POTENCIAL DE PLANTAS INSETICIDAS NO CONTROLE DE FORMIGAS CORTADEIRAS NO BRASIL

Débora L. R. S. Reis[1,3]; Amanda B. Carneiro[2,3]; Vanessa D. Cruz[3,4], Elke H. M. Fernandes[3]; Clarissa M. Knoechelmann[3,5]; Felipe F. S. Siqueira[3,5]*

[1] Graduanda em Ciências Biológicas, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (Unifesspa), Faculdade de Ciências Biológicas (FACBIO), Marabá, Pará.

[2] Graduanda em Agronomia, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (Unifesspa), Faculdade de Ciências Agrarias de Marabá (FCAM), Marabá, Pará.

[3] ECoA (Grupo: Ecologia e Conservação da Amazônia - CNPq), Laboratório de Botânica e Ecologia, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (Unifesspa), Marabá, Pará.

[4] Programa de Pós-graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural sustentável-PPGADR-UFFS, Laranjeiras do Sul, Paraná.

[5]Professor(a) do Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (Unifesspa), Instituto de Estudos em Saúde e Biológicas (IESB), Faculdade de Ciências Biológicas (FACBIO), Marabá, Pará.

*E-mail: felipe.siqueira@unifesspa.edu.br

Resumo

A presente pesquisa teve como objetivo realizar uma revisão bibliográfica com o objetivo de reunir, identificar e classificar as plantas com potencial inseticida e o método de extração do princípio ativo, citados na literatura, para o controle alternativo de pragas agrícolas, em específico, para o controle das formigas cortadeiras. Foram feitas análises de qui-quadrado (proporções esperadas iguais) para verificar se as frequências encontradas da: ocorrência das plantas inseticidas por região geopolítica, famílias botânicas com potencial inseticida, grupos de compostos secundários com ação inseticida e o principal método de extração do bioproduto. Foram verificados 137 artigos onde foi encontrado que o Brasil possui alta abrangência de plantas inseticidas, como total de 68 espécies, distribuídas em 29 famílias. A família Rutaceae e suas espécies apresentam alto potencial para serem utilizadas como inseticidas botânicos. O método de uso mais utilizado para a aplicação dos bioprodutos foi o óleo essencial. As espécies *Zanthoxylum pohlianum* e *Citrus limonia* (Rutaceae), *Eplingiella fruticosa* (Lamiaceae) apresentam resultados promissores para o controle de formigas cortadeiras.

Palavras-chave: Amazônia; Bioatividade; Controle Alternativo; Inseticida Botânico; Saúvas.

POTENTIAL OF INSECTICIDE PLANTS IN THE CONTROL OF LEAF-CUTTING ANTS IN BRAZIL

Abstract

This research aimed to carry out a literature review with the aim of gathering, identifying and classifying plants with insecticidal potential and the method of extracting the active principle, cited in the literature, for the alternative control of agricultural pests, in particular, for the control of leaf-cutting ants. Chi-square analyzes (equal expected proportions) were performed to verify the frequencies found for: occurrence of insecticidal plants by geopolitical region, botanical families with insecticidal potential, groups of secondary compounds with insecticidal

action and the main method of extracting the bioproduct. 137 articles were checked where it was found that Brazil has a high range of insecticidal plants, with a total of 68 species, distributed in 29 families. The Rutaceae family and its species have high potential to be used as botanical insecticides. The most used method of use for the application of bioproducts was the essential oil. The species *Zanthoxylum pohlianum* and *Citrus limonia* (Rutaceae), *Eplingiella fruticosa* (Lamiaceae) show promising results for the control of leaf-cutting ants.

Keywords: Amazon; Bioactivity; Alternative Control; Botanical Insecticide; Sauvas.

INTRODUÇÃO

As formigas do gênero *Atta* são uma das principais pragas da agricultura brasileira por acarretar elevados prejuízos econômicos ao setor primário, incluindo cultivos anuais, pastagem e reflorestamento principalmente (ZANUNCIO et al., 2010). Apresentam a capacidade de acarretar prejuízos em qualquer cultura no estágio inicial de desenvolvimento, devido a preferência por folhas jovens (WIRTH et al., 2003). As saúvas são consideradas os principais herbívoros da região Neotropical, ocasionam impacto sobre a vegetação maior do que o provocado por qualquer táxon de herbívoros. Estima-se que uma colônia adulta de *Atta* pode desfolhar uma árvore em menos de 24 horas (ATTYGALLE e MORGAN, 1985) e apresentar uma taxa de herbivoria que varia entre 12 e 17% em áreas de floresta úmida (WIRTH et al., 2003, URBAS et al., 2007), 17% em savana (COSTA et al., 2008), até 30% em florestas secas (SIQUEIRA et al., 2018) e uma estimativa de 6% para pastagens (CALDATO et al. 2016). Dentre as espécies do gênero *Atta* as formigas cortadeiras *Atta sexdens* e *Atta laevigata,* conhecidas vulgarmente como saúva limão e saúva cabeça-de-vidro, respectivamente, são as que podem acarretar prejuízos nas culturas agrícolas vindo a causar severas desfolhas em mudas, ainda nos viveiros e em pomares em formação, sendo bem comum à sua ocorrência em pomares de manga, laranjas e plantações de eucaliptos (CAMPOS & ZOZERNON, 2019).

Diante da necessidade de controle das formigas cortadeiras o uso de inseticidas sintéticos aumentou nas últimas décadas, provocando o acúmulo de resíduos tóxicos em alimentos e no ambiente, através da contaminação da água e do solo, além da intoxicação de produtores rurais, surgimento de resistência e redução de inimigos naturais (KIM et al., 2003; COSTA et al., 2004; MENEZES, 2005). Logo, a preocupação pela redução do uso dos inseticidas sintéticos tem levado a estudos com extratos botânicos com ação inseticida para minimizar os impactos à saúde e ao ambiente. Inseticidas botânicos são oriundos dos metabólitos secundários de plantas e podem derivar de toda a planta ou de partes dela, como raízes, ramos, folhas, flores, frutos ou sementes (Kim et al.,2003). Seus princípios ativos podem ser obtidos do próprio material vegetal moído e reduzido a pó ou farinha, ou através da extração aquosa ou com solventes orgânicos (MENEZES, 2005). Os metabólitos secundários expressam a individualidade de famílias, gêneros e, até mesmo espécies. Apresenta alta diversidade, mais de 50 mil metabólitos secundários já foram identificados para espécies de angiospermas e são divididos em três principais grupos: terpenos, substâncias fenólicas e substâncias nitrogenadas. Além destes grupos, também merecem destaque os derivados de ácidos graxos e os policetídeos aromáticos (REZENDE et al., 2016).

A biodiversidade brasileira, incluída entre as maiores do planeta é ainda pouco explorada, sendo que bioprodutos de grande impacto, capazes de gerar riqueza e contribuir para a balança econômica nacional ainda estão no plano dos desejos (BOLZANI, 2016). No Brasil, as pesquisas de descoberta de protótipos de fármacos e/ou fitofármacos, além de propiciarem o

avanço da pesquisa básica multidisciplinar, podem contribuir também para o desenvolvimento tecnológico nacional, levando em conta que a diversidade micromolecular dos inúmeros biomas brasileiros é ainda pouco explorada como uma fonte de substâncias de interesse farmacológico (BARREIRO & BOLZANI, 2009).

