ROSELINE DA SILVA MELO

EXTRATOS DE *Apeiba tibourbou* Aubl. **NO CONTROLE DE OPERÁRIAS DE** *Atta sexdens* **L. (HYMENOPTERA: FORMICIDAE).**

Dissertação de Mestrado

ALTA FLORESTA-MT

2023

ROSELINE DA SILVA MELO

Diss. MESTRADO

PPGBioAgro 2023

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO
FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E AGROECOSSISTEMAS AMAZÔNICOS

ROSELINE DA SILVA MELO

EXTRATOS DE *Apeiba tibourbou* Aubl. NO CONTROLE DE OPERÁRIAS DE *Atta sexdens* L. (HYMENOPTERA: FORMICIDAE).

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos, para a obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos.

Orientadora: Profa. Dra. Juliana Garlet

ALTA FLORESTA-MT

2023

AUTORIZO A DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO, CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Catalogação na publicação

Walter Clayton de Oliveira CRB 1/2049

MELO, Roseline da Silva.
M528e Extratos de Apeiba Tibourbou Aubl. no Controle de Operárias de Atta Sexdens L. (Hymenoptera: Formicidae) / Roseline da Silva Melo – Alta Floresta, 2023.
50 f.; 30 cm. (ilustrações) Il. color. (sim)

Trabalho de Conclusão de Curso (Dissertação/Mestrado) – Curso de Pós-graduação Stricto Sensu (Mestrado Acadêmico) Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos, Faculdade de Ciências Biológicas e Agrárias, Câmpus de Alta Floresta, Universidade do Estado de Mato Grosso, 2023.
Orientador: Juliana Garlet

1. Formigas-Cortadeiras. 2. Pente de Macaco. 3. Inseticidas Vegetais. 4. Metabólitos Secundários. I. Roseline da Silva Melo. II. Extratos de Apeiba Tibourbou Aubl. no Controle de Operárias de Atta Sexdens L. (Hymenoptera: Formicidae): .
CDU 634.0.414

EXTRATOS DE *Apeiba tibourbou* Aubl. NO CONTROLE DE OPERÁRIAS DE *Atta sexdens* L. (HYMENOPTERA: FORMICIDAE).

ROSELINE DA SILVA MELO

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos, para a obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos

Aprovada em: 24/02/2023

Documento assinado digitalmente
gov.br
JULIANA GARLET
Data: 17/03/2023 14:02:37-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Profa. Dra. Juliana Garlet
Orientadora – UNEMAT/PPGBioAgro

Documento assinado digitalmente
gov.br
JARDEL BOSCARDIN
Data: 17/03/2023 17:27:39-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Jardel Boscardin
Universidade Federal de Uberlândia

Documento assinado digitalmente
gov.br
CACIARA GONZATTO MACIEL
Data: 17/03/2023 14:07:52-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Profa. Dra. Caciara Gonzatto Maciel
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Documento assinado digitalmente
gov.br
VINICIUS AUGUSTO MORAIS
Data: 20/03/2023 22:11:28-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Vinicius Augusto Morais
UNEMAT/PPGBioAgro

DEDICATÓRIA

Dedico a meus pais e minha irmã que sempre estiveram ao meu lado, a vida inteira.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao meu Deus pelo milagre chamado vida que ele me concedeu. Te agradeço Senhor pois sempre me guiar-te em todos os momentos da minha vida, e sempre colocou pessoas incríveis ao meu lado para me ajudarem em todos os momentos.

Agradeço de coração aos meus pais que sempre me deram total apoio. Obrigado por me ensinarem a caminhar e assim poder seguir meus próprios passos. Pela educação que me deram e por sempre estarem ao meu lado, tanto nas alegrias como nos momentos difíceis. Obrigado por tudo, amo vocês. Á minha irmã por me apoiar sempre em tudo e para tudo. Você é minha grande companheira, eterna amiga e acima de tudo irmã de sangue e de coração.

Também não poderia deixar de agradecer a minha amiga Andreina, pelo seu total esforço e dedicação para me ajudar nas coletas, nunca mediu esforços sempre ficava feliz quando eu falava amiga vamos coletar hoje a noite. Só Deus para lhe recompensar, obrigada por tudo.

Á minha orientadora professora Dra. Juliana Garlet pela dedicação, paciência e parceria sempre, palavras nenhuma cabem para descrever a gratidão nesse momento, muita obrigada. Aos meus colegas de laboratório, que estiveram me auxiliando e compartilhando as atividades juntamente comigo: Larissa, Stefany, Alisson, Yukari, Pamela, Fabiana e Fabricio, muito obrigado.

A todos os professores do PPGBioAgro pela excelência da qualidade técnica de cada um. Meu muito obrigado a todos.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos que possibilitou a dedicação integral ao programa de pós-graduação.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso (Fapemat) e à Universidade do Estado de Mato Grosso muito obrigada.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS vii

LISTA DE FIGURAS viii

RESUMO..... x

1. INTRODUÇÃO GERAL..... 01

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 04

2. CAPÍTULOS..... 06

2.1. EXTRATO BRUTO DA CASCA E FOLHA DE *Apeiba tibourbou* AUBL. (MALVACEAE) NO CONTROLE DE OPERÁRIAS DE *Atta sexdens* L. (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) 06

Resumo 07

Introdução 08

Material e Métodos 10

Resultados 12

Discussão..... 17

Conclusões..... 20

Referências Bibliográficas 21

2.2. SOBREVIVÊNCIA DE OPERÁRIAS *Atta sexdens* L. (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) Á FRAÇÕES DE EXTRATOS DE *Apeiba tibourbou* AUBL. (MALVACEAE)..... 24

Resumo 25

Introdução 26

Material e Métodos 28

Resultados 31

Discussão..... 40

Conclusões..... 43

Referências Bibliográficas..... 44

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS..... 47

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1. Cl_{50} e CL_{90} para extratos brutos da folha e da casca de *Apeiba tibourbou* pelos métodos de ingestão e contato sobre *Atta sexdens*... 14

CAPÍTULO 2

Tabela 1. Mortalidade acumulada e mortalidade mediana (Md) de operárias de *Atta sexdens* submetidas a diferentes frações e concentrações do extrato bruto de casca e da folha em bioensaio de ingestão de *Apeiba tibourbou* 32

Tabela 2. Mortalidade acumulada e mortalidade mediana (Md) de operárias de *Atta sexdens* submetidas a diferentes frações e concentrações do extrato bruto de casca e da folha em bioensaio de contato de *Apeiba tibourbou* 36

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1. Valores médio da mortalidade corrigida de operárias de *Atta sexdens* submetidas ao bruto da casca de *Apeiba tibourbou*..... 12

Figura 2. Valores médio da mortalidade corrigida de operárias de *Atta sexdens* submetidas ao bruto da casca de *Apeiba tibourbou*..... 13

Figura 3. Dados de mortalidade corrigida de Abbott das operárias submetidas a diferentes concentrações do extrato bruto da folha de *Apeiba tibourbou*.....14

Figura 4. CL_{50} e CL_{90} em diferentes períodos de avaliação para extrato da folha de *Apeiba tibourbou* pelo método de ingestão e contato 16

Figura 5. CL_{50} e CL_{90} em diferentes períodos de avaliação para extrato da casca de *Apeiba tibourbou* pelo método de ingestão e contato 16

CAPÍTULO 2

Figura 1. Curva de sobrevivência de operárias de *Atta sexdens* submetidas ao tratamento por ingestão do extrato bruto da casca de *Apeiba tibourbou* nas frações: A) clorofórmica B) acetato de etila e C) hexânica 31

Figura 2. Curva de sobrevivência de operarias de *Atta sexdens* submetidas ao tratamento por contato do extrato bruto da casca de *Apeiba tibourbou* nas frações A) clorofórmica B) acetato de etila e C) hexânica 34

Figura 3. Curva de sobrevivência de operarias de *Atta sexdens* submetidas ao bioensaio por ingestão do extrato bruto da folha de *Apeiba*

tibourbou nas frações A) clorofórmica B) acetato de etila e C) hexânica 38

Figura 4. Curva de sobrevivência de operarias de *Atta sexdens* submetidas ao bioensaio por contato do extrato bruto da folha de *Apeiba tibourbou* nas frações A) clorofórmica B) acetato de etila e C) hexânica 39

RESUMO

MELO, Roseline da Silva. M.Sc. Universidade do Estado de Mato Grosso, Fevereiro de 2023. **Extratos de** *Apeiba tibourbou* Aubl. **no controle de operárias** *Atta sexdens* **L. (Hymenoptera: Formicidae)**. Orientadora: Dra. Juliana Garlet.

O uso de compostos derivados de plantas pode ser uma estratégia promissora para o controle de operárias de formigas-cortadeiras e demais insetos-praga, oportunizando a descoberta de novas moléculas, que se degradam mais rapidamente, controlam mais seletivamente e causam menor dano ao ambiente. Esta ação inseticida de espécies botânicas se deve a produção de metabólitos secundários que podem causar a morte ou efeitos adversos em insetos-praga. A espécie *Apeiba tibourbou* Aubl. pertencente à família Malvaceae, é conhecida no Brasil popularmente como pente-de-macaco. De acordo com estudos preliminares pode ser promissora como inseticida, sendo uma possível alternativa para controlar formigas-cortadeiras. O objetivo deste estudo foi analisar o potencial inseticida de diferentes extratos e suas frações de *Apeiba tibourbou* no controle de operárias de *Atta sexdens* L. O experimento foi conduzido em delineamento experimental inteiramente casualizado, com 10 repetições (a unidade experimental foi constituída por dez formigas). O estudo foi realizado pelos métodos de contato e ingestão utilizando o extrato bruto da folha e da casca e nas frações clorofórmica, acetato de etila e hexânica, em concentrações de: 0,25; 0,5; 0,75 e 1%. No bioensaio de contato foi realizada a aplicação tópica de 0,2 ml, nas formigas operárias, do extrato bruto e das frações obtidas, com auxílio de borrifador. No bioensaio de ingestão incorporou-se na dieta o extrato bruto e as frações obtidas nas mesmas concentrações do bioensaio de contato. A testemunha foi utilizada para avaliar a sobrevivência das formigas com referência à temperatura, à umidade, manuseio e efeito do solvente. Os frascos contendo as formigas foram mantidos em câmara climatizada do tipo B. O. D. a 26 ± 2°C, e fotofase de 12 horas. As avaliações ocorreram quantificando-se o número de formigas mortas, a cada 24 horas. Após as análises realizadas, as médias de mortalidades corrigidas apresentaram eficiência acima de 90 % para o extrato bruto da casca e da folha em um período

de 144 horas. As frações clorofórmicas e acetato de etila apresentaram atividade inseticida superior para controle de operárias de *Atta sexdens*, diferindo da fração hexânica. Observou-se que concentrações mais elevadas apresentam maior eficiência na mortalidade das formigas. Com base nos resultados deste estudo a espécie *Apeiba tibourbou* apresentou potencial inseticida, sendo promissora para o desenvolvimento de novos estudos e produtos para controle de operárias de *Atta sexdens.*

Palavras-chave: Formigas-cortadeiras, pente de macaco, inseticidas vegetais, metabólitos secundários.

1. INTRODUÇÃO GERAL

O uso de produtos sintéticos, principalmente os não seletivos, é a principal forma de controle de insetos-praga, porém pode causar diversos problemas, diretos e indiretos, como acúmulo de resíduos em plantas e alimentos, mortalidade de inimigos naturais, envenenamento de aplicadores, aparecimento de populações de pragas resistentes a inseticidas. Portanto, a crescente preocupação com o uso indiscriminado de produtos químicos para o controle de pragas, em diversos cultivos, tem incentivado a busca por inseticidas eficazes de origem natural, porém com efeitos tóxicos reduzidos ao homem, aos animais e ao meio ambiente (SILVA; RODRIGUES, 2014) e outros métodos de controle, como o biológico. Apesar da quantidade de pesquisas de novos fitoinseticidas, mais pesquisas são necessárias, com o objetivo de expandir informações e confirmar os efeitos desses compostos (KRINSKI; MASSAROLI; MACHADO, 2014), principalmente na região Amazônica, que apresenta uma rica e diversa flora, com espécies ainda pouco estudadas, apresentando, portanto, um significativo potencial para descoberta de novos compostos.

Princípios ativos de inseticidas botânicos são compostos resultantes do metabolismo secundário das plantas, sendo acumulados em pequenas porções no tecido vegetal (GONZAGA et al., 2008), estes compostos estão se mostrando bons repelentes, inibidores de oviposição, alimentação e crescimento, além de apresentarem atividade inseticida para adultos e larvas (GUTIÉRREZ, VILLEGAS, 2008). Alguns compostos secundários que exercem esta função são: fenóis, alcaloides, terpenóides, taninos, limonóides, lectinas, voláteis entre outros (TAGLIARI; KNAAK; FIUZA, 2004).

Estas substâncias são conhecidas como metabólitos secundários e são encontrados em raízes, caules, folhas, flores, cascas e frutos, podendo variar a localização de biossíntese e de alocação entre as espécies, bem como ter a sua concentração diferenciada em função do estádio de desenvolvimento, época do ano, ritmo circadiano, sazonalidade, tratos culturais, interação inseto-planta, dentre outros fatores (MORAIS; PRADO, 2016). Felizmente, são inúmeras as plantas possuidoras de atividade inseticida, e muitas precisam ser estudadas e introduzidas como forma alternativa de controle de pragas (MENEZES, 2005).

Dentre os principais grupos de pragas florestais causando milhões de reais em prejuízos anualmente, necessitando de estudos constantes para descoberta de novos compostos para controle, estão as formigas-cortadeiras que pertencem a Ordem Hymenoptera, Família Formicidae (MOREIRA et al., 2020; GALLO et al., 2002). O Brasil é o país da América do Sul com maior número de espécies de formigas-cortadeiras. Dentre as espécies mais importantes de formigas-cortadeiras, destacam-se as saúvas e as quenquéns, pertencentes, respectivamente aos gêneros *Atta* e *Acromyrmex* (DELLA LUCIA et al., 2000).

