico é o mais empregado, sendo na forma de iscas granuladas e pós secos, aplicados junto aos carreiros (GIESEL et al., 2012). O uso de plantas com potencial inseticida representa uma alternativa promissora para o controle de formigas cortadeiras, pois causam um menor impacto ao homem, meio ambiente e insetos não alvo (JUNG et al., 2013; SILVA et al., 2017).

### 2.7.2 *Ascia monuste orseis*

*Ascia monuste orseis* (Godart, 1819) (Lepidoptera: Pieridae) é conhecida como curuquerê-da-couve, sua ocorrência é generalizada e causa prejuízos em plantas da família Brassicaceae, como *Brassica oleracea* L. var. itálica (Brócolis), *Sinapis arvensis* L. (Mostarda), *B. oleracea* var. *botrytis* (Couve-flor) e principalmente em *B. oleracea* var. *acephala* (Couve comum). Dependendo do nível de infestação, as perdas podem chegar a um nível de 100% da produção. Possui quatro instares larvais, uma alta mobilidade, que facilita sua movimentação entre as plantas, a duração média do período larval é de 10 dias (MAPELI et al., 2015; MONTEIRO et al., 2016).

O inseto quando adulto é uma borboleta, suas asas são branco-amareladas, com as bordas escuras e corpo preto, medem aproximadamente 50mm de envergadura e

apresentam hábito diurno (Figura 6A). As fêmeas geralmente ovipositem nas folhas mais jovens, tanto da fase adaxial como abaxial, seus ovos são amarelos claros, alongados, afilando-se para as extremidades (Figura 6B), a postura varia de um a mais de 100 ovos, porém a fecundidade é de quase 450 ovos (HOLTZ et al., 2015).

O desenvolvimento desta lepidóptera é dependente da qualidade e quantidade de alimento consumido. A nutrição influencia no peso e no tempo de desenvolvimento larval, bem como na sobrevivência, composição química do corpo e o tamanho do adulto. Uma nutrição inadequada causa também diminuição nas taxas de emergências e reprodução, tamanho reduzido e a falta de nutrientes estocados, prejudicando a produção de feromônios (BARRETT et al., 2009; MAPELI et al., 2015).

Seu controle em pequenas plantações pode ser feito com esmagamento das larvas ou dos ovos. Nos cultivos comerciais é comum o uso de inseticidas químicos, pois, apresenta uma eficaz e rápida ação, além da praticidade. É usualmente realizado através de pulverizações com produtos de baixo poder residual, como o *Bacillus thuringiensis* e piretróides (BRANDÃO FILHO et al., 2011; ARAÚJO et al., 2017).

Um dos métodos alternativos de controle que tem apresentado resultados positivos é o uso de plantas com potenciais inseticidas, muitas espécies botânicas são fontes de substâncias secundárias com alto poder biocida e podem ser utilizadas no controle de vários insetos-praga (SANTOS et al., 2011; RIBEIRO et al., 2016).

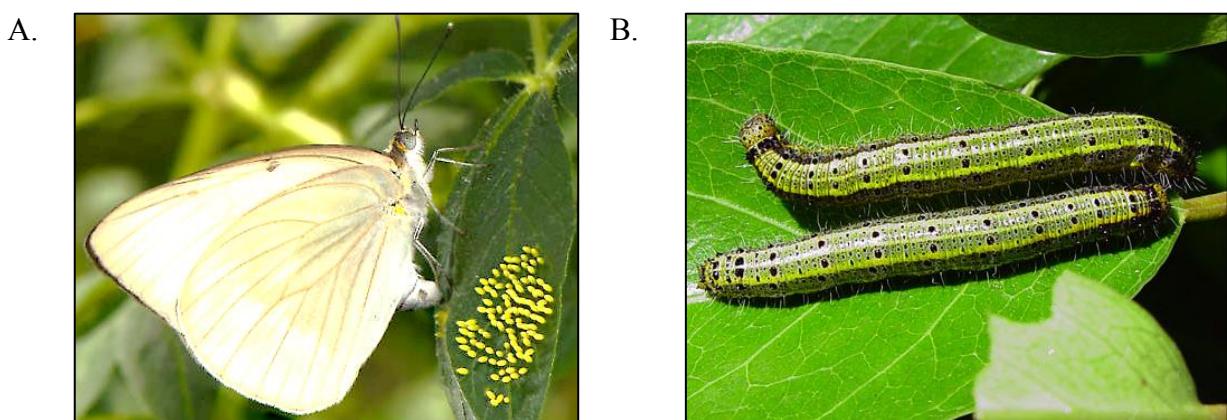


Figura 6. *A. monuste orseis*, fêmea fazendo a postura (A); Larvas (B).

Fonte: <http://twixar.me/9qLK> (A) e <http://twixar.me/5qLK> (B).

### 2.7.3 Pragas de grãos armazenados e métodos de controle

As perdas de grãos tanto em qualidade quanto em quantidade devido à infestação de insetos durante o armazenamento são um grave problema, incluem não apenas o consumo direto de grãos, mas também o acúmulo de exúvias e cadáveres. Níveis elevados de detritos dos insetos resultam em grãos impróprios para consumo humano, além de causarem pontos úmidos e quentes, condições ideais para a proliferação de fungos, causando mais prejuízos. Aproximadamente 20.000 espécies de pragas de campo e armazenamento são responsáveis por destruírem um terço da produção mundial de alimentos (PIMENTEL et al., 2011; ARTHUR; ONDIER; SIEBENMORGEN, 2012; RAJASHEKAR et al., 2012).

Entre as pragas de grãos e produtos armazenados estão *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens, 1831) (Coleoptera: Cucujidae), *Zabrotes subfasciatus* (Boheman, 1833) (Coleoptera: Chrysomelidae) e *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). O *C. ferrugineus* é uma das pragas secundárias mais comuns de cereais e subprodutos armazenados. Também infestam frutos secos, nozes e as estruturas de armazenamento como máquinas de limpeza, secadores, fundos de silos e caixas de expedição (LORINI, 2012). Em razão do corpo achatado, este inseto pode infestar grãos pouco danificados, entrando pelas pequenas trincas, ou em pacotes de alimentos processados (Figura 7A e 7B). Seu ciclo se completa em 23 dias e apresenta alta potencialidade de reprodução, em relação a outras pragas de armazéns (FARONI; SOUSA, 2006; LORINI et al., 2015).

O *Z. subfasciatus* (Figura 7C e 7D) ataca grãos de leguminosas, principalmente os feijões *Phaseolus* e *Vigna* e ervilha. São encontrados nas regiões tropicais e subtropicais da América Central e do Sul, de onde é originário (FARONI; SOUSA, 2006). Estes insetos causam danos aos grãos devido às galerias feitas pelas larvas que destroem os cotilédones, reduzindo a massa da semente e favorecendo a entrada de microrganismos e ácaros. Além de afetar a germinação da semente, depreciam a qualidade comercial dos grãos devido à presença de insetos, ovos e excrementos.

*S. zeamais* é considerado praga primária mais destrutiva de cereais armazenados, pois são capazes de romper o grão inteiro e sadio. Possuem mandíbulas desenvolvidas para romper o grão e se alimentar do seu conteúdo interno, além disso, completam seu ciclo de vida no interior do grão (Figura 7E e 7F) (FARONI; SILVA, 2008). A postura é feita nos grãos e sementes, as larvas, após se

desenvolverem, empupam e se transformam em adultos ainda no grão ou semente. São abundantes em regiões tropicais com temperatura moderada (FARONI; SOUSA, 2006; LORINI et al., 2015). Apresentam infestação cruzada e causam danos aos grãos nas fases larval e adulta (COPATTI; MARCON; MACHADO, 2013).

Quanto o controle de insetos de grãos e subprodutos armazenados, este é realizado principalmente por meio de inseticidas químicos, como a fumigação com fosfina ( $\text{PH}_3$ ) que é eficaz no controle de todas as fases (ovo, larva, pupa e adultos) das pragas de grãos e sementes armazenadas e a utilização de inseticidas protetores, como piretróides e organofosforados (LORINI, 2012; LORINI et al., 2015).

O uso em larga escala de pesticidas sintéticos tem apresentado problemas de resistência dos insetos, resíduos de pesticidas nos alimentos e contaminação da biosfera. Tal fato tem despertado o interesse de substituí-los por pesticidas biodegradáveis e com maior seletividade (MOREIRA; MANSUR; MANSUR-FIGUEIRA, 2012). Essa consciência criou um interesse mundial no desenvolvimento de estratégias alternativas, incluindo a descoberta de novos inseticidas (PERRY; BATTERHAM; DABORN, 2011).

Alguns métodos alternativos que têm mostrado eficácia contra esses insetos-praga são os inseticidas botânicos, atmosferas modificadas, controle biológico, controle da temperatura, pós inertes e a utilização de variedades de grãos resistentes a insetos (LORINI et al., 2013). Há também o sistema hermético de armazenamento e a utilização de cinza de palha de arroz, que se mostraram eficazes no controle destes insetos (VIEBRANTZ et al., 2016; OTITODUN et al., 2017).

A utilização de inseticidas botânicos é uma alternativa promissora, suas eficácia vêm sendo relatadas, como por exemplo, por Talukder (2006) que listou 43 espécies botânicas com ação repelente, 21 plantas como inibidoras de insetos, 47 com atividade bioinseticida, 37 plantas como protetores de grãos, 27 plantas como inibidoras de insetos e 7 plantas como inibidores do crescimento e desenvolvimento de insetos. Com potencial bioinseticida e propriedades antioviposição contra *Sitophilus oryzae* foram 18 espécies (RAJASHEKAR et al., 2012; DEVI; DEVI, 2013).

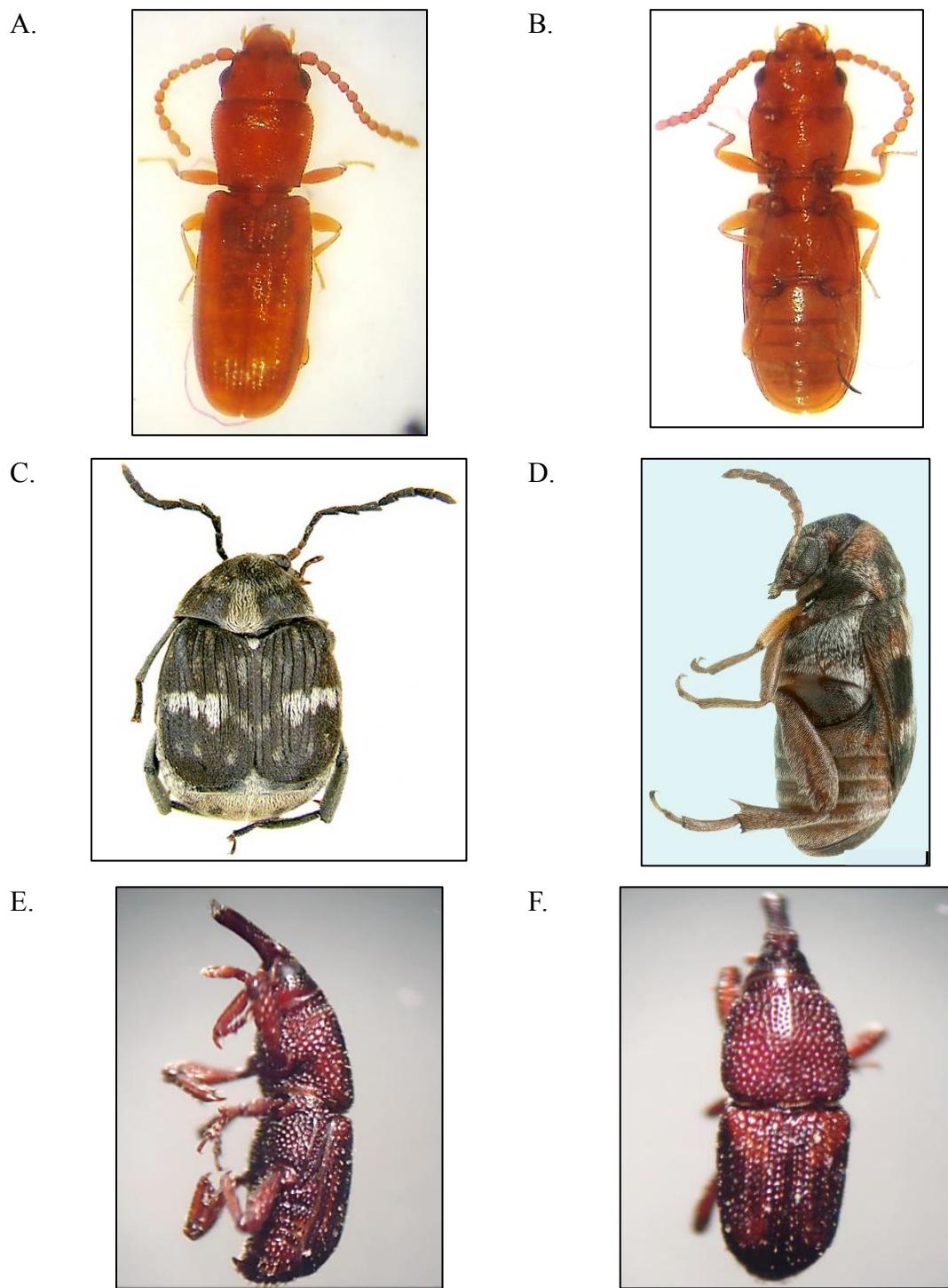


Figura 7. *C. ferrugineus*: adulto dorsal (A) e adulto ventral (B); *Z. subfasciatus*: fêmea (C) e adulto lateral (D); *S. zeamais*: adulto lateral (E) e adulto dorsal (F).

Fontes: Imagens (A e B): <http://twixar.me/P8HK>; Imagem (C): <https://tinyurl.com/y6e3fvk8>, imagem (D): <http://twixar.me/5qRn>; Imagens (E e F): Adaptado de Lorini et al. (2015, p. 22).

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 EXTRAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL, DENSIDADE E RENDIMENTO

As folhas de *P. hispidinervum*, *P. aduncum*, *P. anonifolium* e *P. crassinervium* foram coletadas nos municípios de Bujari e Rio Branco, Acre, Brasil ( $9^{\circ}42'17,26''S$ ,  $68^{\circ}3'15,63''W$ ;  $9^{\circ}57'9,24''S$ ,  $67^{\circ}50'27,11''W$ ;  $10^{\circ}04'09,2''S$ ,  $67^{\circ}36'31,3''W$  e  $9^{\circ}42'17,26''S$ ,  $68^{\circ}3'15,63''W$ ), respectivamente. As exsicatas foram depositadas no Herbário UFACPZ da Universidade Federal do Acre, sob os números de registros: UFACPZ 20.647, UFACPZ 20.646, UFACPZ 20.611 e UFACPZ 20.657 respectivamente. As espécies foram identificadas pela Dra. Elsie Franklin Guimarães, do Herbário do Jardim Botânico do Rio de Janeiro (Herbário RB).

As coletas das folhas foram realizadas no período da manhã. Posteriormente, as folhas foram secas utilizando-se técnicas de bancada e de estufa com circulação e renovação de ar (SL-102), nas temperaturas de  $35^{\circ}C$  e  $45^{\circ}C$ , até obtenção de peso constante. A extração dos óleos essenciais (OEs) foi realizada no Laboratório de Produtos Naturais, Microbiologia e Biotecnologia da Ufac.