Sabendo-se que algumas plantas são naturalmente resistentes aos insetos fitófagos e/ou herbívoros, alguns produtos naturais podem conter propriedades inseticidas e/ou fungicidas (GODOY et al., 2005) que podem ser utilizadas para a produção de inseticidas botânicos. Diante do exposto, foi realizada uma revisão bibliográfica com o objetivo de reunir, identificar e classificar as plantas com potencial inseticida e o método de extração do princípio ativo, citados na literatura, para o controle alternativo de pragas agrícolas, sobretudo, das formigas cortadeiras.

METODOLOGIA

A revisão bibliográfica foi realizada com pesquisas nas bases de dados do *Google Acadêmico* (https://scholar.google.com.br/?hl=pt), *Scielo* (https://www.scielo.br/) e Periódico Capes (https://www-periodicos-capes-gov-br.ezl.periodicos.capes.gov.br/index.php?) dos quais foram obtidos 137 artigos. As palavras chaves de busca usadas foram: *controle de saúvas por extratos de plantas, controle de formigas cortadeiras* e *iscas de extratos vegetais.*

Desses 137 artigos, 104 corresponderam aos resultados do *Google Acadêmico*, 30 do *Scielo* e três do Periódico Capes. A partir dos resultados, foi feita uma seleção incluindo apenas os artigos que abordassem o uso de extratos de plantas com potencial inseticida/fungicida no controle de pragas agrícolas, em especial, às formigas cortadeiras, contabilizando no total, 34 artigos utilizados para as análises.

Foram feitas análises de qui-quadrado de aderência com proporções esperadas iguais para verificar as proporções encontradas de: ocorrência das plantas inseticidas por região geopolítica, famílias botânicas com potencial inseticida, grupos de compostos secundários com ação inseticida e o principal método de extração do bioproduto. Todas as análises foram feitas utilizando o software R.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o levantamento botânico foram encontradas 68 espécies, distribuídas em 29 famílias, dentre elas Rutaceae (10 espécies), Lamiaceae (8), Phabaceae (6), Myrtaceae (6) e Meliaceae (5), que tiveram um maior número de espécies (Tab. 1), demonstrando o potencial dos princípios ativos presentes nessas famílias para o controle de pragas agrícolas. De maneira geral, os derivados botânicos mais promissores pertencem às famílias Meliaceae, Rutaceae, Asteraceae, Malvaceae, Labiatae (sin. Lamiaceae) e Canellaceae (sin. Winteranaceae JACOBSON, 1989). O mesmo acontece para as famílias Lamiaceae e Myrtaceae, alguns representantes destas famílias apresentam potencial inseticida (ISMAN, 2000; LEITE, 2015).

A família Rutaceae consiste em cerca de 150 gêneros e 1.600 espécies, distribuídas amplamente em regiões tropicais, subtropicais e temperadas do mundo, sendo mais abundante na América tropical, Sul da África e Austrália. No Brasil, a família está representada por aproximadamente 29 gêneros e 182 espécies, com algumas de importância medicinal, ecológica e econômica (Melo, 2004). Esta família merece atenção por apresentar uma grande diversidade de metabólitos secundários, tendo destaque as classes dos alcalóides, cumarinas, lignanas, terpenos, flavonóides e limonóides (Arriaga, 1990). A maioria dos compostos flavônicos são heterosídeos de flavanonas (hesperidosídeo, neohesperidosídeo, naringosídeo, eriodictiosídeo). Ocorrem também outros flavonóides, como a

diosmina e o rutosídeo (Bruneton, 1993). Dessa forma, considerando a quantidade de metabólitos, Rutaceae é conhecida como uma das famílias mais versáteis em termos de produtos naturais, com diversas atividade biológicas (antimicrobiana, antifúngica, antiviral, inseticida) (CARVALHO-FREITAS, 2002).

A família Lamiaceae, contém aproximadamente 258 gêneros e 7.193 espécies, sendo que no Brasil ocorre 23 gêneros e 232 espécies nativas. São cosmopolitas, originárias das regiões mediterrâneas, Oriente Médio e nas montanhas subtropicais (APG, 2009). Lamiaceae apresenta ação antioxidante, antimicrobiana, antifúngica e inseticida através dos metabólitos secundários que são extraídos em óleos essenciais desta família. Por exemplo, o timol e o carvacrol, são comumente encontrados em óleos essenciais dos gêneros *Tymus* e *Origanum*, são terpenóides antioxidantes (possuem um grupo hidroxila ligado ao anel aromático) (ZHANG et al., 2006). O timol e o carvacrol, também apresentam atividade antimicrobiana, são responsáveis pela preservação e inibição do crescimento de microorganismos. Por exemplo, a espécie *Zataria multiflor* apresenta altas concentrações de timol e carvacrol com atividade bactericida para Gram-negativas (Sharififar et al., 2007). A atividade antifúngica tem-se relatado para óleo essencial de *Hyptis ovalifolia*, conhecida como malva do cerrado, apresenta atividade fungicida satisfatória contra os gêneros: *Candida*, *Aspergillus*, *Fusarium* e *Zygomycestes* (KRCMERY & BARNESZ, 2002; OLIVEIRA et al., 2004). Em relação a atividade inseticida, várias plantas da família Lamiaceae produzem óleo essencial com atividade inseticida, como o de hortelã, orégano, tomilho, sálvia. Um exemplo é o terpenóide mentol, encontrado em plantas do gênero *Mentha*, que atua como inibidor do crescimento da fase larval dos insetos (AGARWAL et al., 2001).

A família Phabaceae está tradicionalmente dividida em três subfamílias: Caesalpinioideae, Mimosoideae e Papilionoideae (APG III 2009). É a terceira maior família de plantas do mundo, reunindo 36 tribos, 727 gêneros e 19.325 espécies (Lewis *et al.* 2005) e seus representantes são encontrados em praticamente todas as formações vegetais do planeta, embora o centro de endemismos da família seja a região neotropical (Lavin *et al.* 2004). No Brasil, é a família mais bem representada com 2.807 espécies agrupadas em 222 gêneros (15 endêmicos) abundantes em quase todos os biomas e ecossistemas do país (BFG 2015). O grande número de trabalhos com essa família no Brasil pode estar associado à sua diversidade, e alta quantidade de espécies endêmicas no total de 1458 (Lewis *et al.* 2005). A partir das plantas *Lonchocarpus* spp. e *Derris* spp. (Fabaceae) obtém-se a rotenona, composto que inibe o transporte de elétrons do complexo mitocondrial dos insetos (Fukami, 1961), ocasionando a morte (Pavela, 2016). Nesse sentido, tem mostrado potencial para o controle de dípteros como *Aedes aaegypti* (Oliveira et al., 2016), *Lutzomyia longipalpis* (Luitgards-Moura et al., 2002), bem como *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera) (Santos et al., 2016), *Sitotroga cerealella* (Lepidoptera) (Fouad et al., 2014) e *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera) (Tavares et al., 2013).

