

RESSALVA

Atendendo solicitação do autor,
o texto completo desta dissertação
será disponibilizado somente a partir
de 09/05/2027.

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA EVOLUÇÃO E
BIODIVERSIDADE**

**EFEITOS DE NINHOS DE *Atta sexdens* NO SUBSOLO E SUAS
ASSOCIAÇÕES COM RAÍZES DE *Eucalyptus urophylla*.**

MATHEUS MÜLLER CAMARGO

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA EVOLUÇÃO E
BIODIVERSIDADE**

**EFEITOS DE NINHOS DE *Atta sexdens* NO SUBSOLO E SUAS
ASSOCIAÇÕES COM RAÍZES DE *Eucalyptus urophylla*.**

MATHEUS MÜLLER CAMARGO

Dissertação apresentada ao Instituto de
Biotecnologia do Câmpus de Rio Claro,
Universidade Estadual Paulista, como parte
dos requisitos para obtenção do título de
Mestre em Ecologia Evolução e
Biodiversidade.

Orientador: Dr. Claudio José Von Zuben.

Coorientador: Dr. Odair Correa Bueno;

Dra. Amanda Aparecida de Oliveira.

**Rio Claro – SP
2025**

C172e

Camargo, Matheus Müller

Efeitos de ninhos de *Atta sexdens* no subsolo e suas associações com raízes de *Eucalyptus urophylla* / Matheus Müller Camargo. -- Rio Claro, 2025

72 p. : il., tabs., fotos, mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Biociências, Rio Claro

Orientador: Claudio José Von Zuben

Coorientador: Odair Correa Bueno e Amanda Aparecida de Oliveira

1. Ecologia animal. 2. Formigas. 3. Ecologia do solo. 4. Rizosfera. 5. Raízes (Botânica). I. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Atividades desenvolvidas por *Atta sexdens* no subsolo e na rizosfera

AUTOR: MATHEUS MÜLLER CAMARGO

ORIENTADOR: CLAUDIO JOSÉ VON ZUBEN

COORIENTADORA: AMANDA APARECIDA DE OLIVEIRA

COORIENTADOR: ODAIR CORRÊA BUENO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ecologia, Evolução e Biodiversidade, área: Biodiversidade pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. CLAUDIO JOSÉ VON ZUBEN (Participação Virtual)
Departamento de Biodiversidade / Unesp - IB Rio Claro

Profa. Dra. MARIA SANTINA DE CASTRO MORINI (Participação Virtual)
Núcleo de Ciências Ambientais / Universidade de Mogi das Cruzes

Profa. Dra. MARINA ALVES GAVASSI (Participação Virtual)
Departamento de Ciências e Biologia / UNESP - FC Bauru

Rio Claro, 09 de maio de 2025

Título alterado para: Efeitos de ninhos de *Atta sexdens* no subsolo e suas associações com raízes de *Eucalyptus urophylla*

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - (CAPES) – pela concessão da bolsa possibilitando o desenvolvimento desse projeto. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Ao prof. Cláudio José Von Zuben que sempre se dispôs a auxiliar em quaisquer passos da pesquisa, seja indo a campo para ajudar nas coletas, aconselhando quanto a parte intelectual, dando toda a estrutura necessária para a execução dos experimentos e coletas de campo, tanto através de financiamentos, quanto disponibilização de espaço adequado e fornecimento de equipamentos, sempre muito animado com as novidades do projeto e disposto a aprender mais junto comigo ao obtermos novos conhecimentos.

Ao prof. Odair Correa Bueno que me recebeu no Laboratório de Formigas Cortadeiras logo antes da pandemia (2020), ainda como estagiário, onde pude ter meu primeiro contato com a ciência, aprender mais sobre o mundo da entomologia e me encantar com as possibilidades que surgem ao exercitar a observação do mundo pela perspectiva de seres que passam despercebidos a muitos. Como meu co-orientador, desde o início forneceu todo o suporte intelectual com seu vasto conhecimento da área para a formulação inicial deste projeto, fornecendo também condições para o desenvolvimento da pesquisa, através de equipamentos para utilização em campo, bem como as colônias de formigas-cortadeiras e as Gaiolas de Galotti utilizadas nos experimentos. Sou grato por todas as oportunidades que tive em seu laboratório, principalmente por aprender, mesmo que apenas uma fração de seus conhecimentos da área, mas também sobre a importância de ser confiante quanto ao próprio esforço.

À minha co-orientadora Dra. Amanda Aparecida de Oliveira, que foi uma das grandes responsáveis por todo meu caminho no meio acadêmico, me incentivando e apoiando e sendo uma inspiração desde que nos conhecemos, dando todo o apoio que pode ao longo deste projeto, auxiliando principalmente na parte intelectual, com ensinamentos que cobriram toda a parte de elaboração, pesquisa e escrita do projeto, além de auxiliar nas idas a campo, mas

principalmente aconselhando não só quanto ao projeto, mas transmitindo ensinamentos para toda minha vida.

À Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho – UNESP, Câmpus Rio Claro e ao Laboratório de Entomologia onde pude desfrutar de um ambiente acadêmico amigável e bem estruturado, no qual pude me desenvolver como pós graduando.

A empresa Sylvamo do Brasil LTDA e ao seu Setor de Proteção Florestal, por cederem a área de pesquisa utilizada para as coletas de dados, bem como o fornecimento de mudas de Eucalipto que foram utilizadas em testes piloto, além do suporte durante as idas a campo.

Ao Instituto de Pesquisa de Estudos Florestais, que forneceu as mudas de *Eucalyptus urophylla* utilizadas durante o experimento oficial.

Ao Laboratório de Isótopos Estáveis e ao prof. Eduardo Mariano, pela parceria, através da qual foi formulada parte do experimento com as mudas de Eucalipto, bem como o fornecimento da solução de ureia contendo N15 utilizada durante o experimento e a posterior análise dos dados e interpretação dos resultados.

Ao prof. José Silvio Govone por todo o suporte quanto a parte estatística, sugerindo os testes mais adequados e auxiliando na interpretação dos resultados.

À profa. Vânia Silvia Rosolen, pelo empréstimo de equipamentos adequados para a realização das coletas de dados em campo.

Aos membros do Centro de Estudos de Insetos Sociais, que sempre proporcionaram uma convivência harmoniosa em um ambiente amigável.

À Necis Miranda, que me auxiliou com todas as questões burocráticas do meio acadêmico, sempre de maneira solícita.

A meus amigos do LAFC, que ao longo desses anos me ajudaram com tudo o que puderam, tornaram meu tempo neste laboratório mais alegre, com risadas, conselhos e ensinamentos.

À minha amiga Janiele Pereira da Silva, que desde meus primeiros dias no LAFC, me ensinou muito sobre a vida e como caminhar por este mundo, me proporcionando conversas profundas, desabafos, risadas e ensinamentos que estarão sempre comigo.

