

# ALTERNATIVAS PARA CONTROLE DE POPULAÇÕES DE *Atta sexdens*: UMA REVISÃO SOBRE A EFICÁCIA DE INSETICIDAS DE PRODUTOS NATURAIS BOTÂNICOS

## *ALTERNATIVES FOR CONTROL OF POPULATIONS OF Atta sexdens: A REVIEW ON THE EFFECTIVENESS OF INSECTICIDES FROM NATURAL BOTANICAL PRODUCTS*

Marcelo Marcos Magalhães

Universidade de Brasília. marcelo.magalhaes@ifnmg.edu.br

### RESUMO

As formigas do gênero *Atta* (Hymenoptera: Attini) são responsáveis por grandes perdas econômicas na agricultura, pastagens e silvicultura. Estratégias de controle tem se tornado um importante tema a ser debatido devido às controvérsias sobre o uso de métodos químicos ou naturais. O uso de inseticidas de origem química para o controle de formigas cortadeiras é um problema vigente e atual em nosso país. Apesar de muitos serem considerados persistentes como a sulfluramida, ainda assim, são comercializados livremente por todo o território nacional. Todavia, muitos estudos com extratos naturais de plantas têm demonstrado resultados significativos no controle das formigas *Atta sexdens* L. e *Atta sexdens rubropilosa*. Pesquisas realizadas no Brasil, com extratos crus, aquoso, ou eluídos em extratos etanólico, e frações com hexano, diclorometano, acetato de etila e metanol, publicados desde 2000 foram revisados nesse trabalho. O intuito foi verificar e estabelecer um *ranking* da taxa média de sobrevivência e mortalidade das formigas proporcionadas pelos inseticidas testados, a fim de eleger o composto botânico mais eficiente. As regiões de ocorrência e os domínios fitogeográficos também foram considerados para cada planta a fim de demonstrar o potencial de produção de inseticidas naturais botânicos no Brasil. Plantas muito conhecidas e amplamente distribuídas nos biomas nacionais como *Ricinus communis*, popularmente conhecida como “Mamona” e *Azadirachta indica*, conhecida popularmente como “Nim”, foram as que apresentaram os melhores resultados, reiterando o argumento de termos alternativas para controle de *A. sexdens* sem causar impacto ao ambiente e à saúde das pessoas.

**PALAVRAS CHAVE:** Extratos naturais, formiga cortadeira, mortalidade.

### ABSTRACT

Ants of the genus *Atta* (Hymenoptera: Attini) are responsible for large economic losses in agriculture, pastures and forestry. Control strategies have become an important topic to be debated due to controversies over the use of chemical or natural methods. The use of chemical insecticides to control leaf-cutting ants is a

current and current problem in our country. Although many are considered persistent like sulfluramid, they are still freely marketed throughout the national territory. However, many studies with natural plant extracts have shown significant results in the control of *Atta sexdens* L. and *Atta sexdens rubropilosa* ants. Research carried out in Brazil, with raw extracts, aqueous, or eluted in ethanolic extracts, and fractions with hexane, dichloromethane, ethyl acetate and methanol, published since 2002, were reviewed in this work. The aim was to verify and establish a ranking of the average survival and mortality rate of ants provided by the tested insecticides, in order to choose the most efficient botanical compound. The regions of occurrence and the phytogeographic domains were also considered for each plant in order to demonstrate the potential for the production of natural botanical insecticides in Brazil. Plants well known and widely distributed in national biomes such as *Ricinus communis*, popularly known as “Mamona” and *Azadirachta indica*, popularly known as “Nim”, were the ones that presented the best results, reiterating the argument of alternative terms for the control of *A. sexdens* without impacting the environment and people's health.

**KEYWORDS:** Natural extracts, leafcutter ant, mortality.

## INTRODUÇÃO

As formigas cortadeiras pertencem à família Formicidae, subfamília Myrmicinae, tribo Attini conhecidas como saúvas (gênero *Atta*). É considerada praga e pode ter seu efeito multiplicado por dez devido ao processo de substituição de florestas por agricultura e pecuária<sup>1</sup>. As espécies de formigas do gênero *Atta* são amplamente distribuídas em toda a América Latina e apresentam elevada adaptação a ambientes antropizados, demonstrando resiliência frente a perturbações ambientais<sup>2</sup>. Essa capacidade possivelmente favorece sua ocorrência em cenários de crescente degradação dos biomas e sua associação com áreas urbanas<sup>3</sup>. No entanto, estudos recentes demonstram que os efeitos de colônias de *Atta sexdens*, Linnaeus, 1758 não afeta a diversidade de artrópodes, nem promovem efeito significativo na serrapilheira ou qualquer efeito sobre condições abióticas como a temperatura do solo e luminosidade<sup>4</sup>.

O controle sobre populações de *A. sexdens* é considerado como imprescindível no Brasil, devido à cultivabilidade de vasto território em detrimento aos prejuízos causados pelas formigas cortadeiras. Não somente no Brasil, mas em toda a América do Sul, o controle biológico dessas formigas tem se tornado foco de

interesse de muitos pesquisadores. Embora muitos trabalhos relacionados ao uso de plantas tenham apresentado resultados significativos para controle populacional de formigas cortadeiras<sup>5</sup>, estudos defendem o uso de Sulfluramida sob o argumento de não haver viabilidade técnica, econômica e operacional para o controle biológico<sup>6</sup>. No entanto, em 2009, a sulfluramida, principal ingrediente das iscas tóxicas para o controle de formigas cortadeiras, foi incluído no Anexo B da Convenção de Estocolmo sobre Poluentes Orgânicos Persistentes<sup>7</sup>. Além disso, diversos estudos evidenciam os riscos à saúde humana, especialmente dos trabalhadores rurais, decorrentes do consumo e do manuseio de agrotóxicos, sobretudo quando os equipamentos de proteção individual (EPIs) não são utilizados de forma adequada<sup>8</sup>.