As espécies de *Atta* são encontradas em praticamente todos os tipos de vegetação, desde florestas subtropicais, tropicais, equatoriais úmidas e secas a áreas com grande interferência humana ou de intenso uso agroflorestal (DELABIE et al., 2011). Nos plantios florestais no Brasil, as formigas-cortadeiras destacam-se como principal praga, especialmente nas fases iniciais do desenvolvimento dessas plantas (FILHO et al., 2015).

As iscas formicidas representam o método mais utilizado para controle de operárias de formigas, e consiste na aplicação de uma dosagem recomendada de isca para cada metro quadrado de terra solta do formigueiro das saúvas, utilizando-se principalmente sulfluramida e fipronil (DELABIE et al., 2011). A sulfluramida causa o envenenamento quando ingerida e afeta o processo de fosforilação oxidativa, e o fipronil, provoca o distúrbio das funções nervosas, levando as formigas à hiperexcitação nervosa e morte, sendo estes os ingredientes ativos principais das iscas formicidas utilizados no Brasil (OLIVEIRA et al., 2011).

Na natureza encontram-se plantas que podem auxiliar no controle de algumas pragas que atacam grandes plantios. Faleiro et al. (2022) observam que a espécie *Eugenia dysenterica* possui potencial inseticida no controle de formigas cortadeiras pelo método de contato. O controle de insetos-praga com a utilização de métodos de controle alternativos, especificamente com extratos vegetais, vem sendo amplamente estudado como forma de minimizar o uso de inseticidas químicos (SILVA et al., 2021).

Neste sentido, este trabalho busca avaliar o potencial inseticida de *Apeiba tibourbou* Aubl, denominada popularmente como pente-de-macaco, pertencente à família Malvaceae, com ocorrência do Norte do Brasil até Minas

Gerais e São Paulo, distribuída nas matas de restingas do Maranhão, nas matas ripárias do Cerrado do centro-oeste do Brasil e na Mata Atlântica (BARBOSA et al., 2005). Estudos desenvolvidos com *Apeiba tibourbou* mostraram a presença de classes de metabólitos secundários que podem ser promissores no controle de insetos (COSTA, 2022), indicando ser uma alternativa para controle de operárias de formigas-cortadeiras.

Desta forma este trabalho foi dividido em dois capítulos. No primeiro capítulo analisou-se o potencial inseticida do extrato bruto da folha e casca de *Apeiba tibourbou* no controle de operárias de *Atta sexdens* L. No segundo capítulo foi avaliada a taxa de sobrevivência de operárias de *Atta sexdens* submetidas a diferentes frações e concentrações do extrato da casca e da folha de *Apeiba tibourbou*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA, M. R. V.; LYRA-LEMOS, R. P.; THOMAS, W. W.; RODAL, M. J. N.; ARVALHO, A. M. Flora da estação ecológica de Murici, Alagoas. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 20, n. 2, p.108-111, 2005.

COSTA, D. D. da. S. **Potencial Inseticida e Características Anatômicas e Fitoquímicas de Folhas de** *Apeiba tibourbou* (Aubl.). 2022. 67 f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos), Universidade do Estado de Mato Grosso, Alta Floresta, 2022.

DELABIE, J. H. C.; ALVES, H. S. R.; REUSS-STRENZEL, G. M.; CARMO, A. F. R.; NASCIMENTO, I. C. Distribuição das formigas-cortadeiras dos gêneros Acromyrmex e Atta no Novo Mundo. In: DELLA LUCIA, T. M. C. (Ed.). **Formigas-cortadeiras**: da bioecologia ao manejo. Viçosa: UFV, 2011. 421 p. p. 80-101.

DELLA LUCIA, T. M. C.; ANJOS, N.; ZANUNCIO, J. C. **Controle de formigas cortadeiras,** Viçosa, MG: CTP, 2000. 52p.

FALEIRO, M. V.; FALEIRO, J. H.; OLIVEIRA, R. C.; ROCHA, E. C.; LUZ, J. M. Q.; ARRUDA, A.S. Atividade inseticida do extrato etanólico de *Eugenia dysenterica* (Myrtaceae) sobre formigas cortadeiras. **Scientia Plena**, v. 18, p. 10, 2022.

FILHO, W. R.; NICKELE, M. A.; PENTEADO, S. do. R.; MARTINS, M. F. de. O. Recomendações para o controle químico de formigas cortadeiras em plantios de Pinus e Eucalyptus. **Comunicado Técnico**, Colombo - PR: Embrapa Florestas, 2015.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BAPTISTA, G. C. de; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002.

GONZAGA, A. D.; GARCIA, M. V. B; DE SOUZA, S. G. A.; PY-D.; CORREA, R. S.; RIBEIRO, J. D. Toxicity of cassava manipueira (*Manihot esculenta* Crantz) and erva-de-rato (*Palicourea marcgravii* St Hill) to adults of *Toxoptera citricida* Kirkaldy (Homoptera: Aphididae). **Acta Amazonica**, v. 38, n. 1, p. 101-106, 2008.

GUTIÉRREZ, G. P. A; VILLEGAS, M. C. V. Efecto tóxico de *Verbena officinalis* (familia verbenaceae) em *Sitophilus granarius* (coleoptera: curculiuonidae). **Revista Lasallista de Investigación**, v. 5, n. 2, p. 74-82, 2008.

KRINSKI, D.; MASSAROLI, A.; MACHADO, M. Potencial inseticida de plantas da família Annonaceae. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, p. 224-243, 2014.

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

MORAIS, L. A. S. de.; PRADO, J. S. M. Plantas com atividade inseticida. In: VIEIRA, B. de. A. H.; PRADO, J. S. M.; MORANDI, M. A. B.; BETTIOL, W. (Eds.). **Defensivos agrícolas naturais**: uso e perspectivas. Brasilia, DF, 2016. 853 p. 542-593.

MOREIRA, J.; SANTOS, R. P. dos.; TEIXEIRA, A. C.; POLETTO, I. Controle Biológico de Formigas do Gênero *Atta* e *Acromyrmex* Através de Fungos Entomopatogênicos. **Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 11, n. 2, 2020.

OLIVEIRA, M. A.; ARAÚJO, M. S.; MARINHO, C. G. S.; RIBEIRO, M. M. R.; DELLA LUCIA, T. M. C. Manejo de formigas-cortadeiras. In: DELLA LUCIA, T. M. C. (Ed.). **Formigas-cortadeiras**: da bioecologia ao manejo. Viçosa: UFV, 2011. 421 p. p. 400-419.

SILVA, J. P. da.; SOUZA, L. L. de.; NETO, C. de. M. S.; BARREIRA, S. Inseticidas botânicos no controle de formigas. **Revista Desafios**, v. 7, n. 04, 2021.

SPLETOZER, A. G.; SANTOS, C. R. dos.; SANCHES, L. A.; GARLET, J. Plantas com potencial inseticida: enfoque em espécies amazônicas. **Ciência Florestal**, v. 21, n. 2, 2021.

TAGLIARI, M. S; KNAAK, N; FIUZA, L. M. Plantas inseticidas: interações e compostos. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v.10, n. 1-2, p. 101-111, 2004.

2. CAPÍTULOS

2.1. EXTRATO BRUTO DA CASCA E FOLHA DE *Apeiba tibourbou* Aubl. (MALVACEAE) NO CONTROLE DE OPERÁRIAS DE *Atta sexdens* L. (HYMENOPTERA: FORMICIDAE).

Resumo – (2.1. Extrato bruto da casca e folha de *Apeiba tibourbou* Aubl. (Malvaceae) no controle de operárias de *Atta sexdens* L. (Hymenoptera: Formicidae)). O objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial inseticida do extrato bruto da folha e casca de *Apeiba tibourbou* no controle de operárias de *Atta sexdens* L. submetidas as diferentes concentrações. Foi aplicado 0,2 ml dos extratos em diferentes concentrações: 0,25; 0,50; 0,75 e 1% no bioensaio de contato nas formigas. O experimento foi conduzido com 10 repetições com 10 formigas. Cada frasco recebeu dieta solidificada livre de extrato que foi reposta diariamente. No bioensaio de ingestão foi incorporado na dieta o extrato bruto nas mesmas concentrações do bioensaio de contato. Utilizou-se a testemunha para avaliar a sobrevivência das formigas com referência à temperatura e umidade. Os frascos contendo as formigas foram mantidos em câmara tipo B. O. D. a 26 ± 2°C, e fotofase de 12 horas. As avaliações ocorreram diariamente, quantificando-se o número de formigas mortas, durante 168 horas. Os dados foram analisados no software R e foram determinadas a CL_{50} e CL_{90} para 144 horas no método de ingestão da folha, sendo: 0,12% e 0,35% e contato do extrato da folha: 0,25% e 1,42%, respectivamente. No extrato bruto da casca a CL_{50} e CL_{90} em 168 horas no método de ingestão foi: 0,33% e 1,60% e no método de contato: 0,28% e 1,25%. As concentrações maiores apresentam maior eficiência na mortalidade, ocasionando uma redução no número de formigas vivas. Constatou-se maior eficiência do extrato bruto da folha pelo método de ingestão e no extrato da casca uma maior eficiência pelo método de contato.

Palavras-chave: Metabólitos Secundários, Formigas-Cortadeiras, Pente-de-macaco.

Introdução

O controle de formigas-cortadeiras é fundamental em reflorestamentos, uma vez que constituem fator limitante ao seu desenvolvimento, causando perdas diretas, como a morte de mudas e a redução do crescimento de árvores e indiretas como a diminuição da resistência das árvores a outros insetos e a agentes patogênicos (ZANETTI et al., 2002).

Para o controle das formigas-cortadeiras o método mais utilizado é o químico, pelo fato de apresentar resultados bastante eficientes. Iscas atraentes com os ingredientes ativos fipronil e sulfluramida são utilizadas por sua efetividade, facilidade de aplicação, menor custo operacional e risco ambiental, quando comparadas a inseticidas termonebulizáveis (BOLLAZZI et al., 2014).

As iscas formicidas são aplicadas no solo próximo às trilhas e entrada dos ninhos de formigas-cortadeiras, para serem carregadas e distribuídas uniformemente dentro dos mesmos, contaminando os indivíduos da colônia por contato e ingestão do ativo tóxico (GANDRA et al., 2016). A sulfluramida principal ingrediente químico utilizado nas iscas formicidas, é altamente persistente no solo, moderadamente volátil e com alto potencial de bioconcentração, tóxica por inalação e causadora de efeitos adversos na saúde reprodutiva e desenvolvimento em humanos (GILLJAM et al., 2016). Em virtude disso tem-se aumentado o número de pesquisas para que haja o desenvolvimento de novos produtos com menos riscos ao ambiente e a saúde.

Nesta perspectiva, o uso de compostos derivados de plantas é uma estratégia promissora para o controle das formigas, havendo interesse em encontrar como alternativa alguns compostos vegetais às iscas granulares comumente utilizadas no controle de formigas-cortadeiras (SACHET, 2015). Nesse sentido, duas abordagens podem ser feitas, usando extratos de plantas que possam ser tóxicas, ou usando partes de plantas que as próprias formigas podem levar para o formigueiro (SACHET, 2015).

Torres et al. (2013), citam que a literatura descreve o uso de várias espécies vegetais já testadas para o controle de formigas-cortadeiras, como: *Ricinus communis (Euphorbiaceae), Sesamum indicum* (Pedaliaceae), *Canavalia ensiformis* (Fabaceae), *Cipadessa fruticosa (Meliaceae), Persea americana* (Lauraceae), *Simarouba versicolor* (Simaroubaceae). Esta ação

inseticida de espécies botânicas se deve a produção de metabólitos secundários que podem causar a morte ou efeitos adversos em insetos-praga (SANCHES, 2019).

Os metabólitos secundários, presentes em extratos vegetais, podem atuar como inibidores da alimentação de insetos ou da quitina ou como desreguladores do crescimento, desenvolvimento, reprodução, diapausa e comportamento (MENEZES, 2005). A diversidade bioquímica das plantas é tão rica quanto à dos animais. Várias moléculas como terpenoides, alcaloides e compostos fenólicos são sintetizados através do chamado metabolismo secundário das plantas, e são de grande importância na relação ecológica, incluindo plantas e micro-organismos fitopatogênicos (HARBOURNE, 1994).

A espécie botânica *Apeiba tibourbou* Aubl. é bem distribuída desde o Norte do Brasil até Minas Gerais e São Paulo, no Cerrado do Centro-Oeste do Brasil e na Mata Atlântica. Pertencente à família Malvaceae, é conhecida no Brasil popularmente como pente-de-macaco (LORENZI, 2002). E de acordo com estudos preliminares realizados no processo de análise da espécie, considera-se promissora como inseticida, sendo uma possível alternativa para controle de operárias de formigas-cortadeiras.

Assim, o presente estudo tem como objetivo avaliar o potencial inseticida do extrato bruto da folha e casca de *Apeiba tibourbou* no controle de operárias de *Atta sexdens* L.

Material e Métodos

Este estudo foi realizado no Laboratório da Madeira do Ceptam (Centro de Pesquisa e Tecnologia da Amazônia Meridional), da Universidade do Estado de Mato Grosso, *Campus* de Alta Floresta, MT (09º51'40,19" S; 56º04'08,28" W). Para obtenção dos extratos de *Apeiba tibourbou* foram realizadas coletas de materiais vegetais (folhas e cascas) no mês de dezembro de 2021 e julho de 2022, no município de Alta Floresta-MT.

Após as coletas, as folhas e cascas passaram por um processo de desidratação em estufa com circulação forçada de ar a 45°C por 72 horas, e posteriormente foram trituradas em moinho de facas tipo Willey. Para a preparação do extrato bruto das folhas e cascas de *Apeiba tibourbou* adicionou-se ao material vegetal seco, limpo e fragmentado álcool etílico a 70% (1:10 m/v) durante sete dias. Após esse período, o macerado passou pela filtragem e foi concentrado em rotaevaporador, sob pressão reduzida e temperatura de 60ºC, posteriormente terminou-se o processo de evaporação em estufa à 55ºC, durante quatro dias.