A meu Amigo Danilo Soares de Azevedo, que esteve comigo desde o início do meu estágio no LAFC e me auxiliou em cada uma das minhas coletas em campo, dependendo semanas de seu calendário para me acompanhar nessas tarefas, apenas pela promessa de um bom hambúrguer no fim do dia.

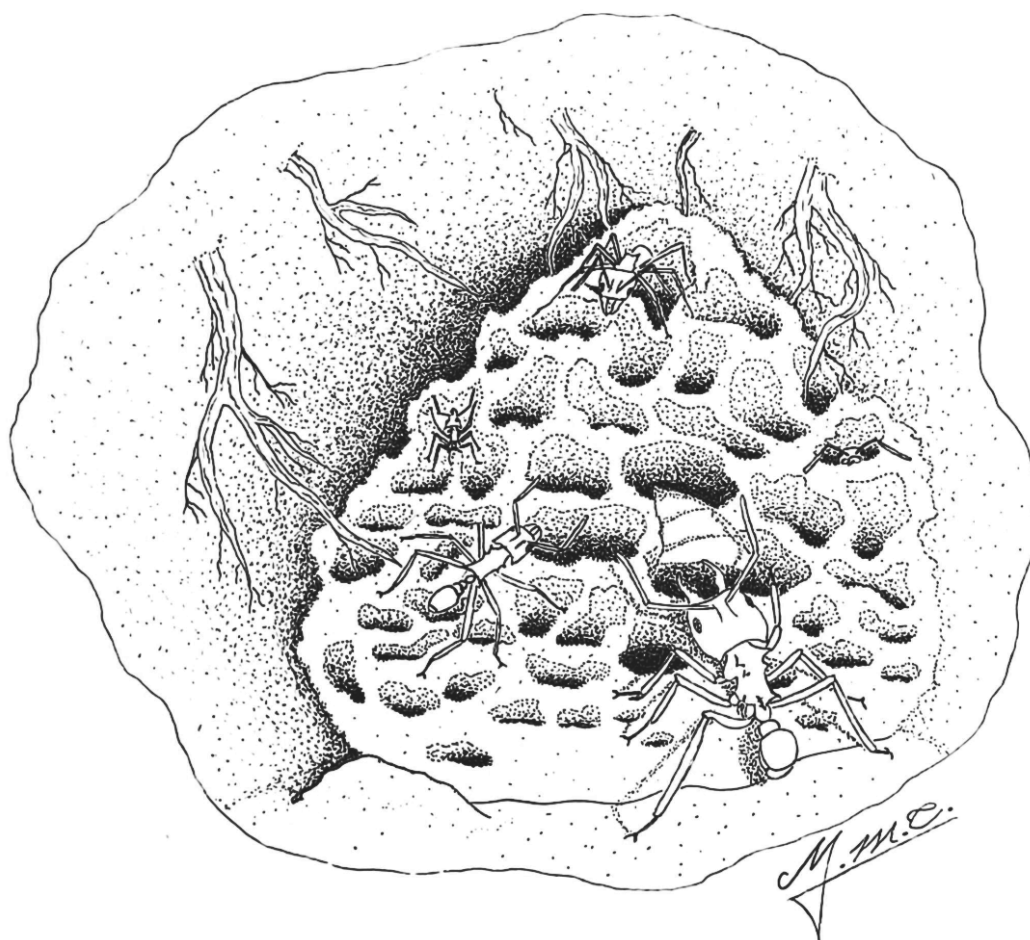
A meus amigos Raul Vinícius Silva, Rayane Oliveira e Eduarda Alves, que me auxiliaram na montagem de experimentos, além de cuidarem e realizarem a manutenção das colônias de formigas do LAFC.

A meus pais Maria e Carlos, que desde pequeno me incentivaram a focar em fazer aquilo que amo e com muito esforço me possibilitaram ter o acesso a todos os meios necessários para construir meu caminho, além de estarem sempre presentes nos momentos bons e nos difíceis, me ajudando, aconselhando, cuidando de mim e principalmente me ensinando o que é amor.

A meu irmão Guilherme que em todos os momentos da minha vida sempre me ajudou a ver a vida com mais leveza e humor.

À Gabriela de Cassia Silva Salles, minha namorada, companheira e melhor amiga, que sempre me apoiou em todos os meus sonhos, iluminando meus dias com palavras e gestos de paz e carinho, que desde o início de nossa amizade me clareiam para eu poder me encontrar e reconhecer a beleza dos mais ínfimos detalhes desse mundo, amo você.

A todos aqueles que me ajudaram direta ou indiretamente, seja pondo a mão na massa junto comigo, dando ideias, conversando ou apoiando, agradeço a vocês.



“Não me sinto particularmente orgulhoso de mim mesmo. Mas quando caminho sozinho na floresta ou deito nos prados, tudo está bem”

— Franz Kafka, *Diários*.

RESUMO

As formigas-cortadeiras são um grupo distinto por sua especialização no cultivo de fungo mutualista baseado em material vegetal fresco, e são consideradas os herbívoros dominantes nos biomas na região neotropical. Suas atividades, como a escavação de seus ninhos, aumentam a aeração e levam nutrientes para o subsolo. Os ninhos garantem proteção para as colônias e condições para o cultivo do jardim de fungo, que é um elemento fundamental das colônias, sendo a principal fonte de alimento, nutrindo as larvas até a fase de pupa, já as operárias adultas, têm acesso a outras fontes de alimento, geralmente presentes onde desempenham suas funções, como a seiva das folhas que cortam. Apesar de conhecermos boa parte da ecologia destes animais, há poucas informações sobre suas interações com raízes no ambiente subterrâneo, apenas que alguns ninhos podem ter raízes em suas câmaras ou serem construídos na base de árvores. Ao considerarmos a rizosfera, um ponto central são os exsudatos radiculares, substâncias excretadas pelas raízes, constituídas por açúcares, aminoácidos e ácidos orgânicos, que medeiam as interações subterrâneas entre as plantas e demais organismos próximos. Considerando a natureza dos exsudatos e da relação entre a alimentação de formigas operárias e o ambiente em que trabalham, bem como o controle que elas realizam das condições internas dos ninhos, decidiu-se investigar como essas formigas interferem nas condições do subsolo, averiguando se a presença de seus ninhos pode influenciar fatores microclimáticos do subsolo, as concentrações de nutrientes, além de investigar quais são e como se dão as interações dessas formigas com as raízes de plantas. Para isso foi realizada uma revisão sistemática, buscando trabalhos que tivessem informações sobre essas possíveis interações, além da coleta de dados em campo como temperatura, teor de água e nutrientes em diferentes pontos no subsolo próximo e em ninhos de *Atta sexdens*, com e sem a presença de árvores no seu centro. Além disso, foram realizados testes em laboratório com colônias desta espécie, expondo-as a raízes de *Eucalyptus urophylla*, para verificar através de marcação isotópica se há ingestão dos exsudatos radiculares pelas operárias das colônias. A revisão revelou poucos trabalhos que abordam o contato destas formigas com raízes subterrâneas, com nenhum deles trazendo informações sobre interações com as raízes além do uso destas como plataforma para o cultivo de fungo. Os dados de campo não demonstraram diferença entre os cenários dos ninhos com ou sem árvore, no entanto demonstraram que em relação ao subsolo adjacente, as áreas mais próximas ao ninho são mantidas mais quente nos períodos mais frios e mais frescas nos períodos mais quentes. Além de tenderem a ser mais secas, apresentam também maiores concentrações de K nas regiões mais próximas ao centro dos ninhos, com maiores quantidades de matéria orgânica nas regiões mais periféricas ao ninho. O experimento feito em laboratório confirmou que há ingestão dos exsudatos radiculares pelas operárias que, possivelmente, distribuem estes para o jardim de fungo e desta forma isto chega também até as larvas, permeando todos os componentes das colônias.