O uso de inseticidas de origem sintética pode acarretar morte indiscriminada em populações de insetos, incluindo espécies benéficas<sup>9</sup>. Por outro lado, ainda existem divergências quanto aos mecanismos químicos de defesa das plantas contra a herbivoria. A compreensão das interações inseto-planta requer, portanto, o conhecimento dos processos evolutivos e ecológicos envolvidos<sup>10</sup>. Nesse contexto, diversos estudos com produtos botânicos demonstraram resultados promissores no controle de formigas cortadeiras por meio de sua ação tóxica. Entre as espécies vegetais mais populares no Brasil destacam-se o Neem *Azadirachta indica* A.Juss. (1830) amplamente utilizado na medicina tradicional, na produção de cosméticos e reconhecido por sua elevada toxicidade<sup>11</sup> e a Mamona *Ricinus communis* L. (1753), empregada em aplicações farmacológicas<sup>12</sup>, na produção de biodiesel<sup>13</sup>, no manejo de plantas daninhas<sup>14</sup>, e no controle de pragas<sup>15,16</sup>.

O objetivo desse trabalho é revisar experimentos que utilizaram a aplicação de extratos e compostos extraídos de partes de plantas (folha, galho, caule, semente ou raiz) no controle de populações de *A. sexdens*. A revisão busca evidenciar, com base nas taxas de mortalidade e sobrevivência desses himenópteros, bem como na disponibilidade das plantas em seus respectivos domínios fitogeográficos e regiões de ocorrência, quais espécies vegetais se mostraram mais eficientes no controle das formigas cortadeiras.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O levantamento de trabalhos que abordaram estratégias de controle de *A. sexdens* foi realizado através do uso de inseticidas naturais com o auxílio de mecanismos de busca por periódicos compreendidos entre os anos de 2000 a 2025, em qualquer idioma, nas plataformas especializadas do Google Acadêmico e Periódicos Capes. Foram utilizadas as seguintes palavras e expressões como critérios de busca: ((Atta sexdens mortality OR Atta sexdens mortalidade OR Atta sexdens control OR Atta sexdens controle) AND (Atta sexdens survival natural insecticides OR Atta sexdens sobrevivência inseticidas naturais) AND (Brazil OR Brasil)). Quando as palavras-chave da busca foram encontradas no título, resumo ou na seção de *keywords* do artigo eles foram pré-selecionados. Foram excluídas, TCCs, dissertações, teses, resumos de congresso, conferências e reportagens.

Foram encontrados 107 artigos no Google Acadêmico e 55 nos Periódicos Capes. Destes, foram selecionados 26 trabalhos realizados no Brasil. De forma auxiliar, foram utilizadas as plataformas Scielo e ResearchGate na busca de trabalhos para suprir a necessidade de embasamento teórico ou de citações relevantes encontradas nos trabalhos selecionados.

Para estabelecer um parâmetro na classificação dos produtos botânicos como alternativa no controle de formigas cortadeiras, bem como um *ranking* de classificação das melhores opções de plantas, alguns critérios foram seguidos: a verificação da parte da planta estudada que se obteve o melhor resultado para cada caso estudado, seja extrato bruto, eluído em solventes orgânicos ou substância isolada; a facilidade de acesso a elas, dado pelo domínio fitogeográfico; região de ocorrência de cada espécie; taxa de mortalidade e sobrevivência média da população.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todos os trabalhos analisados utilizaram princípios ativos extraídos e isolados de plantas. Vários métodos foram utilizados na obtenção de ácidos e óleos a partir do extrato bruto. Os compostos ativos analisados pelos autores durante os bioensaios foram obtidos por meio de diferentes técnicas de extração, como fluido supercrítico de CO<sub>2</sub>, transesterificação, fracionamento e maceração aquosa, além de métodos complementares, como infusão. Foram utilizados eluentes em ordem crescente de polaridade: hexano, diclorometano, etil acetato, etanol e metanol, e os extratos resultantes foram aplicados por vias tópica e oral, isoladas ou combinadas. Em todos os trabalhos em que foi utilizado solvente, um grupo controle foi testado e descartada a influência do solvente na taxa de sobrevivência das formigas. A exceção foi o trabalho que realizou bioensaios para avaliar a ação tóxica do extrato aquoso de *Anacardium humile* A.St.-Hil. (1831) (Anacardiaceae) sobre a taxa de sobrevivência de *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908, constatando sua eficiência ao comparar as concentrações de 50mg/ml<sup>-1</sup>, 70mg/ml<sup>-1</sup>, 100mg/ml<sup>-1</sup> com o formicida comercial Butox<sup>®17</sup>. Os resultados mostraram que entre os intervalos de avaliação, os indivíduos adultos de formigas *A. sexdens rubropilosa* morreram após 9 minutos de exposição nas concentrações 70mg/l e 100mg/l. No entanto, a concentração de 70mg/l apresentou maior atividade sobre as formigas entre 6 e 9 minutos. Ressalta-se que o uso do Butox<sup>®</sup> resultou em um tempo de sobrevivência de apenas 3 minutos.

Dos trabalhos analisados (Tabela 1), a família Rutaceae foi a mais requisitada para o controle de formigas cortadeiras. Nesse contexto, estudos defendem a recomendação do uso de óleos extraídos das sementes de laranja, limão e tangerina, justificando que grandes quantidades de sementes são descartadas diariamente pelas indústrias de processamento de citros, garantindo assim, ampla disponibilidade de matéria-prima para a produção de inseticidas a partir do reaproveitamento desses resíduos<sup>18</sup>. Embora essas sementes possam ser utilizadas

como complemento para alimentação animal, mais opções no reaproveitamento desses subprodutos é altamente desejável. Portanto, o efeito dos óleos extraídos das sementes de frutas cítricas sobre *A. Sexdens* foi avaliado. A obtenção dos óleos ocorreu por meio da técnica de extração com fluido supercrítico de CO<sub>2</sub>. Os ensaios foram realizados com solventes (hexano e acetato de etila) usados na diluição e no transporte do óleo e também com extratos puros. Uma satisfatória ação inseticida foi confirmada para as sementes de tangerina, *Citrus reticulata* Blanco (1837) (Rutaceae) com média de sobrevivência de 14 dias, em extrato eluído em hexano. Porém, a eficiência aumentou quando os óleos foram eluídos em acetato de etila, mas, a tangerina continuou a apresentar os melhores resultados, demonstrando atividade tóxica, reduzindo a taxa de sobrevivência para 10 dias.