A família Myrtaceae com cerca de 130 gêneros e aproximadamente 4000 espécies de distribuição predominantemente tropical e neotropicais, concentradas na região neotropical e Austrália (JUDD, 2009). A presença de terpenos é uma característica definidora da família Myrtaceae, famosa por ter algumas das mais altas concentrações de terpenos foliares no reino vegetal (Keszei et al., 2008). Muitas indústrias têm grande interesse nos compostos terpênicos presentes nos óleos essenciais devido as propriedades medicinais que eles apresentam. Os óleos essenciais obtidos a partir das folhas de pitanga *Eugenia uniflora* (compostos voláteis como: terpenos, álcoois, ésteres, cetonas) têm

potencial antifúngico (Costa et al., 2010), antibacteriano, citotóxico, anticonceptivo e propriedades hipotérmicas (Amorim et al., 2009). Os óleos essenciais de *E. uniflora*, também, apresentaram atividade antimicrobiana contra: *Staphylococcus aureus* e *Listeria monocytogenes* e contra dois fungos *Candida lipolytica* e *Candida Guilliermondii* (Victoria et al. 2012). Atividades semelhantes são relatadas para jabuticaba (*Plinia trunciflora*) (Lago et al., 2011) e jamboleira (*Syzygium cumini*) (Swami et al., 2012). A atividade antifúngica de *S. cumini* foi avalidada por Saroj et al. (2015), sobre dois tipos de fungos fitopatogênicos, *Rhizoctonia solani* e *Choanephora cucurbitarum*. Os compostos químicos presentes no óleo essencial desta espécie,7-hidroxicalameneno, 7-acetoxicalameneno, 1-epi-cubenol, α–terpineol apresentaram uma inibição média de 86,25 % contra *R. solani* e *C. cucurbitarum*. Os resultados sugerem que o óleo essencial de *S. cumini* tem potencial de ser utilizado como agente antifúngico no controle de doenças fúngicas em plantas.

Analisando a ocorrência das plantas com ação inseticidas de acordo com as regiões geopolíticas brasileiras (Norte, Nordeste, Centro-oeste, Sudeste e Sul) (Fig.1) não foi encontrada uma prevalência da ocorrência das plantas por região (GL = 4; $\chi^2 = 2,10$; $p = 0,72$) isso ocorre porque as fronteiras geopolíticas não correspondem aos limites fitogeográficos brasileiros (Floresta Amazônica, Mata dos Cocais, Mata Atlântica, Mata das Araucárias, Caatinga, Cerrado, Complexo do Pantanal e Campos Sulinos) (IBGE, 2019). Assim, uma planta que ocorre no Cerrado pode ser facilmente encontrada nas regiões Centro-oeste, Sudeste, Norte
e com menor frequência nas regiões Nordeste e Sul, respectivamente. Com exceção das espécies endêmicas.

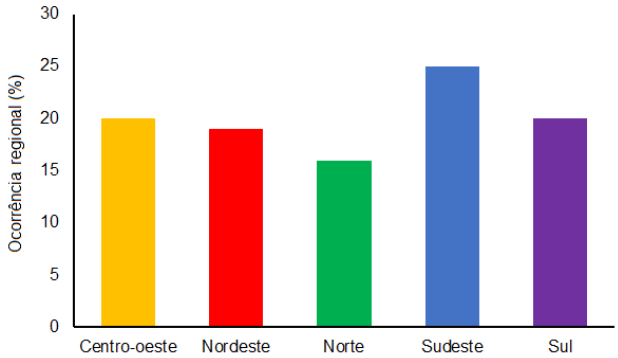

Figura 1: Porcentagem de ocorrência das plantas com ação inseticida distribuídas nas regiões geopolíticas brasileiras.

Encontramos que as famílias Rutaceae (26%), Lamiaceae (21%) e Euphorbiaceae (10%) apresentam a maior quantidade de espécies com potencial inseticida (GL = 7, $\chi^2 = 34,37$; $p < 0,05$) (Fig. 2). Essas três famílias juntas correspondem há 57% das plantas com potencial inseticida. Essa classificação é importante para determinar quais famílias possuem maior probabilidade de conter metabólitos secundários capazes de atuar no controle de manejo alternativo de pragas agrícolas, bem como testar novas espécies dentro dessas famílias de alto potencial.

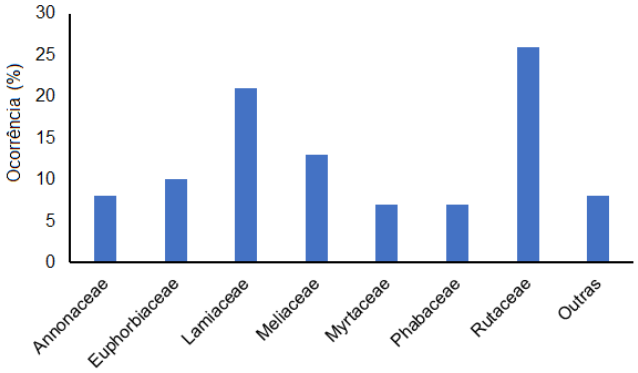

Figura 2: Porcentagem de ocorrência das famílias botânicas que apresentam espécies com potencial inseticida/fungicida para o território brasileiro.

De acordo com a revisão foram encontrados cinco metabólitos ocorrência das plantas inseticidas por região geopolítica, famílias botânicas com potencial inseticida, grupos de compostos secundários com ação inseticida e o principal método de extração dos metabólitos secundários (terpenos, compostos fenólicos, compostos nitrogenados, ácidos graxos e polipeptídios) responsáveis pela ação inseticida/fungicida das plantas (Fig. 3). Sendo que, os que apresentaram maior representatividade (Gl = 4; χ^2 = 57,30; $p < 0,05$) foram: terpenos (42%), compostos fenólicos (32%) e compostos nitrogenados (18%). Os terpenos atuam nos insetos como supressores de apetite e apresentam efeito repelente (VIEGAS-JUNIOR, 2003), compostos fenólicos e nitrogenados também apresentam ação repelente (GUIMARÃES et al., 2014). Tendo o conhecimento de quais metabólitos secundários são responsáveis pelo efeito inseticida pode ajudar na escolha de novas plantas para pesquisas na área de controle alternativo.

Os terpenóides são a classe estruturalmente mais variada dos metabólitos secundários, o seu nome deriva do fato de que os primeiros membros da classe foram isolados da terebentina (VIZZOTTO et al., 2010). Sendo sintetizados a partir de metabólitos primários, os terpenóides são formados por duas rotas principais de síntese: a rota do ácido mevalônico (MVA) e a rota do metileritritol fosfato (MEP) (BORGES & AMORIM, 2020). Além disso, são toxinas e inibidores do forrageio para muitos insetos e mamíferos herbívoros exercendo importantes funções de defesa no reino vegetal (KORTBEEK et al., 2019).