Palavras-chave: formigas-cortadeiras, interação, raízes, rizosfera

ABSTRACT

Leaf-cutter ants are a group distinguished by their specialization in cultivating mutualistic fungi based on fresh plant material, and are considered the dominant herbivores in biomes in the Neotropics. Their activities, such as digging their nests, increase aeration and bring nutrients underground. The nests provide protection for the colonies and conditions for the cultivation of the fungus garden, which is a fundamental element of the colonies, being the main source of food, nourishing the larvae until the pupal stage, while the adult workers have access to other sources of food, usually present where they perform their functions, such as the sap of the leaves they cut. Although we know a good deal about the ecology of these animals, there is little information about their interactions with roots in the underground environment, only that some nests may have roots in their chambers or be built at the base of trees. When considering the rhizosphere, a central point is root exudates, substances excreted by the roots, consisting of sugars, amino acids and organic acids, which mediate underground interactions between plants and other nearby organisms. Considering the nature of the exudates and the relationship between the feeding of worker ants and the environment in which they work, as well as their control of the internal conditions of their nests, it was decided to investigate how these ants interfere in the conditions of the subsoil, checking whether the presence of their nests can influence the microclimatic factors of the subsoil, the concentrations of nutrients, as well as investigating what these ants interact with plant roots and how. To this end, a systematic review was carried out, looking for studies that had information on these possible interactions, as well as collecting data in the field such as temperature, water content and nutrients at different points in the subsoil near and in *Atta sexdens* nests, with and without the presence of trees in their center. In addition, laboratory tests were carried out with colonies of this species, exposing them to *Eucalyptus urophylla* roots, in order to verify through isotopic labeling whether root exudates are ingested by the workers of the colonies. The review revealed few studies dealing with the contact of these ants with underground roots, none of which provided information on interactions with the roots beyond their use as a platform for fungal cultivation. The field data showed no difference between the scenarios of nests with and without trees, however it did show that in relation to the adjacent subsoil, the areas closest to the nest are kept warmer in colder periods and cooler in warmer periods. As well as tending to be drier, they also have higher concentrations of K in the regions closest to the center of the nest, with greater amounts of organic matter in the regions most peripheral to the nest. The laboratory experiment confirmed that root exudates are ingested by the workers, who possibly distribute them to the fungus garden and this way they also reach the larvae, permeating all the components of the colonies.

Key-words: leaf-cutter ants, interaction, roots, rhizosphere

Lista de ilustrações

Mapas

Mapa 1 – Localização geográfica de cada ninho utilizado no estudo.....	23
---	----

Figuras

Figura 1 – Vista geral do talhão da plantação de <i>E. urophylla</i> utilizado durante o estudo.....	22
Figura 2 – Esquema demonstrativo dos pontos de coleta de dados de temperatura nos ninhos de <i>A. sexdens</i> e no subsolo adjacente.....	25
Figura 3 – Esquema demonstrativo dos pontos de coleta das amostras de solo nos ninhos de <i>A. sexdens</i> e no subsolo adjacente.....	27
Figura 4 – Gaiola de Gallotti com muda de <i>E. urophylla</i> . e sub-colônia de <i>A. sexdens</i> (em destaque).....	28
Figura 5 – Ninho de <i>A. sexdens</i> mantido em três câmaras, a esquerda câmara de descarte de lixo, ao centro câmara com volume de 1L para cultivo de fungo, a direita câmara de forrageio.	29
Figura 6 – Sub-colônia em pote plástico sobre a Gaiola de Gallotti, com jardim de fungo transferido para câmara abaixo da terra.....	30
Figura 7 – Diagrama de parâmetros utilizados para a seleção de trabalhos durante a revisão sistemática.....	33
Figura 8 – Temperatura dos ninhos de <i>A. sexdens</i> , durante a estação chuvosa, no período da manhã.....	39
Figura 9 – Temperatura dos ninhos de <i>A. sexdens</i> , durante a estação chuvosa, no período da tarde.....	42
Figura 10 – Temperatura dos ninhos de <i>A. sexdens</i> , durante a estação seca, no período da manhã.....	45
Figura 11 – Temperatura dos ninhos de <i>A. sexdens</i> , durante a estação seca, no período da tarde.....	48
Figura 12 – Médias do teor de água coletado em ninhos de <i>A. sexdens</i> e no subsolo adjacente durante a estação chuvosa.....	50

Figura 13 – Médias do teor de água coletado em ninhos de <i>A. sexdens</i> e no subsolo adjacente durante a estação seca.....	51
--	----

Quadros

Quadro 1 – Critérios de inclusão e exclusão utilizados para triagem das cinco primeiras páginas de resultados do Google Acadêmico entre as 19 combinações.....	21
---	----

Gráficos

Gráfico 1 – Médias de temperatura em cada ponto dos murunduns no período da manhã (6h00 às 8h00) durante a estação chuvosa.....	37
Gráfico 2 – Médias de temperatura em cada ponto do subsolo e dos ninhos no período da manhã (6h00 às 8h00) e tarde (15h00 às 18h00).....	38
Gráfico 3 – Médias de temperatura em cada ponto dos murunduns no período da tarde (15h00 às 18h00) durante a estação chuvosa.....	40
Gráfico 4 – Médias de temperatura em cada ponto do subsolo e dos ninhos no período da manhã (6h00 às 8h00) e tarde (15h00 às 18h00).....	41
Gráfico 5 – Médias de temperatura em cada ponto dos murunduns no período da tarde (15h00 às 18h00) durante a estação seca.....	43
Gráfico 6 – Médias de temperatura em cada ponto do subsolo e dos ninhos no período da manhã (6h00 às 8h00) e tarde (15h00 às 18h00) durante a estação seca.....	44
Gráfico 7 – Médias de temperatura em cada ponto dos murunduns no período da tarde (15h00 às 18h00) durante a estação seca.....	46
Gráfico 8 – Médias de temperatura em cada ponto do subsolo e dos ninhos no período da manhã (6h00 às 8h00) e tarde (15h00 às 18h00) durante a estação seca.....	47
Gráfico 9 – Médias do teor de K em cada ponto dos ninhos e profundidades.....	52
Gráfico 10 – Médias do teor de Al em cada ponto e profundidades.....	54
Gráfico 11 – Médias do teor de matéria orgânica nos diferentes pontos de coleta em cada uma das profundidades.....	55