Para análise do potencial inseticida foi realizado um bioensaio de ingestão e contato com diferentes concentrações do extrato bruto da folha e casca de *Apeiba tibourbou*. Os bioensaios foram realizados com operárias coletadas de *Atta sexdens*, de tamanho médio (aproximadamente 10 mm), forrageando em trilhas de um sauveiro adulto, localizado no município de Alta Floresta, Mato Grosso. As formigas foram transportadas em frascos grandes de vidro e levadas ao laboratório.

Para a conservação das formigas em laboratório, fez-se necessário fornecer uma dieta artificial sólida. Para o preparo desta dieta foram utilizados: dextrose (1,0 g), ágar alimentício (0,5 g) e água destilada (100 ml), de acordo com a dieta proposta por Jung et al. (2013). Após a mistura dos componentes a solução foi levada ao aquecedor magnético até fervura.

No bioensaio de contato realizou-se a aplicação tópica de 0,2 ml do extrato bruto com auxílio de borrifador, nas formigas operárias nas seguintes concentrações: 0,25; 0,5; 0,75; e 1%. Cada frasco recebeu a dieta solidificada livre de extrato. As dietas foram repostas a cada 24 horas. A testemunha foi utilizada para avaliar a sobrevivência das formigas com referência à temperatura,

à umidade, manuseio e efeito do solvente. Os frascos contendo as formigas foram mantidos em câmara climatizada, do tipo B. O. D., a 26 ± 2°C, U.R. de 60 ± 10% e fotofase de 12 horas. As avaliações ocorreram, quantificando-se o número de formigas mortas, a cada 24 horas, durante um período de 144 horas no bioensaio do extrato bruto da folha e 168 horas para o extrato bruto da casca, a diferença de horário relacionado ao critério de seleção foi a mortalidade de pelo menos 90% dos indivíduos em um dos tratamentos analisados.

Para o bioensaio por ingestão os extratos foram incorporados à dieta nas concentrações de: 0,25; 0,5; 0,75; e 1%, sendo a dieta cortada em cubos (1 cm^3) colocados sobre o papel alumínio (2x2cm) fornecidos para as formigas e adicionado algodão hidrófilo umedecido com água destilada, e os vidros fechados com tampa. Como solvente utilizou-se água destilada.

O experimento foi conduzido em delineamento experimental inteiramente casualizado, com 05 tratamentos, sendo: testemunha, e concentrações de 0,25%, 0,5%, 0,75% e 1% do extrato bruto, cada tratamento continha 10 repetições e em cata repetição eram colocados 10 indivíduos. O bioensaio foi repetido três vezes para análise dos resultados

Para a análise dos dados, foi realizado o cálculo de mortalidade corrigida proposta por Abbott (1925):

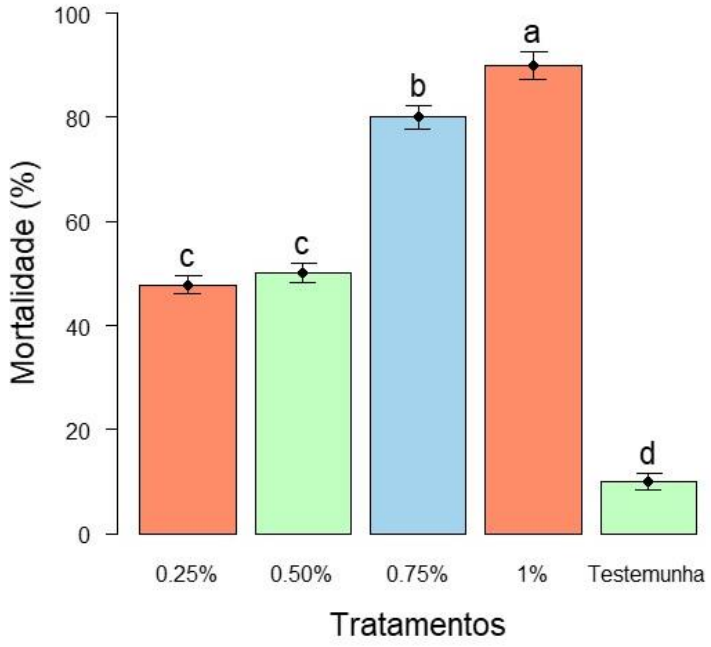
Sendo: $MCorr = \frac{(MT-MC)}{(100-MC)} * 100$

MCorr: Mortalidade corrigida (%); MT: Mortalidade do tratamento (%); e MC: Mortalidade do controle (%).

Analisou-se também a normalidade dos dados a 1% pelo Teste de Shapiro Wilk, posteriormente foi realizada a Análise de Variância e quando significativo foi aplicado o teste de médias de Tukey ($p \leq 0,05$). Foi utilizado o software R versão 4.2.1 (R Core Team, 2022) para as análises realizadas. Utilizou-se o pacote “ecotoxicology” (GAMA, 2015) para análise de Probit e cálculo das CL_{50} e CL_{90}.

Resultados

Analisando os resultados da aplicação do extrato bruto da casca de *Apeiba tibourbou* pelo método de contato com diferentes concentrações observou-se mortalidade entre 40 e 90% no período de 168 horas após exposição ao extrato. As médias de mortalidades nas concentrações 0,25 e 0,5 % não apresentaram diferença significativa entre si e as concentrações 0,75 e 100% foram mais eficientes e diferiram estatisticamente entre si e das demais (Figura 1).

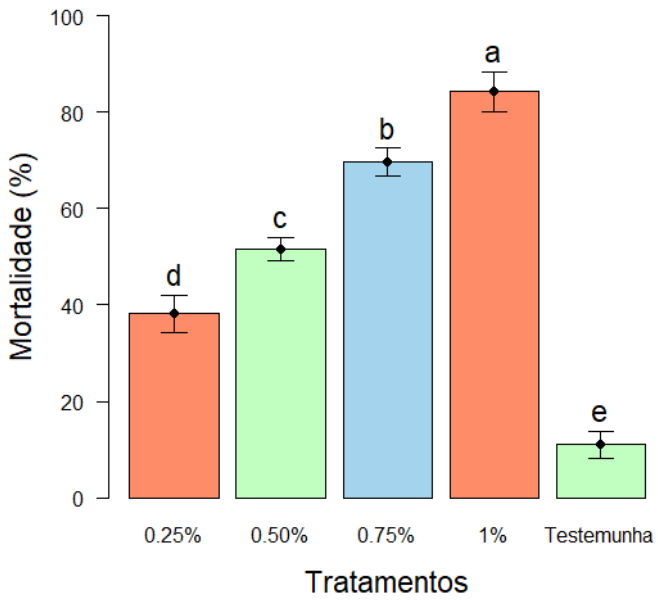


Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si (Tukey ≥ 0,05).

Figura 1. Valores médios da mortalidade corrigida de operárias de *Atta sexdens* submetidas ao extrato bruto da casca de *Apeiba tibourbou*.

Fonte: o autor.

O efeito do método por ingestão pode ser observado com eficiência de 90% para a concentração de 1% em um período de 168 horas após a exposição ao extrato. As médias de mortalidade das diferentes concentrações se diferenciaram estatisticamente, e constata-se ainda que à medida que se aumenta a concentração, também aumentou a mortalidade de operárias (Figura 2).

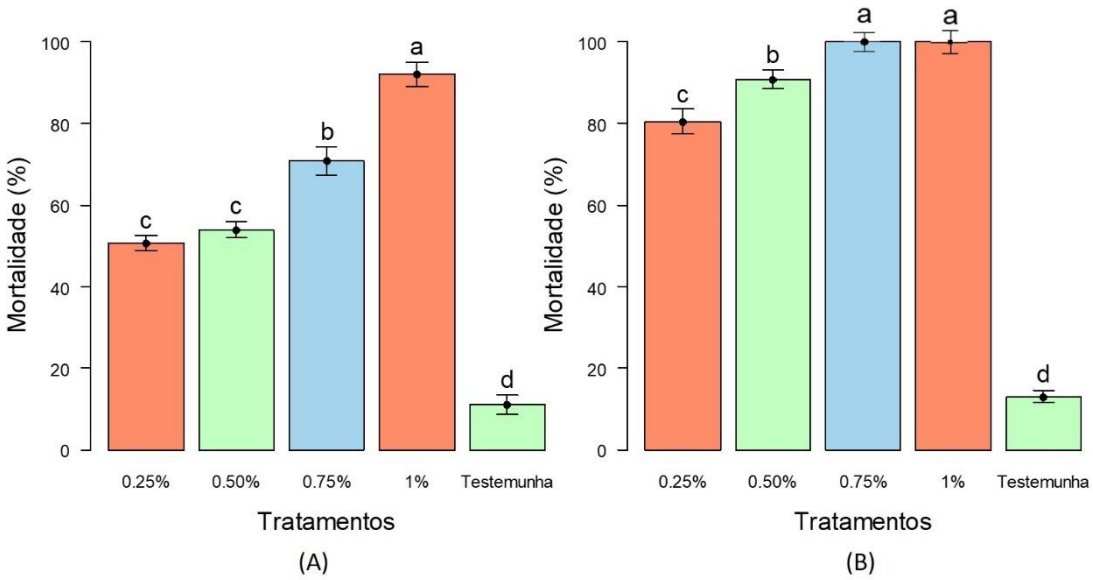


Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si (Tukey ≥ 0,05).

Figura 2. Valores médios da mortalidade corrigida de operárias de *Atta sexdens* submetidas ao extrato bruto da casca de *Apeiba tibourbou*.

Fonte: o autor.

Os tratamentos com concentrações de 0,75% e 1%, destacaram-se com maior taxa de mortalidade conforme o aumento do tempo de exposição ao extrato bruto da folha de *Apeiba tibourbou* no teste de ingestão, diferindo estatisticamente dos demais. Os indivíduos destes tratamentos tiveram um aumento na taxa de mortalidade significativa em 144 horas de avaliação (Figura 3).



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si (Tukey ≥ 0,05).

Figura 3. Dados da mortalidade corrigida de Abbott das operárias submetidas a diferentes concentrações do extrato bruto da folha de *Apeiba tibourbou* pelo método de contato (A) e ingestão (B).

Fonte: o autor.

Os tratamentos 0,25 e 0,5% não apresentam diferença estatística entre si no teste de contato com extrato da folha, porém os demais tratamentos apresentam diferenças estatísticas. É possível observar que 50% dos indivíduos submetidos a diferentes concentrações alcançaram mortalidade no período de 144 horas.

Na Tabela 1 apresenta-se os dados da CL_{50} e CL_{90} das diferentes concentrações do extrato bruto de *Apeiba tibourbou* nos bioensaios com *Atta sexdens*.

Tabela 1. Cl_{50} e CL_{90} para extratos brutos da folha e da casca de *Apeiba tibourbou* pelos métodos de ingestão e contato sobre *Atta sexdens*.

Folha							
Bioensaio	**N**	**Inclinação (±EP)**	**CL_{50} (IC95) mgL^{-1}**	**CL_{90} (IC95) mg^{L-1}**	***X^2***	**GL**	**p-valor**
Ingestão	1000	2,81±0,748	0,12 (0,02-0,19)	0,35 (0,23-0,49)	5,62	3	0,8682

Contato	1000	1,71±0,634	0,25(0,09-0,36)	1,42(0,92-5,47)	13,54	3	0,9964
Casca							
Bioensaio	**N**	**Inclinação (±EP)**	**CL_{50} (IC95) mgL-^{1}**	**CL_{90} (IC95) mgL-^{1}**	***X^2***	**GL**	**p-valor**
Ingestão	1000	1,86±0,329	0,33 (0,18- 0,43)	1,60 (1,04-5,24)	3,74	3	0,7096
Contato	1000	1,96±0,635	0,28(0,14-0,38)	1,25(0,87-3,17)	13,25	3	0,9959

N: Número de insetos utilizados; IC: Intervalo de confiança; X^2: Chi-quadrado; GL: Grau de liberdade. Fonte: o autor.

Através das análises foram determinadas a CL_{50} e CL_{90} por um período de 144 horas no método de ingestão da folha sendo: 0,12% e 0,35% e contato do extrato da folha: 0,25% e 1,42%, respectivamente. No extrato bruto da casca a CL_{50} e CL_{90} em um período de 168 horas no método de ingestão foi: 0,33% e 1,60% e no método de contato: 0,28% e 1,25%, respectivamente.

Para verificar se as concentrações dos dois tratamentos eram semelhantes, foram utilizados intervalos de confiança em níveis de probabilidade de 95% (inferior e superior) em torno das concentrações analisadas. Se os valores não se acumularem, pode-se afirmar que os tratamentos distinguem nessa concentração. Normalmente, é utilizada a concentração/dose que resulta em mortalidade mediana (LC_{50}/LD_{50}) na população do estudo.

Os valores da CL_{50} e CL_{90} do extrato bruto da folha encontrados para o método de ingestão foram de 0,12 e 0,35% e para o método de contato de 0,25 e 1,42%. Para o extrato bruto da casca no bioensaio de ingestão apresentou-se uma CL_{50} e CL_{90} no valor de 0,33 e 1,60%, já no método de contato valores de CL_{50} e CL_{90} inferiores sendo 0,28 e 1,25%. Apresentando assim uma maior eficiência do extrato bruto da folha pelo método de ingestão e no extrato da casca uma maior eficiência pelo método de contato.

Considerando todo o período de avaliação observa-se o comportamento da CL_{50} e da CL_{90} tanto para a folha quanto casca, nas Figuras 5 e 6 que apresentam os valores das concentrações letais que seriam ideais para matarem 50 ou 90% da população em um determinado período.