Em outro estudo, os autores avaliaram a toxicidade de ácido limonénico e limonóides degradados de *Raulinoa echinata* Cowan (1963) (Rutaceae)<sup>19</sup>. Foram utilizados partes do caule da planta para o isolamento dos limonóides: fraxinelonona, fraxinelona e epoxi-fraxinelona por análise de difração de raios-X. Através do bioensaio de ingestão, as formigas receberam dietas contendo epóxi-fraxinelona ou ácido limonénico na concentração de 200µg. A epóxi-fraxinelona mostrou-se não tóxica para as formigas, no entanto, o ácido limonexico apresentou redução significativa na longevidade (11 dias).

A ação inseticida da planta *Helietta puberula* Reissek (1861) (Rutaceae) sobre *A. sexdens* foi significativa<sup>20</sup>. A toxicidade foi determinada pela ingestão de extratos brutos e frações metanólicas de substâncias isoladas de caule, folhas e galhos. Todos os extratos, compostos e substâncias testados foram tóxicos para as formigas, no entanto, os melhores resultados observados foram do extrato hexânico obtidos do caule, com mortalidade de toda a população em 8 dias.

A espécie *Spiranthera odoratissima* A.St.-Hil. (1833) (Rutaceae) também produz substâncias com poder inseticida<sup>21</sup>. Foram isolados alcalóides furoquinolínicos (dictamina, g-fagarina e esquimianina) e 2-arilquinolin-4-ona (2-fenil-1-metilquinolin-4-ona) e limonóides (ácido limonénico e limonina) dessa planta. Tanto o extrato bruto como compostos foram testados como inseticidas em

bioensaios contra *A. sexdens rubropilosa*. O extrato bruto com diclorometano e o metanol foram eficientes no controle de formigas com mortalidade de 100% dos indivíduos em 21 dias. No entanto, o ácido limonéxico demonstrou ser o composto mais eficiente, uma vez que além de apresentar resultados semelhantes para mortalidade, apresentou também um efeito inibitório sobre a população reduzindo sua taxa de sobrevivência média.

Em um estudo testando várias espécies de plantas, os melhores resultados foram obtidos indicaram ramos e folhas da espécie *Zanthoxylum rhoifolium* Lam. (1786) (Rutaceae), casca de *Simarouba amara* (Simaroubaceae), ramos de *Aspidosperma spruceanum* (Apocynaceae), folhas de *Casearia arborea* Rich. (1792) e casca de *Casearia sylvestris* Swartz (1788) (Salicaceae) como tóxicas para *A. Sexdens*<sup>22</sup>. Os autores testaram a toxicidade por ingestão e uso tópico. O período médio de sobrevivência de 50% das formigas alimentadas com extratos variou de 8 a 15 dias. O extrato galhos de *Z. Rhoifolium* foi único com toxicidade por ingestão e contato, mas a casca de *C. sylvestris* apresentou o melhor resultado em relação a taxa mortalidade e sobrevivência média.

O extrato bruto e frações das folhas de *Esenbeckia pumila* Pohl (1827) (Rutaceae) apresentaram toxicidade em *A. sexdens rubropilosa*<sup>23</sup>. Utilizando extrato etanólico, e frações com hexano, diclorometano, acetato de etila e metanol de folhas de *E. Pumila*, os autores concluíram que a dieta contendo frações de metanol (2.0mg) foram eficientes no controle das formigas, no entanto, o etil acetato (2.0mg) foi mais efetivo, matando toda a população de formigas em 21 dias, com um tempo médio de sobrevivência de 3 dias.

A casca e caule de duas espécies da família Rutaceae (*Metrodorea maracasana* Kaastra (1977) e *Conchocarpus mastigophorus* Kallunki (1998) e ramos e folhas de duas espécies da família (Erythroxylaceae) *Erythroxylum macrocalyx* Mart. (1843) e *Erythroxylum plowmanii* Amaral (1990), foram utilizadas na produção de extratos em teste de toxicidade em *A. Sexdens*<sup>24</sup>. Os extratos foram obtidos a partir da maceração exaustiva com etanol a uma

temperatura de  $25 \pm 2$  °C com remoção total do solvente residual por evaporação. Todas as espécies de plantas apresentaram alta atividade inseticida contra operárias de *A. Sexdens*. O tempo de sobrevivência variou entre os tratamentos, com a mortalidade atingindo valores máximos entre 10 e 20 dias para a maioria dos tratamentos. Entretanto, a casca de *M. maracasana*, reduziu a probabilidade de sobrevivência das formigas para aproximadamente seis dias.

Em um trabalho mais recente, os autores utilizaram extratos alcoólico e de infusão de folhas plantas da flora Amazônica *Metrodorea flavida* Krause (1910) (Rutaceae) e *Cheiloclinium cognatum* Miers (1872) (Celastraceae) em testes de controle de *A. sexdens* L<sup>25</sup>. Os ensaios com duração de 72 horas (3 dias) foram realizados através do contato e ingestão nas concentrações de: 3%, 6%, 9%, 12% e 15% acrescidas de 1% de dimetilsulfóxido. Embora as duas plantas tenham apresentado potencial inseticida, no bioensaio por ingestão, a mortalidade ocasionada pelo extrato de infusão de *C. cognatum* a 15% foi maior (98%).

Folhas de *R. communis* (Euphorbiaceae) popularmente conhecido como mamona, foram usadas em bioensaios com *A. sexdens rubropilosa*<sup>26</sup>. Foram utilizados extrato das folhas para isolar a “ricina”, uma substância conhecida pela sua alta toxidez. Em testes de ingestão e contato, comparando dietas com água ou solventes (hexano, diclorometano, acetato de etila ou metanol) não apresentaram diferenças na taxa de sobrevivência, considerando que os controles foram específicos para cada conjunto de experimentos (extratos, frações e ricina). Embora os extratos com concentrações definidas de ricina tenham apresentado alta toxidez, as formigas conseguiam se recuperar após alguns dias, reduzindo a taxa de mortalidade. Já os resultados com ricina metanólica foram significativos na mortalidade das formigas. No entanto, os melhores resultados foram obtidos dos experimentos que incorporaram frações de extratos brutos metanólicos de folhas por aplicação tópica, com sobrevivência média de 2,38 dias.