Apêndice

Gráficos

Gráfico 12 – Médias dos valores do teor de água nas amostras de solo coletadas no subsolo dos formigueiros e em pontos adjacentes a estes em diferentes profundidades durante cada uma das estações da região (seca e chuvosa)..... 67

Quadros

Quadro 2 – Valores absolutos dos parâmetros analisados em cada amostra de solo coletadas dos diferentes pontos de amostragem em cada um dos ninhos de *A. sexdens* ao longo do estudo, com destaque para outliers.....68

Quadro 3 – Médias dos dados absolutos dos teores de cada parâmetro analisado nas amostras de solo coletadas em ninhos de *A. sexdens* e solo adjacente, em diferentes pontos e profundidades..... 71

Quadro 4 – Médias dos dados absolutos dos teores de cada parâmetro analisado nas amostras de solo coletadas em ninhos de *A. sexdens* e solo adjacente, em diferentes pontos e profundidades..... 71

Quadro 5 – Valores das comparações estatísticas através do teste estatístico Kruskal Wallis entre teores de K entre cada ponto amostrado em cada uma das profundidades..... 72

Lista de tabelas

Tabela 1 – Combinações de palavras-chaves testadas para verificar a melhor combinação para fazer a revisão sistemática.....	32
Tabela 2 – Trabalhos selecionados para revisão sistemática, com a lista de espécies e o país no qual as pesquisas foram realizadas.....	35
Tabela 3 – Diferenças apresentadas em comparações entre profundidades para cada ponto de coleta.....	53
Tabela 4 – Comparações entre médias das porcentagens de N 15 em amostras de conjuntos tratados versus amostras controle.....	57

Lista de abreviaturas químicas

Al	Alumínio
Ca	Cálcio
CTC	Capacidade de troca catiônica
H+Al	Acidez potencial
K	Potássio
M.O	Matéria orgânica
Mg	Magnésio
P	Fósforo
pH	Potencial hidrogeniônico
Sat. Al	Saturação de alumínio
V% / Sat. bases	Saturação de bases
m% / Som. bases	Soma de bases

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	16
1.1 Objetivo geral.....	20
<i>1.1.1 Objetivos específicos.....</i>	<i>20</i>
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	21
2.1 Revisão sistemática.....	21
2.2 Coleta de Dados em ninhos de Atta sexdens em campo.....	22
2.2.1 Localização e seleção dos ninhos.....	22
2.2.2 Coleta de dados de temperatura e teor de água dos ninhos e subsolo adjacente.....	24
2.2.3 Análise de nutrientes no solo.....	26
2.3 Interações in vitro de Atta sexdens com raízes.....	28
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
3.1 Dados da revisão sistemática.....	31
3.2 Dados coletados em campo.....	36
3.2.1 Dados de temperatura.....	36
3.2.1.1 Temperatura na estação chuvosa.....	36
3.2.1.2 Temperatura na estação seca.....	43
3.2.2 Dados do teor de água.....	49
3.2.3 Nutrientes do subsolo.....	52
3.3 Teor de N15 em colônias expostas a raízes.....	56
4. CONCLUSÕES.....	58
5. REFERÊNCIAS.....	60

1 INTRODUÇÃO

As formigas (Formicidae: Hymenoptera) compõem um grupo altamente diverso, com 16.012 espécies descritas (ANTWEB, 2025), as quais, exibem grande diversidade de estratégias ecológicas, como a variedade arquitetônica de seus ninhos, hábitos alimentares e habitats em que estão presentes (HÖLLDOBLER; WILSON 1990). Dentre as diversas estratégias adaptativas que elas possuem, destacam-se as chamadas formigas cultivadoras de fungo, englobadas pela sub tribo Attini, chamadas em português de Atineas, caracterizadas pelo cultivo de fungo mutualista como a principal fonte de alimento para suas colônias (CRISTIANO et al., 2020; HÖLLDOBLER; WILSON 1990; WARD et al., 2015).

A interação entre estas formigas e fungos teve início há cerca de 66 milhões de anos, tornando-se obrigatória para algumas espécies há cerca de 27 milhões de anos (SCHULTZ et al., 2024). Atualmente a espécie de fungo *Leucoagaricus gongylophorus* Möller, 1957, está presente na natureza apenas dentro das câmaras dos ninhos de formigas-cortadeiras, sendo a base da subsistência para as colônias, servindo como fonte de alimento, rica em proteínas e carboidratos mas pobre em lipídios, que são acessados pelas operárias através de estruturas especializadas de armazenamento de nutrientes, chamados gongilídeos (MARTIN et al., 1969; SCHNEIDER, 2003).

Dentre as Atineas, o gênero *Atta*, popularmente chamadas de saúvas, são consideradas o mais derivado, possuindo maior grau de especialização no cultivo do fungo, o que é evidenciado em comportamentos como a construção de grandes ninhos de estrutura complexa (MOREIRA et al., 2010; FORTI et al., 2011). A parte interna dos ninhos conta com numerosas câmaras interligadas por túneis de diversos diâmetros, por onde é feito o trânsito de formigas e recursos (FORTI et al., 2011). O ninho pode atingir até 8 metros de profundidade, com câmaras preenchidas pelo fungo mutualista, que segundo CAMARGO et al. (2013), serve também como molde para a construção da câmara pelas operárias. Além de abrigar o jardim de fungo, as câmaras podem ter diferentes funções, como abrigar recursos e armazenar resíduos da colônia (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990; CAMARGO et al., 2013).

Outro fator importante para o sucesso evolutivo destes animais é sua organização social com polimorfismo e divisão de indivíduos em castas funcionais, o que permite que tenham um sistema otimizado para a coleta de folhas, construção dos ninhos e cuidado com o jardim de fungo e os imaturos, sendo consideradas os herbívoros dominantes na Região

Neotropical, devido ao grande volume de folhas que cortam (FOWLER et al., 1990; WIRTH, 1997; HÖLLDOBLER; WILSON, 1990).

Como qualquer ser vivo que está sujeito às intempéries, no caso das formigas-cortadeiras, a estrutura dos ninhos pode atuar como coletor da radiação solar (FROUZ, 2000), além de proporcionar isolamento térmico pela baixa condutividade térmica do material que constitui o ninho (GALLÉ, 1973; BRANDT 1980; FROUZ, 1996; 2000). Por isso, juntamente com o calor produzido pela atividade metabólica das próprias formigas-cortadeiras (HORSTMANN, 1987, 1990; HORSTMANN; SCHMID, 1986) e dos microrganismos associados a elas (COENEN-STASS et al., 1980, FROUZ, 2000), proporcionam um ambiente consideravelmente aquecido dentro dos ninhos (KADACHOV; FROUZ, 2013).

Além disso, as formigas-cortadeiras também controlam o microclima dentro do ninho ativamente, através da abertura e fechamento de olheiros e túneis e modelagem dos montes de terra no lado externo, criando um fluxo de ar dentro da colônia (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990; KLEINEIDAN et al., 2001), mantendo as condições ideais para o crescimento do fungo simbionte com a temperatura ficando por volta de 25°C, sendo que a umidade dentro das câmaras tende a ser mantida sempre acima de 90% (KLEINEIDAN et al., 2001).