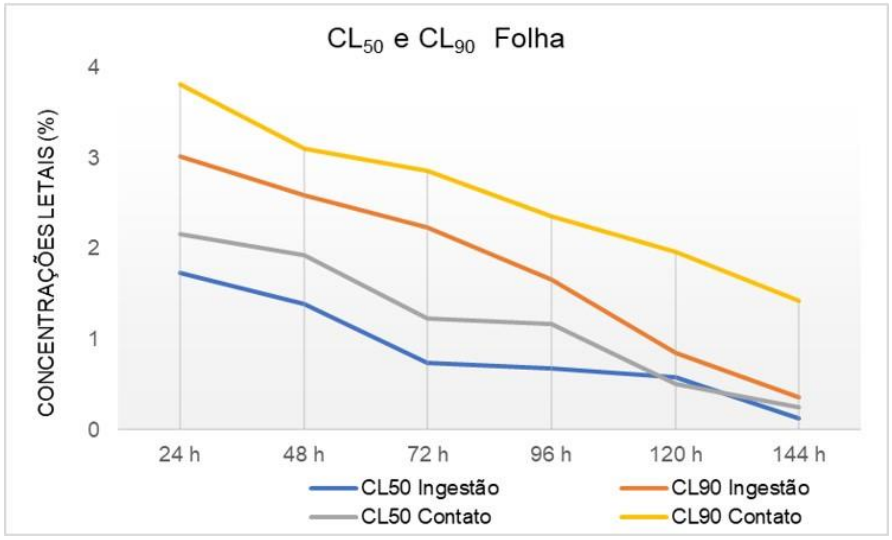


Figura 5. CL_{50} e CL_{90} em diferentes períodos de avaliação para extrato da folha de *Apeiba tibourbou* pelo método de ingestão e contato.

Fonte o autor.

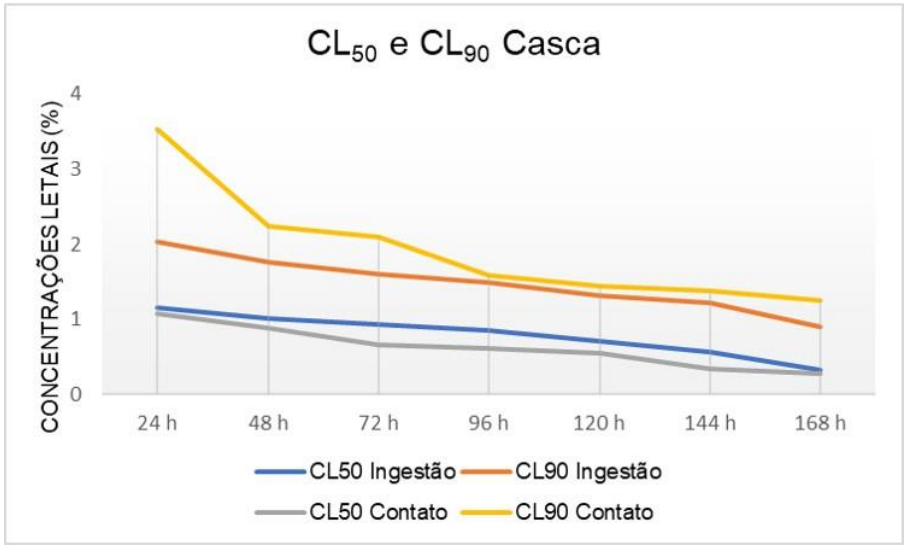


Figura 6. CL_{50} e CL_{90} em diferentes períodos de avaliação para extrato da casca de *Apeiba tibourbou* pelo método de ingestão e contato.

Fonte: o autor.

Observou-se efeitos significativos diretos entre as taxas de mortalidade e a concentração do extrato bruto no experimento durante o período de exposição, tanto para folha quanto para casca. Para ter uma mortalidade de 90% dos indivíduos num período de 144 horas é necessário para o método de ingestão do extrato da casca e folha uma CL_{90} de 1,60% e 0,35%, respectivamente. Já no bioensaio de contato obteve-se uma CL_{90} de 1,42% para o extrato da folha e 1,25% no extrato da casca.

Discussão

Os resultados obtidos com o extrato bruto da folha de *Apeiba tibourbou* pelo método de ingestão e contato apresentaram resultados positivos no controle das operárias de *Atta sexdens* em laboratório, seguindo o mesmo padrão dos resultados obtidos no bioensaio com extrato de casca. As menores médias de mortalidade corrigida foram encontradas nas concentrações 0,25% e 0,5% do extrato de folhas, alcançando mortalidade de 90% das operárias submetidas os tratamentos em um período aproximado de 144 horas.

O resultado gerado pela análise do Probit possibilitou a obtenção da inclinação da curva (fator de ângulo), que permite inferir se o tratamento é mais ou menos eficaz conforme a concentração aumenta, por exemplo, valores de inclinação mais baixos indicam que a mortalidade aumenta mais lentamente com o aumento da concentração e valores de inclinação mais altos indicam que, pequenos incrementos na concentração ocasionam maiores valores de mortalidade, além disso, é possível verificar as estimativas de concentrações letais, permitindo o uso de uma certa concentração para obter uma determinada resposta (CARVALHO; VIANNA; PRATISSOLI, 2017).

A mortalidade ocasionada pelos extratos brutos de *Apeiba tibourbou* sobre *Atta sexdens* pode ser decorrente da presença de metábolitos secundários. Esses compostos possuem atividades contra os insetos, como supressores de apetite, podendo levar à morte por inanição ou toxicidade direta (VIEGASJÚNIOR, 2003).

Costa (2022) em seus testes fitoquímicos realizados com extrato da folha de *Apeiba tibourbou* encontrou metabólitos secundários como Taninos, Alcaloides e Saponinas. De acordo com Schoonhoven et al. (2005) a presença de compostos secundários em plantas, tais como, taninos, glicosídeos, sesquiterpenos, carotenóides, triterpenóides e alcalóides, são indícios de eficácia no controle de insetos, uma vez que estes compostos apresentam efeito negativo sobre eles. Os compostos fenólicos, tais como flavonóides e taninos, são classes de metabólitos secundários com reconhecida atividade inseticida, por conferirem proteção a planta contra a herbivoria (SCHALLER, 2008). Dimetry (2014), destaca que um dos critérios para seleção de inseticidas botânicos é dar

preferência para espécies em que os ingredientes ativos sejam eficientes em baixas concentrações.

Diferentes estudos vêm demostrando o potencial de plantas como inseticidas eficientes no controle de formigas-cortadeiras. Gonzaga et al. (2013) observaram que todas as concentrações (1:0; 1:0,5; 1:1; 1:1 0,5; 1:2) do extrato aquoso e etílico de *Peumus boldus* (Monimiaceae), causaram mortalidade acima de 50%, na população de formigas-cortadeiras nas condições do estudo. Porém foram às concentrações de 1:0 de extrato aquoso e etanólico que causaram a mortalidade de todos os insetos (100%) em ambos os bioensaios, após 120 horas de exposição.

Torres et al. (2013) verificaram que, dentre os extratos de plantas do cerrado de Minas Gerais oferecidos às formigas-cortadeiras através de bioensaio de ingestão, as espécies *Eugenia florida*, *Eugenia handroana* (Myrtaceae), *Trichilia pallida* (Meliaceae) e *Zanthoxylum pohlianum* (Rutaceae) apresentaram atividade inseticida, com médias de mortalidade de 16,7; 23,3; 19,6 e 17,3%, respectivamente, após 96 horas da aplicação dos tratamentos.

Oliveira (2006) demonstrou que óleos brutos de *Carapa guianensis* (andiroba), *Elaeis guineensis* (dendê), *Sesamum indicum* (gergelim), *Ricinus communis* (mamona), *Anacardium occidentale* (caju), *Azadirachta indica* (nim) e o óleo e extratos da castanha de *Anacardium occidentale* nas concentrações 5, 10 e 30 mg/mL no método de ingestão e aplicação tópica 0,02, 0,1 e 0,2 mL/mL apresentaram toxicidade para as operárias de *Atta sexdens rubropilosa*. Pelo fato de estarem relacionados à composição química dos óleos desses vegetais nos bioensaios realizados em laboratório.

Morini et al. (2005) quando avaliavam a toxicidade de *Sesamum indicum* observaram que os fatores responsáveis pelo efeito tóxico foram as frações compostas de triglicérides associadas a monoglicerídeos, diglicerídeos e sesamina. Contudo os ácidos graxos podem ser à base da toxicidade para as formigas-cortadeiras de *Atta sexdens* rubropilosa.

Os princípios ativos presentes nos extratos de plantas com efeito inseticida podem agir de várias formas, podendo afetar não somente a sobrevivência, mas também a alimentação, desenvolvimento e reprodução dos insetos (TORRES et al., 2013).

Silva (2017) constatou toxicidade dos extratos de frutos secos de *Piper nigrum* para adultos de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae), oferecendo proteção superior a 95% nas concentrações mais elevadas (12,5; 25 e 50%) e provocando efeito fagoinibidor. O extrato mostrou-se mais eficaz, proporcionando 100% de proteção já na dosagem de 25% e apresentando-se repelente contra os insetos.

Botti et al. (2015) apresentam uma das alternativas para controle de várias pragas o uso do extrato de folhas e semente de *Azadirachta indica* (Meliaceae), que é um dos inseticidas de origem botânica mais estudado e utilizado em inúmeras culturas, e cerca de 300 espécies de insetos, pertencente às ordens Hemiptera, Orthoptera, Coleoptera, Lepidoptera, Isoptera e Hymenoptera são afetadas pela azadiractina, para os insetos, essa substância tem efeito repelente, regulador de crescimento e antialimentar, agindo por contato ou ingestão.

Conclusões

Os extratos brutos da casca e da folha de *Apeiba tibourbou* apresentaram potencial inseticida em teste de laboratório com *Atta sexdens*, influenciando diretamente na taxa de mortalidade das formigas. O aumento da taxa de mortalidade foi gradativo, conforme se aumentava o tempo de exposição aos extratos. Em um período de 144 horas no bioensaio de ingestão a menor CL_{50} e CL_{90} encontrada foi no extrato bruto da folha com 0,12% e 0,35%, respectivamente

Referências Bibliográficas

ABBOTT, W. S. A method of computing the effectiveness of insecticide. **Journal of Economic Entomology**, v.18, p. 265-267, 1925.

BOLLAZZI, M.; FORTI, L. C.; MOREIRA, S.; ROCES, F. Efficiency and soil contamination during underground application of insecticides: control of leaf-cutting ants with thermal foggers. **Journal of Pest Science**, v. 87, n. 1, p. 181-189, 2014.

BOTTI, J. M. C.; HOLTZ, A. M.; PAULO, H. H. de.; FRANZIN, M. L.; PRATISSOLI, D.; PIRES, A. A. CONTROLE ALTERNATIVO DO *Brevicoryne brassicae* (HEMIPTERA: APHIDIDAE) COM EXTRATOS DE DIFERENTES ESPÉCIES DE PLANTAS. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, n. 2, p. 178-183, 2015.

CARVALHO, J. R. de.; VIANNA, U. R.; PRATISSOLI, D. **Análise de Probit Aplicada a Bioensaios com Insetos**. Colatina: IFES, 2017. 104p

COSTA, D. D. da. S. **Potencial Inseticida e Características Anatômicas e Fitoquímicas de Folhas de** *Apeiba tibourbou* (Aubl.). 2022. 67 f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos), Universidade do Estado de Mato Grosso, Alta Floresta, 2022.

DIMETRY, N. Z. Different plant families as bioresource for pesticides. In: SINGH, D. (Ed.). **Advances in plant biopesticides**. India: Springer, 2014. 401 p. p. 1-20.

GAMA, J. **Ecotoxicology:** methods for ecotoxicology. R package version 1.0.1, 2015.

GANDRA, L. C.; AMARAL, K. D.; COUCEIRO, J. C.; DELLA LUCIA, T. M. C.; GUEDES, R. N. C. Mechanism of leaf-cutting ant colony suppression by fipronil used in attractive toxic baits. **Pest Management Science,** v. 72, n. 8, p. 1475-1481, 2016.

GILLJAM, J. L.; LEONEL, J.; COUSINS, I. T.; BENSKIN, J. P. Is ongoing sulfluramid use in South America a significant source of perfluoro octanesulfonate (PFOS)? production inventories, environmental fate, and local occurrence. **Environmental Science and Technology**, v. 50, n. 2, p.653-659, 2016.

GONZAGA, A. D.; CASTRO, A. D. S.; BARROSO, E. S.; SILVA, L. S. E. Controle alternativo de formigas cortadeiras *Atta sexdens* utilizando os extratos aquosos e etanólico do Boldo do Chile (*Peumus boldus*) em condições de laboratório. In: **65 Reunião Anual da SBPC**, Pernambuco: UFPE, 2013.

HARBOURNE, J. B. **The Flavonoids**: advances in research, London: Chapman & Hall, 1994. 744p.

JUNG, P. H.; SILVEIRA, A. C. D.; NIERI, E. M.; POTRICH, M.; SILVA, E. R. L.D.; REFATTI, M. Atividade Inseticida de *Eugenia uniflora* L. e *Melia azedarach* L. sobre *Atta laevigata* Smith. **Revista Floresta e Ambiente**, v. 20, n. 2, p.191 - 196, 2013.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. 4 ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002.

MENEZES, E. L. A. **Inseticidas botânicos: seus princípios ativos, modo de ação e uso agrícola**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005. 58 p. (Documento, 205).

MORINI, M. S. C. et al. Toxicity of sesame seed to leafcutting ant *Atta sexdens* rubropilosa (HYMENOPTERA: FORMICIDAE). **Sociobiology**, v. 45, n. 1, p. 195-204, 2005.

OLIVEIRA, M. F. S. S**. Controle de formigas cortadeiras (Hymenoptera: Formicidae) com produtos naturais**. 2006. 119 p. Tese (Doutorado em Zoologia) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita”, Rio Claro, 2006.

R Core Team, 2022. **R**: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL http://www.r-project.org/index.html.

SANCHES, L. A.; GARLET, J. Extratos de espécies florestais nativas da Amazônia Meridional no controle de *Atta sexdens* Linnaeus (Hymenoptera: Formicidae). **Gaia Scientia**, v. 15, n. 3, p. 105-115, 2021.

SACHET, A. S. **O óleo de nim afeta o sistema imune das formigas cortadeiras?**. 2015. 31 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, 2015.

SCHALLER, A. **Induced plant resistance to herbivory**. Hardeover: Springer, 2008. 464p.