Os compostos fenólicos ou polifenóis estão amplamente distribuídos no reino vegetal, estando entre os compostos produzidos pelo metabolismo secundário das plantas e nos microrganismos, fazendo também parte do metabolismo animal, com reconhecida atividade inseticida são conhecidos por conferirem proteção à planta contra a herbivoria (SANTOS, 2013). Taninos, lignina, flavonoides e alguns compostos fenólicos simples servem como defesa contra herbívoros e patógenos, também podem ser utilizados como antioxidantes naturais, além de possuírem ação fungicida (CRUZ, 2017).

Compostos nitrogenados possuem a característica de serem defesas químicas anti-herbivoria e, quando pigmentos, atrativos de polinizadores, sendo dividido em quatro classes mais importantes que são: alcalóides, betalaínas, glicosídeos cianogênicos e glucosinolatos, substâncias formadas a partir de aminoácidos aromáticos e alifáticos (REZENDE et al., 2016).

Os ácidos graxos, formados pela via do acetato-malonato (ácido malônico),

tomam parte de diversas classes de substâncias denominadas genericamente de lipídeos (SANTOS, 2015). Já os policetídeos são uma classe de produtos naturais biossintetizados por grandes blocos enzimáticos multimodulares, denominados sintases de policetídeos (PKS) e estão presentes em bactérias, fungos e plantas (PAULO et al., 2019). Sendo uma grande classe de metabólitos secundários que apresenta uma das maiores diversidades estruturais entre os produtos naturais e a maioria desses compostos é ativa em diversos sistemas biológicos. Por exemplo, o policetídeo bioativo chamado citrina, mostrou-se importante inibidor do crescimento de *Leishmania mexicana* (ALVES, 2009).

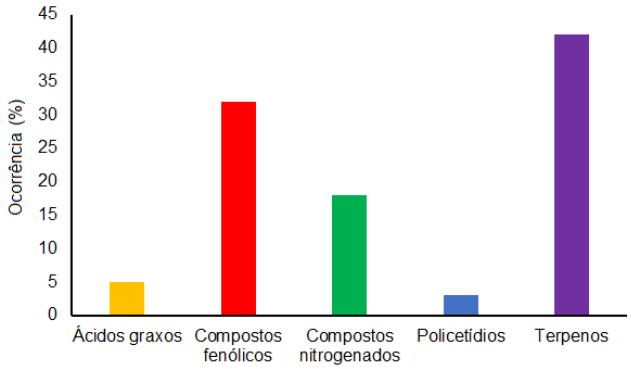

Figura 3: Porcentagem de ocorrência dos principais compostos secundários com ação inseticida/fungicida encontrados em trabalhos científicos.

.

Os principais métodos de obtenção dos inseticidas botânicos encontrados foram óleo essencial (36%), extrato aquoso (24%), extrato alcoólico (20%) e extrato dissolvido em DMSO (dimetilsulfóxido) (10%) (Gl = 3; χ^2 = 15,422; p < 0,05) (Fig.4). A representatividade no uso dos óleos essenciais deve estar associada com sua atividade bioinseticida, que inclui: toxidade, repelência, irritabilidade, atração, alterações no sistema hormonal, inibição da ovoposição e da alimentação, além de distúrbios no desenvolvimento e deformações (GONZAGA et al., 2008). Haja vista que os óleos essenciais são misturas complexas de terpenos e fenilpropanóides produzidos através do metabolismo secundário das plantas (BAKKALI et al., 2008). A composição química dos óleos essenciais depende de fatores ambientais, período de colheita, técnica de extração e de fatores genéticos, portanto estes fatores devem ser levados em consideração quando se trabalha com óleos essenciais (SANTOS, 2004). De maneira geral os óleos essenciais apresentam grande aceitação social para se regulamentar como pesticidas, por serem comercializados mundialmente como aromas e fragrâncias, e deste modo apresentam um maior contato com o homem (ISMAN et al., 2011).

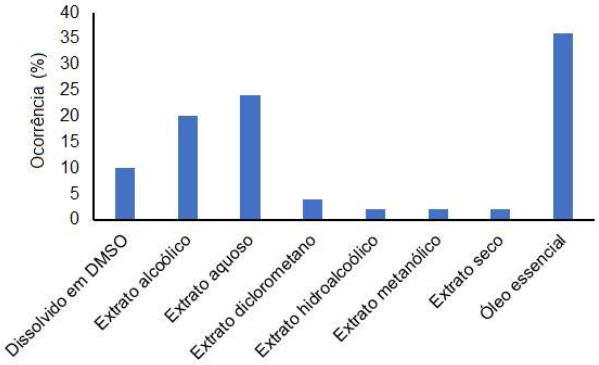

Figura 4: Porcentagem de ocorrência das principais formas utilizadas para obtenção dos inseticidas botânicos. Nota: DMSO significa dimetilsulfóxido ou sulfóxido de dimetilo, é um composto comumente utilizado como solvente.

De acordo com os dados levantados (família x metabólitos secundários) as espécies *Zanthoxylum pohlianum* e *Citrus limonia* (Rutaceae), *Eplingiella fruticosa* (Lamiaceae), *Eugenia uniflora* (Myrtaceae), *Ateleia glazioveana* (Phabaceae), *Azadirachta indica* e *Melia azedarach* (Meliaceae), *Marnihot esculenta* (Euphorbiaceae), *Annona mucosa* (Annonaceae), *Aristolochia trilobata* (Aristolochiaceae) e *Cymbopogon winterianus* (Poaceae) apresentam alto potencial para serem utilizadas no controle de saúvas (Tab. 1). É importante, no entanto, que alguns critérios sejam adotados antes do controle de pragas e uso comercial desses inseticidas botânicos como: seguro para a vida animal e vegetal, biodegradável (ambientalmente seguro), pronta disponibilidade da planta (ocorre em abundância na região) ou capacidade para cultivo, determinação de procedimentos de isolamento para o componente ativo ou componentes (ou de formulação de extratos preparados a partir de partes de plantas) ou estabelecimento de procedimentos sintéticos para os componentes ativos (JACOBSON, 1989).

Pensando nisso, deve-se buscar formas de controle alternativos que sejam mais sustentáveis quando comparado com o controle químico. Uma vez que os diferentes métodos de controle alternativos em contraponto com os compostos sintéticos são importantes, pois têm ações e espectros mais específicos, em alguns casos sendo estes seletivos a ponto de funcionarem com um único grupo de organismos (FERREIRA, 2017). Diante do exposto, estudos sobre a bioatividade de plantas para o controle de saúvas são de grande interesse para a agricultura no Brasil. Devido às grandes vantagens oferecidas, em relação aos inseticidas sintéticos, tais como: eficiência, custo relativamente baixo, baixa toxicidade para os aplicadores e consumidores, rápida degradação, não deixando resíduos prejudiciais na cultura e nos produtos processados. Aliado a isso, faz-se necessário experimentos de laboratório e campo para verificar a bioatividade. Assim, estudos de revisão servem como ponto de partida para estudos posteriores como o isolamento, a purificação e a elucidação estrutural das substâncias bioativas, além de ajudar a inferir sobre um possível mecanismo de ação dessas substâncias

.

Tabela 1. Lista das famílias botânicas com maior número de espécies citadas com potencial inseticida, bem como a ocorrência geopolítica, uso, grupo alvo e metabólito secundário encontrados na revisão de literatura.