Para a extração dos OEs foram utilizadas quatro repetições de 100g das folhas secas. Posteriormente, as folhas foram submetidas à hidrodestilação durante 4 horas, usando um aparelho tipo Clevenger simples, balão volumétrico de 5L e manta aquecedora (0321A28, Quimis, Brasil). Os OEs foram separados do hidrolato por decantação em funil de separação. A secagem dos óleos foi feita com sulfato de sódio anidro (Synth, 99,0%, Brasil), o armazenamento se deu em frascos âmbar a uma temperatura de  $4\pm1^{\circ}C$ .

A densidade (g/mL) do OE (DOE) foi calculada através da equação 1. Adaptada de Schindler; Silva; Heinzmann, (2018).

$$\text{DOE} = \frac{M(\text{g})}{V (\text{mL})} \quad (1)$$

Em que:

D = Densidade (g/mL);

M = massa do óleo (g);

V = Volume do óleo (mL).

O rendimento do OE foi expresso em porcentagem, calculado pela equação 2. Adaptada de Girard; Koehler; Netto, (2007).

$$R\% = \frac{V(\text{mL}) * D(\text{g/mL})}{M (\text{g})} \quad (2)$$

Em que:

R% = Rendimento (%);

V = Volume de óleo (mL);

D = Massa de 1mL de óleo (g);

M = Massa seca de folhas (g).

### 3.2 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS ÓLEOS ESSENCIAIS

A análise cromatográfica foi realizada na Universidade Federal de Viçosa-UFV, no Laboratório de Química. As Análises cromatográficas dos óleos essenciais foram realizadas utilizando como solvente o Acetonitrila Chromasolv®≥99,9% Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, EUA).

Os óleos essenciais foram diluídos em Acetonitrila a 50µL/L e analisados por Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de Massa (CG-EM) (GC7820A-5977B, Agilent, Estados Unidos da América) para identificar os seus constituintes. Uma solução padrão de Alcano C7-C30 a 1000µg/mL em Hexano (Sigma Aldrich, St. Louis, MO, EUA) foi injetado para o cálculo do índice de retenção e confirmação dos compostos identificados por GC-MS.

A CG-MS foi operada em modo de varredura total (massa gama aquisição m/z 50-450), usando energia de ionização de 70 eV. O cromatógrafo a gás foi operado em uma razão de divisão de 20:1 com uma temperatura do injetor de 220 °C. A temperatura inicial do forno da coluna foi ajustada para 60 °C, com uma taxa de aquecimento de 2 °C/min até 200 °C, seguido de um aumento na taxa de aquecimento de 5 °C/min até 250 °C. O Hélio foi utilizado como gás de arraste, com um fluxo de coluna de 1,2mL/min. O tempo total de aquisição de dados foi de 80min. Uma amostra de 1µl foi injetada pelo auto-injetor AOC-20i (Agilent, Estados Unidos da América) para o cromatógrafo. As separações foram realizadas em coluna capilar HP-5 ms (Agilent Technologies, Palo Alto, CA, EUA) de 30m x 0,25mm de diâmetro interno x 0,25µm de espessura de filme com fase estacionária de 5% de Difenil/95% de Dimetil polissiloxano.

### 3.3 OBTENÇÃO E CRIAÇÃO DE INSETOS

Ovos de *A. monuste orseis* foram coletados em plantas de couve (*Brassica oleracea* var. *acephala*). Estes foram mantidos em frascos de 300mL em condições constantes de temperatura ( $25\pm2$  °C) e umidade relativa ( $70\pm5\%$ ), após a eclosão, as lagartas foram alimentadas diariamente e no terceiro dia foram utilizadas nos bioensaios (MATA; LOMONACO, 2013; MAPELI et al., 2015)

As formigas *A. sexdens* L. foram coletadas de forma manual no campus da Ufac, em um ninho estável e armazenadas em vaso de vidro de 1L até o momento de utilização nos experimentos, que se realizaram no mesmo dia de coleta (JUNG et al., 2013; MATTE; QUEIROZ; CORASSA, 2016).

Os carunchos *C. ferrugineus*, *S. zeamais* e *Z. subfasciatus* foram criados em frascos de vidro de 1 litro, sob condições de temperatura ambiente ( $25\pm2$  °C) e umidade relativa ( $70\pm5\%$ ), alimentados com grãos de milho (*S. zeamais*), farelos de milho (*C. ferrugineus*) e feijão mudubim (*Z. subfasciatus*), com teor de água de 13%, base úmida (b.u.), previamente expurgados (SOUZA et al., 2016; SOUZA et al., 2018).

### 3.4 BIOENSAIOS DE MORTALIDADE

Os bioensaios de mortalidade foram realizados em placas de Petri (2cm de altura x 10cm de diâmetro) com o fundo recoberto de papel filtro e bordas revestidas com Teflon® PTFE (DuPont, São Paulo, Brasil). Para *A. monuste orseis* foi utilizado (7 repetições de 5 insetos/placa, n=35), *A. sexdens* (10 repetições de 10 insetos/placa, n=100), *C. ferrugineus* e *Z. subfasciatus* (4 repetições de 25 insetos/placa, n=100) e *S. zeamais* (4 repetições de 50 insetos/placa, n=200). No tratamento utilizou-se 1mL da solução. A solução era composta pelo OE diluído em Propanona (Synth, 99,5%, Brasil), nas concentrações 0,017 e 1,0%. No controle foi utilizado 1mL de Propanona. Após a evaporação do solvente, os insetos eram depositados nas placas.

Os bioensaios foram realizados em câmara incubadora BOD sob condições constantes de temperatura ( $25\pm2$  °C), umidade relativa ( $70\pm5\%$ ). A mortalidade dos insetos foi avaliada após 24 horas de exposição.

### 3.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Utilizou-se o Delineamento Inteiramente Casualizado - DIC em esquema fatorial nos experimentos, visando determinar a densidade dos óleos, rendimento e mortalidade dos insetos. Para a densidade e rendimento, utilizou-se o esquema fatorial 3x4, onde o primeiro fator corresponde às técnicas de secagens e o segundo fator corresponde às espécies botânicas. E para a toxicidade dos óleos essenciais utilizou-se o esquema fatorial 2x4, onde o primeiro fator corresponde às concentrações do óleo essencial e o segundo fator corresponde às espécies botânicas. Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $P\leq0,05$ ), utilizando o software Sisvar 5.6. Os gráficos foram elaborados utilizando o software SigmaPlot 11.0.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 DENSIDADE DOS ÓLEOS ESSENCIAIS

A densidade dos óleos essenciais variou significativamente entre as espécies ( $F_{3;36}=1,5e^{0017}$ ;  $P\leq 0,0001$ ), entre as condições de secagens ( $F_{2;36}=9,0e^{0014}$ ;  $P\leq 0,0001$ ) e houve interação entre estes dois fatores ( $F_{6;36}=3,0e^{0015}$ ;  $P\leq 0,0001$ ). Constatou-se que o OE de *P. hispidinervum* apresentou maior densidade quando as folhas foram submetidas à secagem em bancada, com valor de  $1,10\pm 0,00$ g/mL (Tabela 1). Para as espécies *P. anonifolium* e *P. aduncum*, a maior densidade do OE foi obtida com folhas secas em estufa nas temperaturas de 35 °C e 45 °C, com os valores de  $0,95\pm 0,01$ g/mL e  $1,05\pm 0,00$ g/mL, respectivamente (Tabela 1). Verificou-se que para o OE de *P. crassinervium*, não houve diferença significativa da densidade ( $0,93\pm 0,00$ g/mL) entre as condições de secagens utilizadas (Tabela 1).

Segundo Pimentel et al. (2006), o OE de *P. hispidinervum* obtido de folhas coletadas em Lavras, MG, Brasil, secas em estufa a 30 °C, apresentou a densidade de 1,05g/mL. Igualmente Lima et al. (2009), verificaram que o OE dessa espécie apresentou a densidade de 1,10g/mL, utilizando folhas frescas, coletadas também em Lavras, MG, Brasil. Estes estudos corroboram com o resultado obtido na presente pesquisa, em que a densidade do OE de *P. hispidinervum* foi de  $1,06\pm 0,00$ g/mL, quando as folhas foram secas em estufa a 35 °C e de 1,10g/mL com folhas secas em bancada à temperatura ambiente.

Segundo Arze et al. (2008), a espécie *P. aduncum* coletada em Carrasco, Bolívia, secas em temperatura ambiente, apresentou o OE com densidade de 0,91g/mL. A densidade do OE de *P. aduncum* obtido na presente pesquisa, com folhas secas em bancada foi de 1,03g/mL (Tabela 1), sendo relativamente superior ao encontrado por estes autores. A diferença entre as densidades dos OEs de ambos os

estudos, pode estar relacionada com o peso molecular dos constituintes químicos presentes nos seus OEs. Para as espécies *P. anonifolium* e *P. crassinervium*, na literatura consultada, não foi mencionado valores da densidade dos OEs das espécies.

Estes dados da literatura consultada, juntamente com os resultados da presente pesquisa, sugerem que existe um polimorfismo químico nas plantas, o que, consequentemente, afeta a densidade de seus OEs (VILA et al., 2005). Vários fatores podem influenciar na composição química do OE, como genética, quantidade de estruturas secretoras nas folhas, fatores ambientais, ciclo circadiano, disponibilidade de água, intensidade luminosa e outros (GOBBO-NETO; LOPES 2007; ARZE et al., 2008; MARTÍNEZ-NATARÉN et al., 2011; TOZIN; MARQUES; RODRIGUES, 2015).

A variável densidade é utilizada na avaliação da qualidade da matéria-prima vegetal, controle da pureza do óleo e na indicação de sua possível utilização (SIMÕES; SPITZER, 2010; GOMES et al., 2018). A densidade do OE menor que a da água 1g/mL, dificulta a separação das duas fases. Porém, a densidade superior 1g/mL, pode ser vantajosa, tanto para a separação durante a extração, quanto para a homogeneização do OE em meios aquosos, como em ágar, para a avaliação do seu potencial antifúngico (SOIDROU et al., 2013; SCHINDLER; SILVA; HEINZMANN, 2018)

A baixa variação da densidade dos OEs das espécies *P. hispidinervum*, *P. aduncum*, *P. anonifolium* e *P. crassinervium* demonstra que a constituição química dos óleos não foi afetada com as técnicas de secagens de folhas (MARTINS et al., 2011).

**Tabela 1** – Densidade e rendimento dos óleos essenciais

Espécie botânica	Densidade (g/mL) ( $\pm$ E.P.M.)			Rendimento (%) ( $\pm$ E.P.M.)		
	Bancada	35 °C	45 °C	Bancada	35 °C	45 °C
<i>Piper hispidinervum</i>	1,10 $\pm$ 0,00 Aa	1,06 $\pm$ 0,00 Ac	1,09 $\pm$ 0,00 Ab	2,00 $\pm$ 0,09 Bb	1,76 $\pm$ 0,08 Bb	2,61 $\pm$ 0,26 Ba
<i>P. aduncum</i>	1,03 $\pm$ 0,00 Bb	1,03 $\pm$ 0,00 Bb	1,05 $\pm$ 0,00 Ba	3,53 $\pm$ 0,25 Ab	3,36 $\pm$ 0,13 Ab	4,72 $\pm$ 0,04 Aa
<i>P. anonifolium</i>	0,90 $\pm$ 0,01 Dc	0,95 $\pm$ 0,01 Ca	0,93 $\pm$ 0,01 Cb	0,13 $\pm$ 0,01 Ca	0,20 $\pm$ 0,01 Ca	0,12 $\pm$ 0,01 Ca
<i>P. crassinervium</i>	0,93 $\pm$ 0,00 Ca	0,93 $\pm$ 0,00 Da	0,93 $\pm$ 0,00 Ca	0,32 $\pm$ 0,02 Ca	0,28 $\pm$ 0,04 Ca	0,22 $\pm$ 0,01 Ca

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ( $P<0,05$ ).

Fonte: Análise dos dados da pesquisa.

#### 4.2 RENDIMENTO DOS ÓLEOS ESSENCIAIS

O rendimento dos óleos essenciais variou significativamente entre as espécies ( $F_{3,36}=498,60$ ;  $P\leq 0,0001$ ), entre as condições de secagem ( $F_{2,36}=16,28$ ;  $P\leq 0,0001$ ) e houve interação entre estes dois fatores ( $F_{6,36}=7,93$ ;  $P\leq 0,0001$ ). Constatou-se que o rendimento do OE de *P. aduncum* e *P. hispidinervum* foi maior com folhas secas em estufa, na temperatura de 45 °C, com valores de  $4,72\pm 0,04\%$  e  $2,61\pm 0,26\%$  (Tabela 1), respectivamente. O rendimento de *P. aduncum* foi 44,71% superior ao de *P. hispidinervum* nesta condição de secagem. Verificou-se que o rendimento do OE de *P. anonifolium* e *P. crassinervium* não diferiu estatisticamente com as condições de secagens avaliadas (Tabela 1). Observa-se que existe uma variabilidade no rendimento do OE destas espécies, mesmo utilizando técnicas de secagens das folhas similares.

Segundo Braga et al. (2005), os OEs de *P. hispidinervum* obtidos de folhas coletadas em Blumenau, SC, Brasil, secas em secador de leito fixo, a 35 e 45 °C, apresentaram os rendimentos de 2% (~63% de Safrol) e 2,75% (aproximadamente 57% de Safrol), respectivamente. Pimentel et al. (2006) verificaram que o OE de folhas desta espécie coletadas em Lavras, MG, Brasil, secas em estufa a 30 °C, apresentou o rendimento de 2,6% (~86,7% de Safrol). Estes resultados corroboram com os dados obtidos na presente pesquisa para esta espécie, em que o rendimento máximo do OE foi de  $2,6\pm 0,26\%$ , se equiparando aos obtidos nestas outras regiões do Brasil. Esta espécie é nativa do estado do Acre, espécimes coletados nesta região comumente apresentam menor produção em OE e alto teor de Safrol. Observou-se na presente pesquisa que o menor rendimento em OE  $1,76\pm 0,08\%$  apresentou alto teor de Safrol, 98,8%.

De acordo com Almeida et al. (2009), o OE da espécie *P. aduncum* obtido a partir de folhas coletadas no Pará, Brasil, e secas em estufa a de 35 °C, apresentou o rendimento médio de 2,8%. Igualmente, o OE obtido de folhas colhidas em Brasília, DF, Brasil, secas em secador de ar forçado a 38 °C, e no Ceará, Brasil, secas em estufa a 40 °C exibiram o rendimento máximo de 1,3% e 3,11%, respectivamente (POTZERNHEIM et al., 2012; FIGUEIREDO, 2014). Na presente pesquisa, obteve-se o rendimento do OE de  $3,36\pm 0,13\%$ , com folhas secas a 35 °C, sendo relativamente maior que os demais estudos. Tal fato pode estar relacionado com o

local de ocorrência dos espécimes coletados, pois este é um dos fatores que influenciam na produção de OE.