Considerando a intensa atividade de corte de folhas e o grande carregamento de material vegetal para o interior dos ninhos, são transportadas grandes quantidades de carbono para o subsolo. A decomposição e metabolização desse material pelo fungo, assim como o próprio metabolismo das formigas-cortadeiras consomem grandes quantidades de oxigênio liberando grandes quantidades de CO₂ (TAVARES et al., 2019). Devido a isso, a ventilação do ar no ambiente interno dos ninhos é necessária também para o aporte de oxigênio, uma vez que valores acima de 5% de concentração de CO₂ podem influenciar negativamente o desenvolvimento do fungo mutualista (KLEINEIDAN; ROCES, 2000; BOLLAZZI et al., 2021).

Trabalhos como o de Fernandez-Bou et al (2019), mostraram como a presença desses ninhos influencia na dinâmica do CO₂ no solo, em que a liberação pelo solo em ninhos de formiga-cortadeira chega a ser até 60% maior do que a do solo sem os ninhos. Além dos fatores abióticos, as formigas também realizam o controle microbiano no ambiente do ninho através de uma série de comportamentos como: a limpeza dos recursos manejados, solo, matéria vegetal e o próprio jardim de fungo. Demais comportamentos associados às próprias

operárias como self grooming, ou ainda, removendo mecanicamente esporos fúngicos. Outro ponto importante é a utilização de secreções glandulares com compostos anti sépticos que contribuem para manter o pH do jardim de fungo em torno de 5,0, inibindo a maioria das bactérias (PAGNOCA, 2011; GOES, 2024).

A construção e a manutenção dos ninhos das colônias de *Atta* sp. representa um grande impacto para os ecossistemas nos quais estão inseridas (HÖLLDOBLER e WILSON, 1990). Dentre os efeitos mais notáveis deste processo são: a grande movimentação de terra e nutrientes, inversão dos horizontes onde ocorre a troca de nutrientes entre o subsolo e superfície, além do aumento da drenagem, o que facilita a penetração de raízes (COUTINHO, 1984; DELLA LUCIA, 2011). Esses efeitos são de grande importância, principalmente em regiões com solos mais pobres ou com nutrientes de difícil acesso, como no Cerrado ou áreas em recuperação (SOUTO, 2007).

Apesar disso, elas também podem impactar negativamente em áreas como a agrossilvicultura, por competirem com o ser humano por recursos, causando dano em agroecossistemas, com destaque para as florestas implantadas de pinus e eucalipto que são a maior parte das florestas plantadas no Brasil (BOARENTTO; FORTI, 1997; DELLA LUCIA, 2011).

O impacto e influência destes animais no subsolo ainda não é completamente compreendido, lacunas como a relação entre formigas-cortadeiras e raízes subterrâneas ainda não foram aprofundados cientificamente, existindo trabalhos que mostram que outras espécies de formigas podem impactar diretamente na microbiota associada a raízes e por consequência no desenvolvimento de plantas (DAUBER et al., 2008; SHATTERS, VANDER MEER, 2000; KENFACK et al., 2022).

Em relação às Atineas o que se sabe sobre como interagem com raízes, é que seus ninhos também podem estar atrelados a essas estruturas, como demonstrado por Fernández-Marín et al. (2003; 2004; 2007), em que ninhos de *Acromyrmex* e de Atineas não cortadeiras podem ter raízes em suas câmaras, que são utilizadas como uma plataforma para o cultivo do fungo mutualista, isolando este do solo, o que pode servir como proteção contra patógenos, contudo de acordo com esses trabalhos, o comportamento de utilizar plataformas para o cultivo de fungo não é compartilhado com *Atta*. Estes trabalhos não abordam de maneira mais específica as interações de Atineas com as raízes vegetais. Apesar disso, sabe-se que as plantas têm grande influência sobre a atividade biológica que ocorre em suas raízes,

através da liberação de exsudatos radiculares, substâncias baseadas em açúcares, aminoácidos e ácidos orgânicos, que medeiam uma série de interações das raízes entre plantas e com microrganismos.(ROVIRA, 1967; BADRI; VIVANCO, 2009).

Entender melhor as interações ecológicas das formigas-cortadeiras com as raízes de plantas pode ajudar a reconhecer de maneira mais precisa a importância desses animais para o meio ambiente, dado o seu potencial ecológico e conhecido impacto sobre áreas como a agrossilvicultura, uma vez que estas interações podem ter impactos ainda não compreendidos sobre fatores como o desenvolvimento das plantas, como já relatado em interações entre outras espécies.

Ao verificar o número de ninhos em plantio comercial de eucalipto, um total de 53 ninhos de *A. sexdens*, e 56 de *A. laevigata*, desses observou-se que 62,2% e 42,8% destes respectivamente, apresentavam árvores adultas de *Eucalyptus* sp. no centro de seu murundum principal. Isso evidencia que para estas espécies de formiga-cortadeira, os ninhos ocorrem com certa frequência na base destas árvores, mesmo sem uma função aparente (Bueno, O. C. Comunicação pessoal)¹. Entretanto, sabe-se que a presença de outras espécies de formiga pode interferir na rizosfera, afetando a formação de estruturas associadas a estas como as micorrizas (SHATTERS e VANDERMEER, 2000; DAUBER et al., 2008; KENFACK et al., 2022). Ainda, que os motivos das interações entre as formigas-cortadeiras e raízes sejam pouco compreendidos, infere-se alguns benefícios como estrutural e possivelmente nutricional.

Considerando a íntima relação entre a alimentação das operárias e o local em que trabalham, é possível que haja correlação entre a presença dos ninhos na base de árvores e a existência de alguma fonte de nutrientes para as operárias, principalmente ao verificar o potencial nutritivo dos exsudatos radiculares (ROVIRA, 1967). Todos estes fatores, relacionados à capacidade de modificação do ambiente pelas formigas-cortadeiras podem revelar dados ainda não compreendidos sobre a ecologia destes insetos e sua influência sobre o ambiente subterrâneo.

¹ BUENO, Odair Correa, Dados obtidos em observações de campo de trabalho não publicado.

4. CONCLUSÕES

A revisão encontrou poucos trabalhos relacionando as formigas-cortadeiras com raízes de plantas, apesar disso nenhum deles apresenta informações sobre interações diretas com as raízes além do uso como plataforma para o jardim de fungos. Isso demonstra a escassez de informações sobre o tema, mas reforça que as formigas estão presentes no ambiente próximo às raízes, abrindo margem para especular sobre a possibilidade de outras interações ainda não registradas.

