

# Extratos de espécies florestais nativas da Amazônia Meridional no controle de *Atta sexdens* Linnaeus (Hymenoptera: Formicidae)

Laura Araujo Sanches<sup>1\*</sup> , Juliana Garlet<sup>2</sup> 

1 Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, Universidade Federal de Mato Grosso, Av. Fernando Correia da Costa, Cidade Universitária, 2367. 78060-900, Cuiabá (MT), Brasil.

2 Faculdade de Ciências Biológicas e Agrárias, Curso de Engenharia Florestal, Av. Perimetral Rogério Silva, Jardim Flamboyant, s/n. 78580-000, Alta Floresta (MT), Brasil.

\*Autora para correspondência: [laura\\_araujo\\_555@hotmail.com](mailto:laura_araujo_555@hotmail.com)

Recebido em 28 de julho de 2021.

Aceito em 07 de novembro de 2021.

Publicado em 11 de novembro de 2021.

**Resumo** – A diversidade da flora na região Amazônica apresenta um imenso potencial para estudos de plantas com atividade inseticida. Por isso, o objetivo do estudo foi avaliar o potencial de extratos alcoólico e de infusão de folhas de *Cheilochlinium cognatum* (Miers) A.C.Sm e *Metrodorea flavida* K.Krause no controle de *Atta sexdens* L. Os extratos alcoólico e de infusão foram obtidos a partir de folhas secas e os bioensaios foram divididos em dois modos de ação: contato e ingestão nas concentrações de: 3%, 6%, 9%, 12% e 15% acrescidas de 1% de dimetilsulfoxo (DMSO), também foi utilizado uma testemunha (água destilada+DMSO 1% ou dieta pura+DMSO 1%) e um controle (fipronil). A avaliação foi realizada após 72 horas, através da contagem de insetos mortos. Em bioensaio por contato, a maior mortalidade ocasionada pelos extratos alcoólico e de infusão de *Cheilochlinium cognatum* foi de 88 e 74%, respectivamente, para *Metrodorea flavida* a mortalidade foi de 84 e 54%, respectivamente. No bioensaio por ingestão, a mortalidade ocasionada pelo extrato de infusão de *Cheilochlinium cognatum* foi de 98% e *Metrodorea flavida* de 74%. Os extratos alcoólico e de infusão de folhas de *Cheilochlinium cognatum* e *Metrodorea flavida* apresentam potencial inseticida na mortalidade de *Atta sexdens*.

**Palavras chave:** Atividade inseticida. Aplicação tópica. Formigas cortadeiras.

## Extracts of Southern Amazon native forest species in the control of *Atta sexdens* Linnaeus (Hymenoptera: Formicidae)

**Abstract** – The flora diversity in the Amazon region presents an immense potential for studies of plants with insecticidal activity. Therefore, the objective of this study was to evaluate the potential of alcoholic and leaf infusion extracts of *Cheilochlinium cognatum* (Miers) A.C.Sm and *Metrodorea flavida* K.Krause in the control of *Atta sexdens* L. The alcoholic and infusion extracts were obtained from dry leaves and the bioassays were divided into two modes of action: contact and ingestion in the following concentrations: of 3%, 6%, 9%, 12% and 15% plus 1% dimethyl sulfoxid (DMSO), a control was also used (distilled water + DMSO) 1% or pure diet + 1% DMSO) and a control (fipronil). The evaluation was carried out after 72 hours, by counting dead insects. In contact bioassay, the highest mortality caused by alcoholic extracts and infusion of *Cheilochlinium cognatum* was 88 and

74%, respectively, for *Metrodorea flavida* the mortality was 84 and 54%, respectively. In the bioassay for ingestion, the mortality caused by the infusion extract of *Cheilochinium cognatum* was 98% and *Metrodorea flavida* 74%. The alcoholic and leaf infusion extracts of *Cheilochinium cognatum* and *Metrodorea flavida* have insecticide potential in the mortality of *Atta sexdens*.

**Key-words:** Insecticidal activity. Topical application. Cutting ants.

## **Extractos de especies forestales nativas de la Amazonia Meridional en el control de *Atta sexdens* Linnaeus (Hymenoptera: Formicidae)**

**Resumen** - La diversidad de la flora en la región amazónica presenta un inmenso potencial para estudios de plantas con actividad insecticida. Por lo tanto, el objetivo del estudio fue evaluar el potencial de extractos alcohólicos e infusión foliar de *Cheilochinium cognatum* (Miers) A.C.Sm y *Metrodorea flavida* K.Krause en el control de *Atta sexdens* L. Los extractos alcohólicos y en infusión se obtuvieron a partir de hojas secas y los bioensayos se dividieron en dos modos de acción: contacto e ingestión a concentraciones de 3%, 6%, 9%, 12% y 15% añadidas de 1% de dimetilsulfoxo (DMSO), también se utilizó un testigo (agua destilada + DMSO1% o dieta pura + 1% DMSO) y un control (fipronil). La evaluación se llevó a cabo después de 72 horas mediante el recuento de los insectos muertos. En bioensayo de contacto, la mayor mortalidad causada por extractos alcohólicos en infusión de *Cheilochinium cognatum* fue del 88 y 74%, respectivamente para *Metrodorea flavida* la mortalidad fue del 84 y 54%, respectivamente. En el bioensayo por ingestión, la mortalidad causada por el extracto en infusión de *Cheilochinium cognatum* fue del 98% y *Metrodorea flavida* del 74%. Los extractos alcohólicos y de infusión de hojas de *Cheilochinium cognatum* y *Metrodorea flavida* tienen potencial insecticida para la mortalidad de *Atta sexdens*.