Em outro estudo com espécie *Croton urucurana* Baillon (1864), (Euforbiácea), utilizaram folhas para produzir extratos eluídos nos solventes hexano, diclorometano e metanol<sup>27</sup>. Os extratos com hexano e diclorometano



apresentaram resultados mais relevantes, no entanto não foi considerado como um resultado promissor. O extrato hexânico 0,5% foi responsável pela mortalidade das formigas até o 17º dia e a taxa de sobrevivência média elevada. Conforme as autoras, embora os resultados tenham sido insatisfatórios para uso de *C. urucurana* como inseticida, mais trabalhos, com outras partes da planta devem ser realizados.

A *Cedrela fissilis* Vello (1825) (Meliaceae), conhecido como cedro, popularizou devido a importância que se dá à sua madeira. No ensaio produzido, várias partes dessa planta como raízes, caules, ramos, frutos e folhas foram utilizados<sup>28</sup>. O material foi triturado e os compostos extraídos em solventes com polaridade crescente (hexano, diclorometano e metanol) e particionados em concentrações distintas. Verificou-se uma alta mortalidade de *A. sexdens rubropilosa* que foram alimentadas diariamente com dieta artificial contendo extratos brutos e todas as frações de raízes e folhas de *C. fissilis*. No entanto, o melhor resultado verificou-se no extrato parcialmente purificado de raiz (extrato hexânico + metanol) o que proporcionou a menor taxa média de sobrevivência, eliminando toda a população em 14 dias.

Outra planta muito popular no Brasil, a *Azadirachta indica* (Meliaceae) conhecida popularmente como Nim, Neem, Margosa, etc., se mostrou promissora no combate a *Atta*<sup>29</sup>. Estudos identificaram os genes responsáveis pela biossíntese de triterpenóides, importante substância com potencial terapêutico e antimicrobiano encontrado nessa planta<sup>28</sup>. Além dos diversos usos como medicamento fitoterápico, uso da madeira e frutos, apresentaram resultados animadores sobre o uso como inseticida<sup>30</sup>. Todas as concentrações do composto extraído e eluídos em solventes, utilizadas nos experimentos, foram tóxicos para as formigas *A. sexdens rubropilosa*, verificado também o efeito repelente. Os resultados mais significativos foram obtidos com a dieta de extrato bruto da pasta da semente, resultando na mortalidade de 100% da população em 6 dias.

Os triterpenóides despertaram o interesse de diversos pesquisadores, como no caso da *Simarouba versicolor* A.St.-Hil. (1829) (Simaroubaceae)<sup>31</sup>. Essa espécie

foi utilizada em testes de toxicidade com extrato bruto e outros produtos extraídos de seus tecidos. Partições ou substâncias isoladas das frações diclorometânicas dos extratos metanólicos, alcaloides como (4,5-dimetóxicantin-6-ona e 5-metóxicantin-6-ona) também foram utilizadas em bioensaios com operárias de *A. sexdens* L. No entanto, os triterpenóides isolados do extrato (Lupenone e Lupeol), não apresentaram efeitos tóxicos sobre as formigas. Em contraste, a fração diclorometânica do extrato bruto obtido de galhos mostrou-se mais eficiente, promovendo mortalidade total da população em 14 dias e reduzindo significativamente a taxa média de sobrevivência.

Extratos brutos, frações e compostos isolados também foram extraídos da planta *Virola sebifera* Aublet (1775) (Myristicaceae) e avaliados quanto ao seu potencial inseticida sobre *A. sexdens rubropilosa*<sup>32</sup>. Os extratos brutos metanólicos extraídos das folhas bem como as frações n-hexano, diclorometano e acetato de etila demonstraram boa atividade inseticida. As dietas contendo frações de diclorometano de ( $1000\mu\text{g}/\text{ml}^{-1}$ ) apresentaram resultados relevantes referente a média de mortalidade, restando apenas 6% dos indivíduos vivos no 25º dia. Entretanto, os resultados de extrato bruto de folhas com diclorometano, além de apresentar uma média de mortalidade relevante, ocasionou a mortalidade de todos os indivíduos até o 17º dia.

As espécies vegetais *Euphorbia heterophylla* Linnaeus (1753) (Malvaceae), *Ageratum conyzoides* Linnaeus (1753) (Asteraceae), *Sida rhombifolia* Linnaeus (1753) e *Sida spinosa* Linnaeus (1753) (Malvaceae) foram utilizadas para a produção de substratos destinados a testes de toxicidade em cinco espécies de insetos, incluindo *A. Sexdens*<sup>33</sup>. Os insetos foram expostos a ensaios com extratos etanólico e hexânico obtidos de diferentes partes das plantas. O extrato etanólico de *S. spinosa* resultou em 87,5% de mortalidade em *A. sexdens*. Entretanto, esse estudo não relatou as taxas médias de sobrevivência nem a taxa de mortalidade em função do tempo de exposição.

O óleo essencial de *Cymbopogon citratus* Candolle (1919) (Poaceae), extraído por hidrodestilação em escala industrial, foi utilizado para avaliar o

potencial inseticida em colônias de *Atta sexdens* mantidas em condições de laboratório<sup>34</sup>. Foram testados três sistemas de nebulização, com concentrações de 15, 30 e 50%. Embora as nebulizações tenham afetado negativamente o peso das colônias, resultando em mortalidade após 60 dias, as taxas de mortalidade e a média de sobrevivência não foram relatadas nesse estudo.

O efeito formicida do extrato de 70 plantas foram testados contra *A. sexdens rubropilosa* em sistema cafeeiro no estado de Minas Gerais<sup>35</sup>. Folhas, cascas, flores, frutos e raízes foram macerados com metanol. A dieta artificial foi oferecida por 96 horas, ao término das quais foi registrada a mortalidade das formigas. *Eugenia handroana* apresentou a maior taxa de mortalidade, alcançando 23,3%.

Estudos recentes, investigaram a ação de extratos vegetais no controle de *Atta sexdens*. Avaliando compostos obtidos da casca e das folhas de *Apeiba tibourbou* Aublet (1775) (Malvaceae) em um ensaio com duração de 360 horas (15 dias), observaram que o extrato hidroalcoólico da casca, quando oferecido às formigas, causou 50% de mortalidade após 96 horas (4 dias)<sup>36</sup>. Nesse mesmo estudo, extratos da casca e das folhas foram aplicados topicamente sobre os indivíduos, com auxílio de um borrifador manual, nas concentrações de 2,5%, 5,0%, 7,5% e 10%. Os resultados demonstraram que o aumento das concentrações dos extratos de folhas e casca de *A. tibourbou* provocou uma diminuição do tempo médio de vida das operárias.

