



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
MESTRADO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
CIÊNCIAS AMBIENTAIS
CAMPUS IV – CHAPADINHA



CAMILA BRAGA DA CONCEIÇÃO

**RELAÇÃO DA COMUNIDADE DE FORMIGAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE)
A FATORES MICROCLIMÁTICOS E DE PAISAGEM NO LESTE MARANHENSE**

CHAPADINHA-MA

2022

CAMILA BRAGA DA CONCEIÇÃO

**RELAÇÃO DA COMUNIDADE DE FORMIGAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE)
A FATORES MICROCLIMÁTICOS E DE PAISAGEM NO LESTE MARANHENSE**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, do curso de Mestrado, da Universidade Federal do Maranhão, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Linha de Pesquisa: Biodiversidade e Conservação

Orientador: Dr. Ciro Líbio Caldas dos Santos
Coorientadora: Dra. Luiza Daiana A. S. Formiga

CHAPADINHA-MA

2022

Conceição, Camila Braga da.

Relação da comunidade de formigas (Hymenoptera: formicidae) a fatores microclimáticos e de paisagem no leste maranhense. / Camila Braga da Conceição. — Chapadinha, 2022.

55 f. il. color.

Coorientador (a): Dra. Luiza Daiana A. S. Formiga

Orientador: Dr. Ciro Lício Caldas dos Santos

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha, 2022.

1. Mirmecofauna. 2. Cerrado. 3. Gramíneas. 4. Densidade arbórea. 5. Queimadas. I. Título. II. Formiga, Luiza Daiana A. S. III. Santos, Ciro Lício Caldas dos.

CDU 595.796 (812.1)

CAMILA BRAGA DA CONCEIÇÃO

**RELAÇÃO DA COMUNIDADE DE FORMIGAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE)
A FATORES MICROCLIMÁTICOS E DE PAISAGEM NO LESTE MARANHENSE**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, do curso de Mestrado, da Universidade Federal do Maranhão, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Linha de Pesquisa: Biodiversidade e Conservação

Orientador: Dr. Ciro Líbio Caldas dos Santos
Coorientadora: Dra. Luiza Daiana A. S. Formiga

Aprovada em 24 / 02 / 2022

BANCA EXAMINADORA

Dr. Ciro Líbio Caldas dos Santos
Universidade Federal do Maranhão - UFMA
Orientador

Dr. Edison Fernandes da Silva
Universidade Federal do Maranhão - UFMA
Examinador Interno

Dr. Rony Peterson Santos Almeida
Museu Paraense Emílio Goeldi - MPEG
Examinador Externo

Dr. Jodellys Andrade Silva
Museu Paraense Emílio Goeldi - MPEG
1º Suplente

Dr. Samuel Vieira Brito
Universidade Federal do Maranhão - UFMA
2º Suplente

Dedico este trabalho aos meus pais,
Marinalva Braga e Luis Paulo.

Há um tempo certo para cada coisa; há um tempo certo para cada propósito debaixo do céu.

Eclesiastes 3:1

AGRADECIMENTOS

À Deus, por Tua graça e misericórdia.

Aos meus pais, Marinalva Braga da Conceição e Luis Paulo da Conceição, pelo amor, força e entusiasmo. Palavras não descrevem o amor e gratidão que tenho por vocês.

À minha irmã, Dayana Braga da Conceição, pelo apoio e presença nos momentos mais ansiosos durante esse processo.

Ao orientador e idealizador desta pesquisa, Prof. Dr. Ciro Lúcio Caldas dos Santos, por suas orientações diárias na construção, articulação das atividades práticas, análises estatísticas e correções de todo o estudo. Agradeço sua disponibilidade, preocupação, profissionalismo, conhecimento compartilhado e a delicadeza com o que conduziu este trabalho. Imprimo aqui meu respeito, admiração e gratidão!

À coorientadora, Profa. Dra. Luiza Daiana A. S. Formiga, pela disponibilidade do laboratório Fauna de Solo para realização deste estudo, idas à campo e orientações.

À Me. Wanessa Costa dos Santos, pelas orientações, incentivos diários, organização dos materiais e aulas práticas de montagem de formigas. Obrigada por ter dividido seu tempo comigo.

À Auryane Barbosa da Silva, por sua grande ajuda nas coletas. Gratidão, minha amiga!

Ao meu tio, Israel Braga, por sua ajuda nas análises e idas à campo (reconheço o quão árduo foram nossos dias e sua importância nesta etapa).