Segundo Bergo (2010), o OE de *P. aduncum* obtido com folhas coletadas de mudas produzidas em Curitiba, PR, Brasil, com sementes de espécies nativas do estado Acre e Paraná, Brasil, secas em temperatura ambiente, exibiu o rendimento médio de 2,9% e 0,59%, respectivamente. Igualmente, o OE de folhas coletadas no Pará e Amapá, Brasil, apresentaram os rendimentos de 2,5% e 2,8% (MARTINS, 2011; SOUTO et al., 2012). Já o OE de folhas coletadas em Manaus, Amazonas, Brasil, apresentou o rendimento médio de 3,6% (GAÍNZA et al., 2016). Na presente pesquisa obteve-se o rendimento de  $3,53 \pm 0,25\%$ , utilizando a secagem em bancada, estando relativamente maior que alguns destes estudos apresentados.

O rendimento do OE está relacionado com a abundância dos metabólitos secundários armazenados nas células glandulares da planta, que em Piperáceas se dá principalmente nos idioblastos (células parenquimáticas específicas) (GOGOSZ et al., 2012). Pressupõe-se que esta espécie apresente um número elevado destas células em suas folhas. Com o processo de secagem das folhas, acredita-se que ocorra um pré-rompimento das membranas celulares, facilitando o extravasamento do óleo (ROSADO et al., 2011).

Segundo Andrade et al. (2005), as folhas de *P. anonifolium* coletadas no estado do Pará, Brasil, secas em temperatura ambiente, proporcionaram o rendimento em OE de 0,5%. Também foi relatado o rendimento do OE de 0,4% e 0,6%, com folhas coletadas nesse estado e secas em temperatura ambiente (ANDRADE et al., 2009; SILVA et al., 2014). Para esta espécie o rendimento máximo obtido na presente pesquisa foi de  $0,20 \pm 0,01\%$  (Tabela 1). De acordo com Luz et al, (2003), folhas de *P. crassinervium* coletadas em Rio Branco-AC, secas a temperatura ambiente, proporcionaram o rendimento em OE de 0,2%. Segundo Andrade et al. (2009), folhas adquiridas no estado do Pará, secas em temperatura ambiente, exibiram o rendimento em OE de 0,1%. Para esta espécie, na presente pesquisa foi obtido o rendimento máximo de  $0,32 \pm 0,02\%$ , com folhas secas em bancada (Tabela 1).

Variações nos rendimentos dos OEs são comuns e podem ocorrer devido a vários fatores ligados à rota metabólica do vegetal. Tais fatores podem estar associados à genética, biossíntese da planta, idade e estágio vegetativo, regiões de ocorrências dos espécimes, diferenças geográficas e sazonalidade local (MANGANOTTI et al., 2011; SCHINDLER et al., 2018; RIBEIRO et al., 2018).

Também podem estar relacionados à época e horário de coleta, fisiologia da planta (OLIVEIRA et al., 2012; MATTANA et al., 2015; SILVA et al., 2013), bem como ocorrência de predadores e patógenos (SILVA et al., 2015).

Para a realização desta pesquisa, os espécimes coletados de *P. anonifolium* e *P. crassinervium*, não estavam na fase reprodutiva ou época de florescimento. Tal fato pode ter afetado diretamente no rendimento do OE, pois quando a planta se encontra em estágio de floração e/ou frutificação ocorre uma maior produção de OE.

#### 4.3 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS ÓLEOS ESSENCIAIS

A hidrodestilação das folhas produziu OEs amarelo-pálido a amarelo-escuro, com aromas agradáveis e fétidos. As espécies estudadas demonstraram alta variação química em seus OEs. A análise por GC-MS permitiu a identificação de 63 compostos químicos nos OEs de folhas (secas a 35 °C), das espécies de *P. hispidinervum*, *P. aduncum*, *P. anonifolium* e *P. crassinervium* (Tabela 2). Os OEs apresentaram monoterpenos, sesquiterpenos e diterpenos na composição. A classe química dominante em *P. anonifolium* e *P. crassinervium* foi à sesquiterpênica, com o percentual de 100% e 80%, respectivamente. Em *P. aduncum* e *P. hispidinervum* os fenilpropanóides Apiol e Safrol (Figura 8A e 8B) representaram 90% e 98,8% da composição química, respectivamente (Tabela 2).

Foram identificados dois constituintes no OE de *P. hispidinervum*, no qual o fenilpropanóide Safrol (98,8%) foi o composto principal, estando presente também o Biciclogermacreno (1,17%) (Tabela 2, Figura 9A). Este constituinte também foi encontrado em outros estudos com esta espécie em diferentes regiões do Brasil, sendo o elemento principal do OE de folhas coletadas em Santa Catarina (90%) (RIVA et al., 2011), Lavras, MG (82%, 89% e 83%) (LIMA et al., 2009; ZACARONI et al., 2009; LIMA et al., 2014) e de Porto Alegre, RS (85%) (SAUTER et al., 2012). Em plantas cultivadas no Acre, o óleo essencial apresentou concentração de Safrol acima de 90% (FAZOLIN et al., 2007).

O OE de *P. aduncum* apresentou 13 compostos, sendo o fenilpropanóide Apiol (90%) o constituinte majoritário (Tabela 2, Figura 9B). Poucos são os relatos deste composto como o majoritário no OE desta espécie, comumente é encontrado o Dilapiol como constituinte principal. Por outro lado, o Apiol ocorreu em baixa

quantidade no OE de folhas coletadas no estado de Rondônia (28,6%) (SANTANA et al., 2015). Com folhas oriundas do Amazonas o Apiol apresentou (0,38%) da composição e o Dilapiol se sobressaiu com (86% e 94,8%) (SILVA et al., 2009; SILVA et al., 2013). O Dilapiol também foi encontrado em OE de folhas coletadas no Pará (80%) (SOUTO et al., 2012).

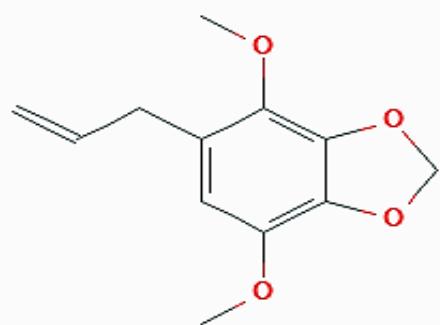
Em *P. anonifolium* foi identificado 26 constituintes, em que o sesquiterpeno  $\alpha$ -Muuroleno (23%) foi o composto principal, seguido do  $\gamma$ -Muuroleno (16,6%) e Cadina-1(10)4-dieno (11%) (Tabela 2, Figura 10A). A fórmula estrutural do  $\alpha$ -Muuroleno está representada na Figura 8C. A produção destes constituintes pode estar relacionada à proteção da planta devido ao ataque de microrganismos e bactérias. Entretanto, os OEs obtidos com folhas de *P. anonifolium* coletadas no Pará, apresentaram os constituintes  $\alpha$ -pineno (7,3% a 53,1%),  $\beta$ -Pineno (17,2% a 22,9%),  $\alpha$ -Eudesmol (33,5%) (ANDRADE et al., 2005), Selin-11-en-4- $\alpha$ -ol (20,0% e 17,5%),  $\beta$ -Selineno (12,7% e 13,9%),  $\alpha$ -Selineno (11,9% e 14,7%) (ANDRADE et al., 2009; SILVA et al., 2014).

O OE de *P. crassinervium* apresentou 35 compostos, sendo o sesquiterpeno Viridiflorol (27,7%) o constituinte majoritário, seguido do monoterpeno Sabineno (15,5%) e do sesquiterpeno  $\beta$ -Elemeno (7,0%) (Tabela 2, Figura 10B). A fórmula estrutural do Viridiflorol está representada na Figura 8D. Outros constituintes foram relatados como os principais na composição do OE com folhas coletadas no estado do Acre, Brasil, como o  $\beta$ -Cariofileno (17,7%),  $\gamma$ -Elemeno (14,4%) e o  $\beta$ -Elemeno (10,9%) (LUZ et al., 2003). Com folhas coletadas no estado de São Paulo, Brasil, os OEs apresentaram os compostos Germacreno (D) (10,1% e 14%), o Espatulenol (9,68%),  $\beta$ -Cariofileno (9,9%),  $\alpha$ -Cadinol (6,6%), Guaiol (7,1%) (DANELUTTE, 2001; MORANDIM-GIANNETTI et al., 2010). Já, Cysne et al. (2005) constatou que o OE de folhas coletadas no estado do Ceará, Brasil apresentaram os constituintes principais Linalol (28,61%),  $\beta$ -Pineno (20,01%),  $\alpha$ -Pineno (11,27%) e 1,8-Cineol (10,81%).

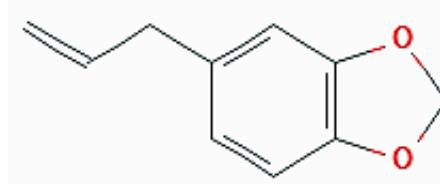
O Cariofileno (Z) foi comum em três espécies, ocorrendo em maior proporção em *P. anonifolium* (5,6%), seguido de *P. crassinervium* (3,3%) e *P. aduncum* (2,1%). Constatou-se o Biciclogermacreno em *P. hispidinervum* (1,17%) e *P. aduncum* (0,53%). Verificou-se que nas espécies *P. aduncum* e *P. crassinervium* foram comuns os constituintes  $\alpha$ -Copaeno (0,36 e 0,66%),  $\beta$ -Elemeno (0,28 e 7,07%), Germacreno (D) (1,62 e 2,61%) e Espatulenol (0,35 e 0,49), respectivamente.

Já em *P. anonifolium* e *P. crassinervium*, entre os compostos que foram comuns estão o  $\alpha$ -Cubebeno (1,61 e 1,33%),  $\beta$ -Humuleno (0,46 e 0,88%),  $\gamma$ -Muuroleno (16,6 e 1,01%),  $\alpha$ -Muuroleno (23,11 e 0,74%), Torreyol (4,10 e 0,92%) e Epi- $\alpha$ -Cadinol (5,16 e 2,59%), respectivamente.

A.



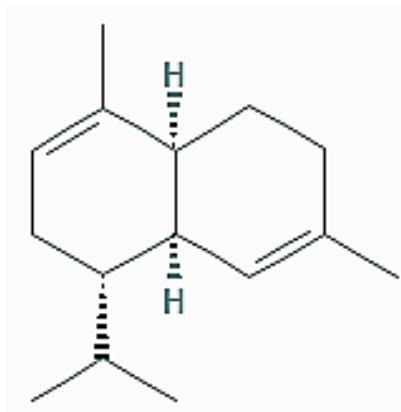
B.



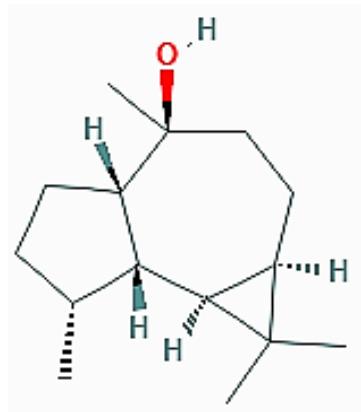
Safrol

Apiol

C.



D.



$\alpha$ -Muuroleno

Viridiflorol

Figura 8. Fórmula estrutural dos compostos majoritários dos óleos essenciais

Fonte: <http://twixar.me/mkKn>

**Tabela 2** - Porcentagem dos compostos do OE de folhas (secas a 35 °C) de *Piper hispidinervum* C.DC. (P.hi), *Piper aduncum* L. (P.ad.), *Piper anonifolium* Kunth (P.an) e *Piper crassinervium* Kunth (P.cr).

Composto	Classe	P. hi	P. ad	P. an	P. cr	Óleo (%)
						Óleo (%)
<b>Safrol</b>	Fenilpropanóide	<b>98,83</b>	--	--	--	
Biciclogermacreno	Sesquiterpeno	1,17	0,53	--	--	
$\alpha$ -Copaeno	Sesquiterpeno	--	0,36	--	0,66	
$\beta$ -Elemeno	Sesquiterpeno	--	0,28	--	7,07	
Cariofileno (Z)	Sesquiterpeno	--	2,12	5,62	3,36	
$\alpha$ -Humuleno	Sesquiterpeno	--	0,44	--	--	
Germacreno D	Sesquiterpeno	--	1,62	--	2,61	
Pentadecano	Sesquiterpeno	--	0,61	--	--	
Miristicina	Fenilpropanóide	--	1,70	--	--	
Dilapiol	Fenilpropanóide	--	0,57	--	--	
Espatulenol	Sesquiterpeno	--	0,35	--	0,49	
Óxido de Cariofileno	Sesquiterpeno	--	0,35	--	--	
Guaiol	Sesquiterpeno	--	1,09	--	--	
<b>Apiol</b>	Fenilpropanóide	--	<b>90,00</b>	--	--	
Ciclosativeno	Sesquiterpeno	--	--	5,33	--	
$\alpha$ -Cubebeno	Sesquiterpeno	--	--	1,61	1,33	
$\alpha$ -Guaieno	Sesquiterpeno	--	--	1,39	--	
$\beta$ -Humuleno	Sesquiterpeno	--	--	0,46	0,88	
Alloaromadendreno	Sesquiterpeno	--	--	0,48	--	
Ishwarano	Sesquiterpeno	--	--	4,89	--	
$\gamma$ -Muuroleno	Sesquiterpeno	--	--	<b>16,6</b>	1,01	
$\alpha$ -Muuroleno	Sesquiterpeno	--	--	<b>23,11</b>	0,74	
$\beta$ -Bisaboleno	Sesquiterpeno	--	--	1,87	--	
<b>Cadina-1(10), 4-Dieno</b>	Sesquiterpeno	--	--	<b>11,20</b>	--	
$\alpha$ -Calacoreno	Sesquiterpeno	--	--	0,65	--	
Epicubenol	Sesquiterpeno	--	--	0,94	--	
Cedrol	Sesquiterpeno	--	--	2,53	--	
Muurola-4,10 (14)-dien-1 $\beta$ -ol	Sesquiterpeno	--	--	7,28	--	
Torreiol	Sesquiterpeno	--	--	4,10	0,92	

Continua

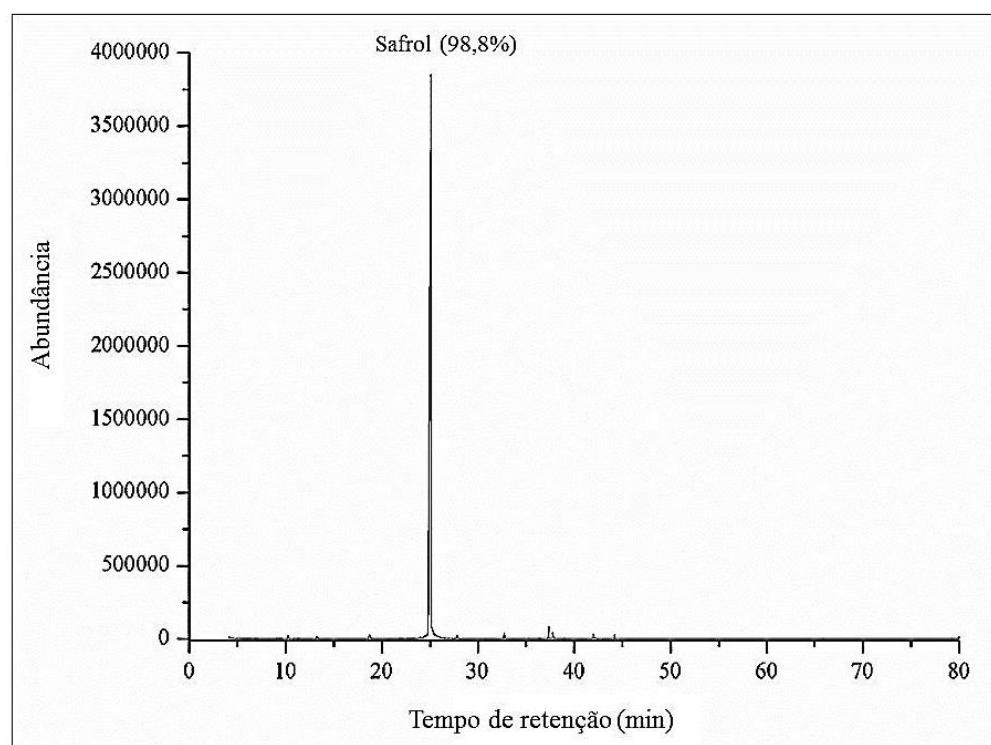
**Tabela 2** - Porcentagem dos compostos do OE de folhas (secas a 35 °C) de *Piper hispidinervum* C.DC. (P.hi), *Piper aduncum* L. (P.ad.), *Piper anonifolium* Kunth (P.an) e *Piper crassinervium* Kunth (P.cr).