**Palabras clave:** Actividad insecticida. Aplicación tópica. Hormigas cortadoras de hojas.

## **Introdução**

As formigas cortadeiras conhecidas como saúvas e quenquês pertencem respectivamente aos gêneros *Atta* e *Acromyrmex* (Hymenoptera: Formicidae: Myrmicinae: Attini). São assim conhecidas por possuírem o hábito de cortar diversas espécies vegetais, utilizadas como substrato para o cultivo do fungo simbionte, considerado principal fonte alimentar (Bueno et al. 2008). Estão presentes em todo o território nacional e são encontradas desde o sul dos Estados Unidos até o centro da Argentina, com ampla distribuição em todos os países do Continente Americano, exceto no Chile (Costa et al. 2011).

As espécies de *Atta* são as mais estudadas da tribo Attini, pois além de apresentarem as maiores colônias também causam grandes danos aos plantios agrícolas e florestais (Nickele et al. 2013). As desfolhas causadas frequentemente em plantas acarretam redução da produtividade, podendo ainda levar a morte das plantas (Zanetti et al. 2000). Para minimizar os efeitos negativos causados por estes insetos, tem-se utilizado métodos de controle químico, porém sabendo da existência da toxicidade dos produtos sintéticos a mamíferos, ao homem, e a capacidade dos insetos em desenvolverem resistência, o setor agrícola e os órgãos de legislação e proteção ambiental, estão em processo constante de estímulo a substituição dos produtos sintéticos utilizados atualmente em favor de métodos de controle com menor toxicidade e mais seletivos (Viegas Jr. 2003).

As estratégias promissoras para o controle de formigas cortadeiras podem ser: o controle biológico, o uso de plantas resistentes, de extratos vegetais e de feromônios (Nickele et al. 2013). O uso de inseticidas vegetais tem se tornado uma alternativa potencial, pois são obtidos a partir de extrativos, que são compostos orgânicos resultantes do metabolismo secundário das plantas (Viglianco et al. 2008). Os metabólitos secundários específicos são restritos a uma espécie vegetal ou a um grupo de espécies relacionadas e apresentam funções ecológicas importantes tais como a defesa contra vários herbívoros e microrganismos patogênicos (Taiz e Zeiger 2004).

Diversos estudos têm sido realizados com extratos de plantas visando à utilização de produtos naturais com efeito inseticida, tais como: a *Bauhinia rufa* (Bong.) Steud. (Fabaceae) (Santos et al. 2016), *Andira paniculata* (Mart.) Benth. (Fabaceae) (Santos et al. 2015), *Manihot esculenta* Crantz (Euphorbiaceae) (Santos et al. 2013) e *Banara guianensis* Aubl. (Salicaceae), *Clavija weberbaueri* Mez (Primulaceae), *Mayna parvifolia* (J.F. Macbr.) Sleumer (Achariaceae), *Ryania speciosa* Vahl. (Salicaceae), *Spilanthes oleracea* L. (Asteraceae) e *Siparuna amazonica* (Mart.) A.DC. (Siparunaceae) (Gouvêa et al. 2010). Portanto, estudos visando avaliar a bioatividade dos extratos são importantes, pois sugerem quais espécies são potenciais fontes de substâncias com atividades inseticidas, apontam os organismos-alvo, além disso, fornecem sugestões sobre o modo de ação dessas substâncias.

A diversidade da flora na região Amazônica apresenta um imenso potencial para estudo com plantas com atividade inseticida (Spletozer et al. 2021), possibilitando assim a descoberta de novos compostos e substâncias. As espécies de plantas avaliadas neste estudo são nativas da Amazônia Meridional e foram escolhidas com base em testes preliminares. Sendo assim, este estudo teve por objetivo avaliar o potencial de extratos alcoólico e de infusão de folhas de *Cheiloclinium cognatum* (Miers) A. C. Sm (Celastraceae) e *Metrodorea flavida* K. Krause (Rutaceae) sob dois modos de ação (contato e ingestão) no controle de *Atta sexdens* Linnaeus.

## Material e métodos

Foram avaliadas duas espécies de plantas: *Cheiloclinium cognatum* (Miers) A. C. Sm e *Metrodorea flavida* K. Krause, coletadas no Município de Alta Floresta-MT (56°3'43,972"W, 9°57'1,312"S) e os testes realizados nos Laboratórios na Universidade do Estado de Mato Grosso, Campus Universitário de Alta Floresta, MT. *Cheiloclinium cognatum* ocorre em domínios fitogeográficos da Amazônia, assim como também no Cerrado, Mata Atlântica e Pantanal, enquanto que, *Metrodorea flavida* trata-se de uma espécie amazônica (Biral e Lombardi 2020; Pirani e Groppo 2020).

Os extratos foram obtidos de folhas das espécies citadas. Após a coleta, o material foi seco em estufa com circulação forçada de ar a 65° C por 72h, e posteriormente triturado em moinho de facas tipo Willey. Para o preparo dos extratos foram utilizadas 100g de folhas moídas, e adicionado 500 mL de álcool 92,8 (extrato alcoólico) e água destilada a 90°C (extrato por infusão), obtendo-se concentração de 20% (p/v).