À Aurineia Silva, pela ajuda nas marcações das áreas de coletas.

Ao Antônio Gonçalves, pela ajuda na triagem dos materiais, trilhas de campo e por ter ouvido minhas “loucas” explicações e dramas. Obrigada, meu amigo!

Aos colegas com quem compartilhei a permanência no Laboratório de Fauna de Solo - LAFS.

Ao voluntário do Laboratório Fauna de Solo, Daniel, pela ajuda nas montagens das formigas.

Ao Antônio Francisco pelo auxílio nas identificações dos gêneros de formigas.

À Universidade Federal do Maranhão e ao programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais pela formação acadêmica recebida.

À Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA) pela bolsa de estudos que me possibilitou a realização deste mestrado.

À minha colega de turma do mestrado, Giovanna Dias, pela parceria, amizade, noites acordadas, por ter proporcionado discussões e troca de conhecimento durante o curso.

Ao Dr. Joudellys Andrade Silva, pelo auxílio nas identificações das formigas.
Gratidão!

Aos especialistas que identificaram as espécies de formigas (Dra. Livia Prado, Dra. Emília Zoppas de Albuquerque, Dr. Jacques Delabie, Dr. Ricardo Vicente, Dr. Rony Peterson Santos Almeida).

A todos que de alguma forma contribuíram na realização desta etapa acadêmica, deixo aqui meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

As modificações da paisagem estão ligadas aos efeitos antropogênicos que levam às alterações da dinâmica dos ecossistemas e perda de habitat. O fogo é um dos elementos que moldam a formação da paisagem, a prática indiscriminada de queimadas proporciona a homogeneização do ambiente. Estas alterações, conseqüentemente, afetam na composição de espécies que desempenham serviços importantes na manutenção dos ecossistemas, e podem ser diagnosticadas por meio da utilização de insetos bioindicadores, como as formigas. Este trabalho teve como objetivo avaliar a associação de formigas com variáveis microclimáticas e de paisagem em uma área de Cerrado no leste maranhense. Delimitamos 20 pontos amostrais em áreas queimadas, pouco queimadas e não queimadas, distantes, aproximadamente, 450m. Para coleta das formigas distribuimos cinco armadilhas de solo (*pitfall*) por ponto, distante 20m entre si. Coletamos dados ambientais locais das alturas de gramíneas, arbustos e serapilheira, e densidade de árvores. Utilizamos variáveis de paisagem de cobertura de vegetação e número de focos de queimadas. Inventariamos 97 espécies/morfoespécies de formigas, com sete novos registros pela primeira vez no Maranhão. Nas análises de vegetação a composição de formigas foi associada às alturas de gramíneas e densidade arbórea, e em análise de paisagem a composição de formigas foi associada com os focos de queimadas. Concluímos que as gramíneas, densidade de árvores e os focos de queimadas são fatores importantes na estruturação da comunidade de formigas. As gramíneas e as árvores podem oferecer nichos com maior variedade de recursos alimentares e locais para nidificação que contribuem na composição e diversidade das espécies. Nosso estudo fornece fundamentação para o uso de gêneros em estudos ambientais. Enfatizamos ainda a importância da conservação do habitat com a finalidade de garantir a riqueza e diversidade de espécies em áreas de Cerrado.

Palavras-chave: Mirmecofauna. Cerrado. Gramíneas. Densidade Arbórea. Queimadas.

ABSTRACT

Landscape modifications are linked to anthropogenic effects that lead to changes in ecosystem dynamics and habitat loss. Fire is one of the elements that shape the formation of the landscape, the indiscriminate practice of burning provides the homogenization of the environment. These changes, consequently, affect the species composition that perform important services in the ecosystems maintenance, and can be diagnosed through the use of bioindicator insects, such as ants. This study aimed to evaluate the association of ants with microclimatic and landscape variables in a cerrado area in eastern Maranhão. We delimited 20 sampling points in burned areas, little burned and unburned, distant approximately 450m. To collect the ants we distributed five soil traps (*pitfall*) per point, distant 20m from each other. We collected local environmental data from the heights of grasses, shrubs and litter, and tree density. We used landscape variables of vegetation cover and number fire foci. We inventoried 97 species/morphospecies of ants, with seven new records for the first time in Maranhão. In the vegetation analyses, the ants composition was associated with grass heights and tree density, and in landscape analysis the composition of ants was associated with the fire foci. We conclude that grasses, tree density and fire foci are important factors in the structuring of the ant community. Grasses and trees can offer niches with a greater variety of food resources and nesting sites that contribute to species composition and diversity. Our study provides grounds for the use of genera in environmental studies. We also emphasize the importance of habitat conservation in order to ensure the richness and diversity of species in Cerrado areas.