SCHOONHOVEN, L. M.; LOON, J. J. A.; DICKE, M. **Insect-plant biology**. 2 ed. New York: Oxford. 2005. 421p.

SILVA, C. P. da.; RICCI, T. G.; ARRUDA, A. L. de.; PAGLIOSA, F. M.; MACEDO, M. L. R. Plants extract from cerrado Sul-Matogrossense with bioherbicide and bioinsectice potential. **Uniciências**, v. 21, n. 1, p. 25-34, 2017.

SILVA, V. da.; RODRIGUES, C. M. Natural products: an extraordinary source of value-added compounds from diverse biomasses in Brazil. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture,** v. 1, n. 14, 2014.

TORRES, A. F. de.; LASMAR, O.; CARVALHO, G. A.; SANTA-CECÍLIA, L. V. C.; ZANETTI, R.; OLIVEIRA, D. de. Atividade inseticida de extratos de plantas no

controle de formiga cortadeira, em cafeeiro. **Coffee Science**, v. 8, n. 3, p. 371-378, 2013.

VIEGAS-JÚNIOR, C. Terpenos com atividade inseticida: uma alternativa para o controle químico de insetos. **Química Nova**, v. 26, p. 390-400, 2003.

ZANETTI, R.; CARVALHO, G.A; SOUZA-SILVA, A.; SANTOS, A.; GODOY, MS **Manejo Integrado de Cupins**. Lavras: UFLA, 2002. 29p.

2.2. SOBREVIVÊNCIA DE OPERÁRIAS *Atta sexdens* L. (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) Á FRAÇÕES DE EXTRATOS DE *Apeiba tibourbou* AUBL. (MALVACEAE)

Resumo – (2.2. Sobrevivência de *Atta sexdens* l. (Hymenoptera: Formicidae) á frações de extratos de *Apeiba tibourbou* aubl. (Malvaceae)). Uma alternativa para substituir o uso de produtos químicos é a utilização de substâncias derivadas de plantas, que apresentam resultados eficientes no controle de insetos. Assim o presente estudo tem como objetivo avaliar a sobrevivência de operárias de *Atta sexdens* submetidas a diferentes frações e concentrações do extrato da casca e da folha de *Apeiba tibourbou*. Foi aplicado 0,2 ml das frações clorofórmica, acetato de etila e hexânica do extrato bruto com auxílio de borrifador nas formigas operárias, nas seguintes concentrações: 0,25; 0,5; 0,75 e 1% no bioensaio de contato. Cada frasco contendo as operárias recebeu dieta livre de extrato reposta a cada 24 horas. No ensaio de ingestão foi incorporado na dieta o extrato fracionado nas mesmas concentrações do bioensaio de contato. Os frascos contendo as formigas foram mantidos na BOD. a 26± 2°C, e fotofase de 12 horas. As avaliações ocorreram diariamente, quantificando-se o número de formigas mortas em 144 horas. A análise foi realizada como software R e as curvas de sobrevivência para cada tratamento foram obtidas por “Kaplan-Mayer”, através das porcentagens de indivíduos vivos por dia. Os resultados foram analisados pelo método não paramétrico “log-rank”. Os extratos fracionados das folhas e casca de *Apeiba tibourbou* apresentam atividade inseticida em operárias de *Atta sexdens*, pois observa-se que com o aumento da concentração dos extratos as diferentes frações apresentam uma diminuição no tempo de sobrevivência. As frações clorofórmicas e acetato de etila do extrato bruto da folha apresentaram maior eficiência quando comparadas as frações da casca de *Apeiba tibourbou*.

Palavras-chave: Clorofórmio, Hexano, Acetato de Etila, Formigas-Cortadeiras, Pente-de-macaco.

Introdução

Até a descoberta de inseticidas organossintéticos, na primeira metade do século passado, as substâncias extraídas de vegetais eram amplamente utilizadas no controle de insetos. As variações na eficiência do controle, devido às diferenças na concentração do ingrediente ativo entre plantas e, principalmente, os baixos efeitos residuais, que apontava à necessidade de várias aplicações em períodos curtos, fez com que os inseticidas vegetais fossem gradativamente substituídos pelos sintéticos (MACHADO; SILVA; OLIVEIRA, 2007).

A incapacidade de locomoção das plantas pressionou as espécies a desenvolverem mecanismos que possibilitem um desenvolvimento flexível, sem comprometimento das células e processos fisiológicos primários, pelo fato de serem influenciadas ao longo do tempo pelos fatores bióticos e abióticos (ISAH, 2019). Assim os metabólitos desempenham um papel importante na evolução dos vegetais e na interação com os seres vivos (BORGES; AMORIN, 2020).

As plantas produzem uma grande diversidade de substancias químicas que podem ser classificadas como metabólitos primários e secundários. Os metabólitos secundários são altamente específicos e desempenham um papel importante na evolução dos vegetais e na interação com os seres vivos, em geral, pertencem a uma das três principais classes de moléculas: terpenos, compostos fenólicos e nitrogenados (BORGES, AMORIN, 2020).

O emprego de substâncias, extraídas de plantas, na qualidade de inseticida, tem inúmeras vantagens quando comparado ao emprego de sintéticos. Os inseticidas naturais são obtidos de alguns recursos renováveis e rapidamente degradáveis, o desenvolvimento da resistência dos insetos a essas substâncias compostas da associação de vários princípios ativos é um processo lento. Essas substâncias causam diversos efeitos sobre os insetos, tais como: repelência, inibição de oviposição, da alimentação e alterações no sistema hormonal. Como consequências, causam distúrbios no desenvolvimento, deformações e mortalidade nas diversas fases de vida (FIGUEIREDO; ROCHA; FREITAS, 2018).

O uso de substâncias derivadas de plantas pode apresentar resultados eficientes sobre o comportamento dos insetos, reduzindo o tempo de sobrevivência (RAJEDRAN; SRIRANJINI, 2008). A via de exposição dos insetos aos compostos das plantas inseticidas pode ser por ingestão, contato e/ou fumigação, e as formas de utilização podem ser diversas, como por exemplo por meio de formulação em pó, extratos e óleos essenciais (BAKKALI et al., 2008).

As formigas-cortadeiras (*Atta* e *Acromyrmex*) são um importante grupo de insetos-praga para estudos buscando novos compostos para seu controle. São consideradas as principais pragas de áreas agrícolas e florestais devido ao hábito de cortarem folhas (HEBLING et al., 2000). Possuem organização social, habitam ninhos subterrâneos e apresentam uma interação simbiôntica tritrófica (planta, formiga e fungo). O material vegetal cortado é transportado pelas operárias para o interior de seus ninhos e usado para cultivar o fungo simbionte que serve de alimento para a colônia (TEIXEIRA, 2007). Apesar dos avanços em pesquisas sobre o controle de formigas-cortadeiras, o método de controle ainda mais utilizado é o químico (PEREIRA, 2019).

O Brasil é o país com a maior diversidade vegetal do mundo. A grande variedade de substâncias presentes na flora brasileira representa um enorme potencial de possíveis moléculas que podem ser utilizadas como inseticidas naturais (MESSIANO et al., 2008).

A *Apeiba tibourbou* Aubl, é conhecida no Brasil como pau-de jangada ou pente-de-macaco, e se distribui desde o Norte do Brasil até Minas Gerais e São Paulo (LORENZI, 2002). E de acordo com estudos preliminares desenvolvidos pode ser promissora como inseticida (COSTA, 2022), sendo uma possível alternativa para controle de formigas-cortadeiras.

Assim este estudo tem como objetivo avaliar a sobrevivência de operárias de *Atta sexdens* submetidas a diferentes frações e concentrações do extrato da casca e da folha de *Apeiba tibourbou.*

Material e Métodos

Para obtenção dos extratos de *Apeiba tibourbou* foram realizadas coletas de materiais vegetais (folhas e cascas) no mês de dezembro de 2021 e julho de 2022, no município de Alta Floresta-MT e levados ao Laboratório da Madeira do Ceptam (Centro de Pesquisa e Tecnologia da Amazônia Meridional), da Universidade do Estado de Mato Grosso, Campus de Alta Floresta – MT.

Após as coletas as folhas e cascas passaram por um processo de desidratação em estufa com circulação forçada de ar a 45°C por 72 horas. Para a preparação do extrato bruto das folhas e cascas de *Apeiba tibourbou* o material vegetal seco foi limpo e fragmentado em um moinho de facas tipo Willey, para obtenção do pó. Posteriormente, o pó foi colocado em álcool etílico a 70% na proporção de 1:10 m/v durante sete dias. Após esse período, o extrato passou pela filtragem e foi concentrado em rotaevaporador, sob pressão reduzida e temperatura de 60º, terminando-se o processo de secagem em estufa a 50ºC, por quatro dias.

O extrato bruto seco obtido, foi processado e particionado, com o objetivo de separar as frações pelos diferentes graus de polaridade. Para o fracionamento foi utilizada a técnica de partição líquido/líquido, que explora a imiscibilidade de alguns solventes orgânicos. Esse fracionamento implica em uma dissolução seletiva dos compostos, distribuindo-se em um dos dois solventes imiscíveis, visando uma separação das substâncias através de suas polaridades. A eficiência da extração entre as fases depende da afinidade do soluto pelo solvente de extração, da razão das fases e do número de extrações, para isso, utilizou-se o funil de separação.

Para extrair o maior número de constituintes da planta, foram utilizados três solventes extratores. O extrato bruto da folha e casca de *Apeiba tibourbou* foi particionado com solventes de polaridade crescente: hexano, clorofórmio e acetato de etila. O procedimento foi realizado seguindo a sequência a seguir:

1-Dissolveu-se 30g do extrato bruto em 200 mL de solução metanólica (7:3);

2-Transferiu-se o extrato solubilizado para um funil de separação;

3-Adicionou-se 100 mL de hexano e após a separação das fases, armazenou-se a fase hexânica em um recipiente;

4-Repetiu-se a etapa 3 mais duas vezes;

5-Após, adicionou-se 100 mL de clorofórmio ao extrato que continua no funil, e após a separação das fases, armazenou-se a fase clorofórmica em um recipiente;

6-Repetiu-se a etapa 5 mais duas vezes;

7-Para finalizar, adicionou-se 100 mL de acetato de etila ao extrato presente no funil e armazenou-se em um recipiente, após a separação das fases;

8 – Repetiu-se a etapa 7 mais duas vezes;

As frações obtidas foram rotaevaporadas sob pressão reduzida e temperatura de 60º, terminando-se o processo de secagem em estufa á 50ºC, por quatro dias. Para análise do potencial inseticida foi realizado um bioensaio de ingestão e contato com diferentes concentrações do extrato bruto da folha e casca de *Apeiba tibourbou* nas diferentes frações: hexânica, clorofórmica e de acetato de etila. Os bioensaios foram realizados com operárias coletadas de *Atta sexdens*, de tamanho médio (aproximadamente 10 mm), forrageando em trilhas de um sauveiro adulto, localizado no município de Alta Floresta, Mato Grosso. As formigas foram transportadas em frascos grandes de vidro e levadas ao laboratório.

Tendo em vista a conservação das formigas conduzidas ao laboratório, fez-se necessário fornecer uma dieta artificial sólida. Para o preparo desta dieta foram utilizados: dextrose (1,0 g), ágar alimentício (0,5 g) e água destilada (100 ml), de acordo com a dieta proposta por Jung et al. (2013). Após a mistura dos componentes a solução foi levada ao aquecedor magnético até fervura.

Realizou-se a aplicação tópica de 0,2 ml das diferentes frações com auxílio de borrifador, nas formigas forrageadoras nas seguintes concentrações: 0,25; 0,5; 0,75; e 1%. Cada frasco recebeu a dieta solidificada livre de extrato. As dietas foram repostas a cada 24 horas. A testemunha foi utilizada para avaliar a sobrevivência das formigas com referência à temperatura, à umidade, manuseio e efeito do solvente. Os frascos contendo as formigas foram mantidos em câmara climatizada do tipo B. O. D., a 26 ± 2°C, U.R. de 60 ± 10% e fotofase

de 12 horas. As avaliações ocorreram, quantificando-se o número de formigas mortas, a cada 24 horas, durante um período 144 horas.

Para o bioensaio por ingestão os extratos foram incorporados à dieta nas concentrações de: 0,25; 0,5; 0,75; e 1%, sendo a dieta cortada em cubos (1 cm^3) colocados sobre o papel alumínio (2x2cm) fornecidos para as formigas e adicionado algodão hidrófilo umedecido com água destilada, e os vidros fechados com tampa. Como solvente utilizou-se água destilada.

O experimento foi conduzido em delineamento experimental inteiramente casualizado, com 05 tratamentos, sendo: testemunha, e concentrações de: 0,25%, 0,5%, 0,75% e 1% do extrato bruto. Cada tratamento continha 10 repetições e em cada repetição eram colocados 10 indivíduos. O bioensaio foi repetido três vezes para análise dos resultados

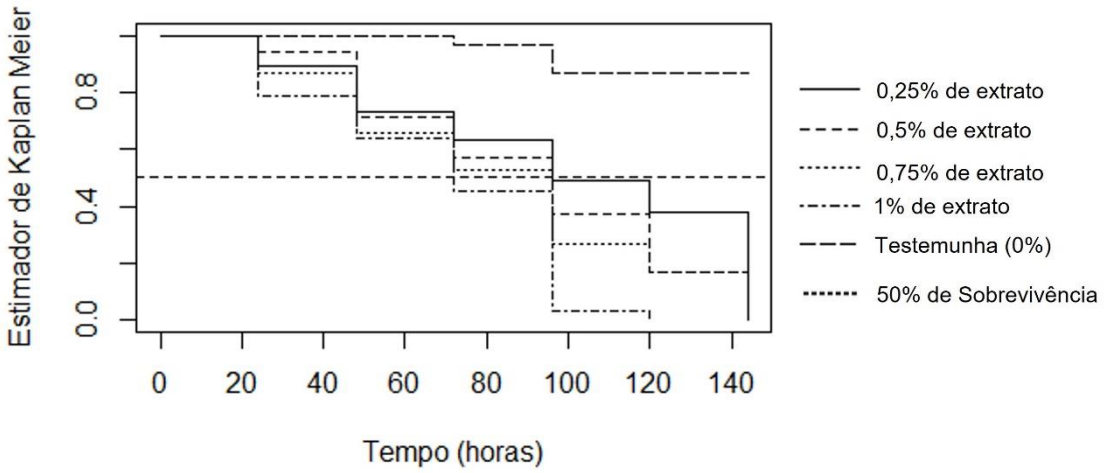
Para a análise dos dados, foi utilizado o software R versão 4.2.1 (R Core 15 Team, 2022). As curvas de sobrevivência para cada tratamento foram obtidas por “Kaplan-Mayer”, a partir das porcentagens de indivíduos vivos por dia. Os resultados foram analisados estatisticamente pelo método não paramétrico “log-rank” através do pacote “survival” (BORGES, 2014).