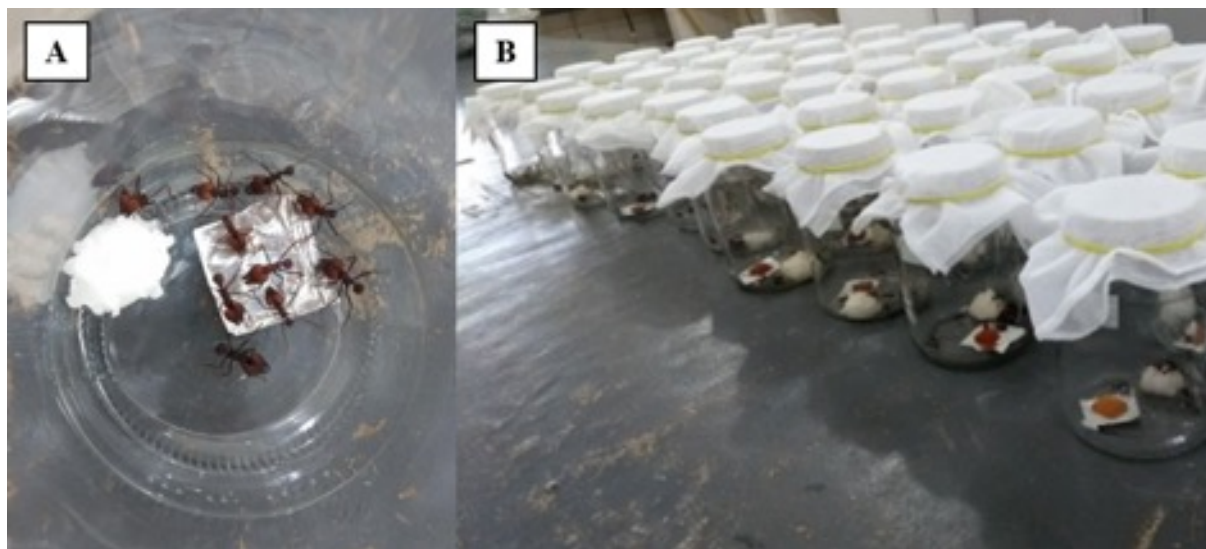
As soluções foram armazenadas em vidros envoltos com papel alumínio para proteção da luz, permanecendo em repouso em temperatura ambiente por um período de 72 horas. Posteriormente, foram filtradas e novamente armazenadas em recipientes fechados, mantidos sob refrigeração e ao abrigo da luz, até serem utilizadas. A partir dessa solução foram preparadas as demais concentrações dos extratos.

Visando a manutenção das formigas isoladas do formigueiro, utilizou-se o fornecimento de uma dieta artificial sólida. Para o preparo da dieta foram utilizados: dextrose (1,5 g), ágar alimentício (0,5 g) e água destilada (100 ml), de acordo com a dieta proposta por Jung et al. (2013). Estes componentes foram misturados e levados ao micro-ondas por três minutos, acondicionadas em placas de petri e após a solidificação da dieta, as placas foram embrulhadas com plástico filme de PVC (policloreto de vinila) e armazenadas em refrigerador até o momento da implantação do bioensaio.

Para os ensaios de bioatividade dos extratos foram coletadas operárias de *Atta sexdens*, de tamanho médio (aproximadamente 10 mm), forrageando em trilhas de um saueiro adulto, localizado no município de Carlinda-MT. As formigas foram colocadas em frascos grandes e levadas ao laboratório. Foram agrupados 10 indivíduos por frasco de vidro, com aproximadamente 13,5 cm de altura por 8 cm de diâmetro. Nos bioensaios tanto por ingestão como por contato foram utilizadas as seguintes concentrações: 3%, 6%, 9%, 12% e 15% acrescidas de 1% de DMSO (Dimetilsulfóxido).

No bioensaio por contato foi realizada a aplicação tópica de 0,2 mililitros de extrato alcoólico e de infusão sobre as formigas (contato), com o auxílio de borrifador manual, nas concentrações citadas. Utilizou-se uma testemunha (água destilada+DMSO 1%) e controle (fipronil, i.a.: 2,5% p/v). Cada frasco recebeu a dieta solidificada, cortada em cubos (1cm<sup>3</sup>) acomodada sobre papel alumínio (2x2cm) e um chumaço de algodão hidrófilo umedecido com água destilada, fechados com tecido tipo voil (Figura 1). As dietas foram repostas e o algodão umedecido a cada 24 horas.

**Figura 1.** Bioensaio operárias de *Atta sexdens*. A) Operárias de *Atta sexdens* se alimentando da dieta artificial livre de extratos. B) Ensaios de ingestão com extratos incorporados em dieta artificial.



No bioensaio por ingestão os extratos de infusão foram incorporados à dieta nas mesmas concentrações, utilizando como testemunha (dieta livre de extrato+DMSO 1%) e controle (fipronil). A dieta cortada em cubos (1cm<sup>3</sup>) foi oferecida para as formigas acomodada sobre papel alumínio (2x2cm) e adicionado algodão hidrófilo umedecido com água destilada, fechados com tecido tipo voil. As dietas foram repostas e o algodão umedecido a cada 24 horas.

Os frascos contendo as formigas foram mantidos em câmara climatizada do tipo B.O.D. a  $26 \pm 2$  °C, U.R. de  $60 \pm 10\%$  e fotofase de 12 horas. As avaliações ocorreram após 72 horas, quantificando-se

o número de formigas mortas. A testemunha foi utilizada para avaliar a sobrevivência das formigas com referência à temperatura, à umidade e ao manuseio.