Em outro estudo recente foi avaliado dois compostos presentes nas folhas de *Tropaeolum majus* Linnaeus (1753) (Tropaeolaceae), o difenil dissulfeto e o lyral, quanto ao seu potencial efeito inseticida sobre *A. sexdens*<sup>37</sup>. Os resultados mostraram que, embora o difenil dissulfeto tenha apresentado leve toxicidade e influenciado as interações entre operárias, nenhum dos compostos testados causou mortalidade significativa das formigas. Esses achados indicam que tais substâncias não são os principais responsáveis pelos efeitos inseticidas previamente atribuídos aos extratos foliares de *T. majus*, sugerindo que outros constituintes da planta estejam envolvidos na supressão de colônias de formigas cortadeiras.

A cafeína é uma substância encontrada em diversas plantas, estudada por muitos autores por ser uma das moléculas psicoativas mais consumidas em todo o mundo, contudo, pouco se sabe sobre os efeitos dessas moléculas como inseticida<sup>38</sup>. No intuito de verificar os efeitos dessa substância em formigas, dietas contendo cafeína foram testados no controle de *A. sexdens rubropilosa*<sup>39</sup>. Foram realizados tratamentos com cafeína dissolvida em água e incorporada à dieta das formigas, em diferentes concentrações: 0,01%, 0,05%, 0,10% e 0,50% em relação ao peso da dieta. Conforme os autores, os dados não foram suficientes para sugerir efeitos significativos para o controle das formigas. No bioensaio, a média de sobrevivência nas diferentes concentrações de cafeína não diferiram significativamente do controle, não demonstrando portanto uma proposta promissora para o controle de formigas cortadeiras.

No *ranking* dos melhores resultados obtidos nos ensaios para o combate de *A. sexdens*, a planta *A. indica* foi a que apresentou maior eficácia (Tabelas 1 e 2). O extrato diclorometânico na concentração de 20µg/l foi reponsável pela menor longevidade das formigas e a segunda menor taxa de sobrevivência média da população em relação às outras plantas e substâncias testadas. O extrato etanólico da casca de *M. maracasana*, na concentração de 0,2 mg mL<sup>-1</sup>, apresentou efeitos significativos sobre a probabilidade de sobrevivência das formigas. Entretanto, trata-se de uma espécie com distribuição restrita no Brasil, ocorrendo apenas nas regiões Nordeste e Sudeste, nos domínios fitogeográficos da Caatinga e da Mata Atlântica. O *R. communis*, também deve ser considerado uma espécie promissora para a obtenção de substâncias com potencial inseticida natural, especialmente a ricina, que nos resultados obtidos, apresentou efeito mais pronunciado reduzindo significativamente da taxa média de sobrevivência da população. Ratificando, portanto, que outra grande vantagem do *R. communis* incide no fato de que é uma planta que ocorre em todas as regiões do Brasil e em todos os domínios fitogeográficos. Um contraponto importante quanto à distribuição geográfica das espécies pode ser observado na *H. puberula* que, embora tenha apresentado alto

potencial para o controle de *A. sexdens*, é uma espécie encontrada exclusivamente no bioma Cerrado da região Centro-Oeste (Tabela 2).

Tabela 1. Melhores resultados em ordem cronológica, obtidos dos trabalhos revisados. P se refere aos valores obtidos para S<sub>50</sub> (Sobrevivência Média), M<sub>50</sub> (Mortalidade Média), MS (Tempo Médio de Sobrevivência), L (longevidade). N (valores não informados no artigo), ~ (valor aproximado).

Ano	Planta testada	Parte usada	Uso	Princípio ativo/ concentração	L	P
2002	<i>Citrus reticulata</i>	semente	tópico	óleo+acetato de etila (200µg/ml)	10 dias	N
2004	<i>Ricinus communis</i>	folha	tópico	fração de extrato bruto metanólico/ricina	10 dias	2.38
2005	<i>Raulinoa echinata</i>	caule	ingestão	ácido limonéxico (200µg)	11 dias	N
2005	<i>Cedrela fissilis</i>	raíz	ingestão	extrato hexânico + metanólico (2000mg/ml <sup>-1</sup> )	14 dias	5.0
2006	<i>Azadirachta indica</i>	semente	ingestão	extrato diclorometânico (20µg/l)	6 dias	3.0
2007	<i>Helietta puberula</i>	caule	ingestão	extrato hexânico (2.0; 1.6 e 0.3 mg/ml <sup>-1</sup> )	8 dias	4.0
2009	<i>Simarouba versicolor</i>	galho	ingestão	extrato diclorometânico (1.6 mg/ml <sup>-1</sup> )	14 dias	3.0
2010	<i>Spiranthera odoratissima</i>	galho	ingestão	ácido limonéxico (500mg/ml <sup>-1</sup> )	21 dias	3.0
2011	<i>Anacardium humile</i>	folha	tópico	extrato aquoso (70mg/l)	9 min.	N
2012	<i>Virola sebifera</i>	folha	ingestão	extrato diclorometânico (2000 µg/ml <sup>-1</sup> )	17 dias	7.5
2013	<i>Eugenia handroana</i>	N	ingestão	Extrato metanólico (2 mm/mL)	N	N
2015	<i>Croton urucurana</i>	folha	tópico	extrato hexânico (0,5%)	17 dias	8.5
2016	<i>Casearia sylvestris</i>	casca	ingestão	(0.2 mg/mL <sup>-1</sup> )	25 dias	8.0
2019	<i>Esenbeckia pumila</i>	folha	ingestão	etil acetato (2.0mg)	21 dias	3.0
2021	<i>Cheiloclinium cognatum</i>	folha	ingestão	Infusão a 15% + 1% de Dimetilsulfóxido	N	N
2023	<i>Metrodorea maracasana</i>	casca	ingestão	extrato etanólico (0.2 mg/mL <sup>-1</sup> )	~ 6 dias	~3.0
2024	<i>Apeiba tibourbou</i>	casca	tópico	extrato hidroalcóolico (0,2 ml)	~14 dias	4.5

Tabela 2. Ranking de plantas com potencial inseticida. Regiões de ocorrência: N-Norte, NE-Nordeste, CO-Centro-oeste, SE-Sudeste, L-leste, S-Sul. Domínio fitogeográfico: A-Amazônia, Ca-Caatinga, Ce-Cerrado, MA-Mata Atlântica, Pt-Pantanal, Pa-Pampas. Dados obtidos do site <http://reflora.jbrj.gov.br><sup>40</sup>.