Resultados

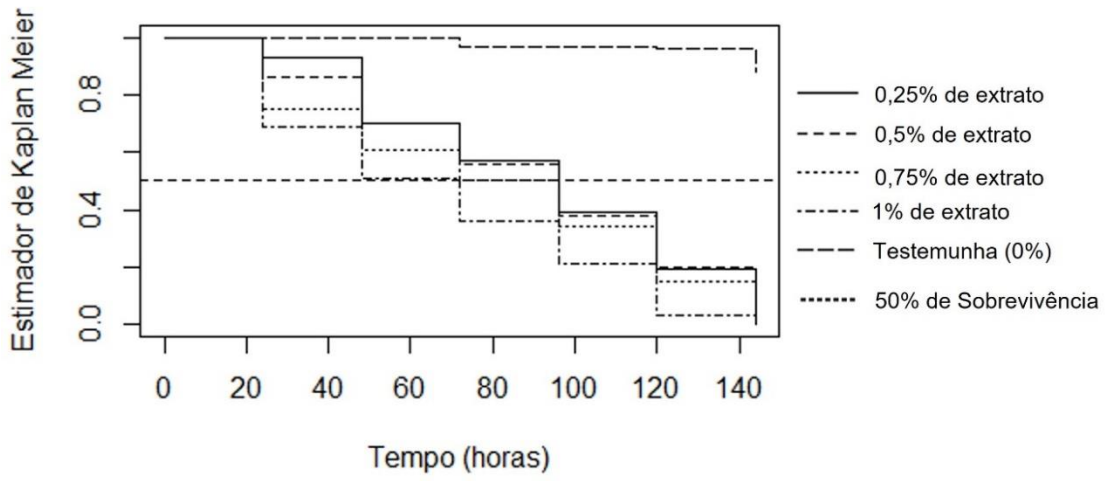
Na Figura 1 é possível observar o comportamento da curva de sobrevivência das operarias com o aumento da concentração do extrato bruto fracionado da casca. Conforme teve o avanço dos dias é possível verificar que quanto mais as operarias ficavam expostas ao extrato a taxa de sobrevivência diminuía (Tabela 1).

As curvas de sobrevivência obtidas por Kaplan-Meier dos indivíduos de *Atta sexdens* submetidas as diferentes frações do extrato bruto da casca de *Apeiba tibourbou* diferenciaram da testemunha (0%). Os tratamentos 0,25 e 0,5% são representadas pelas maiores curvas de sobrevivência, e as menores curvas se dão nas concentrações maiores 0,75 e 1% onde é possível observar eficiência no uso do extrato.

A)



B)



C)

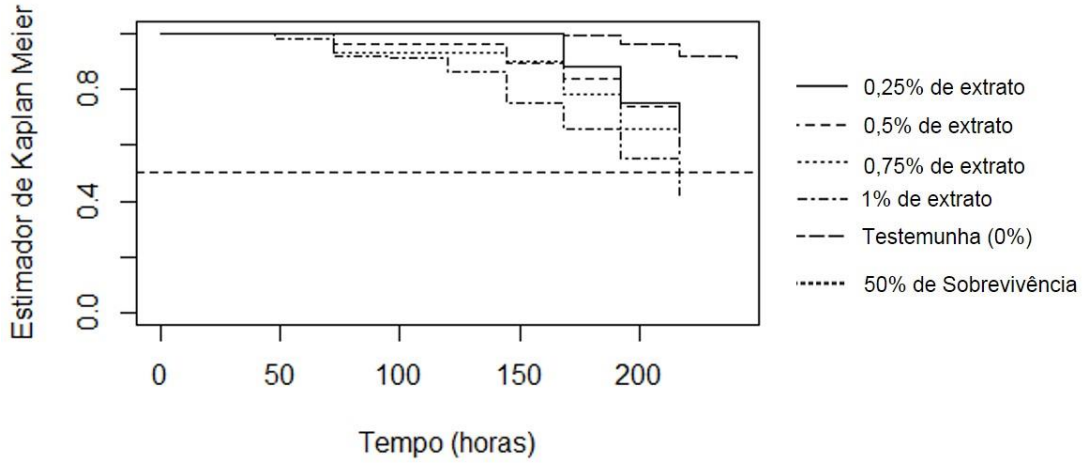


Figura 1. Curva de sobrevivência de operárias de *Atta sexdens* submetidas ao tratamento por ingestão do extrato bruto da casca de *Apeiba tibourbou* nas frações: A) clorofórmica B) acetato de etila e C) hexânica.

Tabela 1. Mortalidade acumulada e mortalidade mediana (Md) de operárias de *Atta sexdens* submetidas a diferentes frações e concentrações do extrato bruto de casca e da folha em bioensaio de ingestão de *Apeiba tibourbou.*

Ingestão							
Fração Clorofórmica Casca							Md*
Tratamento	Mortalidade Acumulada (%) por hora						
	24	48	72	96	120	144	
Testemunha	0	4	13	13	13	13	137 a
0,25%	9	23	26	48	84	100	100 b

0,50%	23	26	37	66	89	100	90 b
0,75%	29	45	49	86	100	100	83 b
1,00%	32	43	80	100	100	100	70 b

Fração Acetato de Etila Casca							Md*
Tratamento	Mortalidade Acumulada (%) por hora						
	24	48	72	96	120	144	
Testemunha	0	0	3	3	4	7	164 a
0,25%	6	26	36	55	80	100	90 b
0,50%	14	28	37	65	77	100	89 b
0,75%	25	39	49	79	95	100	80 b
1,00%	31	47	65	97	100	100	73 b

Fração Hexânica Casca							Md**
Tratamento	Mortalidade Acumulada (%) por hora						
	24	48	72	96	120	144	
Testemunha	0	0	0	0	1	2	238 a
0,25%	0	0	0	0	0	12	207 b
0,50%	0	4	4	4	10	15	200 b
0,75%	0	7	7	7	10	22	195 b
1,00%	2	8	9	14	25	34	183 b

Fração Clorofórmica Folha							Md*
Tratamento	Mortalidade Acumulada (%) por dia						
	24	48	72	96	120	144	
Testemunha	3	4	4	8	9	9	172 a
0,25%	9	20	26	49	77	100	105 b
0,50%	23	26	37	59	80	100	85 b
0,75%	27	43	56	79	90	100	70 b
1,00%	35	45	80	100	100	100	65 b

Fração Acetato de Etila Folha							Md*
Tratamento	Mortalidade Acumulada (%) por hora						
	24	48	72	96	120	144	
Testemunha	0	0	3	11	12	13	137 a
0,25%	6	31	49	56	77	100	91 b
0,50%	14	35	47	59	78	100	87 b
0,75%	25	39	49	70	83	100	77 b
1,00%	31	47	66	83	100	100	68 b

Fração Hexânica Folha							Md**
Tratamento	Mortalidade Acumulada (%) por hora						
	24	48	72	96	120	144	
Testemunha	0	0	0	0	0	0	216 a
0,25%	0	0	0	0	0	12	199 b
0,50%	0	0	3	3	3	16	192 b
0,75%	0	0	3	3	3	30	186 b
1,00%	0	0	8	8	8	21	180 b

*Letras distintas em relação a testemunha indicam diferenças significativa de acordo com a interpretação do teste “log-rank” ($p<0,05$).

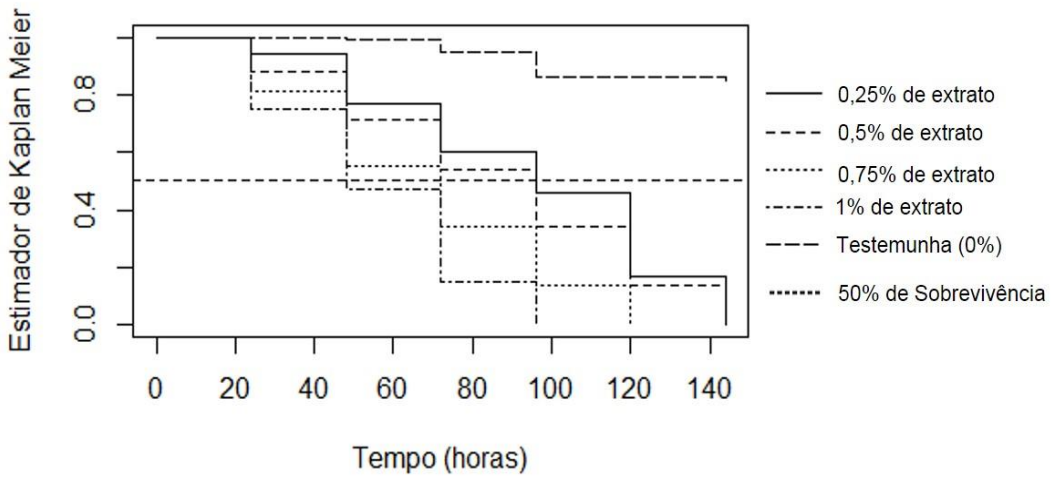
** O experimento foi conduzido até um período de 240 horas onde o mesmo foi desinstalado pelo fato de não apresentar mortalidade significativa do número de indivíduos.

O bioensaio da fração hexânica apresentou menor efeito inseticida sobre os indivíduos de *Atta sexdens*, indicando que existe a necessidade de maior tempo de exposição ao produto. Por sua vez todas as concentrações apresentaram diferenças significativas dos valores estimados da testemunha de acordo com a interpretação do teste “log-rank”.

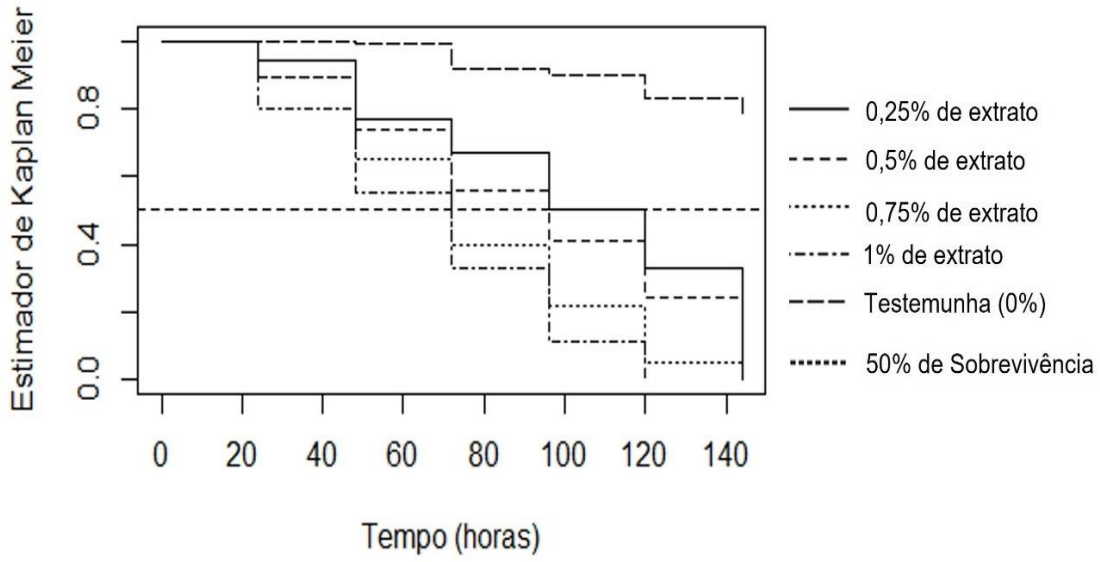
Nota-se que com o aumento da concentração dos extratos da folha e da casca as diferentes frações apresentam uma diminuição no tempo médio de sobrevivência das operarias. Contudo, a fração mais eficiente para o método de ingestão é a fração clorofórmica do extrato bruto da folha de *Apeiba tibourbou*.

Os resultados obtidos no bioensaio de contato das frações clorofórmica, acetato de etila e hexânica do extrato bruto da casca de *Apeiba tibourbou* em diferentes concentrações, estão representados através da curva de sobrevivência na Figura 2. Observa-se as porcentagens acumuladas de mortalidade diária, sendo apresentado o valor médio (Md), que indica o tempo em horas que metade dos indivíduos de *Atta sexdens* estavam mortas quando submetidas ao bioensaio de contato das frações clorofórmica, acetato de etila e hexânica do extrato bruto da folha e da casca de *Apeiba tibourbou*, e a interpretação do teste de “log-rank” na Tabela 2.