Composto	Classe	P. hi	P. ad	P. an	P. cr
Óleo (%)					
Epi- $\alpha$ -Cadinol	Sesquiterpeno	--	--	4,52	--
Epi- $\alpha$ -Cadinol	Sesquiterpeno	--	--	0,64	2,59
$\beta$ -Copaen-4 $\alpha$ -ol	Sesquiterpeno	--	--	0,58	--
Isolongifolan-7 $\alpha$ -ol	Sesquiterpeno	--	--	0,26	--
Ylangenol	Sesquiterpeno	--	--	0,24	--
Valenceno	Sesquiterpeno	--	--	3,24	--
$\beta$ -Curcumeno	Sesquiterpeno	--	--	2,45	--
$\alpha$ -Pineno	Monoterpeno	--	--	--	5,64
<b>Sabineno</b>	Monoterpeno	--	--	--	<b>15,49</b>
Limoneno	Monoterpeno	--	--	--	0,95
$\alpha$ -Terpineol	Monoterpeno	--	--	--	0,34
$\delta$ -Elemeno	Sesquiterpeno	--	--	--	0,40
$\alpha$ -Gurjuneno	Sesquiterpeno	--	--	--	2,96
$\beta$ -Copaeno	Sesquiterpeno	--	--	--	0,57
$\gamma$ -Elemeno	Sesquiterpeno	--	--	--	0,40
Isocarilofeno	Sesquiterpeno	--	--	--	2,22
$\beta$ -Selineno	Sesquiterpeno	--	--	--	1,22
Ledeno	Sesquiterpeno	--	--	--	2,09
$\gamma$ -Gurjuneno	Sesquiterpeno	--	--	--	0,68
$\gamma$ -Cadineno	Sesquiterpeno	--	--	--	0,71
$\delta$ -Cadineno	Sesquiterpeno	--	--	--	2,00
Germacreno B	Sesquiterpeno	--	--	--	0,43
Nerolidol (E)	Sesquiterpeno	--	--	--	4,75
Globulol	Sesquiterpeno	--	--	--	2,10
<b>Viridiflorol</b>	Sesquiterpeno	--	--	--	<b>27,74</b>
Cubenol	Sesquiterpeno	--	--	--	1,43
$\alpha$ -Cadinol	Sesquiterpeno	--	--	--	5,35
Himachalol	Fenilpropanóide	--	--	--	0,41
Cembreno	Diterpeno	--	--	--	0,45
<b>Monoterpenos</b>					14%
<b>Sesquiterpenos</b>		50%	77%	100,00%	80%
<b>Fenilpropanóide</b>		50%	23%		3%
<b>Total</b>		100%	100%	100,00%	97%

Conclusão.

*Piper hispidinervium* C.DC

A.



*Piper aduncum* L.

B.

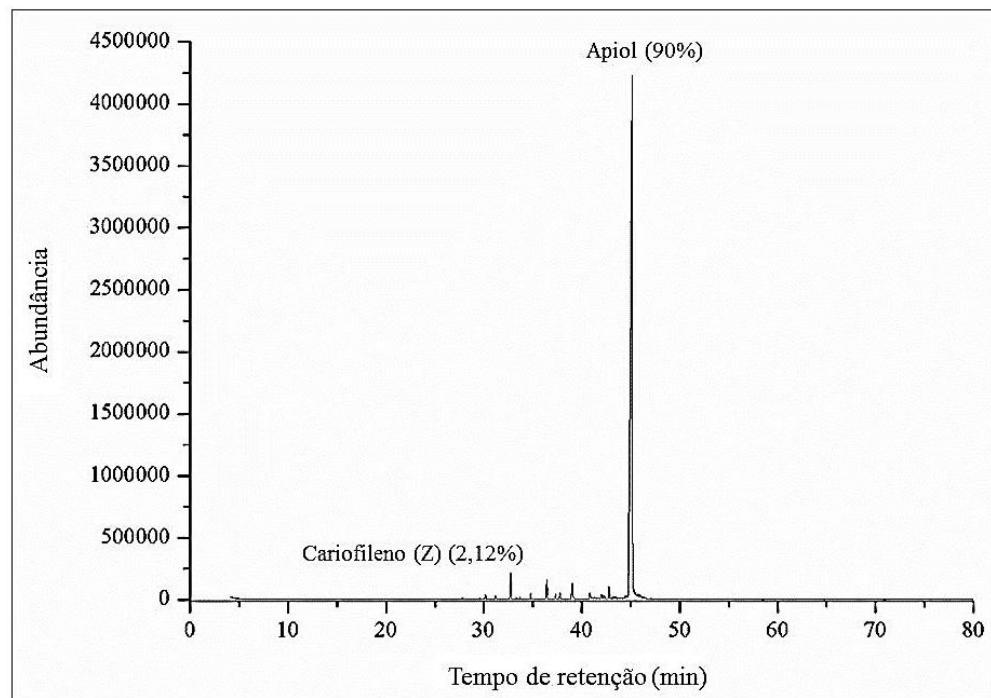
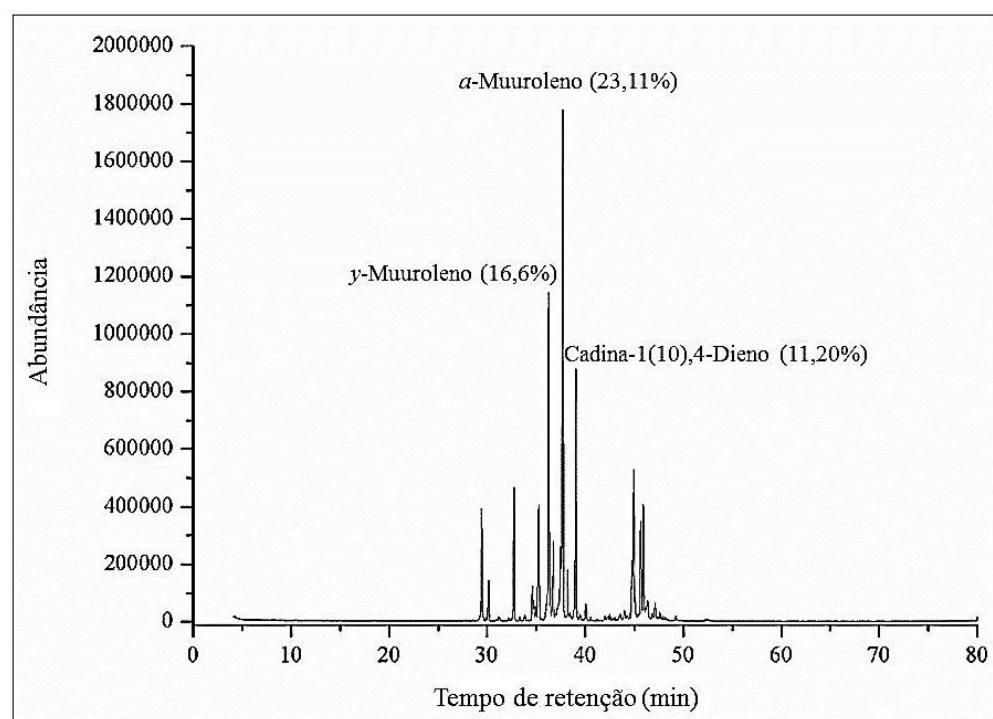


Figura 9. Cromatograma dos óleos essenciais de *P. hispidinervium* (A) e *P. aduncum* (B).

*Piper anonifolium* Kunth

A.



*Piper crassinervium* Kunth

B.

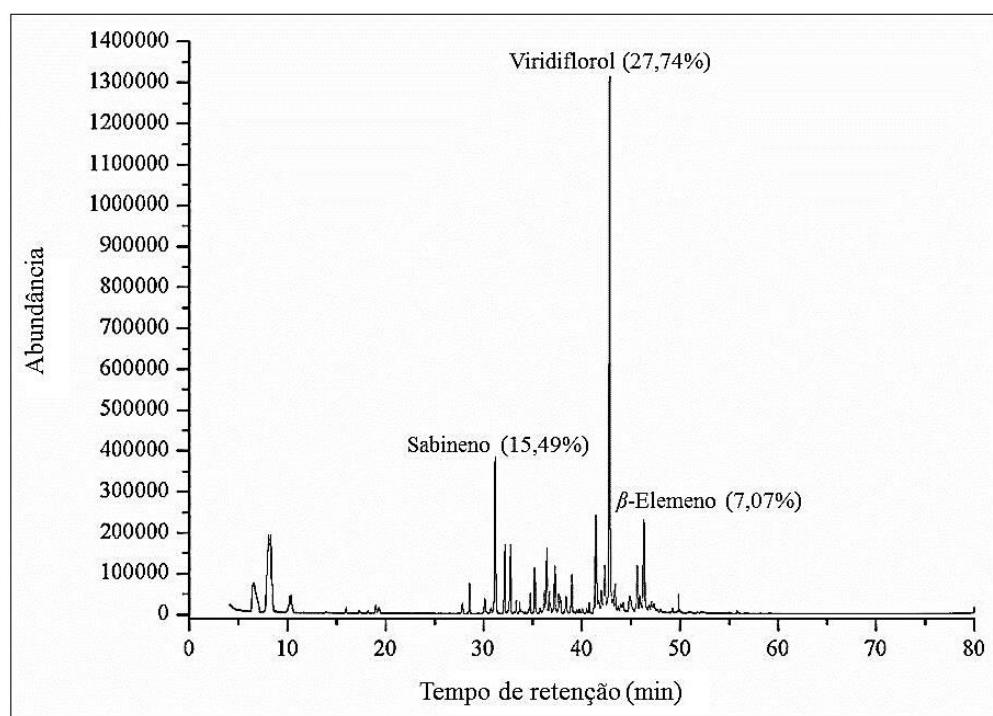


Figura 10. Cromatograma dos óleos essenciais de *P. anonifolium* (A) e *P. crassinervium* (B).

Entre os compostos majoritários encontrados nos OEs, o Safrol apresenta propriedade inseticida, antimicrobiana, anti-inflamatória, analgésica, antioxidante e, é utilizado na indústria de fragrâncias e como síntese para alguns piretróides (PAL et al., 2011; SOARES et al., 2011; SAUTER et al., 2012; JACOB et al., 2016; CLEMES et al., 2018). O Apiol apresenta atividade inseticida para Díptera, antimicrobiana, fungicida, acaricida, antitumoral (mulheres em gestação não podem fazer uso desse produto, pois apresenta atividade abortiva) (COSTA et al., 2010; FERRAZ et al., 2010; DI STEFANO et al., 2011; SONG et al., 2011; WEI et al., 2012).

O  $\alpha$ -Muuroleno e  $\gamma$ -Muuroleno apresentam propriedades farmacológicas, pois exibem atividades anti-inflamatórias, antimicrobianas (SILVA et al., 2012; CHAIBUB et al., 2013). O Viridiflorol proporciona ação inseticida para Coleópteros (ABOA et al., 2010; CAVALCANTE, 2017), atividade bactericida, anti-inflamatória, antioxidante e anticâncer (FERRAZ et al., 2013; TREVIZAN et al., 2016; ALVES et al., 2019). O Sabineno exibe propriedade antifúngica, antimicrobiana, antioxidante, anti-inflamatória e anticâncer (VALENTE et al., 2013; ARUNKUMAR et al., 2014; QUIROGA et al., 2015; MNEIMNE et al., 2016; NAGEEB; AZEIZ, 2018).

A ocorrência destes compostos nos OEs demonstra que estas espécies se mostram promissoras para as áreas de inseticida, farmacologia, perfumaria e medicina. Estudos mais aprofundados são necessários, tanto para isolar seus constituintes majoritários, como para determinar sua aplicabilidade e segurança.

#### 4.4 TOXICIDADE DOS ÓLEOS ESSENCIAIS SOBRE OS INSETOS-PRAGA

A mortalidade de *A. monuste orseis* variou significativamente entre os óleos essenciais (OEs) ( $F_{3;48}=85,66$ ;  $P\leq 0,0001$ ), entre as concentrações dos OEs ( $F_{1;48}=182,48$ ;  $P\leq 0,0001$ ) e houve interação entre estes dois fatores ( $F_{3;48}=85,66$ ;  $P\leq 0,0001$ ). Na concentração de 1%, todos os OEs foram eficazes causando mortalidade 100%. Na concentração de 0,017% os OEs de *P. anonifolium* e *P. aduncum* exibiram maior eficácia, ocasionando a mortalidade de 100 e 97% respectivamente, seguido de *P. hispidinervum* (71%) e *P. crassinervium* (11%) (Figura 11A).

Para *A. sexdens*, a mortalidade variou significativamente entre os óleos essenciais (OEs) ( $F_{3;72}=25,86$ ;  $P\leq 0,0001$ ), entre as concentrações dos OEs

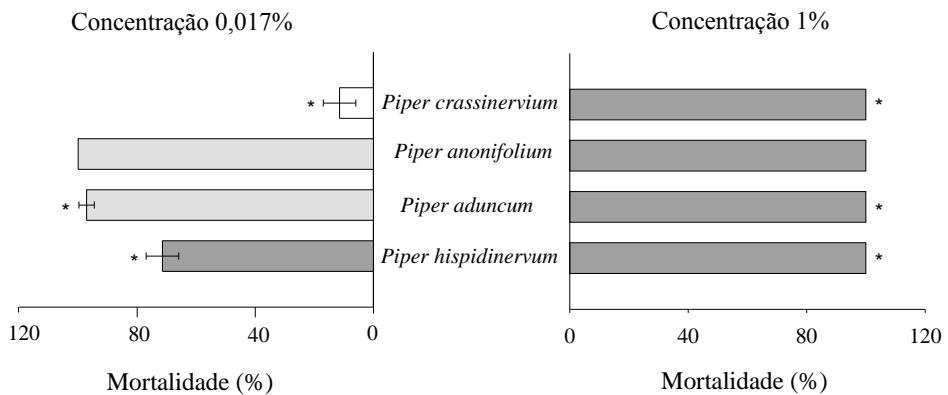
( $F_{1,72}=1102,29$ ;  $P\leq 0,0001$ ) e houve interação entre estes dois fatores ( $F_{3,72}=18,30$ ;  $P\leq 0,0001$ ). Na concentração de 1% dos OEs de *P. hispidinervum* e *P. aduncum* ocasionaram 100% de mortalidade, seguidas de *P. anonifolium* e *P. crassinervium* com 63%. Na concentração 0,017% os OEs apresentaram baixo efeito tóxico, em que *P. hispidinervum*, *P. crassinervium*, *P. aduncum* e *P. anonifolium* ocasionaram a mortalidade de 12%, 7%, 3% e 2%, respectivamente (Figura 11B). Durante os bioensaios, constatou-se que o OE de *P. aduncum* na concentração de 0,017% acarretou efeito neurotóxicos nas formigas, que apresentaram desequilíbrio motor, como tremores em todo o corpo, inabilidade na mordida e dificuldade de locomoção.