Ranking	Região de ocorrência						Plantas	Domínio Fitogeográfico					
	N	NE	CO	SE	L	S		A	Ca	Ce	MA	Pt	Pa
1º	x	x	x	x		x	<i>Azadirachta indica</i>	Toda área antrópica					
2º		x		x			<i>Metrodorea maracasana</i>		x		x		
3º	x	x	x	x	x	x	<i>Ricinus communis</i>	x	x	x	x	x	x
4º			x				<i>Helietta puberula</i>			x			
5º	x	x	x			x	<i>Simarouba versicolor</i>	x	x	x	x		
6º	x	x	x	x			<i>Spiranthera odoratissima</i>	x	x	x			
7º	x	x	x	x			<i>Esenbeckia pumila</i>		x	x			
8º	x	x	x	x		x	<i>Cedrela fissilis</i>	x	x	x	x	x	x
9º	x	x	x	x			<i>Apeiba tibourbou</i>	x	x	x	x	x	
10º	x	x	x	x			<i>Virola sebifera</i>	x		x	x		
11º		x	x	x		x	<i>Citrus reticulata</i>			x	x		
12º						x	<i>Raulinoa echinata</i>				x		
13º	x	x	x	x		x	<i>Anacardium humile</i>	x	x	x	x		
14º	x	x	x	x		x	<i>Croton urucurana</i>	x		x	x		
15º	x	x	x	x		x	<i>Casearia sylvestris</i>	x	x	x	x	x	x
16º	x	x	x	x			<i>Cheiloclinium cognatum</i>	x		x	x	x	
17º				x		x	<i>Eugenia handroana</i>	x		x			

## CONCLUSÃO

Entre as espécies avaliadas, *R. communis* e *A. indica* apresentaram os maiores efeitos tóxicos sobre as formigas, aliando alta eficiência biológica à ampla distribuição geográfica no Brasil. Os resultados obtidos, referentes às taxas de mortalidade e de sobrevivência média da população de *Atta sexdens* tratada com extratos vegetais, mostraram-se consistentes e satisfatórios. Diversos pesquisadores têm investigado o uso de inseticidas naturais no controle de formigas-cortadeiras, e a identificação de plantas nativas mais eficientes representa uma alternativa promissora para reduzir a elevada demanda por pesticidas sintéticos, tanto por pequenos quanto por grandes produtores. No entanto, a padronização dos métodos de estimativa de mortalidade e sobrevivência é desejável, dada a relevância desses parâmetros para permitir comparações entre estudos e aprimorar as estratégias de controle natural dessas formigas. Portanto, recomenda-se que o uso intensivo de pesticidas persistentes, como a Sulfluramida, um agrotóxico de síntese química seja

gradualmente substituído por alternativas menos agressivas ao meio ambiente e, conseqüentemente, à saúde humana.

## CONFLITO (S) DE INTERESSE

O autor declara que não têm interesses conflitantes relevantes ao conteúdo deste trabalho e que nenhum financiamento foi recebido para auxiliar na preparação deste manuscrito.

## REFERÊNCIAS

1. Moutinho P, Nepstad DC, Davidson EA. Influence of leaf-cutting ant nests on secondary forest growth and soil properties in Amazonia. *Ecology*. 2003; 84(5):1265–76. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2003\)084\[1265:IOLANO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2003)084[1265:IOLANO]2.0.CO;2).
2. Montoya-Lerma J, Rodríguez J, Castaño-Quintana K. *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Myrmicinae) is colonizing urban areas in Cali, Colombia. *Urban Ecosyst*. 2024; 27(3): 841–54. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11252-023-01469-y>.
3. Schaefer CEGR, Henriques RJ, Gomes LP, Gorsani RG, Santos MFS, Fernandes DP de S. Interplays between *Atta* ants (Formicidae: Attini), soils and environmental properties in the Brazilian Neotropics: a preliminary assessment. *Rev Bras Ciênc Solo*. 2021; 45: e0210073. <https://doi.org/10.36783/18069657rbcs20210073>.
4. Oliveira MV de, França ECB de, Feitosa RM, Correia MEF, Queiroz JM. Ninhos de *Atta sexdens* (Hymenoptera: Formicidae) podem afetar a estrutura da assembleia de artrópodes do solo na Mata Atlântica? *Iheringia, Sér Zool*. 2018; 108: e2018009. <https://doi.org/10.1590/1678-4766e2018009>.
5. Pereira JR. Métodos de controle de formigas cortadeiras em sistemas orgânicos de produção: uma revisão. *Revista Ambientale*. 2021; 13(4): 10–24. <https://doi.org/10.48180/ambientale.v13i4.318>.
6. Moreira AA, Forti LC, Boaretto MAC, Andrade APP, Lopes JFS, Ramos VM. External and internal structure of *Atta bisphaerica* Forel (Hymenoptera: Formicidae) nests. *Journal of Applied Entomology*. 2004; 128(3): 204–11. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2004.00839.x>.