Keywords: Mirmecofauna. Scrubland. Grass. Tree Density. Burned.

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1** Localização geográfica da área de estudo no (A nordeste do Brasil, ilustrando o mapa do Maranhão em (B destaque o município de São João do Sóter e (C na imagem de Satélite o Povoado Serra do Cajuí. Pontos de distribuição das armadilhas nas áreas queimadas, pouco queimadas e não queimadas (vermelho, amarelo e verde, respectivamente), coletas de formigas e variáveis ambientais em áreas de Cerrado e Mata de Cocais em março de 2021, no Povoado Serra do Cajuí, São João do Sóter- MA..... 19
- FIGURA 2** Disposição dos transectos com os seus pontos amostrais, distantes entre si, 450m. Distribuição das armadilhas de queda do tipo pitfall instalada em cada ponto amostral distantes 20m entre si, em destaque os locais de coleta das variáveis ambientais locais ao lado de cada armadilha.20
- FIGURA 3** Áreas de coletas no povoado Serra do Cajuí, São João do Sóter- MA em março de 2021. A) Área queimada. B) Área pouco queimada. C) Área não queimada.21
- FIGURE 4** Mapa do índice de vegetação NDVI, em azul as áreas com maior NDVI, representando buffers de 100 m, 200 m e 300 m de raio ao redor dos pontos centrais estabelecidos em cada transecto nas áreas de coletas. Pontos em vermelho representam focos de queimadas de 2011 a 2021, com mapa de calor de 1 km de raio..... 22
- FIGURA 5** Armadilhas do tipo pitfall contendo água e detergente na área amostral, no povoado Serra do Cajuí, São João do Sóter - MA em março de 2021..... 23
- FIGURA 6** Gráfico de dispersão da distribuição dos pontos amostrais dos dois eixos do NMDS (escalonamento multidimensional não métrico). A) localização dos pontos por latitude e longitude, B) variáveis de paisagem, C) composição de formigas e D) variáveis de vegetação. Os pontos em vermelhos pertencem à área queimada, pontos pretos à área pouco queimada e os pontos verdes são das áreas não queimadas. 32

LISTA DE TABELAS

- TABELA 1** Variáveis dependentes, relacionadas às espécies, gêneros e comunidade de formigas, e independentes, associadas à vegetação e paisagem, utilizadas a partir dos 20 pontos amostrais inventariados.24
- TABELA 2** Frequência das espécies de formigas por armadilhas e por pontos amostrais, e espécies de formigas compartilhadas e exclusivas coletadas nas áreas do Povoado Serra do Cajuí, São João do Sóter – MA, 2021. FEA – Frequência de espécies por armadilhas; FEP – Frequência de espécies por ponto; Áreas: I – Área queimada; II – Área pouco queimada; III – Área não queimada. *Novos registros de formigas para o Maranhão.26
- TABELA 3** Resultados das análises de MRM para associação das variáveis de vegetação e paisagem com gêneros de formigas, e associação das variáveis de vegetação e paisagem com espécies/morfoespécies de formigas. Os valores em negritos indicam efeitos significativos nas análises ($p < 0.05$).30

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Formigas como bioindicadores ambientais.....	15
1.2	Dinâmica do fogo em ecossistemas	16
2	OBJETIVOS	18
2.1	Geral.....	18
2.1	Específicos.....	18
3	METODOLOGIA	19
3.1	Área de estudo.....	19
3.2	Delineamento amostral	20
3.3	Variáveis ambientais.....	21
3.3.1	<i>Escala local.....</i>	<i>21</i>
3.3.2	<i>Escala de paisagem.....</i>	<i>21</i>
3.4	Coleta e identificação das formigas	22
3.5	Análises estatísticas	23
4	RESULTADOS.....	25
4.1	Número de espécies e distribuição.....	25
4.2	Composição de formigas com variáveis de vegetação e de paisagem.....	30
5	DISCUSSÃO	32
5.1	Número de espécies e distribuição.....	33
5.2	Composição de formigas com variáveis de vegetação	35
5.3	Composição de formigas com variáveis de paisagem	36
6	CONCLUSÃO	38
	REFERÊNCIAS.....	39
	APÊNDICE	52

1 INTRODUÇÃO

A degradação ambiental causa efeitos generalizados na funcionalidade dos ecossistemas e na destruição do hábitat, principalmente no domínio Cerrado. A maioria das degradações são provenientes dos processos antrópicos que leva um alto custo para o meio ambiente, como, fragmentação, perda de biodiversidade, espécies invasoras, erosão do solo, poluição da água, degradação da terra, mudanças no regime de fogo e modificação do clima (Klink & Machado, 2005).