Família/espécies	Nome popular	Ocorrência	Uso	Grupo alvo	Metabólito Secundário
Anacardiaceae					
Anacardium occidentale	Caju	Norte, Nordeste, Centro-oeste e Sudeste	Óleo e extrato da castanha	*Atta sexdens rubropilosa*	Ácidos anacardicos/ Ácidos graxos
Schinus therebentifolia	Aroeira-vermelha	Nordeste, Centro-oeste, Sudeste e Sul	Extrato aquoso	Microlepidópteros - *Plutella xylostella*	-
Annonaceae					
Annona reticulata	Pinha	Sudeste	Extrato aquoso	*Atta sexdens rubropilosa*	-
Annona mucosa	Biribá	Todo Brasil	Extratos hexânicos	*Atta sexdens rubropilosa* e Gorgulho - *Sitophillus zeamais*	Lignanas, acetogeninas (policetídio) e flavonóides/ C. fenólicos
Dughetia furfuracea	Araticum-do-campo	Nordeste, Centro-oeste, Sudeste e Sul	Extrato aquoso	Microlepidópteros - *Plutella xylostella*	-

Continua
Tabela 1. (Continuação)

Continua

Apiaceae					
Coriandrum sativum	Coentro	Sul	Extrato aquoso	*Atta sexdens rubropilosa*	-
Apocynaceae					
Asclepias curassavica	Ofical-de-sala/Falsa-erva-de-rato	Todo Brasil	Extrato etanólico	*Atta sexdens rubropilosa*	Glicosídio asclepiadina / C. nitrogenados
Arecaceae					
Elaeis guineensis	Dendê	América Central	Óleo essencial	*Atta sexdens rubropilosa*	-
Aristolochiaceae					
Aristolochia trilobata	-	Norte, Nordeste, Sudeste e Sul	Óleo essencial	*Acromyrmex balzani* e *Atta sexdens*	P-cimeno, limoneno e linalol/ Terpeno
Asteraceae					
Chrysanthemum roseum	Crisântemo	Ásia	-	-	Piretro/ Terpeno
Ageratum conyzoides	Metrasto	Todo Brasil	Extrato hexânico	*Atta laevigatta* e *Acromyrmex subterraneus*	Cumarina/ C. fenólicos
Bignoniaceae					

Tabela 1. (Continuação)

Continua

Tabebuia vellosoi	Ipê-amarelo-liso	Sudeste	Extrato aquoso	*Atta sexdens rubropilosa*	-
Convolvulaceae					
Ipomoea batatas	Batata-doce	Todo Brasil	-	-	-
Euphorbiaceae					
Manihot esculenta	Mandioca	Todo Brasil	Extrato aquoso	*Atta* sp.	Ácido cianídrico, glicosídeos cianogênicos (linamarina)/ C. nitrogenados
Ricinus communis	Mamona	Todo Brasil	Óleo essencial e extrato alcoólico	*Atta sexdens rubropilosa*	-
Actinostemon concolor	Laranjeira-do-mato	Rio Grande do Sul	Extrato dissolvido em DMSO	*Atta sexdens rubropilosa*	-
Jatropha curcas	Pinhão-manso	Todo Brasil	-	*Atta sexdens rubropilosa*	-
Equisetaceae					
Equisetum spp.	Cavalinha	Centro-oeste, Sudeste e Sul	Extrato etanólico	*Atta sexdens rubropilosa*	Alcaloides (C.nitro.), saponinas (terp.), flavonoides e taninos (C.fen.).
Gleicheniaceae					

Tabela 1. (Continuação)

Gleichenella pectinata	-	Todo Brasil		*Atta* sp.	-
Lamiaceae					
Lippia alba	Cidreira-do-mato/cidreira	Todo Brasil		Formigas, mosquitos borrachudos	-
Rosmarinus officinalis	Alecrim	Sudeste e Sul		*Atta sexdens rubropilosa*	-
Mentha piperita	Hortelã	Todo Brasil	Extrato hexânico	*Atta sexdens rubropilosa*	-
Hyptis pectinata	Sambacaitá	Nordeste, Centro-oeste e Sudeste	Óleo essencial	*Acromyrmex balzani* e *Atta sexdens rubropilosa*	-
Hyptis marrubioides	Hortelã-do-campo	Centro-oeste, Sudeste e Sul	Óleo essencial	*Atta sexdens rubropilosa*	-
Medusantha martiusii	Alfazema-do-caboclo	Nordeste e Sudeste	-	Mosca-branca - *Bemisia argentifolii*	-
Eplingiella fruticosa	Alecrim-do-campo	Nordeste e Sudeste	Óleo essencial	i	Monoterpeno (cânfora e cineol)

Continua

Tabela 1. (Continuação)

Pogostemon cablin	Patchouli/Oriza	Ásia	Óleo essencial	*Atta opaciceps*, *A. sexdens* e *A. sexdens rubropilosa*	Sesquiterpenos
Lauraceae					
Persea americana	Abacate	América Central e México	-	-	-
Melastomataceae					
Miconia albicans	Quaresmeira-de-flor-branca	Todo Brasil	Extrato aquoso	Microlepidópteros - *Plutella xylostella*	-
Meliaceae					
Trichilia pallida	Baga-de-morcego	Todo Brasil	Extrato alcoólico	*Atta* sp.	-
Cipadessa fruticosa	Santa-rita	Ásia	-	-	-
Carapa guianensis	Andiroba	Norte e Nordeste	Óleo essencial	*Atta sexdens rubropilosa*	-
Azadirachta indica	Nim	Ásia	Óleo essencial	*Atta sexdens rubropilosa*	Triterpenos (saponinas, limonóides)/ Terpenos

Continua

Tabela 1. (Continuação)

Melia azedarach	Erva-de-santa-barbara	Ásia	Extrato aquoso	Lagarta militar - *Spodoptera frugiperda*	Saponinas e alcaloides/Terp./CN
Myrtaceae					
Eugenia florida	Guamirim-cereja	Todo Brasil	Extrato alcoólico	*Atta* sp.	-
Eugenia handroana	Guamirim/Fruto-do-macaco	Sul e Sudeste	Extrato alcoólico	*Atta* sp.	-
Eugenia uniflora	Pitanga	Nordeste, Centro-oeste, Sudeste e Sul	Óleo essencial	*Atta laevigatta*	Flavonóides e taninos/ C. fenólicos
Eucalyptus spp.	Eucalipto	Oceania	-	-	-
Syzygium aromaticum	Cravo-da-índia	Ásia	Óleo essencial	Lagarta dos eucaliptos - *Thyrinteina arnobia*	Eugenol/ Terpeno
Campomanesia xanthocarpa	Guabiroba	Nordeste, Centro-oeste, Sudeste e Sul	Extrato aquoso	Microlepidópteros - *Plutella xylostella*	
Pedaliaceae					
Sesamum indicum	Gergelim	Ásia	Óleo essencial	*Atta sexdens rubropilosa*	-
Phabaceae					Alcalóides / C. N

Continua

Tabela 1. (Continuação)