Os dados de campo não demonstraram diferença entre os cenários dos ninhos com ou sem árvore, revelando que a presença dos ninhos na base de árvores não tem relação com efeitos sobre a temperatura, umidade ou nutrientes nos ninhos. O cenário subterrâneo revelou uma maior estabilidade térmica nas regiões mais próximas aos ninhos, com temperaturas acima do ambiente durante os períodos mais frios do dia e mais amenas nos períodos mais quentes, tanto na estação seca quanto na chuvosa.

O teor de água foi consideravelmente menor nas regiões mais próximas ao centro dos ninhos, em ambas as estações, o que provavelmente está relacionado com uma maior permeabilidade do solo nestas áreas por conta da estrutura dos ninhos, o que facilitaria a percolação da água.

O teor de nutrientes no solo, apesar de escassos na área como um todo, demonstrou níveis mais elevados de K nas áreas mais próximas ao centro dos formigueiros, especialmente nas partes mais profundas, sendo possível também relacionar o teor de matéria orgânica encontrado no subsolo periférico ao ninho com a estrutura dos ninhos contendo as câmaras de descarte de lixo na periferia destes.

Os resultados positivos do experimento com as colônias em contato com raízes de *E. urophylla* demonstram que as mesmas incorporam os exsudatos radiculares. A recuperação de N15 nas operárias sugere que estas ingerem os exsudatos, podendo ser as responsáveis ou não pela incorporação desta substância no jardim de fungo que, posteriormente, chegaria até as larvas pela alimentação com partes do fungo.

O entendimento sobre a ocorrência desta interação nunca antes registrada traz novas perspectivas sobre a ecologia destes insetos, reforçando a correlação entre presença destes em locais com fontes de alimento e ampliando as possibilidades de interação com espécies vegetais.

5. REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, M. Fundação e Estabelecimento de Formigueiros. *in* DELLA LUCIA, Terezinha. **Formigas-Cortadeiras da bioecologia ao manejo**. Viçosa, MG: Terezinha M. C. Della Lucia editora, p.173-188, 2011.
- BADRI, D. V.; VIVANCO, J. M. Regulation and function of root exudates. **Plant, Cell and Environment**. [S. l.], v.32, n.6, p.666-681, 2009.
- BASS, M., CHERRETT, J.M., Fungal hyphae as a source of nutrients for the leaf-cutting ant *Atta sexdens*. **Physiological Entomology**, [S. l.], v. 20, n. 1, p.1-6, 1995.
- BOARETTO, M. A. C.; FORTI, L. C. Perspectiva de formigas-cortadeiras. **Série Técnica IPEF**, [S. l.], v. 11, n.30, p. 31-46, mai. 1997.
- BOLLAZZI, M.; RÖMER, D.; ROCES, D. Carbon dioxide levels and ventilation in *Acromyrmex* nests: significance and evolution of architectural innovations in leaf-cutting ants. **R. Soc. Open Sci**, [S. l.], v.8, out. 2021.
- BUENO, O; BUENO, F.; DINIZ, E.; SCHNEIDER, M. Utilização de alimentos pelas formigas-cortadeiras. *in* VILELA, Evaldo et al. **Insetos sociais: da biologia à aplicação**. Viçosa, MG: UFV, p.96-114, 2008.
- BRANDT,D.C. 1980: **The thermal diffusivity of the organic material of a mound of *Formica polyctena* FOREST. in relation to the thermoregulation of the brood (Hymenoptera, Formicidae).**–NetherlandsJournal of Zoology 30: 326-344.
- CAMARGO, R.; FORTI, L. C., LOPES, J. F., ANDRADE, A. P. P., Characterization of *Acromyrmex subterraneus brunneus* (Hymenoptera: Formicidae) young nests in a fragment of the Neotropical Forest. **Revista Árvore**. Viçosa, MG: UFV, v.28, p.209-312. mar. 2004.
- CAMARGO, R.; LOPES, J.; FORTI, L. O jardim de fungo atua como um molde para a construção das câmaras em formigas cortadeiras?. **Ciências Rural**, [S. l.], v.43, n.3, p.565-570, mar, 2013.
- CAPUTO, H. P.; CAPUTO, A. N.; **Mecânica dos solos e suas aplicações**. LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., Rio de Janeiro, RJ, 7. ed, 1988.
- COENEN-STASS,D.,SCHAARSCHMIDT,B.& LAMPRECHT,I. Temperature distribution and calorimetric determination of heat production in the nest of the wood ant *Formica polyctena*(Hymenoptera, Formicidae). **Ecology**, [S. l.], v.61, n.2 p.238-244. abr, 1980.
- COUTINHO, J. M. Aspectos ecológicos da saúva no cerrado. A saúva, as queimadas e sua possível relação na ciclagem de nutrientes minerais. **Boletim de Zoologia da Universidade de São Paulo**, São Paulo, SP, v. 8, p.1-9, 1984.

CRISTIANO, M. P.; CARDOSO, D. C.; SANDOVAL-GÓMEZ, V. E.; SIMÕES-GOMES, F. C. *Amoymirmex* Cristiano, Cardoso & Sandoval, gen. nov. (Hymenoptera: Formicidae): a new genus of leaf-cutting ants revealed by multilocus molecular phylogenetic and morphological analyses, **Austral Entomology Society**. [S. l.], v.59, p. 643-676, 2020.

DAUBER, J.; NICHOL, R.; BALTRUSCHAT, H.; WOLTERS, V. Soil engineering ants increase grass root arbuscular mycorrhizal colonization. **Biol Fertil Soils**. [S. l.], v.44, p.791-796. 2 abr. 2008.

DELLA LUCIA, T. M. **Formigas-cortadeiras: da biologia ao manejo**. Editora UFV, Viçosa, MG, 2011. 421 p., 2011.

DIEHL-FLEIG, E. D.; DIEHL, E. Nest architecture and colony size of the fungus-growing ant *Mycetophylax simplex* Emery, 1888 (Formicidae, Attini). **Insectes Sociaux**, [S. l.], v. 54, n.3, p. 242-247, mai. 2007.

FARJI-BRENER, A. G.; MEDINA, C. A. The Importance of Where to Dump the Refuse: Seed Banks and Fine Roots in Nests of the Leaf-Cutting Ants *Atta cephalotes* and *A. colombica*. **Biotropica**. [S. l.], v.32, p 120-126, mar. 2000.

FARJI-BRENER, A. G. & ILLES, A. E. Do leaf-cutting ant nests make bottom-up gaps in neotropical rain forests? A critical review of the evidence. **Ecology Letters**. [S. l.], v.3, p. 219-227, 2000.

FARJI-BRENER, A. G.; LESCANO, N.; GHERMANDI, L. Ecological engineering by a native leaf-cutting ant increases the performance of exotic plant species. **Oecologia**. [S. l.], v.163, p.163–169, 2010.

FARJI-BRENER, A. G. & SILVA, J. F. Leaf-cutting ants and forest groves in a tropical parkland savanna of Venezuela: facilitated succession? **Journal of Tropical Ecology**. [S. l.], v.11, p. 651-669, 1995.