A)



B)



C)

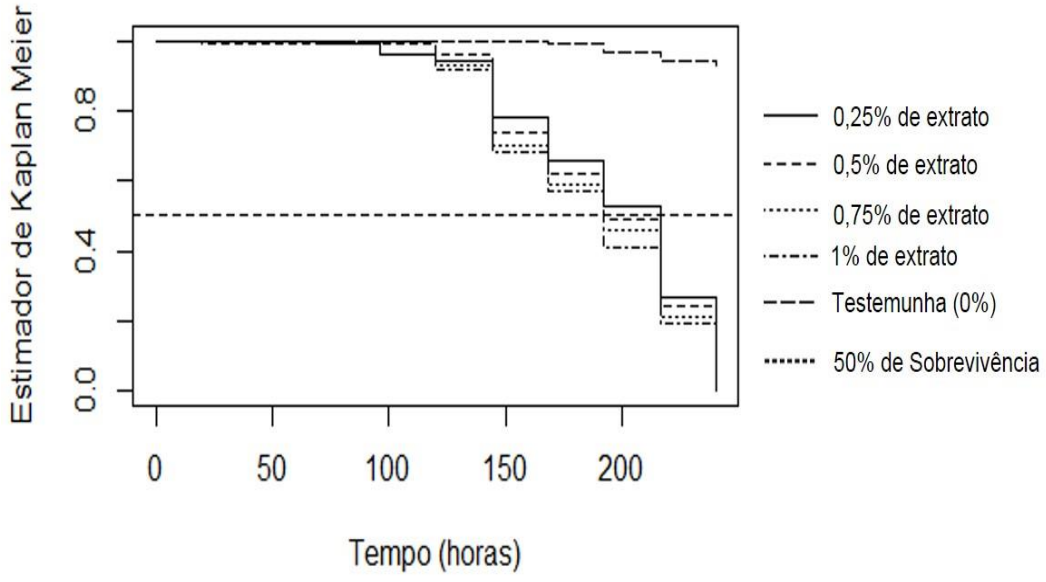


Figura 2. Curva de sobrevivência de operarias de *Atta sexdens* submetidas ao tratamento por contato do extrato bruto da casca de *Apeiba tibourbou* nas frações A) clorofórmica B) acetato de etila e C) hexânica.

Tabela 2. Mortalidade acumulada e mortalidade mediana (Md) de operárias de *Atta sexdens* submetidas a diferentes frações e concentrações do extrato bruto de casca e da folha em bioensaio de contato de *Apeiba tibourbou.*

Contato							
Fração Clorofórmica Folha							Md*
Tratamento	Mortalidade Acumulada (%) por hora						
	24	48	72	96	120	144	
Testemunha	0	0	3	4	5	9	144 a
0,25%	6	37	43	68	87	100	89 b
0,50%	12	29	46	66	86	100	80 b
0,75%	19	37	66	86	100	100	68 b
1,00%	25	48	85	100	100	100	57 b
Fração Acetato de Etila Folha							Md*
Tratamento	Mortalidade Acumulada (%) por hora						
	24	48	72	96	120	144	
Testemunha	0	0	3	4	7	12	142 a
0,25%	6	23	40	54	84	100	94 b
0,50%	11	28	45	65	84	100	88 b
0,75%	14	38	64	83	98	100	70 b
1,00%	20	46	70	97	100	100	63 b
Fração Hexânica Folha							Md**
Tratamento	Mortalidade Acumulada (%) por hora						
	24	48	72	96	120	144	
Testemunha	0	0	0	0	0	1	215 a
0,25%	0	0	0	0	24	37	176 b
0,50%	0	0	0	4	30	39	170 b
0,75%	0	0	0	7	30	42	166 b
1,00%	0	0	0	8	32	43	161 b
Fração Clorofórmica Casca							Md*
Tratamento	Mortalidade Acumulada (%) por hora						
	24	48	72	96	120	144	
Testemunha	0	2	9	15	17	20	136 a
0,25%	9	22	37	45	74	100	103 b
0,50%	12	29	45	62	78	100	80 b
0,75%	14	38	49	84	93	100	73 b
1,00%	21	45	77	94	100	100	60 b
Fração Acetato de Etila Casca							Md*
Tratamento	Mortalidade Acumulada (%) por hora						
	24	48	72	96	120	144	
Testemunha	0	1	7	10	17	22	140 a
0,25%	6	23	35	48	74	100	110 b
0,50%	11	26	46	61	76	100	88 b
0,75%	11	35	60	78	94	100	70 b
1,00%	20	45	67	89	100	100	64 b

Fração Hexânica Casca							Md**
Tratamento	Mortalidade Acumulada (%) por hora						
	24	48	72	96	120	144	
Testemunha	0	0	0	0	0	1	236 a
0,25%	0	1	4	6	22	34	195 b
0,50%	0	0	0	4	26	38	192 b
0,75%	0	0	0	7	30	41	189 b
1,00%	0	0	0	8	32	43	186 b

*Letras distintas em relação a testemunha indicam diferenças significativa de acordo com a interpretação do teste “log-rank” ($p<0,05$).

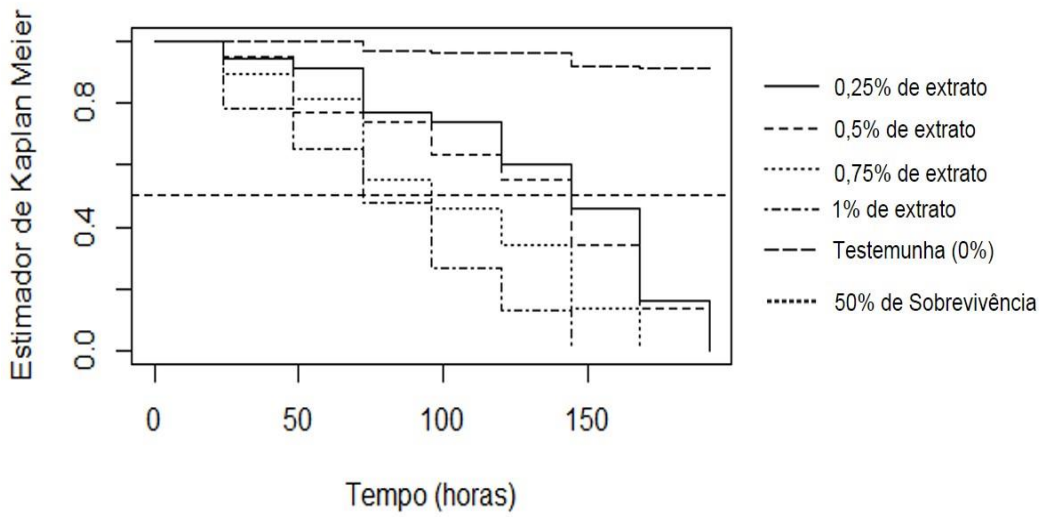
** O experimento foi conduzido até um período de 240 horas, onde o mesmo foi desinstalado pelo fato de não apresentar mortalidade significativa do número de indivíduos

As curvas de sobrevivência obtidas por Kaplan-Meier dos indivíduos de *Atta sexdens* submetidas as diferentes frações do extrato bruto da casca de *Apeiba tibourbou* diferenciam da testemunha (0%). Os tratamentos 0,25 e 0,5% são representados pelas maiores curvas de sobrevivência, e as menores curvas se dão nas concentrações maiores 0,75 e 1% onde é possível observar uma eficiência no uso do extrato.

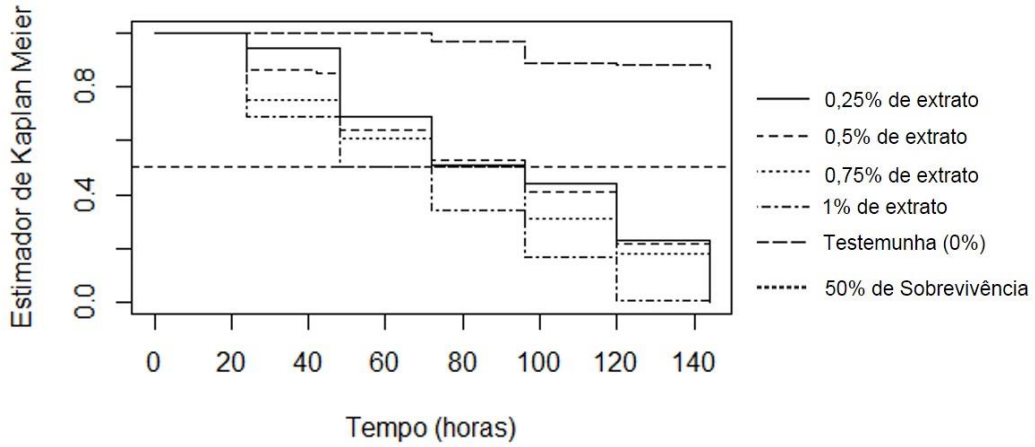
Com o aumento da concentração do extrato bruto da casca nas diferentes frações observa-se uma diminuição no tempo médio de sobrevivência das operarias. O bioensaio de contato da fração hexânica novamente apresentou menor efeito inseticida sobre os indivíduos de *Atta sexdens*, devido a necessidade de muito tempo de exposição ao produto. Todas as concentrações apresentaram diferença significativa dos valores estimados da testemunha de acordo com a interpretação do teste “log-rank”. Nota-se que a fração mais eficiente para o método de contato é a fração clorofórmica do extrato bruto da folha de *Apeiba tibourbou*.

Estão representados nas Figuras 3 e 4 os resultados do bioensaio pelo método de ingestão e de contato das frações clorofórmica, acetato de etila e hexânica do extrato bruto da folha de *Apeiba tibourbou* em suas diferentes concentrações através de curvas de sobrevivências.

A)



B)



C)

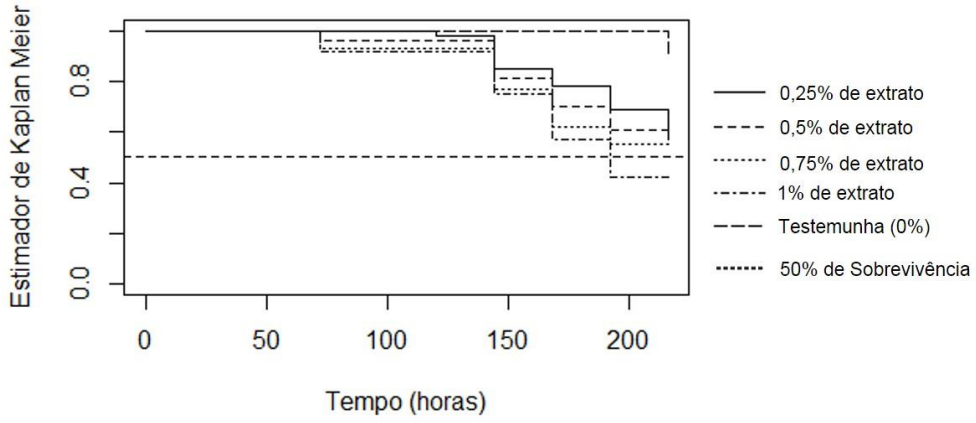
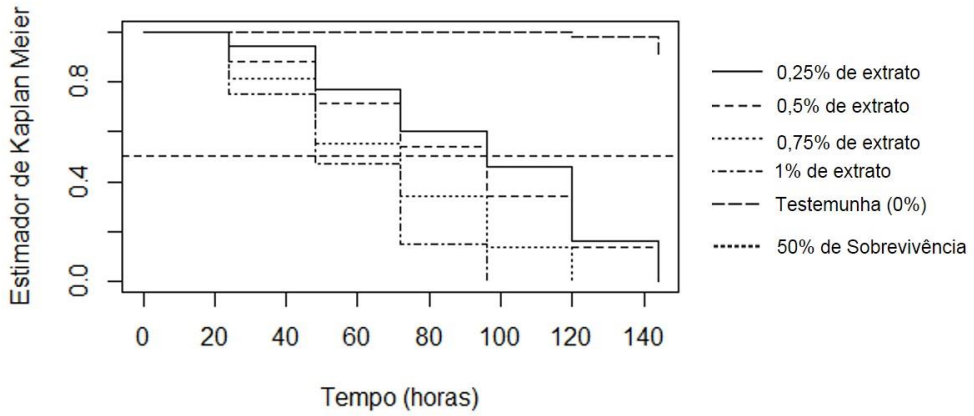
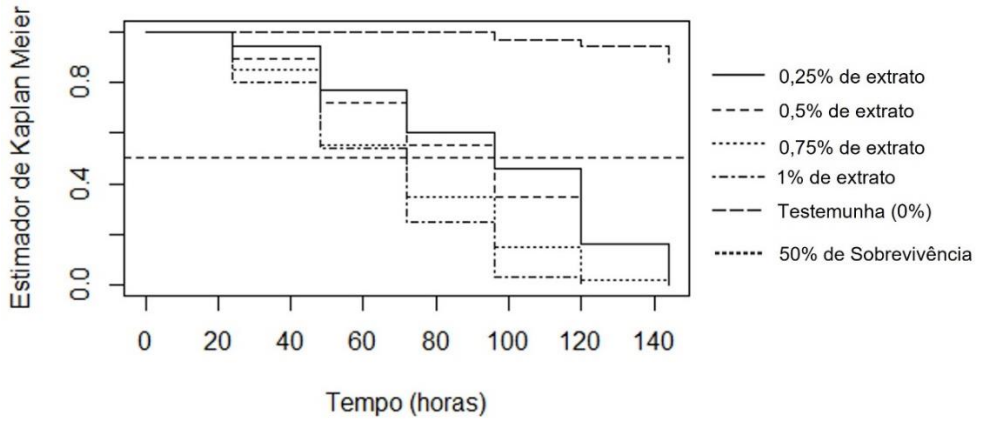


Figura 3. Curva de sobrevivência de operarias de *Atta sexdens* submetidas ao bioensaio por ingestão do extrato bruto da folha de *Apeiba tibourbou* nas frações A) clorofórmica B) acetato de etila e C) hexânica.

A)



B)



C)

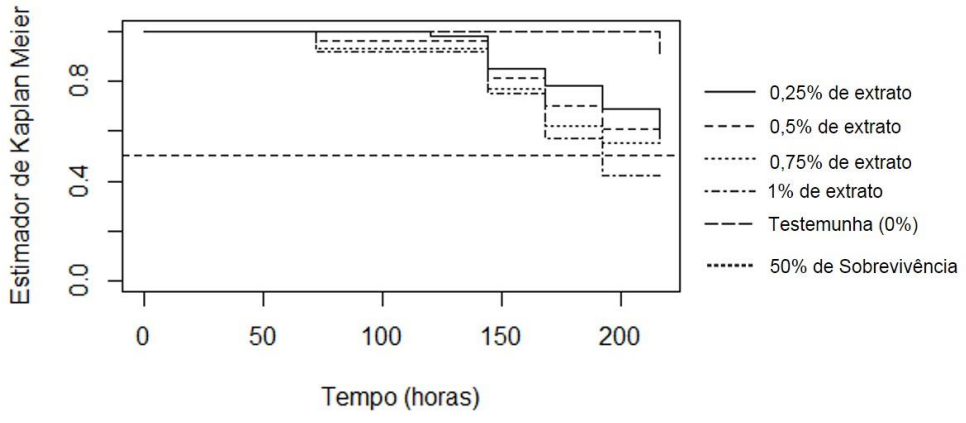


Figura 4. Curva de sobrevivência de operarias de *Atta sexdens* submetidas ao bioensaio por contato do extrato bruto da folha de *Apeiba tibourbou* nas frações A) clorofórmica B) acetato de etila e C) hexânica.