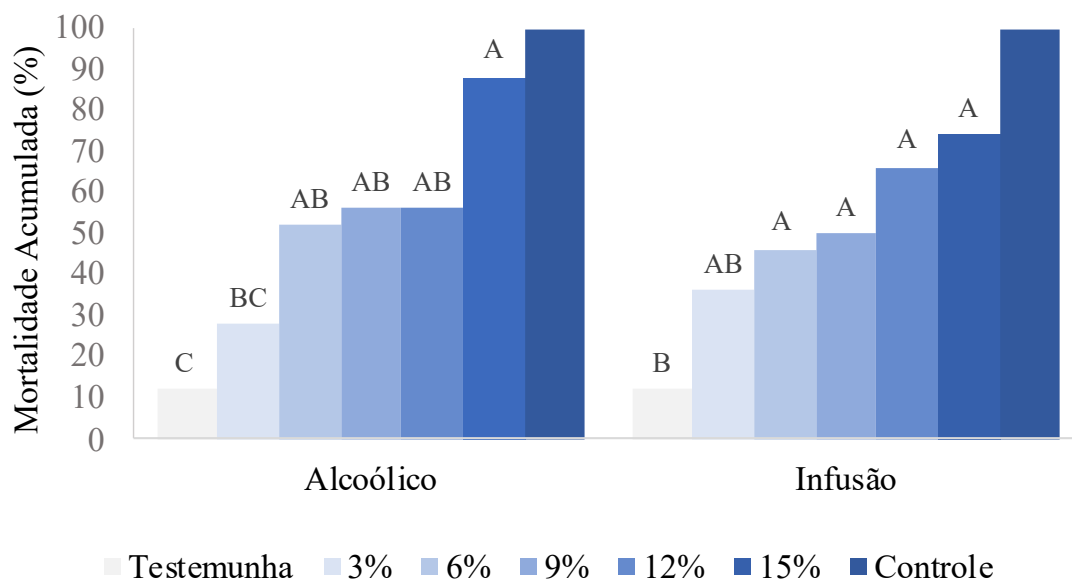
O experimento foi conduzido em delineamento experimental inteiramente casualizado, com cinco repetições, e cada unidade experimental foi constituída por dez formigas, totalizando 50 formigas por tratamento. No bioensaio por contato foram utilizados 12 tratamentos (dois extratos com cinco concentrações mais uma testemunha (água destilada + DMSO 1%) e um controle (fipronil)). Já para o bioensaio por ingestão foram utilizados sete tratamentos (cinco concentrações mais uma testemunha (dieta livre de extratos + DMSO 1%) e um controle (fipronil)).

Para verificação da normalidade utilizou-se o teste de Shapiro-Wilk, e a não normalidade dos dados de mortalidade levou à realização de testes não paramétricos. Assim, a análise dos dados foi realizada pelo teste de Kruskal-Wallis, seguido de Dunn para comparações binárias, a 0,05 de significância. A análise dos dados foi realizada com o pacote `dun.test` no software R versão 3.4 (R Development Core Equipe 2017).

## Resultados

A mortalidade acumulada de operárias de *Atta sexdens* submetidas ao bioensaio com aplicação tópica de extratos alcoólico e de infusão de *Cheiloclinium cognatum* nas concentrações de 3, 6, 9, 12, e 15% após 72 horas da aplicação pode ser observada na Figura 2.

**Figura 2.** Mortalidade média acumulada (%) de extratos alcoólico e de infusão de folhas de *Cheiloclinium cognatum* em diferentes concentrações com aplicação tópica após 72 horas sobre operárias de *Atta sexdens*.



Médias seguidas da mesma letra, maiúscula, em cada extrato, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Dunn em 0,05 de probabilidade.

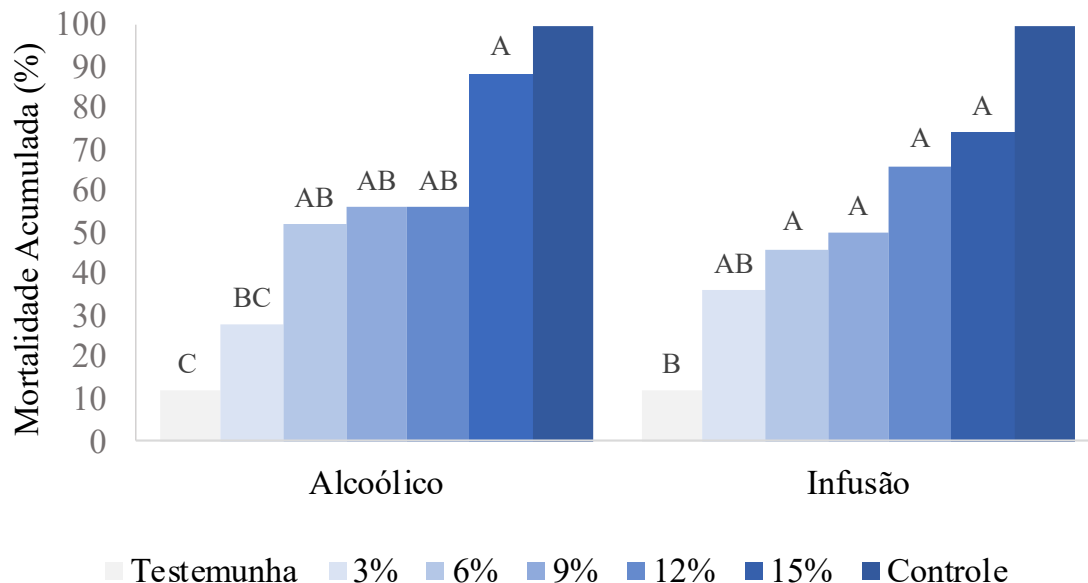
A mortalidade ocasionada pelos extratos alcoólico e de infusão de folhas de *Cheiloclinium cognatum* quando comparadas com a testemunha foram significativas a partir da concentração de



6%. No extrato alcoólico a maior mortalidade foi de 88% (concentração de 15%), já para o extrato de infusão a mortalidade variou de 46 a 74% (concentração 6 a 15%).