FERNANDES-BOU, A. S., DIERICK, D., SWANSON, A. C., ALLEN, M. F., ALVARADO, A. G. F., ARTAVIA-LEÓN, A., et al. The role of the ecosystem engineer, the leaf-cutter ant *Atta cephalotes*, on soil CO₂ dynamics in a wet tropical rainforest. **Journal of Geophysical**. [S. l.] p. 185-449, fev, 2019.

FERNÁNDEZ-MARÍN, H; ZIMMERMAN, J. K.; WCISLO, W. T. Ecological traits and evolutionary sequence of nest establishment in fungus-growing ants (Hymenoptera, Formicidae, Attini). **Biological Journal of the Linnean Society**. [S. l.], v.81, p. 39–48, 28 jul. 2004.

FERNÁNDEZ-MARÍN, H.; ZIMMERMAN, J. K.; WCISLO, W. T. Nest-founding in *Acromyrmex octospinosus* (Hymenoptera, Formicidae, Attini): demography and putative prophylactic behaviors. **Insectes Sociaux**. [S. l.], v.50, p. 304-308, nov. 2003.

FERNÁNDEZ-MARÍN, H.; ZIMMERMAN, J. K.; WCISLO, W. T. Fungus garden platforms improve hygiene during nest establishment in *Acromyrmex* ants (Hymenoptera, Formicidae, Attini). **Insectes Sociaux**. [S. l.], v.54, p. 64 – 69, jan. 2007.

FORTI, L.; MOREIRA, A.; ANDRADE, A.; CASTELLANI, M.; CALDATO, N. Nidificação e Arquitetura de Ninhos de Formigas-Cortadeiras. in DELLA LUCIA, Terezinha. **Formigas-Cortadeiras da bioecologia ao manejo**. Viçosa, MG: Terezinha M. C. Della Lucia editora, p. 102-125, 2011.

FOWLER, H. G.; FORTI, L. C.; DI ROMAGNO, L. C. Methods for the Evaluation of Leaf-cutting Ant Harvest, **Applied Myrmecology**. CRC Press, n.1, 1991.

FROUZ, J.& KALCIK, J.: The role of ants for availability of phosphorus in spruce plantation.– Proceedings of the National Conference about study of phosphorus and other elements, **České Budějovice**. [S. l.], p. 75-80. 1996.

FROUZ, J. The effect of nest moisture on daily temperature regime in the nest of *Formica polyctena* wood ants. **Insectes Sociaux**. [S. l.], v.47, p. 229-235. ago, 2000.

GALLÉ, L. Thermoregulation in the nest of *Formica pratensis* RETZ. (Hymenoptera, Formicidae). **Acta Biológica Szeged**. [S. l.], v.19, p. 139-142. 1973.

GOES, A.; KOOIJ, P.; HAIFING, I.; BUENO, O.; RODRIGUES, A. Exploring immune memory traits in the social immunity of a fungus-growing ant. **Proc. R. Soc.** [S. l.], B 291: 20241097. Nov, 2024.

HAINES, B. Element and energy flows through colonies of the leaf-cutting ant, *Atta colombica* in Panama. **Biotropica**. [S. l.], v.10: 270-277. 1978.

HORSTMANN, K. Über die Reaktion von Waldameisen-Nestern (*Formica polyctena* FOERSTER) auf das Erscheinen von Glänzendschwarzen Holzameisen (*Lasius fuliginosus* LATREILLE) in ihren Nestern. **Waldhygiene**. [S. l.], v.17, p. 23-28. 1987.

HORSTMANN, K. Zur Entstehung des Wärmezentrums in Waldameisennestern (*Formica Polyctena* FOERSTER, Hymenoptera, Formicidae). **Zoologische Beiträge N.F.** [S. l.], v.33, p. 105-124. 1990.

HORSTMANN, K. & SCHMID, H.: Temperature regulation in nests of the wood ant, *Formica polyctena* (Hymenoptera, Formicidae). **Entomologia Generalis**. [S. l.], v. 11, p. 229-236. 1986.

HÖLLDOBLER, B; WILSON, Edward O. **The ants**. Harvard University Press, 1990.

KLEINEIDAN, C.; ERNEST, R.; ROCES, F. Wind-induced ventilation of the giant nests of the leaf-cutting ant *Atta vollenweideri*. **Naturwissenschaften**, [S. l.], v.88, p. 301–305, 2001.

KENFACK, J. M.; DZOKOU, V. J.; DJOMAHA, E. S.; AOUDOU, Y.; TAMOUH, R. G. Impact of *Solenopsis geminata* pest (Hymenoptera: Formicidae), the tropical fire ant on

soybean (*Glycine max*) production in Littoral, Cameroon. **Journal of Entomology and Zoology Studies**. [S. l.], v.10, n.6, p.10-18, 2022.

KLEINEIDAM, C.; ROCES, F. Carbon dioxide concentrations and nest ventilation in nests of the leaf-cutting ant *Atta vollenweideri*. **Insectes Sociaux**, Basileia, Suíça, p. 241-248, jan. 2000.

KLINGENBERG, C.; FERREIRA, C.; BRANDA, J.; ENGELS, W. Primitive nest architecture and small monogynous colonies in basal Attini inhabiting sandy beaches of southern Brazil. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**. [S. l.], v. 42:2, p. 121-126, abr. 2007.

LABANCA, E. R. G. **Impacto de bactérias promotoras de crescimento de plantas no microbioma radicular e na fisiologia da cana-de-açúcar em solo com excesso de alumínio**. 2019. Tese (Doutorado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agronômico, São Paulo.

LESCANO, M. N.; PIRK, G.; VIRGILIO, A.; FRANZESE, J.; SPEZIALE, K. Leaf-cutting ants facilitation to non-native plants is passed from one generation to the next. **Plant Ecol.** [S. l.] v.223, p.925–934, jun, 2022.

LIMA, M. R. de; SIRTOLI, A. E. **Diagnóstico e recomendação de manejo do solo: aspectos teóricos e metodológicos**. Curitiba: UFPR/Setor de ciências Agrárias, 341p. 2006.

MARENGO, J. A.; MUNIZ, L. A.; CASTRO, C. A. C.; MENDES, D.; **INÍCIO DA EST. CHUVOSA NAS REG. SE/CO/S DO NE DO BRASIL, AFETADAS PELA CRISE DE ENERGIA**, CPTEC/INPE, 2016.

MARICONI, F. As Saúvas. **São Paulo: Agrônômica “CERES”**, 1970.

MARTIN, M.; CARMAN, R.; MACCONNEL, J. Nutrients Derived from the Fungus Cultured by the Fungus-Growing Ant *Atta colombica* tonsipes. **Annals of the Entomological Society of America**. [S. l.], v.62, n.1, p. 11-13, jan, 1969.

MONTEIRO, A. S. M.; **INTRODUÇÃO A FERTILIDADE DO SOLO 1**, Barreiras, BA, mai, 2007.

MOREIRA, A.; FORTI, L.; ANDRADE, A.; BOARETTO, M.; LOPES, J. Nest Architecture of *Atta laevigata* (F. Smith, 1858) (Hymenoptera: Formicidae). **Studies on Neotropical Fauna and Environment**. [S. l.] v.39, n.2, p. 109-116, ago, 2010.