7. Stefanelli LEP, Mota Filho TMM, Camargo R da S, de Matos CAO, Forti LC. Effects of entomopathogenic fungi on individuals as well as groups of workers and immatures of *Atta sexdens rubropilosa* leaf-cutting ants. *Insects*. 2021; 12(1): 10. <https://doi.org/10.3390/insects12010010>.
8. Vieira JMM, Ribeiro ADB, de Oliveira KA. Uso de agrotóxicos e prejuízos à saúde do produtor rural. *Biodiversidade Brasileira* 2025; 15(3). <https://revistaelectronica.icmbio.gov.br/index.php/BioBR/article/view/2711>.
9. Fernandes JB, David V, Facchini PH, da Silva MF das GF, Rodrigues Filho E, Vieira PC, Galhiane MS, Pagnocca FC, Bueno OC, Hebling MJ, Victor SR, Santos AMR. Extrações de óleos de sementes de citros e suas atividades sobre a formiga cortadeira *Atta sexdens* e seu fungo simbionte. *Quím Nova*. 2002; 25: 1091–5. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422002000700009>.
10. Kubo I, Kanke FJ. Chemical methods for isolating and identifying phytochemicals biologically active in insects. Em: *Insect plant interactions*. New York: Miller JR and Miller TA; 1990; 225–49. (IV). <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-1-4612-4910-8.pdf>.
11. Baby AR, Freire TB, Marques G de A, Rijo P, Lima FV, Carvalho JCM de, Rojas J, Magalhães WV, Velasco MVR, Morocho-Jácome AL. *Azadirachta indica* (Neem) as a potential natural active for dermocosmetic and topical products: a narrative review. *cosmetics*. 2022; 9(3): 58. <https://doi.org/10.3390/cosmetics9030058>.
12. Abomughaid MM, Teibo JO, Akinfe OA, Adewolu AM, Teibo TKA, Afifi M, Al-Farga AMH, AL-Kuraishy H, AL-Gareeb AI, Alexiou AT, Papadakis M, Batiha El-SG. A phytochemical and pharmacological review of *Ricinus communis* L. *Discov Appl Sci*. 2024; 6(6): 315. <https://link.springer.com/article/10.1007/s42452-024-05964-5>.
13. Sangeetha B, Mohana Priya S, Pravin R, Tamilarasan K, Baskar G. Otimização de processo e avaliação técnico-econômica da produção de biodiesel por transesterificação em uma única etapa do óleo de semente de *Ricinus communis*. *Bioresource Technology*. 2023; 376: 128880. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2023.128880>.
14. Lopes AM, Ribeiro LK, Cogo MR de M, Frescura LM, da Rosa MB, Schulz A, Mayer FD, Abaide ER, Tres MV, Zabot GL. *Ricinus communis* L. Leaf Extracts as a Sustainable Alternative for Weed Management. *Sustainability*. 2025; 17(15): 6942. <https://doi.org/10.3390/su17156942>.



15. Khatun R, Alam K, Rana S, Mashud AA, Masud AA, Ahmed S, Islam R, Jamal MAHM. In vitro efficiency of crude extract of *Ricinus communis*, *Abroma augusta*, and *Bombax ceiba* seed on brinjal shoot and fruit borer, *Leucinodes orbonalis* Guenee. AJAR. 2022; 18(2): 73–9. <https://doi.org/10.5897/AJAR2021.15833>.
16. Manzoor S, Akbar R, Hussain A, Ali A, Faheem B, Zaman M, Farid A, Hussain I, Khan IA, Perveen K, Bukhari NA, Sun J. Toxicity effect of *Ricinus communis* methanolic extracts against *Bactrocera cucurbitae* (Diptera: Tephritidae). Plant Prot Sci. 2025; 61(1): 77–88. <https://doi.org/10.17221/46/2024-PPS>.
17. Martins NF. Estudo fitoquímico de *Anacardium humile* associado ao controle de formigas cortadeiras *Atta sexdens rubropilosa*. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável. 2011; 6(5): 41. <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/552/1057>.
18. Fernandes JB, David V, Facchini PH, Silva MF das GF da, Rodrigues Filho E, Vieira PC, Galhiane MS, Pagnocca FC, Bueno OC, Hebling MJ, Victor SR, Santos AMR. Extrações de óleos de sementes de citros e suas atividades sobre a formiga cortadeira *Atta sexdens* e seu fungo simbionte. Quím Nova. 2002; 25: 1091–5. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422002000700009>.
19. Biavatti MW, Westerlon R, Vieira PC, Silva MFGF da, Fernandes JB, Peñaflor MFGV, Bueno OC, Ellena J. Leaf-cutting ants toxicity of limonexic acid and degraded limonoids from *Raulinoa echinata*.: X-ray structure of epoxy-fraxinellone. J Braz Chem Soc. 2005; 16: 1443–7. <https://doi.org/10.1590/S0103-50532005000800025>.
20. Almeida R, Peñaflor M, Simote S, Bueno O, Hebling M, Pagnocca F, Fernandes J, Vieira P, Silva M. Toxicity of Substances Isolated from *Helietta puberula* RE Fr. (Rutaceae) to the Leaf-cutting ant *Atta sexdens* L. (Hymenoptera: Formicidae) and the symbiotic fungus *Leucoagaricus gongylophorus* (Singer) Möller. BioAssay. 2007; 2. <https://www.bioassay.org.br/index.php/bioassay/article/view/53>.
21. Terezan AP, Rossi RA, Almeida RNA, Freitas TG, Fernandes JB, Silva MF das GF da, Vieira PC, Bueno OC, Pagnocca FC, Pirani JR. Activities of extracts and compounds from *Spiranthera odoratissima* St. Hil. (Rutaceae) in leaf-cutting ants and their symbiotic fungus. J Braz Chem Soc. 2010; 21: 882–6. <https://doi.org/10.1590/S0103-50532010000500016>.
22. Gomes M de CAR, Paula VF de, Moreira AA, Castellani MA, Macedo GEL de. Toxicity of plant extracts from Bahia, Brazil, to *Atta sexdens sexdens* workers (Hymenoptera: Formicidae). Sociobiology. 2016; 63(2): 770–6. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v63i2.936>.