A mortalidade de *C. ferrugineus* variou significativamente entre os óleos essenciais (OEs) ( $F_{3,24}=17,00$ ;  $P\leq 0,0001$ ), entre as concentrações dos OEs ( $F_{1,24}=17,00$ ;  $P\leq 0,0004$ ) e houve interação entre estes dois fatores ( $F_{3,24}=17,00$ ;  $P\leq 0,0001$ ). Todos os OEs na concentração de 1% ocasionaram 100% de mortalidade. Na concentração 0,017% os OEs de *P. hispinervium*, *P. aduncum* e *P. anonifolium* acarretaram a mortalidade de 100%, seguido de *P. crassinervium* com 66% (Figura 12A).

Para *Z. subfasciatus* a mortalidade variou significativamente entre os óleos essenciais (OEs) ( $F_{3,24}=54,19$ ;  $P\leq 0,0001$ ), entre as concentrações dos OEs ( $F_{1,24}=1728,82$ ;  $P\leq 0,0001$ ) e houve interação entre estes dois fatores ( $F_{3,24}=49,70$ ;  $P\leq 0,0001$ ). A concentração de 1% do OE de *P. hispinervium* proporcionou 100% de mortalidade, seguido de *P. aduncum* (81%), *P. anonifolium* (76%) e *P. crassinervium* (65%). Na concentração de 0,017% os OEs de *P. aduncum* e *P. anonifolium* ocasionaram a mortalidade de 41% e 26%, respectivamente, seguido de *P. hispidinervum* (15%) e *P. crassinervium* (11%) (Figura 12B).

A mortalidade de *S. zeamais* variou significativamente entre os óleos essenciais (OEs) ( $F_{3,24}=249,12$ ;  $P\leq 0,0001$ ), entre as concentrações dos OEs ( $F_{1,24}=492,59$ ;  $P\leq 0,0001$ ) e houve interação entre estes dois fatores ( $F_{3,24}=249,14$ ;  $P\leq 0,0001$ ). Na concentração de 1% do OE de *P. hispidinervum* ocasionou 100% de mortalidade, seguido de *P. aduncum* com 33%. O OE de *P. anonifolium* e *P. crassinervium* não apresentou toxicidade, com 0% de mortalidade. A concentração 0,017% dos OEs não apresentou toxicidade, com 0% de mortalidade (Figura 12C).

A.

*Ascia monuste orseis*

B.

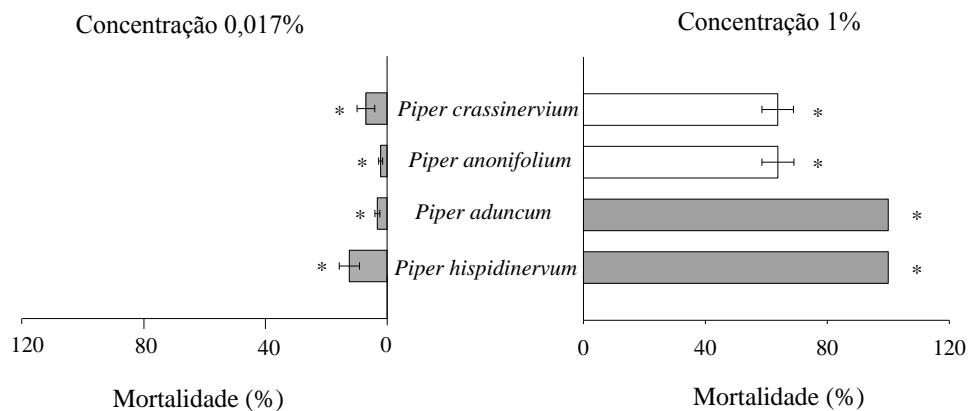
*Atta sexdens*

Figura 11. Mortalidade (%) de *A. monuste orseis* (A) e *A. sexdens* (B) nas concentrações de 0,017 e 1%. Médias agrupadas com barras de cores iguais não diferem significativamente entre as espécies vegetais e os asteriscos indicam a diferença significativa entre as concentrações pelo teste de Tukey ( $P<0,05$ ).

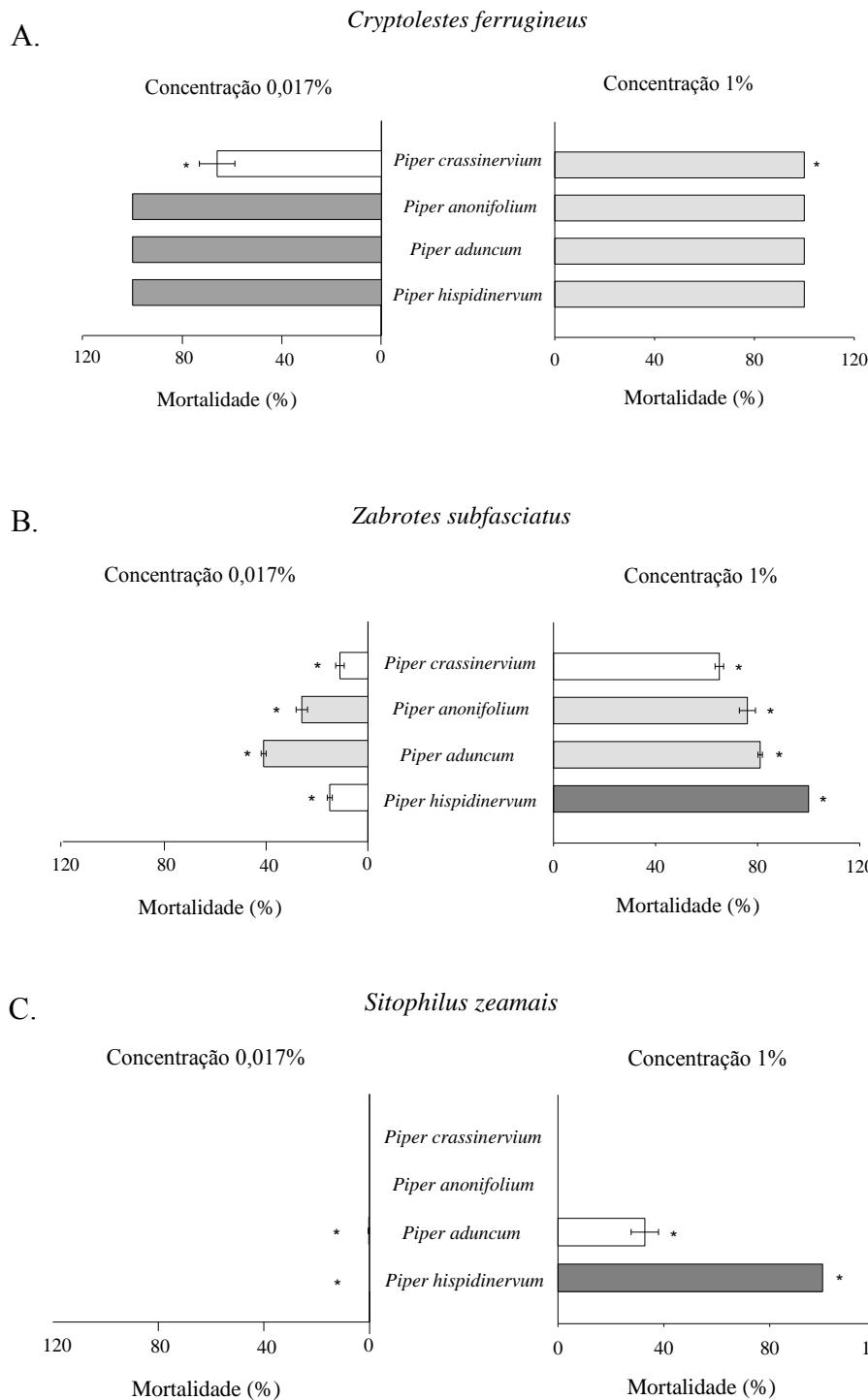


Figura 12. Mortalidade (%) de *C. ferrugineus* (A), *Z. subfasciatus* (B) e *S. zeamais* (C) nas concentrações de 0,017 e 1%. Médias agrupadas com barras de cores iguais não diferem significativamente entre as espécies vegetais e os asteriscos indicam a diferença significativa entre as concentrações pelo teste de Tukey ( $P<0,05$ ).

Em geral, os OEs de *P. hispidinervum*, *P. aduncum*, *P. anonifolium* e *P. crassinervium* apresentaram atividade inseticida contra *A. monuste orseis*, *A. sexdens*, *C. ferrugineus* e *Z. subfasciatus*, causando mortalidade na concentração de 1,0%, exceto para *S. zeamais*.

Constatou-se que o OE de *P. hispidinervum* ocasionou a mortalidade de 100% nos insetos das cinco espécies avaliadas, na concentração de 1,0%. Estudos relatam a atividade bioinseticida deste OE sobre outros insetos, como *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) (CRUZ et al., 2014) e *Thyrinteina Arnobia* (Stoll) (Lepidoptera: Geometridae) (SOARES et al., 2011), *Z. subfasciatus* (BRITO et al., 2012), *S. zeamais* e *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae) (FAZOLIN et al., 2007; COITINHO et al., 2011).

Na presente pesquisa constatou-se que o OE de *P. aduncum* acarretou a mortalidade de 100% em *A. monuste orseis*, *A. sexdens* e *C. ferrugineus* e 81% em *Z. subfasciatus* e 33% para *S. zeamais*, na concentração de 1%. Estudos demonstram a atividade inseticida de *P. aduncum* sobre outros insetos. Segundo Lucena et al. (2017), *P. aduncum* apresentou ação bioinseticida de para *Anticarsia gemmatalis* (Hübner) (Lepidoptera: Erebidae) e *S. frugiperda*. Também apresentou atividade inseticida para *Solenopsis saevissima* F. Smith. (Hymenoptera: Formicidae) (SOUTO et al., 2012), *S. zeamais* (ESTRELA et al., 2006) e *Z. subfasciatus* (BRITO et al., 2012). Já o OE de *P. anonifolium* ocasionou a mortalidade de 100% em *A. monuste orseis* e *C. ferrugineus*, em *A. sexdens* (63%) e *Z. subfasciatus* (76%), porém não foi tóxico para *S. zeamais*. Este é o primeiro relado da atividade bioinseticida do OE de *P. anonifolium*. Segundo Silva et al. (2014), *P. anonifolium* apresentou atividade antifúngica em *Cladosporium cladosporioides* e *C. sphareospermum*.

Verificou-se que o OE de *P. crassinervium* ocasionou a mortalidade de 100% em *A. monuste orseis* e *C. ferrugineus*, para *A. sexdens* (63%), *Z. subfasciatus* (65%) e não foi tóxico para *S. zeamais*. A atividade inseticida de *P. crassinervium* foi constatada sobre outros insetos, como *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae) (KRINSK et al., 2018), *Callosobruchus maculatus* (Fabr.) (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae) (CASTRO, 2013), *T. castaneum* e *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) (SILVA et al., 2011; SALGADO; FARONI, SOTO et al., 2012). Os resultados obtidos nesta pesquisa corroboram com os relatos encontrados na literatura consultada. Estas espécies de Piperáceas estudadas apresentam potencialidades para a obtenção de novas moléculas com atividade bioinseticida.

## 5 CONCLUSÕES

1. A densidade do OE de *P. hispidinervum*, *P. aduncum* e *P. anonifolium* é afetada com as condições de secagens das folhas.
2. O rendimento dos OEs de *P. aduncum* e *P. hispidinervum* variou entre as técnicas de secagens, sendo o maior rendimento obtido com folhas secas em estufa a 45 °C.
3. As espécies estudadas demonstraram alta variação na composição química de seus óleos essenciais, destacando-se o elevado teor de Safrol em *P. hispidinervum* e o Apiol em *P. aduncum*.
4. Os OEs apresentam atividade inseticida para os insetos-praga *A. monuste orseis*, *A. sexdens*, *C. ferrugineus* e *Z. subfasciatus*.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABOA, L. R. N.; SERI-KOUASSI, B. P.; KOUA, H. K. Insecticidal activity of essential oils from three aromatic plants on *Callosobruchus maculatus* F. Côte d'Ivoire. **Europe an Journal of Scientific Research**, v. 39, n. 2, p. 243-250, 2010.
- AIRES, I. C.; LIMA, R. A. Potencial fungicida do extrato etanólico dos talos de *Piper aduncum* L. (Piperaceae) sobre *Candida albicans* in vitro. **Revista Eletrônica de Biologia (REB)**, v. 7, n. 3, p. 270-280, 2014.
- ALBIERO, A. L. M. et al Morfoanatomia dos órgãos vegetativos de *Piper crassinervium* H.B.&K. (Piperaceae). **Acta Botânica Brasílica**, v. 19, n. 2, p. 305-312, 2005.
- ALMEIDA, M. P. et al. Explorando a química e a atividade antifúngica de óleos essenciais: Uma proposta de projeto para a Educação Básica. **Latin American Journal of Science Education**, v. 2, p. 22059, 2015.
- ALMEIDA, R. R. P. de. et al. Chemical variation in *Piper aduncum* and biological properties of its dillapiole rich essential oil. **Chemistry & biodiversity**, v. 6, n. 9, p. 1427-1434, 2009.
- ALVES, C. C. F. et al. Atividade antiproliferativa dos óleos essenciais de três plantas do Cerrado brasileiro: *Campomanesia adamantium* (Myrtaceae), *Protium ovatum* (Burseraceae) e *Cardiopetalum calophyllum* (Annonaceae). **Brazilian Journal of Biology**. [online]. Apr. 18, 2019. Disponível em: <<http://twixar.me/DX8K>>. Acesso em: 28 abri. 2019.
- ALVES, T. J. S. et al. Effects of *Piper hispidinervum* on spermatogenesis and histochemistry of ovarioles of *Spodoptera frugiperda*. **Biotechnic & Histochemistry**, v. 89, n. 4, p. 245-255, 2014.
- ANDRADE, E. H. A. et al. Essential oil composition of *Piper anonoifolium* (Kunth) C. DC. **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, v. 8, n. 3, p. 289-294, 2005.
- ANDRADE, E. H. A. et al. **Variabilidade química em óleos essenciais de espécies de Piper da Amazônia**. 22. ed. Belém: FEQ/UFPA, 2009.
- ARAÚJO, M. S. et al. Controle biológico de formigas-cortadeiras: o caso da predação de fêmeas de *Atta* spp. por *Canthon virens*. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 2, n. 3, p. 8-12, jul./set. 2015.
- ARAÚJO, T. A. de. et al. Toxicity and residual effects of insecticides on *Ascia monuste* and predator *Solenopsis saevissima*. **Pest Management Science**, Medford, v. 73, n. 11, p. 2259-2266, nov. 2017.
- ARCURI, S. L. et al. Yeasts found on an ephemeral reproductive caste of the leaf-cutting ant *Atta sexdens rubropilosa*. **Antonie van Leeuwenhoek**, v. 106, p. 475-487, 2014.