A mortalidade acumulada de operárias de *Atta sexdens* submetidas ao bioensaio com aplicação tópica de extratos alcoólico e de infusão de *Metrodorea flavida* nas concentrações de 3, 6, 9, 12, e 15% após 72 horas da aplicação pode ser observada na Figura 3.

**Figura 3.** Mortalidade média acumulada (%) de extratos alcoólico e de infusão de folhas de *Metrodorea flavida* em diferentes concentrações com aplicação tópica após 72 horas sobre operárias de *Atta sexdens*.



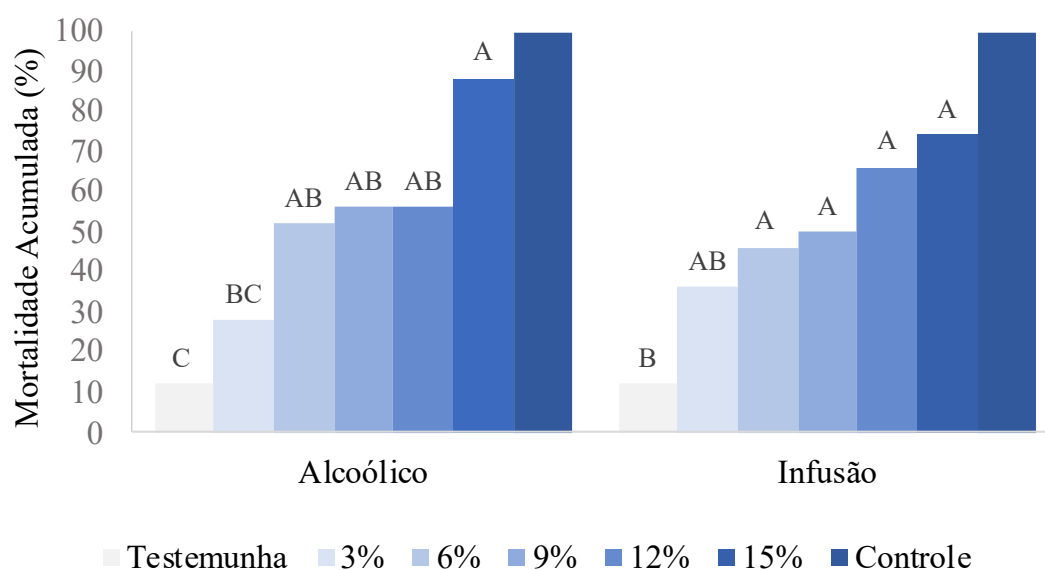
Médias seguidas da mesma letra, maiúscula, em cada extrato, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Dunn em 0,05 de probabilidade.

Na Figura 3, observa-se que no extrato alcoólico de folhas de *Metrodorea flavida* a maior mortalidade foi de 88% (concentração 15%). No extrato por infusão houve diferença em relação à testemunha a partir de 6%, não apresentando diferença significativa entre as concentrações avaliadas com mortalidade crescente de 34 a 54%.

Quando comparados os dois extratos alcoólico e de infusão dentro de cada concentração, para ambas as espécies, não houve diferença significativa nas mortalidades acumuladas em bioensaio com aplicação tópica após 72 horas.

A mortalidade acumulada de operárias de *Atta sexdens* submetidas ao bioensaio de ingestão com incorporação de extrato de infusão de folhas de *Cheilochlinium cognatum* e *Metrodorea flavida* em dieta artificial nas concentrações de 3, 6, 9, 12, e 15% no período de 72 horas, pode ser observada na Figura 4.

**Figura 4.** Mortalidade média acumulada (%) de operárias de *Atta sexdens* alimentadas com dieta artificial incorporada a diferentes concentrações de extrato de infusão de folhas de *Cheiloclinium cognatum* e *Metrodorea flavida* avaliada após 72 horas.



Médias seguidas da mesma letra, maiúscula, para cada espécie avaliada, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Dunn em 0,05 de probabilidade.

Comparando-se a mortalidade nas diferentes concentrações para a espécie *Cheiloclinium cognatum* em bioensaio por ingestão (Figura 4), verifica-se que todas as concentrações apresentaram diferença significativa da testemunha proporcionando mortalidades de 84 a 98% e não apresenta diferença na mortalidade entre as concentrações avaliadas. Enquanto que a mortalidade ocasionada pelo extrato de infusão de folhas de *Metrodorea flavida*, diferiu-se da testemunha a partir de 6% (48 a 74% de mortalidade) (Figura 4).

## Discussão

Nota-se que o extrato alcoólico apresentou maior mortalidade na maior concentração (15%) tanto para *Cheiloclinium cognatum* como para *Metrodorea flavida*. Jung et al. (2013) avaliaram a atividade inseticida de extratos de folhas de pitangueira (*Eugenia uniflora* L.) e de cinamomo (*Melia azedarach* L.) sobre soldados de *Atta laevigata* Smith. Os autores compararam diferentes concentrações de extrato alcoólico e também verificaram que a maior concentração (10%) ocasionou a maior mortalidade de 78,8% (*Eugenia uniflora*) e 84,6% (*Melia azedarach*).