23. Duarte GKGF, Menezes ACS, Naves PLF, Bueno OC, Santos RG, Silva Junior WM da. Toxicity of *Esenbeckia pumila* Pohl (Rutaceae) ON *Artemia salina* AND *Atta sexdens rubropilosa*. Rev Caatinga. 2019; 32: 101–12. <https://doi.org/10.1590/1983-21252019v32n111rc>.
24. Teixeira FV, Souza TRM, Castellani MA, Camargo RS, Forti LC, de Paula V, Silva A, Matos C, Nipato O, Moreira AA, Sabattini J. Bioactivity of plant extracts against *Atta sexdens* (Hymenoptera: Formicidae) workers by ingestion. Int J Trop Insect Sci. 2023; 43(4): 1227–36. <http://dx.doi.org/10.1007/s42690-023-01030-6>.
25. Sanches LA, Garlet J. Extratos de espécies florestais nativas da Amazônia Meridional no controle de *Atta sexdens Linnaeus* (Hymenoptera: Formicidae). Gaia Scientia. 2021; 15(3). <https://periodicos.ufpb.br/index.php/gaia/article/view/60347>.
26. Bigi MFM, Torkomian VL, de Groote STCS, Hebling MJA, Bueno OC, Pagnocca FC, Fernandes JB, Vieira PC, da Silva MFGF. 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. 2004; 60(9): 933–8. <https://doi.org/10.1002/ps.892>.
27. Timich M, dos Santos DYAC. Effect Of *Croton Urucurana* Baill. extracts against *Atta sexdens rubropilosa* Forel (Hymenoptera: Formicidae). Boletim de Botânica. 2015; 33: 1–5. <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9052.v33i0p1-5>.
28. Bueno FC, Godoy MP, Leite AC, Bueno OC, Pagnocca FC, Fernandes JB, Hebling MJA, Jr Bacci M, Vieira PC, Silva M. Toxicity of *Cedrela fissilis* to *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae) and its Symbiotic Fungus. 2005; 45(2). [https://www.researchgate.net/publication/287488564\\_Toxicity\\_of\\_Cedrela\\_fissilis\\_to\\_Atta\\_sexdens\\_rubropilosa\\_Hymenoptera\\_Formicidae\\_and\\_its\\_symbiotic\\_fungus](https://www.researchgate.net/publication/287488564_Toxicity_of_Cedrela_fissilis_to_Atta_sexdens_rubropilosa_Hymenoptera_Formicidae_and_its_symbiotic_fungus).
29. Bhambhani S, Lakhwani D, Gupta P, Pandey A, Dhar YV, Kumar Bag S, Asif MH, Trived PK. Transcriptome and metabolite analyses in *Azadirachta indica*: identification of genes involved in biosynthesis of bioactive triterpenoids. Sci Rep. 2017; 7(1): 5043. <https://www.nature.com/articles/s41598-017-05291-3>.
30. Santos OMFS, Bueno O, Marine T, Reis IC. Toxicity of *Azadirachta indica* to leaf-cutting ant *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae). Sociobiology. 2006; 2(47): 423–31. [https://www.researchgate.net/publication/287488645\\_Toxicity\\_of\\_Azadirachta\\_indica\\_to\\_leaf-cutting\\_ant\\_Atta\\_sexdens\\_rubropilosa\\_Hymenoptera\\_Formicidae](https://www.researchgate.net/publication/287488645_Toxicity_of_Azadirachta_indica_to_leaf-cutting_ant_Atta_sexdens_rubropilosa_Hymenoptera_Formicidae).

31. Peñaflor MFGV, Almeida RNA, Simote SY, Yamane E, Bueno OC, Hebling MJA, Fernandes JB, Vieira PC, Silva MFGF, Pagnocca FC. Toxicidade de Substâncias Isoladas de *Simarouba versicolor* St. Hil. (Simaroubaceae) para Formigas Cortadeiras *Atta sexdens* L. (Hymenoptera: Formicidae) e para o seu Fungo Simbionte *Leucoagaricus gongylophorus* (Singer) Möller. BioAssay. 2009; 4. <https://doi.org/10.14295/BA.v4.0.24>.
32. Bicalho KU, Terezan AP, Martins DC, Freitas TG, Fernandes JB, da Silva MF das GF, Vieira PC, Pagnocca FC, Bueno OC. Evaluation of the Toxicity of *Virola sebifera* Crude Extracts, Fractions and Isolated Compounds on the Nest of Leaf-Cutting Ants. Psyche: A Journal of Entomology. 2012; 2012(1): 785424. <https://doi.org/10.1155/2012/785424>.
33. Diniz J, Silva PR, Reis MR, Endo RT, Ramos RS, Fernandes FL, Silva IW. Insecticide Activity of Weeds to Pests of Stored Product and Crops. Journal of Agricultural Science. 2014; 6(7): p194. <http://dx.doi.org/10.5539/jas.v6n7p194>.
34. Pinheiro HSS, Santos VB dos, Santos EJS dos, Rolim G da S, Santos ÍTBF dos, Santana LKN de, Oliveira MFSS, Poderoso JCM, Nogueira PCL, Bacci L, Ribeiro GT. Insecticidal and fungicidal activity of *Cymbopogon citratus* (Poaceae) essential oil on *Atta sexdens* colonies. Scientia Plena. 2024; 20(3). <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2024.031101>.
35. Torres A de F, Lasmar O, Carvalho GA, Santa-Cecília LVC, Zanetti R, de Oliveira D. Atividade inseticida de extratos de plantas no controle de formiga cortadeira, em cafeeiro. Coffee Science. 2013; 8(3). <https://sbicafe.ufv.br/server/api/core/bitstreams/3b52333b-fdc8-42af-acb6-6a106622d82b/content>.
36. Costa DD da S, Melo R da S, Gonçalves PP, Carvalho FWB de, Lima MC, Garlet J. Extratos de *Apeiba tibourbou* (Aubl.) No controle de *Atta sexdens* L. (Hymenoptera: formicidae). Observatório de la economía latinoamericana. 2024; 22(5): e4793–e4793. <https://doi.org/10.55905/oelv22n5-138>.
37. Graebin A, Amaral KD, Lira DC, Collares LJ, Bernardes RC, Turchen LM, Della-Lucia TMC, Guedes RNC. Nasturtium leaf compounds, diphenyl disulfide and lyral, against *Atta sexdens* (Hymenoptera: Formicidae) and their symbiotic fungi. 2024; 117(5): 1703–11. <https://doi.org/10.1093/jee/toae154>.

38. Sousa PSA, Rodrigues MG, Santos MS, Oliveira WS, Machado CS, Vieira MAS, da Silva JO, Cardoso F, Alvarenga E. Prospecção Científica e Tecnológica do Potencial Biotecnológico da Cafeína como Agente Larvicida e Nematicida. Cadernos de Prospecção. 2021; 14(3): 931–49. <https://doi.org/10.9771/cp.v14i3.36566>.

39. Miyashira CH, Tanigushi DG, Gugliotta AM, Santos DY. Influence of caffeine on the survival of leaf-cutting ants *Atta sexdens rubropilosa* and in vitro growth of their mutualistic fungus. Pest Management Science. 2012; 68(6): 935–40.

40. Flora e Funga in Flora do Brasil 2020. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Acesso em: 2 de outubro de 2025. <http://www.reflora.jbrj.gov.br>.