Canavalia ensiformis	Feijão-de-porco	Todo Brasil	-	-	-
Ateleia glazioveana	Timbó	Sudeste e Sul	Extrato seco	*Acromyrmex lundi*, Lepidoptera e Coleoptera	Flavonóide rutina / C. fenólico
Albizia Polycephala	Albízia	Nordeste, Centro-oeste, Sudeste e Sul	Extrato dissolvido em DMSO	*Atta sexdens rubropilosa*	-
Derris spp.	Timbó	Norte, Nordeste e Centro-oeste	-	-	Rotenona / C. fenólico
Lonchocarpus spp.	Timbó	Todo Brasil	-	-	Rotenona/ C. fenólico
Amburana acreana	Cerejeira/ Cumaru de cheiro	Norte, Sudeste e Centro-oeste	Extrato aquoso	*Atta sexdens rubropilosa*	-
Picramniaceae					
Picramnia teapensis	-	México	Extrato hidroalcoólico	*Atta sexdens*	Umbeliferona/ C. fenólico
Piperaceae					

Continua

Tabela 1. (Continuação)

Piper hispidinervum	Pimenta longa	Norte, Nordeste, Centro-oeste e Sudeste	Óleo essencial	Coleópeteros	Fenilpropanoide safrol/ C. fenólico
Poaceae					
Cymbopogon winterianus	Citronela	Centro-oeste, Sudeste e Sul	-	Formigas cortadeiras e mosquitos borrachudos	Carvona, geranial, limoneno/ Terpenos
Rubiaceae					
Bathysa meridionalis	Macuqueiro	Nordeste, Centro-oeste, Sudeste e Sul	Extrato dissolvido em DMSO	*Atta sexdens rubropilosa*	-
Simira glaziovii	Arariba, araraúba, duparana	Bahia e Sudeste	Extrato dissolvido em DMSO	*Atta sexdens rubropilosa*	-
Rutaceae					
Zanthoxylum pohlianum	Juva	Pará, Goias, Paraná, Nordeste e Sudeste	Extrato alcoólico	*Atta* sp.	Alcaloides, flavonoides, lignanas, cumarinas, terpenoides e limonoides.
Helietta puberula	-	Mato Grosso do Sul	Extrato alcoólico	Formigas cortadeiras	-
Rauia sp.	-	Norte, Nordeste e Sudeste	Extrato alcoólico	*Atta sexdens rubropilosa* e a mariposa - *Spodoptera frugiperda*	-

Continua

Tabela 1. (Continuação)

Continua

Raulinoa echinata	Cutia-de-espinhos	Sul	Extratos hexânicos	*Atta sexdens rubropilosa*	Limonóide ácido limonéxico/ Terpeno
Citrus limonia	Limão-galego/limão-cravo	Todo Brasil	Extrato metanólico	*Atta sexdens*	Angelicina, suberosina e xanthoxietina / C. fenólico
Citrus sinensis	Laranja	Centro-oeste, Sudeste e Sul	Óleo essencial	Cochonilha - *Dysmicoccus brevipes*	Monoterpeno (D-Limoneno)
Citrus limon	Limão siciliano	Centro-oeste, Sudeste e Sul	Óleo essencial	Cochonilha - *Dysmicoccus brevipes*	Monoterpeno (D-Limoneno)
Adiscanthus fusciflorus	-	Norte	Extrato de diclorometano	*Atta sexdex*	Isopimpinelina / Terpeno
Pilocarpus riedelianus	-	Nordeste e Sudeste	Extrato de diclorometano	*Atta sexdex*	Xantiletina/ C. fenólico
Esenbeckia pumila	-	Norte, Nordeste, Centro-oeste e Sudeste	-	*Atta* sp.	-
Sapindaceae					
Magonia pubescens	Timbó	Norte, Nordeste, Centro-oeste e Sudeste	Extrato aquoso	*Atta sexdens rubropilosa*	-
Serjania marginata	Timbó	Todo Brasil	Extrato aquoso	*Plutella xylostella*	Ácidos graxos

Tabela 1. (Continuação)

Simaroubaceae					
Simarouba versicolor	Azeitona-brava	Norte, Nordeste e Centro-oeste	-	-	-
Solanaceae					
Nicotiana spp.	Tabaco/fumo	Todo Brasil	-	-	Alcalóides (nicotina)/ C. nitrog.
Thymelaeaceae					
Daphnopsis fasciculata	Embira-branca	Centro-oeste, Sudeste e Sul	Extrato dissolvido em DMSO	*Atta sexdens rubropilosa*	-
Winteraceae					
Drimys augustifolia	Casca-de-anta	Sul	Óleo essencial	*Acromyrmex* sp.	Drimenol, biciclogermacreno, miristicina e ciclocolorenona/Terp.

CONCLUSÃO

Esse trabalho elencou a possibilidade de diferentes espécies de plantas (e.g. em diferentes famílias) de serem utilizadas como inseticida no controle de formigas cortadeiras. Pode-se concluir que o Brasil possui alta abrangência de plantas inseticidas. As espécies da família Rutaceae apresentam alto potencial para serem utilizadas como inseticidas botânicos. De maneira geral, plantas que apresentem alta concentração de terpenos são boas candidatas para a produção de inseticidas botânicos e possivelmente para o controle de saúvas. As espécies *Zanthoxylum pohlianum* e *Citrus limonia* (Rutaceae), *Eplingiella fruticosa* (Lamiaceae), *Eugenia uniflora* (Myrtaceae), *Ateleia glazioveana* (Phabaceae), *Azadirachta indica* e *Melia azedarach* (Meliaceae), *Marnihot esculenta* (Euphorbiaceae), *Annona mucosa* (Annonaceae), *Aristolochia trilobata* (Aristolochiaceae) e *Cymbopogon winterianus* (Poaceae) apresentam resultados promissores. O método de uso mais utilizado dos metabólitos secundários foi o óleo essencial, em seguida, o extrato aquoso, extrato alcoólico e extrato dissolvido em DMSO.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, J. N. Caracterização química dos extratos em dicrometano de *Origanum majorana* L. na inibição de *Panicum maximum* . Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós Graduação, Uberlândia, 2009.

AGARWAL, M.; WALIA, S.; DRINGRA, S.; KHAMBAY, B. P.S. Insect growth inhibition, antifeedant and antifungical actividy of compounds isolated/devived from Zinginber officinale Roscoe (ginger) rhizomes. Pest Management Sciense, 57, n.3, p.289300, 2001.

Amorim, A. C. L., Lima, C. K. F., Howell, A. M. C., Miranda, A. L. P., Rezende, C. M., 2009. Avaliação antinociceptivo e hipotérmica do óleo essencial das folhas e terpenóides isoladas de Eugenia uniflora L. (Pitanga brasileira). Phytomed. 16, 923-928.

APG III (Angiosperm Phylogeny Group). 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society* 161: 105-121. Disponível em: http://www.tropicos.org/Home.aspx. Acesso em março/junho de 2016.

ARRIAGA, E.J.; RUMBERO, A. Naringin, hesperidin and neohesperidin content in juices from thirteen *Citrus* spp. Fitoterapia, v.51, p.31-6, 1990.

ATTYGALLE, A. B.; MORGAN, E. D. Ant trail pheromones. Advances in Insect Physiology, v.18: p. 1-30. 1985.