O tipo de solvente utilizado para a extração dos compostos químicos existentes nas plantas pode afetar a atividade dos extratos, uma vez que existem trabalhos que demonstram diferenças no efeito sobre os insetos, quando se utiliza diferentes solventes para uma mesma espécie vegetal. Por exemplo, Bigi et al. (2004) demonstraram diferenças no efeito de extratos de folhas de *Ricinus communis* L., utilizando diferentes solventes (hexano, diclorometano, acetato de etila e metanol) em diferentes concentrações, tanto em bioensaios com aplicação tópica quanto por ingestão de dieta com extrato incorporado.

As saponinas e taninos são metabólitos facilmente extraídos em água, extrato aquoso de *Gleichenella pectinata* (Willd.) Ching apresenta atividade inseticida contra *Atta laevigata* Smith, os

autores descrevem que as saponinas podem ser responsáveis pela atividade inseticida apresentada (Moliterno e Abreu 2016).

Outro fator importante é o modo de ação, as espécies estudadas apresentaram potencial sobre *Atta sexdens* nos dois modos de ação, mas estudos apontam que algumas espécies podem apresentar diferentes resultados. Gomes et al. (2016) avaliando extratos de folhas *Esenbeckia grandiflora* Mart. verificaram que essa espécie apresenta efeitos na mortalidade de *Atta sexdens sexdens* L. quando incorporados em dieta artificial ( $0.2\text{mg}\cdot\text{ml}^{-1}$ ) não apresentando resultados satisfatórios em aplicação tópica ( $1\text{mg}\cdot\text{ml}^{-1}$ ) já a espécie *Zanthoxylum rhoifolium* Lam. apresentou mortalidade significativa nos dois modos de ação. Em pesquisa com óleo de sementes *Ricinus communis* L. e *Jatropha curcas* L. em diferentes concentrações foram tóxicas, tanto por ingestão como por aplicação tópica para *Atta sexdens* (Alonso e Santos 2013).

As duas espécies analisadas neste estudo apresentaram potencial inseticida sobre *Atta sexdens* nos dois modos de ação com aplicação tópica e por ingestão. A espécie *Metrodorea flavida* pertence à família Rutaceae e diversos são os estudos que demonstram que espécies dessa família apresentam efeitos na mortalidade de formigas cortadeiras. Almeida et al. (2007) em bioensaios por ingestão de extratos brutos (hexano, diclorometano e metano) de folhas, hastes e ramos ( $2\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ ) da espécie *Helietta puberula* R.E.Fr. verificaram mortalidades significativas para formigas cortadeiras com o isolamento de três substâncias com efeitos concomitantemente tóxicas para *Atta sexdens* L. e também para o seu fungo. Torres et al. (2013), estudando extratos incorporados em dieta artificial (6mg em 20 ml) verificaram que a espécie *Zanthoxylum pohlianum* Engl. causou efeitos na mortalidade de *Atta sexdens rubropilosa* Forel. Extratos de folhas *Ruta graveolens* L. causaram mortalidade de operárias de *Atta laevigata* (Fr. Smith) por via tópica na concentração de  $1\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$  (Araújo et al. 2008). Gomes et al. (2016) avaliando extratos de folhas de *Zanthoxylum rhoifolium* Lam. e *Esenbeckia grandiflora* Mart. obtiveram resultados satisfatórios na mortalidade de *Atta sexdens sexdens* L.

A espécie *Cheilochlinium cognatum* pertencente à família Celastraceae apesar de não ser tão estudada para verificação de efeito na mortalidade de formigas como espécies da família Rutaceae, também é uma espécie potencial já que as espécies pertencentes a família Celastraceae são fontes de importantes metabólitos secundários, tais como: sesquiterpenos, alcaloides, flavonoides (Silva et al. 2014). Além disso, Pina et al. (2017) relataram que *Cheilochlinium cognatum* é fonte importante de triterpenos. Os triterpenos quinona-metídicos (QMTs) são metabólitos secundários que ocorrem apenas em plantas da família Celastraceae (Paz et al. 2013) e já foram descritos com atividade antiinflamatória (Kim et al. 2009), antioxidante (Santos et al. 2010; Jeller et al. 2004), antifúngico (Gullo et al. 2012). Estudos com terpenóides tem mostrado efeitos em formigas cortadeiras, o  $\beta$ -eudesmol extraído de espécies de *Eucalyptus* (Myrtaceae) provoca alteração comportamental, interferindo no reconhecimento das formigas modificando o comportamento nas colônias, levando à mutilação e morte das formigas (Marinho et al. 2005).

Espécies dessa família são muito estudadas com fins farmacológicos, mas também se apresentam como uma importante fonte de substâncias que podem ser avaliadas visando a atividade inseticida. A presença dos metabólitos secundários e outros compostos químicos podem agir de forma independente ou em sinergia, promovendo a atividade inseticida.

São inúmeros os desafios encontrados para a obtenção de um inseticida botânico, uma vez que, pouco se conhece sobre o modo de ação bioquímico de compostos que estão presentes nas plantas (Rattan 2010). Estudo realizado por Catalani et al. 2017 evidenciam os desafios da utilização



e manipulação de compostos de origem botânica e demonstram que ainda são necessários maior aprofundamento nas pesquisas e refinamento nos estudos.

Os extratos de *Cheiloclinium cognatum* e *Metrodorea flavida* apresentaram potencial para o controle de *Atta sexdens* em condições de laboratório, mas ainda precisam ser identificadas as substâncias responsáveis pela mortalidade. Além disso, estudos em campo são importantes para avaliar o efeito inseticida nas condições naturais em que se encontra o formigueiro.