Discussão

O método de partição sequencial usando solventes com diferentes polaridades leva à obtenção de diferentes extratos, um para cada solvente usado na separação, e em cada um dos extratos individuais, existem compostos com polaridade semelhante que podem atuar individualmente ou sinergicamente com ou sem efeitos inibitórios sobre diferentes organismos (SILVEIRA, 2018).

Os metabólitos secundários encontrados nos diferentes extratos obtidos por meio da partição sucessiva com solventes de diferentes polaridades, como, extrato do acetato de etila extrai flavonoides, taninos, ácidos triterpênicos, saponinas e compostos fenólicos em geral. Já o extrato hexânico extrai esteróides terpenos acetofenonas (SILVEIRA, 2018). Segundo Choze (2004) os respectivos grupos de metabólitos encontrados para o clorofórmio foram os voláteis.

Das três frações analisadas o clorofórmio e acetato de etila foram eficientes na redução da taxa de sobrevivências de operarias de *Atta sexdens*. Tendo em vista que esses solventes extraem dos extratos os compostos fenólicos, flavonoides, saponina, taninos entre outros componentes. Costa (2022) após realizar análises fitoquímicas, histoquímicas e anatômicas confirmou presença de alguns grupos de metabólitos secundários com uma provável ação inseticida para a espécie *Apeiba tibourbou* em folhas e cascas sendo eles: taninos, compostos fenólicos, alcaloides, saponinas, terpenoides e lactonas sesquiterpênicas.

Deste modo, a ação inseticida mais eficiente observada para as frações acetato de etila e clorofórmio que são solventes polares deve-se a extração de metabólitos polares como taninos e demais compostos fenólicos, alcaloides e saponinas já detectados em outras análises com a espécie *Apeiba tibourbou* (COSTA, 2022). Estes metabólitos devem estar presentes em maiores quantidades por isso estas frações apresentaram menores taxas de sobrevivência de *Atta sexdens*.

Os resultados constatados neste estudo seguem o mesmo padrão de resultados obtidos por Oliveira et al. (2022), os quais afirmam que os solventes com maior polaridade mostraram maior capacidade de extrair componentes da casca de *Annona squamosa*, como acetato de etila e clorofórmio, em

contrapartida, o solvente mais apolar (ciclohexano) apresentou o menor rendimento, menos de 1 %. Observaram ainda que o acetato de etila tinha o seguinte perfil fitoquímico: compostos fenólicos, flavanoides, taninos, terpenoides, carboidratos e saponinas. Já o clorofórmio apresentava compostos fenólicos, flavanoides, esteroides, triterpenoides, carboidratos e saponinas.

Santos et al. (2015) apresentaram resultados em que frações do acetato de etila dos extratos de *Andira paniculata* foram muito eficientes na morte das operarias, causando a mortalidade de 100% dos indivíduos de *Atta sexdens* rubropilosa, em menor tempo (144 horas).

Oliveira (2015) observou que o óleo essencial de *Aristolochia trilobata* e seus compostos majoritários atuaram de forma rápida sobre *Atta sexdens*. Os compostos p-cimeno e linalol de óleo essencial de *Aristolochia trilobata* L. causaram 100% de mortalidade a *Atta sexdens* em 47 horas refletindo no tempo médio de sobrevivência (TL_{50}) observado.

Torres (2013) verificou que a espécies *Eugenia florida* (guamirim-cereja) e *Eugenia handroana*, *Trichilia pallida* e *Zanthoxylum pohlianum* apresentaram atividade inseticida no controle de formigas-cortadeiras, com médias de mortalidade de 16,7; 23,3; 19,6 e 17,3%, respectivamente, após 96 horas da aplicação dos tratamentos.

Tradescantia pallida foi relatada como eficiente no controle de formigas-cortadeiras, em bioensaios de ingestão de dieta contaminada, com a utilização de 2 mg/mL de extratos metanólicos e hexânicos de galhos e folhas (SILVEIRA; HEBLING; ROCHA, 2003).

Acácio-bigi et al. (2004) verificaram que extratos de *Ricinus communis*, obtidos a partir de diferentes solventes (hexano, diclorometano, acetato de etila e metanol), em diferentes concentrações, diminuíram a longevidade de formigas-cortadeiras, tanto em bioensaios com aplicação tópica, quanto com a ingestão de dieta contaminada. Os autores seguem afirmando que para os ensaios de ingestão em que foi utilizado o metanol como solvente, nas concentrações de 0,20 e 0,40 mg mL^{-1} a longevidade das formigas foi de 6,93 e 5,27 dias, respectivamente, enquanto a da testemunha foi de 10,82 dias.

Gonçalves-Gervásio (2003), identificou que o extrato em clorofórmio de folhas de *Tradescantia pallida*, é mais eficiente sobre *Tuta absoluta*, em comparação a outros três extratos orgânicos: em metanol, em etanol e em

hexano. Cunha (2006) ao avaliar os extratos em água, hexano, metanol e clorofórmio de *Melia azedarach* L. sobre *Spodoptera frugiperda,* observou que o extrato em clorofórmio foi o que apresentou maior atividade inseticida.

Diante disso o desenvolvimento de um inseticida vegetal é importante por ser menos prejudicial ao meio ambiente e podendo gerar um controle de pragas com uma maior sustentabilidade.

Conclusões

As frações acetato de etila e clorofórmio da folha de *Apeiba tibourbou* apresentaram maior atividade inseticida em teste em laboratório com operárias de *Atta sexdens*. A diminuição da taxa de sobrevivência é gradativa conforme vai aumentando o tempo de exposição aos extratos, mostrando que esta é uma espécie muito promissora para o controle de operárias de *Atta sexdens*.

Referências Bibliográficas

ACÁCIO-BIGI, M. F. M.; TORKOMIAN, V. L. V.; GROOTE, S. T. C. S.; HEBLING, M, J, A.; BUENO, O. C.; PAGNOCCA, F. C.; FERNANDES, J. B.; VIEIRA, P. C.; SILVA, M. F. G. F. 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**, v.60, edição especial, p. 933-938, 2004.

BAKKALI, F.; AVERBECK, S.; AVERBECK, D.; IDAOMAR, M. Biological effects of essential oils A review. **Food and Chemical Toxicology**, v.46, n.2, p. 446-75, 2008.

BORGES, A. I. M. **Análise de Sobrevivência com o R**. 2014. 63 f. Dissertação (Mestrado em Matemática), Universidade da Madeira, Funchal, 2014.

BORGES, L. P.; AMORIM, V. A. Metabólitos secundários de plantas secondary plant metabolites, **Revista Agrotecnologia**, v. 11, n. 1, p. 54-67, 2020.

CHOZE, R. **Técnicas de separação e identificação empregadas na análise de produtos naturais de plantas**. Trabalho de Conclusão de Curso do Centro de Ciências Física e Matemáticas da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

COSTA, D. D. da S. **Potencial Inseticida e Características Anatômicas e Fitoquímicas de Folhas de** *Apeiba tibourbou* (Aubl.). 2022. 67 f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos), Universidade do Estado de Mato Grosso, Alta Floresta, 2022.

CUNHA, U. S. da.; VENDRAMIM, J. D.; ROCHA, W. C.; VIEIRA, P. C. Frações de *Trichilia pallens* com atividade inseticida sobre *Tuta absoluta*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n. 11, p. 1579-1585, 2006.

FIGUEIREDO, R. C.; ROCHA, W. C.; FREITAS, A. D. G. *de.* Efeito Inseticida do Óleo Essencial e Extratos Etanólicos das Folhas de Mastruz *(Chenopodium ambrosioides* L*.)* Sobre o Gorgulho do Milho *(Sitophilus zeamais* Mots*)*. **Ensaios e Ciências**, v. 22, n. 2, p. 80-84, 2018

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BAPTISTA, G. C. de; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002.

GONÇALVES-GERVÁSIO, R. C. R. **Efeito de extratos de** *Trichilia pallida* Swartz e *Azadirachta indica* **A. Juss (Meliaceae) sobre** *Tuta absoluta* **(Meyrick) e seu parasitóide** *Trichogramma pretiosum* **Riley**. 2003. 88 p. Tese (Doutorado em Entomologia) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2003.

HEBLING, M. J. A.; BUENO, O. C.; MAROTI, P. S.; PAGNOCCA, F. C.; DA SILVA, O. A. Effects of leaves of Ipomea batatas (Convolvulaceae) on nest development and on respiratory metabolism of leaf-cutting ants Atta sexdens L. (Hym., Formicidae). **Journal of Applied Entomology**, v. 124, p. 249 - 252, 2000.

ISAH, T. Stress and Defense Responses in Plant Secondary Metabolites Production. **Biological Research**, v. 52, n. 39, p. 52- 39, 2019.

LORENZI, Harri. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. Vol. 1, 4 ed. Nova Odessa, SP. Instituto Plantarum, 2002.

MACHADO, L. A.; SILVA, V. B. e.; OLIVEIRA, M. M.de. Uso de extratos vegetais no controle de pragas em horticultura. **Biológico**, v. 69, n. 2, p. 103-106, 2007.

MESSIANO, G. B.; VIEIRA, L.; MACHADO, M. B.; LOPES, L. M.; BORTOLI, S. A.; ZUKERMAN–SCHPECTOR, J. Evaluation of Insecticidal Activity of Diterpenes and Lignans from *Aristolochia malmeana* against *Anticarsia gemmatalis*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, n. 8, p. 2655–2659, 2008.

PEREIRA, M.C. **O papel das secreções das formigas-cortadeiras na defesa da colônia**. 2019. 106 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Celular e Molecular) Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2019.

RAJENDRAN, S.; SRIRANJINI, V. Plants products as fumigants for stored-products insect control. **Journal of Stored Products Research**, v. 44, edição especial, p. 126-135, 2008.

R Core Team, 2022. **R**: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL http://www.r-project.org/index.html.

OLIVEIRA, B. M. S. do. **Atividade formicida de** *Aristolochia trilobata* **l. (Aristolochiaceae) sobre formigas cortadeiras**. 2015. 57 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Biodiversidade) Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2015.

OLIVEIRA, J. R. S.; SILVA, A. P. S.; SANTOS, A. B. S. dos.; LIMA, L. M. Avaliação de diferentes extratos da casca de *Annona squamosa* para potencial analgésico. **Revista Interfaces**, v. 10, n. 2, p. 1456-1462, 2022.

SANTOS, A. C. de M. S. dos. R.; NAVES, P. L. F.; SILVA, D. de. S.; JESUS, F. G. de.; ARAUJO, M. da. S.; BUENO, O. C.; MENEZES, A. C. S. atividade inseticida de plantas do cerrado: toxicidade dos extratos de *Andira paniculata* benth (fabacea) frente a formigas cortadeiras (*Atta sexdens* rubropilosa). In: Congresso de Ensino, Pesquisa e Extensão da UEG, 2, 2015, Pirenópolis. **Anais...** Pirenópolis: CEPE/UEG, 2015. p. 1-9.

SILVEIRA, C.; HEBLING, M J A; ROCHA, W C; FERNANDES, J. B.; PAGNOCCA, F C; BUENO, O. C.; BACCI JR, M; VIEIRA, P. C.; SILVA, M F F. Toxicidade de duas espécies do gênero *Trichilia* para operárias de *Atta sexdens* rubropilosa (Hymenoptera: Formicidae). In: SIMPÓSIO DE MIRMECOLOGIA, 16, 2003, Florianópolis. **Anais**... Florianópolis: CCB/UFSC, 2003. p. 504-506.

SILVEIRA, M. F. da. **Influência de metabólitos secundários de madeiras da caatinga na resistência ao ataque de fungos apodrecedores.** 2018. 82 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Universidade de Brasília) Brasília, 2018.

TEIXEIRA, M. C. **Dispersão de sementes por** *Atta robusta* **Borgmeier 1939 (Hymenoptera: Formicidade) na restinga da Ilha de Guriri- ES**. 2007. 72 f. Tese (Doutorado em Entomologia) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

TORRES, A. de. F.; LASMAR, O.; CARVALHO, G. A.; SANTA-CECÍLIA, L. V. C.; ZANETTI, R.; OLIVEIRA, D. de. Atividade inseticida de extratos de plantas no controle de formiga cortadeira, em cafeeiro, **Coffee Science**, v. 8, n. 3, p. 371-378, 2013.

3. **Considerações Finais**

A avaliação do potencial inseticida de *Apeiba tibourbou* no controle de operárias de *Atta sexdens* foi eficiente, pois é nítida a diminuição da taxa de sobrevivência dos indivíduos submetidos a exposição dos extratos, sendo que as frações clorofórmicas e acetato de etila do extrato bruto da folha foram mais eficientes quando comparadas as frações do extrato bruto da casca e a fração hexânica.

Esse estudo tem grande importância para o desenvolvimento de novas pesquisas sobre o potencial inseticida de *Apeiba tibourbou* no controle de operárias de *Atta sexdens*.

O uso de extratos vegetais vem como opção de manejo integrado de pragas e, associado a outras práticas, pode auxiliar na redução da aplicação de inseticidas químicos sintéticos que causam problemas aos organismos e ao meio ambiente. A prática da agricultura tem avançado, buscando manter os níveis de produtividade sem o uso de insumos químicos, banindo totalmente o uso de agrotóxicos. O objetivo é criar um produto que esteja em sintonia com as necessidades da população e o nível de exigências do consumidor atual. Portanto, o avanço desse conhecimento tornou-se fundamental para ajudar a diminuir as perdas causadas pelos insetos- praga.