A vegetação é marcada por grandes devastações provenientes das práticas de queimadas na retirada da vegetação para produção de pastagens e demais atividades agrícolas, que resulta em um ambiente homogêneo (Souza et al., 2019). A homogeneidade da biota e paisagens, sucede na redução do número total de espécies e poucas bem adaptadas, estes elementos interferem no funcionamento dos ecossistemas em regular as flutuações e as mudanças ambientais. A homogeneização do habitat é, no mínimo, tão importante quanto as extinções globais, por reduzir a segurança dos benefícios obtidos dos ecossistemas (Díaz et al., 2012).

Os efeitos antrópicos também contribuem diretamente na redução do hábitat, nos processos ecológicos, na persistência das espécies e na estrutura da comunidade, fatores estes relacionados à perda da integridade da paisagem (Córdova et al., 2009; Martensen et al., 2012). A perda da biodiversidade tem sido um dos maiores prejuízos ambientais (Klink & Machado, 2005), tais transformações afetam a distribuição da fauna (Altieri, 1999), que fornece serviços importantes para o biofuncionamento dos ecossistemas (Souza et al., 2018).

Dentre a diversidade de animais, os insetos se destacam como um dos grupos faunísticos mais afetados na degradação ambiental. Por serem um dos organismos mais utilizados no monitoramento ambiental (Brown, 1997), as formigas, por exemplo, são consideradas excelentes bioindicadores, devido à sua sensibilidade às variações ambientais (Oliveira et al., 2014; Oliveira et al., 2016).

As formigas são insetos sociais amplamente distribuídos, abundantes e constituem uma única família, Formicidae (Baccaro et al., 2015; Silva et al., 2017). O Brasil possui uma das maiores diversidades do mundo, descritas atualmente cerca de 1.523 espécies (Antwiki, 2022), das quais 547 são endêmicas no país (AntWeb, 2021). No entanto, os esforços de pesquisas encontram-se mal distribuídos ao longo do território e para o Maranhão, são registradas atualmente 279 espécies de formigas (Prado et al., 2019).

A mirmecofauna maranhense ainda é pouco conhecida, dentre os artigos publicados destacam-se: estudo sobre o efeito de borda sobre a comunidade de formigas em Balsas - MA (Brandão et al., 2011); distribuição de formigas em hospital em Chapadinha - MA (Carvalho et al., 2011); formigas associadas a cavernas no Estreito - MA (Dáttilo et al., 2012), diversidade de formigas em áreas cultivadas (pomar de citros e sistema agroflorestal) com área não cultivada (Floresta Secundária) em São Luís - MA (Ramos et al., 2015); formigas em áreas de diferentes estágios de sucessão florestal e sistemas agroflorestais na Amazônia (Gutiérrez et al., 2016); relação entre comunidade de formigas e atributos do solo em uma área de Cerrado no município de Chapadinha - MA (Silva_B et al., 2017) e; uma lista atualizada das espécies de formigas no estado do Maranhão (Prado et al., 2019). Nesse aspecto, é essencial desenvolver pesquisas que buscam incrementar o conhecimento sobre a diversidade formigas e suas relações diretas com a paisagem em diferentes gradientes ecológicos em áreas de cerrado.

1.1 Formigas como bioindicadores ambientais

As formigas são consideradas espécies-chave em vários processos ecológicos, visto que fornecem inferências confiáveis sobre as implicações ecológicas e funcionais nos distúrbios ambientais (Ribas et al., 2012; Andersen, 2019). Por serem organismos bem diversificados, nidificam em diferentes ambientes como na superfície do solo, subsolo e em árvores (Neves et al., 2013; Baccaro et al., 2015), estando diretamente envolvidas em diversas funções no ecossistema, como predação (Chapman & Bourke, 2001), herbivoria (Oliveira et al., 2018) e algumas são consideradas engenheiras dos ecossistemas (Almeida & Queiroz, 2015).