- ARTHUR, F. H.; ONDIER, G.O.; SIEBENMORGEN, T. J. Impact of *Rhyzopertha dominica* (F.) on quality parameters of milled rice. **Journal of Stored Products Research**, v. 48, p. 137- 142, jan. 2012.
- ARUNKUMAR, R. et al. The essential oil constituents of *Zornia diphylla* (L.) Pers, and anti-inflammatory and antimicrobial activities of the oil. **Records of Natural Products**, v. 8, n. 4, p. 385-393, 2014.
- ARZE, J. B. L. et al. Essential oils from Bolivia. VIII. Piperaceae: *Piper heterophyllum* Ruiz & Pav, *P. aduncum* L. **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, v. 11, n. 1, p. 53-57, 2008.
- ASCENÇÃO, V. L.; MOUCHREK FILHO, V. E. Extração, caracterização química e atividade antifúngica de óleo essencial *Syzygium aromaticum* (cravo da índia). **Cadernos de Pesquisas**, São Luís, v. 20, p. 137-144, jul. 2013.
- BAKKALI, F. et al. Biological effects of essential oils - a review. **Food and Chemical Toxicology**, v. 46, p. 446-475, 2008.
- BARDELLI, K. C.; KIRIZAWA, M.; SOUSA, A. V. G. de. The genus *Piper* L. (Piperaceae) of microbasin of Sítio Cabuçu-Proguardu Atlantic Rain Forest of Guarulhos, SP, Brazil. **Hoehnea**, v. 35, n. 4, p. 553-561, out. 2008.
- BARRETT, E. L. B. et al. Separate and combined effects of nutrition during juvenile and sexual development on female life-history trajectories: the thrifty phenotype in a cockroach. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 276, n. 1671, p. 3257-3264, 2009.
- BASER, K. H. C.; BUCHBAUER, G. **Handbook of essential oils**; science, technology, and applications CRC Press, p. 994, 2012.
- BERGO, C. L. **Estudos agronômicos e fitoquímicos de Piper hispidinervum C. DC. e Piper aduncum L. para produção de safrol e dilapiol**. 2010. 138f. Tese (Doutorado em Ciências)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR. 2010.
- BERNAL, R.; GRADSTEIN, S. R.; CELIS, M. **Catálogo de Plantas y Líquenes de Colombia (Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia)**. 2015. Disponível em: < <http://twixar.me/PVqK>. Acesso em: 03 de fev. 2019.
- BIASI, L. A.; DESCHAMPS, C. **Plantas aromáticas: do cultivo à produção de óleo essencial**. Curitiba: Layer Studio Gráfico e Editora Ltda, 2009.
- BRAGA, N. P. et al. Effects of fixed bed drying on the yield and composition of essential oil from long pepper (*Piper hispidinervium* C. DC.) leaves. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, v. 22, n. 2, p. 257-262, abri/jun. 2005.
- BRANDÃO FILHO J. et al. Controle químico de lepidópteros na cultura da couve-flor. **Horticultura Brasileira**, v. 29 p. 522-530, jul. 2011.
- BRITO, S. S. S. et al. Avaliação do potencial inseticida dos óleos essenciais de *Piper aduncum* e *Piper hispidinervum* sobre praga de grão armazenado. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 2, p. 1021-1027, jul. 2012.
- BRUN, G. R.; MOSSI, A. J. Caracterização química e atividade antimicrobiana do óleo volátil de pitanga (*Eugenia uniflora* L.). **Perspectiva**, v. 34, n. 127, p. 135-142, 2010.
- CARMONA-HERNÁNDEZ, Ó. et al. Actividad insecticida de extractos etanólicos foliares de nueve piperáceas (*Piper* spp.) en *Drosophila melanogaster*. **Revista Internacional de Contaminación Ambiental**, v. 30, p. 67-73, 2015.
- CARNEVALLI, D. B.; ARAÚJO, A. P. S. de. Atividade Biológica da Pimenta Preta (*Piper nigrum* L.): Revisão de Literatura. **Uniciências**, v. 17, n. 1, p. 41-46, 2015.

- CARVALHO-SILVA, M.; GUIMARÃES, E. F.; VON, S. M. E. Flora da Serra do Cipó, Minas Gerais: Piperaceae. **Boletim de Botânica**, v. 31, n. 1, p. 27-40, 2013.
- CASSEL, E. et al. Steam distillation modeling for essential oil extraction process. **Industrial Crops and Products**, v. 29, p. 171-176, 2009.
- CASTRO. M. de. J. P. **Efeitos de genótipos de feijão-caupi e de espécies botânicas em diferentes formulações sobre *Callosobruchus maculatus* (FABR.)**. 2013. 131f. Tese (Doutorado em Agronomia)-Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP, Botucatu, SP, 2013.
- CAVALCANTE, S. M. A. **Avaliação da atividade inseticida de óleos essenciais de *Myrrinum atropurpureum* Schott, *Psidium salutare* (kunth) O. Berg e *Pimpinella anisum* L, contra *Oryzaephilus surinamensis* L.** 2017. 74f. Dissertação (Mestrado em Ambiente e Desenvolvimento) - Centro Universitário Univates. Lajeado, 2017.
- CAVALHEIRO, C. N. et al. Distribuição de *Piper Gaudichaudianum* Kuntze (Piperaceae) e efeito de borda em fragmento florestal do Jardim Botânico de Lajeado (JBL), Rio Grande do Sul. **Revista Destaques Acadêmicos**, v. 5, n. 3, 2013.
- CERIMELE, E.; RINGUELET, J. A. Aspectos agronômicos da produção de espécies aromáticas. **BANDONI, AL e CZEPAK, MP Os recursos vegetais aromáticos no Brasil: seu aproveitamento industrial para a produção de aromas e sabores.** Vitória, ES: EDUFES, 2008.
- CHAIBUB, B. A. et al. Chemical composition of the essential oil and evaluation of the antimicrobial activity of essential oil, crude ethanol extract and fractions of *Spiranthera odoratissima* A. St.-Hil. leaves. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 15, n. 2, p. 225-229, 2013.
- CHRIST, J. A. **Diversidade morfológica e molecular em *Piper* (Piperaceae) em um fragmento de Floresta Atlântica.** 2016. 100 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento)-Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, ES, 2016.
- CLEMES, S. M. et al. Seasonality and hydrodistillation time effects on the yield and chemical composition of leaves essential oil of *Piper mikanianum* (Kunth) Steudel. **Eclética Química Journal**, v. 40, n. 1, p. 117-125, 2018.
- COITINHO, R. L. B. C. de. et al. Toxicity by fumigation, contact and ingestion of essential oils in *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1885 (Coleoptera: Curculionidae). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 1, p. 172-178, 2011.
- COPATTI, C. E.; MARCON, R. K.; MACHADO, M. B. Avaliação de dano de *Sitophilus zeamais*, *Oryzaephilus surinamensis* e *Laemophloeus minutus* em grãos de arroz armazenados. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, campina Grande, PB, v. 17, n. 8, p. 855-860, 2013.
- CORRÊA, J. C. R.; SALGADO, H. R. N. Atividade inseticida das plantas e aplicações: revisão. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Botucatu, v. 13, n. 4, p. 500-506, out./dez. 2011.
- COSTA, J. G. M. et al. Chemical composition and toxicity of essential oils of *Piper* species against larvae of *Aedes aegypti* L. (Diptera: Culicidae). **Latin American Journal of Pharmacy**, v. 29, n. 3, p. 463-467, 2010.
- COSTA, M. M. **Triagem fitoquímica e avaliação da atividade antioxidante da espécie *Hyptis pectinata*.** 2016. 100f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química)- Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2016.

- CRUZ, G. S. V. et al. Bioactivity of *Piper hispidinervum* (Piperales: Piperaceae) and *Syzygium aromaticum* (Myrtales: Myrtaceae) oils, with or without formulated Bta on the biology and immunology of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 107, n. 1, p. 144-153, 2014.
- CYSNE, J. B. et al. Leaf essential oils of four *Piper* species from the state of Ceará-northeast of Brazil. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 16, n. 6, p.1378-1381, 2005.
- DANELUTTE, A. P. **Estudo do metabolismo secundário em Piper crassinervium (Piperaceae)**. 2001. 136 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.
- DE LA ROSA, L. A. et al. **Fruit and vegetable phytochemicals: chemistry, nutritional value and stability**. 1 ed. Wiley-Blackwell. Iowa, USA, v. 1, p. 382, 2010.
- DELLA LUCIA, T. M. C.; SOUZA, D. J. Importância e história de vida das formigas-cortadeiras. **Formigas-Cortadeiras da biotecnologia ao manejo. Editora UFV. Viçosa, Brasil**, p. 13-26, 2011.
- DEVI, K. C.; DEVI, S. S. Insecticidal and oviposition deterrent properties of some spices against coleopteran beetle, *Sitophilus oryzae*. **Journal of food science and technology**, v. 50, n. 3, p. 600-604, mai./jun. 2013.
- DI STEFANO, V. et al. Antimicrobial and antiproliferative activity of *Athamanta sicula* L. (Apiaceae). **Pharmacognosy magazine**, v. 7, n. 25, p. 31, 2011.
- ESTRELA, L. L. V. et al. Toxicidade de óleos essenciais de *Piper aduncum* e *Piper hispidinervum* em *Sitophilus zeamais*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, DF, v. 41, n. 2, p. 217-222, 2006.
- FARIAS, A. M. **Bioatividade do óleo essencial de Piper tuberculatum Jacq sobre a lagarta-do-cartucho-do-milho Spodoptera frugiperda (J. E. Smith. 1797) (Lepidoptera: Noctuidae)**. 2012. 66f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Universidade Federal do Piauí. Teresina, 2012.
- FARONI, L. R. A.; SILVA, J. S. Manejo de pragas no ecossistema de grãos armazenados. **JS SILVA. Secagem e armazenagem de produtos agrícolas. 2nd ed. Viçosa: Aprenda Fácil**, p. 371-406, 2008.
- FARONI, L. R. A.; SOUSA, A. H. Aspectos biológicos e taxonômicos dos principais insetos-praga de produtos armazenados. **Tecnologia de armazenagem em sementes. Campina Grande: UFCG**, v. 1, p. 371-402, jan. 2006.
- FAZOLIN, M. et al. Propriedade inseticida dos óleos essenciais de *Piper hispidinervum* C. DC., *Piper aduncum* L. e *Tanaecium nocturnum* (Barb. Rodr.) Bur. & K. Shum sobre *Tenebrio molitor* L., 1758. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 1, p. 113-120, 2007.
- FAZOLIN, M. et al. Synergistic potential of dillapiole-rich essential oil with synthetic pyrethroid insecticides against fall armyworm. Santa Maria, RS, **Ciência Rural**, v. 46, n. 3, p. 382-388, mai. 2016.
- FELIPE, L. O.; BICAS, J. L. Terpenos, aromas e a química dos compostos naturais. **Química Nova na Escola**, São Paulo, SP, v. 39, n. 2, p. 120-30, mai. 2017.
- FERRAZ, B. F. A. de. et al. Acaricidal activity and chemical composition of the essential oil from three *Piper* species. **Parasitology Research**, v. 107, p. 243-248, 2010.
- FERRAZ, R. P. C. et al. Antitumour properties of the leaf essential oil of *Xylopia frutescens* Aubl. (Annonaceae). **Food Chemistry**, v. 141, n. 1, p. 196-200, 2013.

- FERREIRA, W. S. et al. Piperina, seus análogos e derivados: potencial como antiparasitários. **Revista Virtual de Química**, v. 4, n. 3, p. 208-224, 2012.
- FIGIEL, A. et al. Composition of oregano essential oil (*Origanum vulgare*) as affected by drying method. **Journal of Food Engineering**, v. 98, n. 2, p. 240-247, may. 2010.
- FIGUEIREDO, P. B. **Estudo químico e atividade larvicida do óleo essencial das folhas de *Piper aduncum* L.** 2014. 81 f. Dissertação (Mestrado em Química)- Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.
- GAÍNZA, Y. A. et al. *Piper aduncum* against *Haemonchus contortus* isolates: cross resistance and the research of natural bioactive compounds. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 25, n. 4, p. 383-393, 2016.
- GARCEZ, W. S. et al. Substâncias de origem vegetal com atividade larvicida contra *Aedes aegypti*. **Revista Virtual de Química**, v. 5, n. 3, p. 363-393, 2013.
- GARCIA, A. A.; CARRIL, E. P. U. Metabolismo secundário de plantas. **Reduca (biología)**, v. 2, n. 3, p. 119-145, 2009.
- GIESEL, A. **Espécies, hábitos e manejo ecológico de formigas cortadeiras dos campos de Lages**. 2014. 147 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal)- Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2014.
- GIESEL, A. et al. The effect of homeopathic preparations on the activity level of *Acromyrmex* leaf-cutting ants. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 34, n. 4, p. 445-451, oct./dec. 2012.
- GIRARD, E. A.; KOEHLER, H. S.; NETTO, S. P. Volume, biomassa e rendimento de óleos essenciais do craveiro (*Pimenta pseudocaryophyllus* (GOMES) LANDRUM). **Revista Acadêmica Ciência Animal**, v. 5, n. 2, p. 147-165, 2007.
- GOBBO-NETO, L.; LOPES, N. P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química nova**, v. 30, n. 2, p. 374-381, out. 2007.
- GOGOSZ, A. M. et al. Anatomia foliar comparativa de nove espécies do gênero *Piper* (Piperaceae). **Rodriguésia**, v. 63, n. 2, p. 405-417, 2012.
- GOLMAKANI, M. T.; REZAEI, K. Comparison of microwave-assisted hydrodistillation with the traditional hydrodistillation method in the extraction of essential oils from *Thymus vulgaris* L. **Food Chemistry**, v. 109, n. 4, p. 925-930, aug. 2008.
- GOMES, B. P. R. et al. Caracterização química e citotoxicidade do óleo essencial do cravo-da-índia (*Syzygium aromaticum*). **Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas**, v. 47, n. 1, p. 37-52, jun. 2018.
- GOMES, E. N. et al. Rooting of apical, median and basal stem cuttings of *Piper aduncum* L. on different substrates. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 17, n. 3, p. 435-439, jun. 2018.
- GOMES, E. N.; KRINSKI, D. Enraizamento de estacas caulinares de *Piper crassinervium* Kunth sob diferentes concentrações de ácido indolbutírico. **Journal of Neotropical Agriculture**, Cassilândia-MS, v. 6, n. 1, p. 92-97, jan./mar. 2019.
- GONÇALVES, A.; GUAZZELLI, M. J. **Agrofloresta e Óleos Essenciais**. 2014. Disponível em: <http://twixar.me/5GNn>. Acesso em: 11 de fevereiro de 2019.
- GUIMARÃES, E. F. et al. Piperaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. **Rodriguésia**, v. 66, n. 4, p. 1085-1113, 2015.