MOREIRA, D.; ERTHAL, M.; SAMUELS, R. Alimentação e Digestão em Formigas-Cortadeiras. in DELLA LUCIA, Terezinha. **Formigas-Cortadeiras da bioecologia ao manejo**. Terezinha M. C. Della Lucia editora, Viçosa, MG, p. 204-225, 2011.

MOUNTINHO, P.; NEPSTAD, C.; DAVIDSON, E. A. Influence of Leaf-cutting Ant Nest on Secondary Forest Growth and Soil Properties in Amazonia, **Ecology**. [S. l.], v. 84, n. 5, p. 1265-1276, 2003.

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*. 2011.

PAGE, Matthew J. et al. A declaração PRISMA 2020: diretriz atualizada para relatar revisões sistemáticas. **Revista panamericana de saúde pública**, v. 46, p. e112, 2023.

PAGNOCCA, F.; RODRIGUES, A.; BACCI, M. Microrganismos Associados às Formigas-Cortadeiras. in DELLA LUCIA, Terezinha. **Formigas-Cortadeiras da bioecologia ao manejo**. Terezinha M. C. Della Lucia editora, Viçosa, MG, p. 262-283, 2011.

QUINLAN, R. J.; CHERRETT, J. M. The role of fungus in the diet of the leaf cutting ant *Atta cephalotes* (L.). **Ecological Entomology**. [S. l.], v.4, p. 151-160, 1979.

RABELING, C.; VERHAAGH, M.; ENGELS, W. Comparative study of nest architecture and colony structure of the fungus-growing ants, *Mycocepurus goeldii* and *M. smithii*. **Journal of Insect Science**. Austin, Texas, v. 7, n.40, p. 1-14. jun. 2007.

RONQUE, M.U.V., FEITOSA, R.M. & OLIVEIRA, P.S. Natural history and ecology of fungus-farming ants: a field study in Atlantic rainforest. **Insect. Soc.** [S. l.], v.66, p.375–387 mar. 2019.

ROVIRA, A. D. PLANT ROOT EXUDATES. **The Botanic Review**. p.35-54, jan. 1969.

SCHNEIDER, M. O.; BUENO, O. C.; HEBLING, M. J. A.; PAGNOCCA, F. C. Observations on brood care behaviours of the leaf-cutting ant *Atta sexdens* L. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF ENTOMOLOGY, **Resumos...** Fóz de Iguaçu, PR, EMBRAPA-Soja. p. 895, 2000.

SCHULTZ, T. R.; SOSA-CALVO, J.; KWESKIN, M. P.; et al., The coevolution of fungus-ant agriculture, **Science**. [S. l.], v. 386, p. 105-109, 2024.

SCOTT, J. J.; BUDSBERG, K. J.; SUEN, G.; WIXON, D. I.; BAISER, T. C.; CURRIE, C. R. Microbial Community Structure of Leaf-Cutter Ant Fungus Garden and Refuse Dumps, **PLoS ONE**. [S. l.], v.5, n.3, 2010.

SHATTERS, R. G.; VANDER MEER, R. K. Characterizing the Interaction Between Fire Ants (Hymenoptera: Formicidae) and Developing Soybean Plants. **Journal of Economic Entomology**. [S. l.], v.93, n.6, p. 1680-1687. 2000.

SIDDIQUI, Shirin. **Leaf cutter ant and their interactions with ecosystem**. *Indian Farmer*, Dehradun, v. 10, n. 11, p. 451–454, nov. 2023.

SILVA, K. S.; CASTELLANI, M. A.; FORTI, L. C.; MOREIRA, A. A.; LEMOS, O. L.; CARNEIRO, R. C. S.; KHOURI, C. R.; RIBEIRO, A. E. L. Arquitetura de ninhos de *Acromyrmex* (*Moellerius*) *balzani* (Formicidae: Myrmicini: Attini) em pastagem na região sudoeste da Bahia. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**. [S. l.], v.3, n.2, ago. 2010.

SOSA-CALVO, J.; JESOVNIK, A.; OKONSKI, E.; SCHULTZ, T. R. Locating, collecting, and maintaining colonies of fungus-farming ants (Hymenoptera: Formicidae: Myrmicinae: Aini). **Sociobiology**. [S. l.], v. 62, n.2, p. 300-320, jun. 2015.

SOUTO, S. L. **Papel ecológico do fogo e das saúvas (*Atta* sp.) na ciclagem de nutrientes e carbono em cerrado**, 2007. 72 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2007.

SOUSA-SOUTO, L.; GUERRA, M. B. B.; SCHOEREDER, J. H.; SCHAEFER, C. E. G. R.; SILVA, W. L. Determinação do Fator de Conversão em Colônias de *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae) e Sua Relação Com A QUALIDADE do Material Vegetal Cortado, **R. Árvore**, Viçosa, MG, v. 31, n.1, p. 163-166, 2007.

SOUSA-SOUTO, L.; SCHOEREDER, J. H.; SCHAEFER, C. E. G. R.; SILVA, W. L. Ant nests and soil nutrient availability: the negative impact of fire. **Journal of Tropical Ecology**. United Kingdom, p.639-646. nov. 2008.

SWANSON, Amanda C. et al. **Welcome to the *Atta* world: A framework for understanding the effects of leaf-cutter ants on ecosystem functions**. *Functional Ecology*, Hoboken, v. 33, n. 8, p. 1386–1399, ago. 2019.

S. KADOCHOV´A.; J. FROUZ, Thermoregulation strategies in ants in comparison to other social insects, with a focus on red wood ants (*Formica rufa* group), **F1000Res**. [S. l.], 2013.

TAVARES, R. S.; MONTEIRO, N. N.; HORA, H. R. M.; Moura L. G. L. Sistema de monitoramento de microclima de um ninho da formiga cortadeira sob o paradigma da internet das coisas e da computação de borda. **Anais do XXII ENMC – Encontro Nacional de Modelagem Computacional e X ECTM – Encontro de Ciências e Tecnologia de Materiais**. Juiz de Fora , MG, out, 2019.

UKAN, D.; SOUSA, N. J.; REISSMANN, C. B.; TANOBE, V. O. A. 2011. **Análise dos resíduos por formigueiros de *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae) em laboratório e em condições de campo**, Tese de Doutorado - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

VARON, E.; EIGENBRODE, S.; BOSQUE-PÉREZ, N.; HILJE, L. Effect of farm diversity on harvesting of coffee leaves by the leaf-cutting ant *Atta cephalotes*. **Agricultural and Forest Entomology - AGRIC FOR ENTOMOL**. [S. l.], v.9, p.47-55, 2007

WARD, P.; BRADY, S. G.; FISHER, B. L.; SCHULTZ, T. R. The evolution of myrmicine ants: phylogeny and biogeography of a hyperdiverse ant clade (Hymenoptera: Formicidae). **Systematic Entomology**. Davis, California v. 40. p. 61-81, 2015.