BARREIRO, ELIEZER J. E BOLZANI, VANDERLAN DA SILVA Biodiversidade: fonte potencial para a descoberta de fármacos. Química Nova [online]. 2009, v. 32, n. 3 [Acessado 28 Janeiro 2022] , pp. 679-688. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000300012>. Epub 22 Maio 2009. ISSN 1678-7064. https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000300012

BAKKALI, F.; AVERBECK, S.; AVERBECK, D. & IDAOMAR, M. Biological effects of essential oils – A review. Food and Chemical Toxicology, v. 46, p. 446-475, 2008.

BFG. 2015. Growing knowledge: an overview of Seed Plant diversity in Brazil. Rodriguésia 66: 1085-1113.

BOLZANI, Vanderlan da S.. Biodiversidade, bioprospecção e inovação no Brasil. **Cienc. Cult.**, São Paulo , v. 68, n. 1, p. 04-05, Mar. 2016 .

BORGES, L. P.; AMORIM, V. A. METABÓLITOS SECUNDÁRIOS DE PLANTAS SECONDARY PLANT METABOLITES. Revista Agrotecnologia, Ipameri, v.11, n.1, p.54-67, 2020

BRUNETON, J. Pharmacognosie, phytochimie, plantes medicinales 2.ed. Paris: Lavoisier, 1993. 1120p.

CALDATO, N.; et al. Foraging activity pattern and herbivory rates of the grass-cutting ant Atta capiguara. Insectes Sociaux, v. 63, n. 3, p. 421-428, 2016.

CAMPOS, Ana Eugênia de Carvalho; ZORZENON, Francisco José. Programa de sanidade em agricultura familiar – formigas cortadeiras. PROSAF, 2018. Disponível em: . Acesso em: 18 março 2019.

CARVALHO-FREITAS, M.I.R.; COSTA, M. Anxiolitic and sedative effects of extracts and essential oil from *Citrus aurantium* Biological & Pharmaceutical Bulletin, v.25, n.12, p.1629-33, 2002.

COSTA, E.L.N. et al. Efeitos, aplicações e limitações de extratos de plantas inseticidas. **Acta Biologica Leopoldensia**, v.26, n.2, p.173-85, 2004.

COSTA, A. N., H. L. VASCONCELOS, E. H. M. VIEIRA-NETO, AND E. M. BRUNA. Do herbivores exert top-down effects in Neotropical savannas? Estimates of biomass consumption by leaf-cutter ants. J. Veg. Sci. 19: 849–8544, 2008.

COSTA, D. P., ALVES FILHO, E. G., SILVA, L. M. A.; SANTOS, S. C., PASSOS, X. S., SILVA, M. R. R., SERAPHINC, J. C., FERRI, P. H., 2010. Influence of fruit biotypes on the chemical composition and antifungal activity of the essential oils of Eugenia uniflora Leaves. Journal of the Brazilian Chemical Society. 21, 851-858.

CRUZ, N. D.; GUERREIRO, L., GATTO, D. A., FREITAS, R. A. Extração e quantificação de compostos fenólicos de folhas de Eucalyptus spp. III Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira, Florianópolis, 2017.

FERREIRA, T. C.; NASCIMENTO, D. M.; SILVA, E. O. Métodos alternativos para controle de insetos-praga em sementes. Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences, Botucatu, São Paulo, 2017.

FOUAD, H. A. et al. Botanical extracts of plants from the Brazilian Cerrado for the integrated management of Sitotroga cerealella (Lepidoptera: Gelechiidae) in stored grain. Journal of Stored Products Research, 57:6-11, 2014.

FUKAMI, J. Effect of Rotenone on respiratory enzyme system of insect muscle. Bulletin of the National Institute of Agricultural Sciences Series C Plant Pathology And Entomology, 13:33-45, 1961.

GODOY, M. F. P. et al. Inhibition of the Symbiotic Fungus of Leaf-Cutting Ants by Coumarins. Journal of the Brazilian Chemical Society, v. 16, n. 3B, p. 669-672. 2005.

GONZAGA, A. D.; GARCIA, M. V. B.; SOUSA, S. G. A.; PY-DANIEL, V.;

CORREA, R. S. & RIBEIRO, J. D. Toxicidade de manipueira de mandioca (*Manihota esculenta* Crantz) e erva-de-rato (*Palicourea marcgravii* St. Hill) a adultos de *Toxoptera citricida* Kirkaldy (Homoptera: Aphididae). Acta Amazônia, v. 38, n. 1, p. 101-106, 2008.

GUIMARÃES, S. S.; POTRICH, M.; SILVA, E. R. L.; WOLF, J., PEGORINI, C. S. & OLIVEIRA, T. M. Ação repelente, inseticida e fagoinibidora de extratos de pimenta dedo-de-moça sobre o gorgulho do milho. AGRICULTURAL ENTOMOLOGY / SCIENTIFIC ARTICLE. Arq. Inst. Biol., São Paulo, v.81, n.4, p. 322-328, 2014.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2019. Biomas. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias-novoportal/informacoes-ambientais/estudos-ambientais/15842-biomas.html?=&t=o-que-e > Acesso em: 09/04/2019.

ISMAN, M.B. Plant essential oils for pest and disease management. **Crop Protection**, v.19, p.603-8, 2000.

ISMAN, M. B.; MIRESMAILLI, S.; MACHIAL, C. 2011. Comercial opportunities for pesticides based on plant essential oils in agriculture, industry and consumer products. Phytochemistry, 10: 197-204.

JACOBSON, M. Botanical pesticides: past, present, and future. In: ARNASON, et al. (Ed) Insecticides of Plant Origin. Washington: ACS, p. 1-10, 1989.

Judd, W.S.; Campbell, C.S.; Kellogg, E.A.; Stevens, P.F. & Donoghue, M.J. 2009. Sistemática Vegetal: um enfoque filogenético. 3a ed. Artmed, Porto Alegre. 632p.

KIM, S.I. et al. Insecticidal activities of aromatic plant extracts and essential oils against *Sitophilus oryzae* and *Callosobruchus chinensis* **Journal of Stored Products Research**, v.39, p.293-303, 2003.

KORTBEEK, R. W. J.; VAN DER GRAGT, M.; BLEEKER, P. M. Endogenous plant metabolites against insects. European Journal of Plant Pathology, v. 154, n. 1, p. 67-90, 2019.

KRCMERY V.; BARNESZ A. J. Non-albicans Candida spp.causing fungaemia: pathogenicity and antifungal resistance, Journal of Hospital Infection, v.50, p.243–260, 2002.

Keszei A., Brubaker C. L., Foley W. J., 2008. A molecular perspective on terpene variation in Australian Myrtaceae. Aust J Bot. 56, 197–213.

Lago, J. H. G., Souza, E. D., Mariane, B., Pascon, R., Vallim, M. A., Martins, R. C., Baroli, A. A., Carvalho, B. A., Soares, M. G., Santos, R. T., Sartorelli, P., 2011. Chemical and biological evaluation of essential oils from two species of Myrtaceae - Eugenia uniflora L. and Plinia trunciflora (O. Berg) Kausel. Molecules. 16, 9827-9837.