- GUIMARÃES, E. F.; CARVALHO-SILVA, M. Piperaceae. In **Wanderley, M. G. L.; Shepherd, G. J.; Melhem, T. S.; Giulietti, A. M.; Martins, S. E. (orgs.). Flora fanerogâmica do estado de São Paulo**, v. 7. FAPESP, São Paulo. 2012. p. 263-320.
- GUIMARÃES, E. F.; MONTEIRO, D. Neotropical Piperaceae. In **Milliken W, Klitgård B, Baracat A (2009 onwards) Neotropikey - Interactive key and information resources for flowering plants of the Neotropics**, 2009. Disponível em: <<http://twixar.me/txqK>>. Acesso em: 05 de jan. 2019.
- HOLTZ, M. A. et al. Curuquerê-da-couve (*Ascia monuste orseis*). In **Pragas das brássicas**. 1. ed. Colatina, ES: IFES, p. 120-141, 2015.
- JACOB, R. G. Óleos Essenciais como matéria-prima sustentável para o preparo de produtos com maior valor agregado. **Revista Virtual de Química**, v. 9, n. 1, p. 294-316 dez. 2016.
- JEMAA, J. M. B. et al. Insecticidal activities of essential oils from leaves of *Laurus nobilis* L. from Tunisia, Algeria and Morocco, and comparative chemical composition. **Journal of Stored Products Research**, v. 48, p. 97-104, out. 2012.
- JOSHI, D. R.; SHRESTHA, A. C.; ADHIKARI, N. A review on diversified use of the king of spices: *Piper nigrum* (Black pepper). **International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research**, v. 9, n. 10, p. 4089-4101, 2017.
- JUNG, P. H. et al. Atividade inseticida de *Eugenia uniflora* L. e *Melia azedarach* L. sobre *Atta laevigata* Smith. **Floresta e Ambiente**, v. 20, n. 2, p. 191-196, abri./jun. 2013.
- JUNG, P. H. et al. Insecticidal activity of *Eugenia uniflora* L. and *Melia azedarach* L. on *Atta laevigata* Smith. **Floresta e Ambiente**, v. 20, n. 2, p. 191-196, 2013.
- JUNIOR, V. B. S.; BERMUDEZ, G. M. M.; GUIMARÃES, E. F. Diversidade de Piperaceae em um remanescente de Floresta Atlântica na região serrana do Espírito Santo, Brasil. **Biotemas**, v. 27, n. 1, p. 49-57, 2014.
- KRINSKI, D. et al. Ovicidal effect of the essential oils from 18 Brazilian *Piper* species: controlling *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera, Erebidae) at the initial stage of development. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 40, n.1, p.1-10, 2018.
- KRINSKI, D.; FOERSTER, L. A. Toxicity of essential oils from leaves of Piperaceae species in rice stalk stink bug eggs, *Tibraca limbaticollis* (Hemiptera: Pentatomidae). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 40, p. 676-687, nov./dec. 2016.
- KRINSKI, D.; MASSAROLI, A.; MACHADO, M. Potencial inseticida de plantas da família Annonaceae. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, MG, v. 36, n. 1, p. 225-242, fev. 2014.
- LEAL, I. R. et al. Effects of habitat fragmentation on ant richness and functional composition in brazilian atlantic forest. **Biodiversity Conservation**, v. 21, n. 7, p. 1687-1701, 2012.
- LIMA, R. A.; SILVA, A. C. Identificação das classes de metabólitos secundários no extrato etanólico dos frutos e folhas de *Eugenia uniflora* L. **Electronic Journal of Management, Education and Environmental Technology (REGET)**, v. 20, n. 1, p. 381-388, jan./abri. 2016.
- LIMA, R. K. et al. Atividade inseticida do óleo essencial de pimenta longa (*Piper hispidinervum* C. DC.) sobre lagarta-do-cartucho do milho *Spodoptera frugiperda* (JE Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). **Acta amazônica**, v. 39, n. 2, p. 377-382, 2009.

- LIMA, R. K. et al. Composição química e toxicidade de óleos essenciais para o pulgão-verde *Schizaphis graminum* (Rondani, 1852). **Arquivo do Instituto Biológico**, v. 81, n. 1, p. 22-29, jan. 2014.
- LORINI, I. et al. Expurgo da semente de soja com fosfina e seu efeito na qualidade fisiológica-Série Sementes. **Embrapa Soja-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2013.
- LORINI, I. et al. **Manejo integrado de pragas de grãos e sementes armazenadas**. Embrapa Soja, Brasília, v. 86001, p. 970, 2015.
- LORINI, I. Insetos que atacam grãos de soja armazenados. In **HOFFMANN-CAMPO, C. B., CORRÊA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F. Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga**. Embrapa, Brasília, DF, 2012. p. 421-444.
- LUCENA, D. C. et al. Biological activity of *Piper aduncum* extracts on *Anticarsia gemmatalis* (Hübner) (Lepidoptera: Erebidae) and *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 89, n. 3, p. 1869-1879, aug. 2017.
- LUZ, A. I. R. et al. The essential oils of *Piper reticulatum* L. and *P. crassinervium* H. B. K. **Acta Amazonica**, v. 33, n. 2, p. 341-344, 2003.
- MACHADO, M. P. et al. Effect of the natural and artificial drying of leaf biomass *Piper hispidinervum* on the chemical composition of the essential oil. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 1, p. 265-270, 2013.
- MANGANOTTI, S. A. et al. Influência do horário de coleta, orientação geográfica e dossel na produção de óleo essencial de *Cordia verbenacea* DC. **Biotemas**, v. 24, n. 1, p. 9-14, 2011.
- MAO, L.; HENDERSON, G. Evaluation of potential luse of nootkatone against maize weevil (*Sitophilus zeamais* Motschulsky) and rice weevil [*S. oryzae* (L.)] (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Stored Products Research**, v. 46, p. 129-132, 2010.
- MAPELI, N. C. et al. Deterrência alimentar em *Ascia monuste orseis* Godart (Lepidoptera: Pieridae) induzida por soluções homeopáticas. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 62, n. 2, p. 184-190, mar./abri. 2015.
- MARTÍNEZ-NATARÉN, D. A. et al. Morphology and density of glandular trichomes in populations of Mexican oregano (*Lippia graveolens* HBK, Verbenaceae), and the relationship between trichome density and climate1. **The Journal of the Torrey Botanical Society**, v. 138, n. 2, p. 134-145, 2011.
- MARTINS, G. L. D. **Destilação fracionada do óleo essencial de *P. aduncum* L. rico em dilapiol**. 2011. 106 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química)- Universidade Federal do Pará, Belém, 2011.
- MATA, R. F. F; LOMONACO, C. Toxicidade, deterrência e repelência de extratos aquosos de *Cabralea canjerana* ssp. *polytricha* (A. Juss.) Penn. (Meliaceae) sobre o curuquerê-da-couve *Ascia monuste orseis* (Godart) (Lepidoptera: Pieridae). **Revista Árvore**, v. 37, n. 2, p. 361-368, 2013.
- MATRANGOLO, C. A. R. et al. Crescimento de eucalipto sob efeito de desfolhamento artificial. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 45. n. 9, p. 952-957, 2014.
- MATTANA, R. S. et al. Efeitos de diferentes tempos de extração no teor e composição química do óleo essencial de folhas de pariparoba [*Pothomorphe umbellata* (L.) Miq.]. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 17, n. 1, p. 150-156, 2015.

- MATTE, W. D.; QUEIROZ, L. F. de.; CORASSA, J. N. First report of *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908 (Hymenoptera: Formicidae) damaging noni (*Morinda citrifolia* L.) in Colorado do Oeste (RO), Brazil. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 83, 2016.
- MELO, A.; GUIMARÃES, E. F.; ALVES, M. Piperaceae of the Parque Nacional do Viruá, Caracaraí, Roraima, Brazil. **Rodriguésia**, v. 65, n. 2, p. 455-470, 2014.
- MILLEZI, A. F. et al. Caracterização e atividade antibacteriana de óleos essenciais de plantas condimentares e medicinais contra *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli*. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 15, n. 3, p. 373-379, jan. 2013.
- MNEIMNE, M. et al. Chemical composition and antimicrobial activity of essential oils isolated from aerial parts of *Prangos asperula* Boiss. (Apiaceae) growing wild in Lebanon. **Medicinal Aromatic Plants**, v. 5, n. 242, p. 2167, 2016.
- MONTEIRO, E. S. da. et al. Biologia e morfometria da lagarta da couve em condições de laboratório. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 59, n. 1, p. 16-21, 2016.
- MORAIS, L. A. S. Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. **Horticultura Brasileira**, v. 27, p. 4050-4063, ago. 2009.
- MORANDIM, A. D. A. et al. Composition and screening of antifungal activity against *Cladosporium sphaerospermum* and *Cladosporium cladosporioides* of essential oils of leaves and fruits of *Piper* species. **African Journal of Biotechnology**, v. 9, n. 37, p. 6135-6139, sept. 2010.
- MORANDIM-GIANNETTI, A. A. et al. Composition and antifungal activity against *Candida albicans*, *Candida parapsilosis*, *Candida krusei* and *Cryptococcus neoformans* of essential oils from leaves of *Piper* and *Peperomia* species. **Journal of Medicinal Plant Research**, v. 4, p. 1810-1814, sept. 2010.
- MOREIRA, M. F.; MANSUR, J. F.; MANSUR-FIGUEIRA, J. Resistência e inseticidas: estratégias, desafios e perspectivas no controle de insetos. **Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Entomologia Molecular**, v. 15, p. 1-23, 2012.
- NAGEEB, J. A.; AZEIZ, A. Z. A. Anticancer Activity of essential oil from *Lantana camara* flowers against lung cancer. **Journal of Chemical and Pharmaceutical Research**, v. 10, n. 3, p. 108-112, 2018.
- NASCIMENTO, J. C. do. et al. Occurrence, biological activities and <sup>13</sup>C NMR data of amides from *Piper* (Piperaceae). **Química Nova**, v. 35, n. 11, p. 2288-2311, 2012.
- NASCIMENTO, N. M. G. et al. Efeito inseticida de extratos de plantas do Cerrado sobre *Spodoptera frugiperda* e *Sitophilus zeamais*. **Planta Daninha**, v. 11, n. 3, p. 435-441, 2011.
- NAVARRETE, A. et al. Improvement of essential oil steam distillation by microwave pretreatment. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, v. 50, n. 8, p. 4667-4671, mar. 2011.
- NEGREIROS, J. R. S. da. et al. Dillapiole content according to the type of aerial biomass in populations of *Piper aduncum*. **Revista de Ciências Agrárias/Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 56, n. 1, p. 73-79, jan./mar. 2013.
- OLIVEIRA, A. R. M. F. et al. Influência da idade da planta na produção de óleo essencial de alevante. **Revista Ceres**, v. 59, n. 2, p. 241-245, 2012.

- OLIVEIRA, G. L. et al. Chemical study and larvicidal activity against *Aedes aegypti* of essential oil of *Piper aduncum* L. (Piperaceae). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, RJ, v. 85, n. 4, p. 1227-1234, nov. 2013.
- OLIVEIRA, M. V. de. et al. Ninhos de *Atta sexdens* (Hymenoptera: Formicidae) podem afetar a estrutura da assembleia de artrópodes do solo na Mata Atlântica?. **Iheringia, Série Zoologia**, v. 108, n. e2018009, p. e2018009, jun. 2018.
- OOTANI, M. A. et al. Use of essential oils in agriculture. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 4, n. 2, p. 162-174, mai. 2013.
- OTITODUN, G. O. et al. Efficacy of rice husk ash against rice weevil and lesser grain borer on stored wheat. **African Crop Science Journal**, v. 25, n. 2, p. 145-155, may. 2017.
- PAL, M. et al. Anti-termite activity of essential oil and its components from *Myristica fragrans* against *Microcerotermes beesonii*. **Journal of Applied Sciences and Environmental Management**, v. 15, n. 4, p. 559-561, 2011.
- PEREIRA, A. C. R. L. et al. Atividade inseticida de óleos essenciais e fixos sobre *Callosobruchus maculatus* (FABR., 1775) (Coleóptera:Bruchidae) em grãos de caupi [*Vigna unguiculata* (L.) WALP.]. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 3, p. 717-724, mai./jun. 2008.
- PEREIRA, M. M. et al. Efeito da secagem natural e artificial da biomassa foliar de *Piper hispidinervum* na composição química do óleo essencial. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 1, p. 265-279, mar. 2013.
- PEREIRA, R. et al. Produção de pimenta-longa (*Piper aduncum* L. e *Piper hispidinervum* C. DC.) no Ceará. **Embrapa Agroindústria Tropical- Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, Fortaleza, CE, dez. 2012.
- PEREIRA, R. J.; CARDOSO, M. G. Metabólitos secundários vegetais e benefícios antioxidantes. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 3, n. 4, p. 146-152, 2012.
- PERIGO, C. V. et al. The chemical composition and antibacterial activity of eleven *Piper* species from distinct rainforest areas in Southeastern Brazil. **Industrial crops and products**, v. 94, p. 528-539, 2016.
- PERRY, T.; BATTERHAM, P.; DABORN, P. J. The biology of insecticidal activity and resistance. **Insect biochemistry and molecular biology**, v. 41, n. 7, p. 411-422, 2011.
- PIMENTEL, F. A. Influência da secagem sobre o rendimento e composição química dos compostos voláteis das raízes de *Piper piscatorum* Trel. & Yunck. (Piperaceae). **Química Nova**, v. 35, n. 4, p. 715-718, jan. 2012.
- PIMENTEL, F. A. Phytochemistry of *Piper hispidinervum* cultivated under the edafoclimatic conditions of Lavras, MG, Brazil. **Natural Products, An Indian Journal**, v. 2, n. 3, p. 89-94, 2006.
- PIMENTEL, M. A. G. et al. Recomendações de boas práticas de armazenamento de milho em espiga para agricultura familiar. **Embrapa Milho e Sorgo-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, Sete Lagoas, p.1-11, 2011.
- PINTO, M. V. et al. Botanical, phytochemical and physicochemical study of *Euphorbia hirta* L. (Euphorbiaceae). **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 16, n. 3, p. 649-656, 2014.
- POTZERNHEIM, M. C. L. et al. Chemical characterization of essential oil constituents of four populations of *Piper aduncum* L. from Distrito Federal, Brazil. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 42, p. 25-31, jun. 2012.