## Conclusões

Os extratos alcoólico e de infusão de folhas de *Cheiloclinium cognatum* e *Metrodorea flavida* apresentam atividade inseticida em *Atta sexdens* nos dois modos de ação com aplicação tópica e por ingestão.

## Agradecimentos

A Universidade do Estado de Mato Grosso e as fontes financiadoras Capes e Fapemat.

**Participação dos autores:** LAS - idealização do trabalho, implantação e desenvolvimento metodológico de todas as etapas do trabalho, coleta de dados, análise dos resultados, redação do manuscrito; JG - orientação, idealização do trabalho, análise dos resultados, orientação da redação do manuscrito, revisão do manuscrito.

**Aprovação ética ou licenças de pesquisa:** não se aplica ao trabalho.

**Disponibilidade dos dados:** os dados não estão disponíveis em alguma base ou repositórios.

**Fomento:** o presente estudo foi fomentado pelas Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e Fapemat (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso) com fornecimento de bolsas de estudo para o primeiro autor (Laura Araujo Sanches).

**Conflito de Interesses:** os autores declaram não ter conflitos de interesse.

## Referências

Almeida RNA, Peñaflo MFGV, Simote SY, Bueno OC, Hebling MJA, Pagnocca FC, Fernandes JB, Vieira PC, Silva MFGF. 2007. Toxicity of substances isolated from *Helietta puberula* R.E.Fr. (Rutaceae) to the leaf-cutting ant *Atta sexdens* L. (Hymenoptera: Formicidae) and the symbiotic fungus *Leucoagaricus gongylophorus* (Singer) Moller. *BioAssay* 2(2):1-8.

Alonso EC, Santos DYAC. 2013. *Ricinus communis* and *Jatropha curcas* (Euphorbiaceae) seed oil toxicity against *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae). *Journal of Economic Entomology* 106(2):742-746. <https://doi.org/10.1603/EC12035>

Araújo MS, Della-Lucia TMC, Moreira MD, Picanço MC. 2008. Toxicidade de extratos hexânicos de plantas às operárias de *Atta laevigatae Acromyrmex subterraneus subterraneus* (Formicidae: Attini). *Revista Brasileira de Agrociência* 14(3):106-114. <https://doi.org/10.18539/cast.v14i3.1939>

Bigi MFM, Torkomian VL, Groote ST, Hebling MJA, Bueno OC, Pagnocca FC, Fernandes JB, Vieira PC, Silva MFG. 2004. Activity of *Ricinus communis* (Euphorbiaceae) and ricinine against the leaf-cutting ant *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae) and the symbiotic fungus *Leucoagaricus gongylophorus*. *Pest Management Science* 60(9):933-938. <http://dx.doi.org/10.1002/ps.892>

Biral L, Lombardi JA. 2020. Celastraceae in Flora do Brasil 2020. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB6738>>. Acesso em: 29 out. 2021.

Bueno OC, Bueno FC, Diniz EA, Schneider MO. 2008. Utilização de alimento pelas formigas cortadeiras. In: Vilela EF et al. Insetos sociais: da biologia à aplicação. Viçosa, MG: Ed. UFV, p. 96-114.

Catalani GC, Sousa KKA, Stefanelli LEP, Travaglini RV, Forti LC. 2017. Estudos com plantas inseticidas para controle de formigas cortadeiras. In: Baldin ELL et al. (Org.), Inovação em manejo fitossanitário 1. ed. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 1: p. 5-232.

Costa EEA, D'Avila M, Cantarelli EB, Murari AB. 2011. Entomologia florestal. Santa Maria: UFSM, 2. ed., 244 p.

Gomes MDCAR, De Paula VF, Moreira AA, Castellani MA, De Macedo GEL. 2016. Toxicity of plant extracts from Bahia, Brazil, to *Atta sexdens sexdens* Workers (Hymenoptera: Formicidae). Sociobiology 63(2):770-776. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v63i2.936>

Gouvêa SM, Carvalho GA, Picanço MC, Morais EGF, Benevenuto JS, Moreira MD. 2010. Lethal and Behavioral Effects of Amazonian Plant Extracts on Leaf-Cutting Ant (Hymenoptera: Formicidae) Workers. Sociobiology 56(3): 1-13.

Gullo FP, Sardi JCO; Santos VAFFM, Sangalli-Leite F, Pitangui NS, Rossi SA, Silva ACAP, Soares LA, Silva JF, Oliveira HC, Furlan M, Silva DHS, Bolzani VS, Mendes-Giannini MJS, Fusco-Almeida AM. 2012. Antifungal activity of maytenin and pristimerin. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine 2012:1-6. <http://dx.doi.org/doi:10.1155/2012/340787>

Jeller AH, Silva DHS, Liao LM, Bolzani VS, Furlan M. 2004. Antioxidant phenolic and quinonemethide triterpenes from *Cheiloclinium cognatum*. Phytochemistry 65(13):1977-1982. <http://doi.org/10.1016/j.phytochem.2004.03.039>

Jung PH, Silveira ACD, NieriEM, Potrich M, Silva ERLD, Refatti M. 2013. Atividade inseticida de *Eugenia uniflora* L. e *Melia azedarach* L. sobre *Atta laevigata* Smith. Revista Floresta e Ambiente 20(2):191-196. <https://doi.org/10.4322/floram.2013.015>

Kim DH, Shin EK, Kim YH, Lee BW, Jun JG, Park JHY, Kim JK. 2009. Suppression of inflammatory responses by celastrol, a quinone methide triterpenoid isolated from *Celastrus regelii*. European Journal of Clinical Investigation 39(9):819-827. <http://doi.org/10.1111/j.1365-2362.2009.02186.x>

Marinho CGS, Della Lucia TMC, Guedes RNC, Ribeiro MMR, Lima ER. 2005.  $\beta$ -eudesmol-induced aggression in the leaf-cutting ant *Atta sexdens rubropilosa*. Entomologia Experimentalis et Applicata 117(1): 89-93. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2005.00338.x>

Moliterno AAC, Abreu PF. 2016. Atividade inseticida do extratos aquosos de *Gleichenella pectinata* (Willd.) Ching (Gleicheniaceae) contra *Atta laevigata* (F. Smith, 1858) (Hymenoptera: Formicidae). CES Revista 30(1):56-68.