LAVIN, M.; SCHRIRE, B.; LEWIS, G.; PENNINGTON, R.T.; DELGADO-SALINAS, A.; THULIN, M.; HUGHES, C.; BEYRA MATOS, A. &

WOJCIECHOWSKI, M.F. 2004. Metacommunity process rather than continental tectonic history better explains geographically structured phylogenies in legumes. Philosophical Transactions of the Royal Society 359: 1509-1522.

LEITE, R. G. F. Ação de extratos etanólicos botânicos no controle de formiga cortadeira *Atta sexdens rubropilosa* (Hym: Formicidae). 2015. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente, São Paulo.

LEWIS, G. P.; SCHRIRE, B.; MACKINDER, B. & LOCK, M. 2005. Legumes of the world. Royal Botanic Gardens, Kew. 592p.

LUITGARDS-MOURA, J. F. et al. Preliminary assays indicate that Antonia ovata (Loganiaceae) and Derris amazonica (Papilionaceae), ichthyotoxic plants used for fishing in Roraima, Brazil, have an insecticide effect on Lutzomyia longipalpis (Diptera: Psychodidae: Phlebotominae). Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, 97.5:737-742, 2002.

MELO, M.F.F.; ZICKEL, C.S. Os gêneros *Zanthoxylum* L.
e *Esenbeckia* Kunth (Rutaceae) no Estado de Pernambuco, Brasil. Acta Botânica Brasileira, v.18, n.1, p.73-90, 2004.

MENEZES, E.L.A. **Inseticidas botânicos:** seus princípios ativos, modo de ação e uso agrícola. Seropédica, Rio de Janeiro: Embrapa Agrobiologia, 2005. 58p

OLIVEIRA, C.M.A; SILVA, M.R.R.; KATO, L.; SILVA, C.C.; FERREIRA, H.D.; SOUZA, L.K.H. Chemical composition and antifungal activity of the essential oil of Hyptis ovalifolia Benth. (Lamiaceae). Journal of the Brazilian Chemical Society, v.15, n.5. p.756-759, 2004.

OLIVEIRA, A. E., et al. Development of a larvicidal nanoemulsion with Pterodon emarginatus Vogel Oil. PloS one, 11.1: e0145835, 2016.

PAULO, B. S.; SIGRIST, R.; OLIVEIRA, L. G. Avanços recentes em biossíntese combinatória de policetídeos: perspectivas e desafios. Quim. Nova, Vol. 42, No. 1, 71-83, Campinas - São Paulo, 2019.

PAVELA, R. History, presence and perspective of using plant extracts as commercial botanical insecticides and farm products for protection against insects-a review. Plant Prot. Sci, 52:229-241, 2016.

REZENDE, F. M. et al. Vias de síntese de metabólitos secundários em plantas. In: IV Botânica no Inverno 2016. (Org.) Miguel Peña H. et al.. São Paulo: Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, Departamento de Botânica, 2016. p. 93-104.

SANTOS, R. I. Metabolismo básico e origem dos metabólitos secundários. In: SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P.R. Farmacognosia: da planta ao medicamento, 5. ed., Porto Alegre, RS: Ed. da UFSC, 2004.

SANTOS, D. Y. C. Botânica Aplicada: metabólitos secundários na interação planta-ambiente. Universidade de São Paulo, Instituto de Biociências. São Paulo, 2015.

SANTOS, A. C. S. et al. Controlling Dactylopius opuntiae with Fusarium incarnatumequiseti species complex and extracts of Ricinus communis and Poincianella pyramidalis. Journal of pest science, 89.2:539-547, 2016.

SANTOS, M. A. I. Folhas de mandioca: caracterização de compostos fenólicos,

atividades antioxidante e inseticida. Universidade Federal de Lavras. Lavras, Minas Gerais, 2013.

SAROJ, A.; PRAGADHEESH, V.S.; PALANIVELU; YADAV, A.; SINGH, S.C.; SAMAD, A.; NEGI, A.S.; CHANOTIVA, C.S. (2015). et al. Anti-phytopathogenic activity of Syzygium cumini essential oil, hydrocarbon fractions and its novel constituents. Industrial Crops and Products. 74, 327–335.

SHARIFIFAR, F. MOSHAFI, M.H., MANSOURI, S.H.; HHODASHENAS, M.; KHOSHNOODI, M. In vitro evaluation of antibacterial and antioxidant activities of the essential oil and methanol extract of endemic Zataria multiflora Boiss. Food Control, v.18, n.7, p.800-805, 2007.

SIQUEIRA, F.F.S.; RIBEIRO, Neto J.D.; TABARELLI, M.; WIRTH, R.; ANDERSEN, A.N. & LEAL, I.R. Human disturbance promotes herbivory by leaf-cutting ants in the Caatinga dry forest. Biotropica 50, 779–788, 2018.

Swami, S. B., Thakor, N. S. J., Patil, M. M., Haldankar, P. M., 2012. Jamun (Syzygium cumini (L.)): A Review of Its Food and Medicinal Uses. Food and Nutrition Sciences. 3, 1100-1117.

TAVARES, W.S. et al. Potential of aromatic and medicinal plant extracts from Cerrado biome to control the velvetbean caterpillar Anticarsia gemmatalis. Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas 12.4:372-384, 2013

URBAS, P., M. V. ARA_UJO, I. R. LEAL, AND R. WIRTH. Cutting more from cut forests: Edge effects on foraging and herbivory of leaf-cutting ants. In: Brazil. Biotropica 39: 489–495, 2007.

Victoria, F.N., Lenardão, E. J., Savegnago, L., Perin, G., Jacob, R. G., Alves, D., Da Silva, W. P., Da Motta, A. S., Nascente, P. S., 2012. Essential oil of the leaves of Eugenia uniflora L.: Antioxidant and antimicrobial properties. Food and Chemical Toxicology. 50, 2668–267.

VIEGAS JUNIOR, Cláudio. Terpenos com atividade inseticida: uma alternativa para o controle químico de insetos. Quím. Nova, São Paulo, v. 26, n. 3, p. 390-400, 2003. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422003000300017&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 09/04/2019.

VIZZOTTO, M., KROLOW, A. C., WEBER, G. E. B. Metabólitos secundários encontrados em plantas e sua importância. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010. 16 p.

WIRTH, R., H. HERZ, R. J. RYEL, W. BEYSCHLAG, AND B. HOLLDOBLER. Herbivory of Leaf-Cutting Ants: A Case Study on Atta Colombica. In: The Tropical Rainforest of Panama, p. 164. Ecol. Stud. Springer – Verlag, Berlin, Germany, 2003.

ZANUNCIO, A. J. V. et al. Occurrence of *Atta laevigata* (Hymenoptera: Formicidae) in the South of Espírito Santo State, Brazil. Recently Introduced or Endangered Species?. Sociobiology, v. 56, n. 2, p. 559-564. 2010.

ZHANG, H.; CHEN, F.; WAN, X.; YAO, H.Y. Evaluation of antioxidant activity of parsley (Petroselinum crispum) essential oil and identification of its antioxidant constituents. Food Research International, v.39, p.833–839, 2006.