- PRINS, C.; VIEIRA, I. J. C.; FREITAS, S. P. Growth regulators and essential oil production. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, PR, v. 22, n. 2, p. 91-102, jul. 2010.
- QIN, W. et al. Biological activity of the essential oil from the leaves of *Piper sarmentosum* Roxb. (Piperaceae) and its chemical constituents on *Brontispa longissima* (Gestro) (Coleoptera: Hispidae). **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 96, n. 3, p. 132-139, mar. 2010.
- QUIROGA, P. R. et al. Antioxidant effects of the monoterpenes carvacrol, thymol and sabinene hydrate on chemical and sensory stability of roasted sunflower seeds. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 95, n. 3, p. 471-479, 2015.
- RAJASHEKAR, Y. et al. Botanicals as grain protectants. **Psyche: A Journal of Entomology**, v. 2012, p. 1-13, jun. 2012.
- RATTAN, R. S. Mechanism of action of insecticidal secondary metabolites of plant origin. **Crop Protection**, Amsterdã, v. 29, n. 9, p. 913-920, dec. 2010.
- RIANI, L. R. et al. Chemical Analysis of essential oil and hydrolates of leaves, inflorescences and stems of *Piper chimonanthifolium* Kunth. **Revista Virtual de Química**, v. 9, n. 4, p. 1560-1569, ago. 2017.
- RIBEIRO, L. P. do. Ação de inseticidas botânicos sobre o curuquerê-da-couve. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 29, n. 2, p. 84-89, mai./ago. 2016.
- RIBEIRO, S. M. et al. Influência da sazonalidade e do ciclo circadiano no rendimento e composição química dos óleos essenciais de *Croton* spp. da Caatinga. **Iheringia Série Botânica**, v. 73, n. 1, p. 31-38, 2018.
- RIOS, M. N. S.; PASTORE, JR. F. **Plantas da Amazônia: 450 espécies de uso geral**. Brasília: Universidade de Brasília, Biblioteca Central, p. 3140, 2011.
- RIVA, D. et al. Estudo da adaptação da espécie *Piper hispidinervum* C. DC. (pimenta longa) à região do Vale do Itajaí-SC, através da composição química do óleo essencial obtido por hidrodestilação por microondas e convencional. **Acta Amazonica**, Manaus, AM, v. 41, n. 2, 2011.
- ROCHA, R. P. et al. Influence of drying air velocity on the chemical composition of essential oil from lemon grass. **African Journal of Food Science and Technology**, v. 2, n. 6, p. 132-139, jun. 2011.
- ROSADO, L. D. S. et al. Influência do processamento da folha e tipo de secagem no teor e composição química do óleo essencial de manjericão cv. Maria Bonita. **Ciência e agrotecnologia**, v. 35, n. 2, p. 291-296, 2011.
- RUFINO, A. S. da.; FREITAS, A. D. G. Uso de extrato da Pimenta Longa (*Piper hispidinervum* C.DC.) como inseticida sobre o cupim (*Cryptotermes brevis* Walker) no município de Coari, Amazonas, em condições experimentais. **Scientia Amazonia**, v. 7, n. 2, p.44-54, 2018.
- SALGADO, N. D.; FARONI, L. R. D'A.; SOTO, A. G. Óleo essencial de *Piper crassinervium* para o controle de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **Boletim Científico, Centro de Museus, Museu de História Natural**, v. 16, n. 1, p. 99-107, 2012.
- SÁNCHEZ, A. A. et al. Antimicrobial and antioxidant activities of Mexican oregano essential oils (*Lippia graveolens* H. B. K.) with different composition when microencapsulated in  $\beta$ -cyclodextrin. **Letters in Applied Microbiology**, v. 50, p. 585-590, mar. 2010.

- SANTANA, H. T. et al. Essential oils of leaves of *Piper* species display larvicidal activity against the dengue vector, *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 17, n. 1, p. 105-111, jan./mar. 2015.
- SANTOS, A. A. et al. Inseticidas botânicos no controle do curuquerê da couve. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 2, p. 789-795, jul. 2011.
- SANTOS, M. R. A. dos. et al. Insecticidal activity of *Piper hispidum* (Piperaceae) leaves extract on (*Hypothenemus hampei*). **Brazilian Journal of Botany**, v. 33, n. 2, p. 319-324, apr./jun. 2010.
- SANTOS, M. R. A. et al. Chemical constituents and insecticidal activity of the crude acetonic extract of *Piper alatabaccum* Trel & Yuncker (Piperaceae) on *Hypothenemus hampei* Ferrari. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Botucatu, SP, v. 15, n. 3, p. 332-336, nov. 2013.
- SANTOS, T. L. B. et al. Fitoquímica do óleo essencial de *Piper* e toxicidade aguda sobre *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). **Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária)**, v. 12, n. 4, p. 484-489, ago. 2017.
- SANTOS, T. T.; CAZETTA, M. L. Formigas da tribo Attini e sua interação com micro-organismos. **Revista Científica da FHO/Uniararas**, v. 4, n. 1, 2016.
- SARTURI, C. S.; BORCHHARDT, D. Avaliação de identidade, pureza e metais em óleos essenciais de *Melaleuca alternifolia* Cheel (Melaleuca), *Mentha x piperita* L. (Hortelã pimenta) e *Rosmarinus officinalis* L. (Alecrim). **Luminária**, União da Vitória, v. 19, n. 2, p. 30-38, 2017.
- SAUTER, I. P. et al. Chemical composition and amoebicidal activity of *Piper hispidinervum* (Piperaceae) essential oil. **Industrial Crops and Products**, v. 40, p. 292-295, nov. 2012.
- SCHINDLER, B.; SILVA, D. T. da; HEINZMANN, B. M. Efeito da sazonalidade sobre o rendimento do óleo essencial de *Piper gaudichaudianum* KUNTH. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 1, p. 263-273, 2018.
- SERAGUZI, E. MARUYMA, I. W. Manejo de formigas cortadeiras no município de Cassilândia. SEMINÁRIO DE EXTENSÃO E CULTURA, 4., 2011, Teresina. **Anais do Semex**. Teresina, PI: UFPI, 2011.
- SILVA, A. L. et al. Rendimento e composição do óleo essencial de *Piper aduncum* L. cultivado em Manaus, AM, em função da densidade de plantas e épocas de corte. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Campinas, v. 15, n. 4, p.670-674, 2013.
- SILVA, C. P. da.; RICCI, T. G. Bioprospecção de espécies de plantas bioherbicida e bioinseticida. **A Revista Eletrônica da Faculdade de Ciências Exatas e Agrárias Produção/construção e tecnologia**. v. 6, n. 10, p. 74-89, 2017.
- SILVA, D. T. da. et al. Análise do efeito da sazonalidade sobre o rendimento do óleo essencial das folhas de *Nectandra grandiflora* Nees. **Revista Árvore**, v. 39, n. 6, p. 1065-1072, 2015.
- SILVA, G. N. et al. **Atividade inseticida do óleo essencial de *Piper crassinervium* para insetos-praga de produtos armazenados**, 63. REUNIÃO ANUAL DA SBPC, Goiânia, 2011.
- SILVA, J. K. R. da. et al. Essential oils of Amazon *Piper* species and their cytotoxic, antifungal, antioxidant and anti-cholinesterase activities. **Industrial Crops and Products**, v. 58, p. 55-60, apr. 2014.
- SILVA, N. C. C. et al. Antimicrobial activity and phytochemical analysis of crude extracts and essential oils from medicinal plants. **Natural Product Research**, v. 26, n. 16, p. 1510-1514, 2012.

- SILVA, T. S. A. de. et al. Potencial inseticida de plantas medicinais encontradas na Amazônia Central contra o pulgão-da-couve *Brevicoryne brassicae* (L.) (Hemiptera: Aphididae). **EntomoBrasilis**, v. 10, n. 2, p. 106-111, 2017.
- SILVA, W. C. et al. Toxicity of *Piper aduncum* L. (Piperales: Piperaceae) from the Amazon forest for the cattle tick *Rhipicephalus* (Boophilus) microplus (Acari: Ixodidae). **Veterinary Parasitology**, v. 164, n. 2-4, p. 267-274, 2009.
- SILVA, J. K. et al. Essential oils from neotropical *Piper* species and their biological activities. **International Journal Molecular Sciences**, v. 18, n. 12, p. 2571, dez. 2017.
- SILVEIRA, J. C. et al. Levantamento e análise de métodos de extração de óleos essenciais. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 15, p. 2038-2052, dez. 2012.
- SIMÕES, C. M. O.; SPITZER, V. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 6. ed. Porto Alegre/Florianópolis, UFRGS/EDUFSC, 2010.
- SINGH, I. P.; CHOUDHARY, A. Piperine and derivatives: Trends in structure-activity relationships. **Current topics in medicinal chemistry**, v. 15, n. 17, p. 1722-1734, 2015.
- SOARES, C. S. A. et al. Ação inseticida de óleos essenciais sobre a lagarta desfolhadora *Thyrinteina arnobia* (Stoll) (Lepidoptera: Geometridae). **Revista Verde**, v. 6, n. 5, p. 154-157, dez. 2011.
- SOBREIRA, P. H. M.; HERNANDEZ, A. E. F.; SOUZA, A. C. R. de. Inventário das espécies de piperaceae ocorrentes em três áreas de Porto Velho-RO e caracterização dos óleos essenciais de *Piper tuberculatum* jacq. com potencial ação de controle de fitopatógenos. **Saber Científico**, v. 6, n. 1, p. 20-26, 2017.
- SOIDROU, S. H. et al. Fungicidal activity of four essential oils from *Piper capense*, *Piper borbonense* and *Vetiveria zizanoides* growing in Comoros against fungi decay wood. **The Journal of Essential Oil Research**, v. 25, n. 3, p. 216-223, 2013.
- SONG, H. Y. et al. Acaricidal activities of apiole and its derivatives from *Petroselinum sativum* seeds against *Dermatophagoides pteronyssinus*, *Dermatophagoides farinae*, and *Tyrophagus putrescentiae*. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 59, n. 14, p. 7759-7764, 2011.
- SOUZA, A. H. et al. Ozone toxicity to *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) populations under selection pressure from ozone. **Journal of Stored Products Research**, v. 65, p. 1-5, 2016.
- SOUZA, D. P. de. Analgesic-like activity of essential oils constituents. **Molecules**, v. 16, n. 3, p. 2233-2252, 2011.
- SOUTO, R. N. P. Estudos preliminares da atividade inseticida de óleos essenciais de espécies de *Piper* L. (Piperaceae) em operárias de *Solenopsis saevissima* F Smith (Hymenoptera: Formicidae), em laboratório. **Biota Amazônia**, v. 1, n. 1, p. 42-48, dez. 2012.
- SOUZA, A. P. et al. Insecticidal effects of extracts from native plants to Mato Grosso do Sul, Brazil, on *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera: curculionidae). **BioAssay**, v. 5, n. 1, p. 1-5, 2010.
- SOUZA, L. P. de. et al. Toxicity and sublethal effects of allyl isothiocyanate to *Sitophilus zeamais* on population development and walking behavior. **Journal of pest science**, v. 91, n. 2, p. 761-770, 2018.
- SPIER, M. S. et al. Aspectos ecológicos de *Atta sexdens piriventris* Santschi (Hymenoptera: Formicidae) no município de Capinzal, Santa Catarina, Brasil. **EntomoBrasilis**, v. 6, n. 1, p. 94-96, 2013.

- TAKEARA, R. et al. Biological properties of essential oils from the *Piper* species of Brazil: a review. **Aromatic and Medicinal Plants-Back to Nature**, v. 4, p. 81-93, 2017.
- TALUKDER, F. A. Plant products as potential stored product insect management agents-a mini review. **Emirates Journal of Agricultural Science**, v. 18, n.1, p. 17-32, oct. 2006.
- TOMCHINSKY, B. **Prospecção de plantas aromáticas e condimentares no Brasil**. 2017. 299f. Tese (Doutorado em Agronomia)-Universidade Estadual Paulista: Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, SP, 2017.
- TORRES, N. H. et al. Aproveitamento sustentável dos subprodutos da madeira e das folhas para extração de óleos essenciais. **Bioenergia em Revista: Diálogos**, v. 4, n. 1, p. 09-22, jan. 2014.
- TOZIN, L. R. S.; MARQUES, M. O. M.; RODRIGUES, T. M. Glandular trichome density and essential oil composition in leaves and inflorescences of *Lippia origanoides* Kunth (Verbenaceae) in the Brazilian Cerrado. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 87, n. 2, p. 943-953, 2015.
- TREVIZAN, L. N. F. et al. Anti-inflammatory, antioxidant and anti-mycobacterium tuberculosis activity of viridiflorol: The major constituent of *Allophylus edulis* (A. St.-Hil., A. Juss. & Cambess.) Radlk. **Journal of ethnopharmacology**, v. 192, p. 510-515, 2016.
- VALENTE, J. et al. Antifungal, antioxidant and anti-inflammatory activities of *Oenanthe crocata* L. essential oil. **Food and chemical toxicology**, v. 62, p. 349-354, 2013.
- VERMA, N.; SHUKLA, S. Impact of various factors responsible for fluctuation in plant secondary metabolites. **Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants**. v. 2, n. 4, p. 105-113, jan./mar. 2015.
- VERRUCK, S.; PRUDENCIO, E. S.; SILVEIRA, S. M. da. Compostos Bioativos com Capacidade Antioxidante e Antimicrobiana em Frutas. **Revista do Congresso Sul Brasileiro de Engenharia de Alimentos**. v. 4, n. 1, p. 111-124, 2018.
- VIEBRANTZ, P. et al. Mortality of insects and quality of maize grains in hermetic and non-hermetic storage. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 20, n. 5, p. 487-492, may. 2016.
- VILA, R. et al. Unusual composition of the essential oils from the leaves of *Piper aduncum*. **Flavour and fragrance journal**, v. 20, n. 1, p. 67-69, 2005.
- VOLLHARDT, P.; SCHORE, N. **Química Orgânica**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.
- WEI, P. L. et al. The in vivo antitumor effects on human COLO 205 cancer cells of the 4, 7-dimethoxy-5-(2-propen-1-yl)-1, 3-benzodioxole (apiole) derivative of 5-substituted 4, 7-dimethoxy-5-methyl-1, 3-benzodioxole (SY-1) isolated from the fruiting body of *Antrodia camphorata*. **Journal of cancer research and therapeutics**, v. 8, n. 4, p. 532, 2012.
- WOLFFENBÜTTEL, A. N. Base da química dos óleos essenciais e aromaterapia: abordagem técnica e científica. **São Paulo: Roca**, 2010.
- XU, H.; et al. Methyl eugenol bioactivities as a new potential botanical insecticide against major insect pests and their natural enemies on rice (*Oriza sativa*). **Crop Protection**, Lincoln, v. 72, n. 1, p. 144-149, jun. 2015.
- YUSOFF, Z. M.; et al. Characterization of down-flowing steam distillation system using step test analysis. In **2011 IEEE Control and System Graduate Research Colloquium**. IEEE, 2011. p. 197-201.

- ZACARONI, L. M. et al. Potencial fungitóxico do óleo essencial de *Piper hispidinervum* (pimenta longa) sobre os fungos fitopatogênicos *Bipolaris sorokiniana*, *Fusarium oxysporum* e *Colletotrichum gloeosporioides*. **Acta Amazônica**, v. 39, n. 1, p. 192-198, 2009.
- ZANETTI, R. et al. Manejo integrado de formigas cortadeiras. **Lavras: UFLA**, 2002.
- ZAPPI, D. C. et al. Growing knowledge: an overview of seed plant diversity in Brazil. **Rodriguésia**, v. 66, n. 4, p. 1085-1113, 2015.