Nickele MA, Pie MR, Reis Filho W, Penteado SDRC. 2013. Formigas cultivadoras de fungos: estado da arte e direcionamento para pesquisas futuras. Pesquisa Florestal Brasileira 33(73):53-72.

Paz TA, Dos Santos VA, Inácio MC, Pina ES, Pereira AMS, Furlan M. 2013. Production of the quinone-methide triterpene maytenin by in vitro adventitious roots of *Peritassa campestris* (Cambess.) AC Sm. (Celastraceae) and rapid detection and identification by APCI-IT-MS/MS. BioMed Research International 2013:1-7. <https://doi.org/10.1155/2013/485837>

Pina ES, Coppede JS, Contini SHT, Crevelin EJ, Lião LM, Bertoni BW, França SC, Pereira AMS. 2017. Improved production of quinone-methide triterpenoids by *Cheiloclinium cognatum* root cultures: possibilities for a non-destructive biotechnological process. Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC) 128(3):705-714. <https://doi.org/10.1007/s11240-016-1151-x>

Pirani, JR, Groppo M. 2020. Rutaceae in Flora do Brasil 2020. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB814>>. Acesso em: 29 out. 2021

R Development Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2017. Disponível em: <<http://www.Rproject.org>>.

Rattan RS. 2010. Mechanism of action of insecticidal secondary metabolites of plant origin. *Crop protection* 29(9): 913-920. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2010.05.008>

Santos ACMSR, Naves PLF, Silva DS, De Jesus FG, Araújo MS, Bueno OC, Menezes ACS. 2015. Atividade inseticida de plantas do Cerrado: toxicidade dos extratos de *Andira paniculata* Benth (Fabacea) frente a formigas cortadeiras (*Atta sexdens rubropilosa*). In: Anais do Congresso de Ensino, Pesquisa e Extensão da UEG (CEPE).

Santos DF, Santos RG, Silva DS, Silva Jr WM, Bueno OC, Menezes ACS. 2016. Avaliação do potencial inseticida de extratos das folhas de *Bauhinia rufa* (Fabaceae) contra *Atta sexdens rubropilosa*. In: Anais do Congresso de Ensino, Pesquisa e Extensão da UEG (CEPE).

Santos MAI, Corrêa AD, Alves APC, Simão AA, Alves D, Oliveira RL, Saczk AA, Carvalho GA. 2013. Extrato metanólico de folhas de mandioca como alternativa ao controle da lagarta-do-cartucho e de formigas cortadeiras. *Semina: Ciências Agrárias* 34(6):3501-3512. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n6Supl1p3501>

Santos VAFFM, Santos DP, Castro-Gamboa I, Zanoni MVB, Furlan M. 2010. Evaluation of antioxidant capacity and synergistic associations of quinonemethide triterpenes and phenolic substances from *Maytenus ilicifolia* (Celastraceae). *Molecules* 15(10):6956-6973. <https://doi.org/10.3390/molecules15106956>

Silva FC, Duarte LP, Vieira Filho SA. 2014. Celastráceas: Fontes de Triterpenos Pentacíclicos com Potencial Atividade Biológica. *Revista Virtual de Química* 6(5):1205-1220. <https://doi.org/10.5935/1984-6835.20140079>

Spletzer AG, Santos CR dos, Araujo LA, Garlet J. 2021. Plantas com potencial inseticida: enfoque em espécies Amazônicas. *Ciência Florestal* 31(2): 974-997. <https://doi.org/10.5902/1980509832244>

Taiz L, Zeiger E. *Fisiologia vegetal*. 3.ed. Porto Alegre: Artmed 2004. 719p.

Torres ADF, Lasmar O, Carvalho GA, Santa-Cecília LVC, Zanetti R, Oliveira DD. 2013. Atividade inseticida de extratos de plantas no controle de formiga cortadeira em cafeeiro. *Coffee Science* 8(3):371-378. <http://www.sbicafe.ufv.br:80/handle/123456789/7991>

Viegas Jr. CV. 2003. Terpenos com atividade inseticida: uma alternativa para o controle químico de insetos. *Química Nova* 26(3):390-400. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422003000300017>

Viglianco A, Novo R, Craggnolini C, Nassetta M, Cavallo A. 2008. Antifeedant and repellent effects of extracts of three plants from Córdoba (Argentina) against *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). *BioAssay* 3(4):1-6.

Zanetti R, Jaffé K, Vilela EF, Zanuncio JC, Leite HG. 2000. Efeito da densidade e do tamanho de saúveiros sobre a produção de madeira em eucaliptais. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* 29(1):105-112. <https://doi.org/10.1590/S0301-80592000000100013>



Esta obra está licenciada com uma *Licença Creative Commons Atribuição Não-Comercial 4.0 Internacional*.