A mirmecofauna se destaca por responder rapidamente às modificações ambientais (Santos et al., 2012) devido sua grande riqueza e diversidade funcional nos ecossistemas (Holldobler & Wilson, 1990). Sua composição e riqueza estão intimamente ligados às alterações físicas e biológicas no habitat (Peixoto et al., 2010; Gomes et al., 2014). Dessa maneira estes organismos são considerados indicadores ambientais confiáveis (Underwood & Fisher, 2006), têm sido objetos de estudos ecológicos em controle de espécies consideradas pragas agrícolas e utilizadas para medir o efeito de diferentes atividades antrópicas em fragmentos florestais nativos (Silva_A et al., 2017; Dorval et al., 2017; Bernardes Júnior et al., 2020), pois são facilmente amostrados e identificados até gênero ou espécie (Agosti et al., 2000).

Vários estudos já foram desenvolvidos utilizando formigas como bioindicadoras em estudos ambientais (Crepaldi et al., 2014; Rocha et al., 2015; Souza et al., 2018; Amaral et al., 2019). Dessa maneira, o uso desses organismos em estudos ambientais, proporciona o

monitoramento das áreas degradadas ou em condições de regeneração. Com alterações no ambiente, espécies de formigas passam a ser dominantes enquanto outras desaparecem dessas áreas, o que provoca uma modificação da composição de espécies (Nyamukondiwa & Addison, 2014; Neves et al., 2019).

1.2 Dinâmica do fogo em ecossistemas

Os padrões de queima na paisagem dependem de sua característica, como a quantidade de serapilheira que é combustível, os padrões locais de vento e a origem dos incêndios (Ricklefs & Relyea, 2016). As queimadas interferem na estrutura da paisagem e podem apresentar efeitos diretos e indiretos na composição faunística. Dessa maneira, a frequência do fogo é considerada um dos principais fatores que definem a abundância e a riqueza da biota no solo (Frizzo et al., 2011).

Dependendo das circunstâncias, as queimadas podem oferecer benefícios ou prejuízos nos ecossistemas (Berlinck et al., 2021). A perda de hábitat é a característica mais visíveis pós distúrbios de queimadas, no entanto, o fogo é um fator necessário na manutenção das espécies nativas, em habitats e paisagens de ecossistemas propensos às queimadas (Myers, 2006). Em áreas de cerrado a evolução da biota é impulsionada pela ação do fogo (Simon et al., 2009) que atua de forma natural ou antrópica (Arruda et al., 2018). Dentre os efeitos antrópicos, o desmatamento e degradação de habitats modificam o regime de queimadas e intensifica seus impactos negativos (Brando et al., 2020).

Em áreas de savana o fogo pode afetar vários grupos de artrópodes (Swengel, 2001; Vasconcelos et al., 2009), como as formigas (Rosa et al., 2021). Estudos evidenciam que o fogo pode apresentar efeitos diretos na comunidade de formigas, pois os incêndios florestais removem a camada de serapilheira onde muitas espécies constroem seus ninhos (Paolucci et al., 2016). O efeito direto mais visível em curto prazo é a desestruturação da comunidade de formigas que nidificam em galhos e ramos de plantas (Marini-Filho, 2000), ainda assim, alguns organismos são favorecidos em eventos pós-fogo, principalmente em áreas de cerrado.

As queimadas apresentam efeitos indiretos importantes sobre as formigas por meio de mudanças na estrutura do habitat, pois as queimadas repetidas apresentam efeitos em cascata nas comunidades de formigas (Andersen et al., 2012). Os efeitos indiretos mais tardios das queimadas devido às alterações da paisagem estão ligados com a disponibilidade de recursos para os organismos e locais ideais para abrigo das espécies. Estes são elementos cruciais no processo de recolonização dos organismos, e sua ausência acarreta processo tardios na estruturação destas comunidades (Frizzo et al., 2012). As formigas têm sido frequentemente

usadas em estudos em áreas perturbadas pelo fogo (Philpott et al., 2010; Maravalhas & Vasconcelos, 2014; Arruda et al., 2020).

Assim, as variáveis ambientais, como composição do solo, clima e a configuração da paisagem, são elementos-chave que moldam as comunidades de formigas e definem em conjunto a presença ou ausência da mirmecofauna em locais específicos (Dunn et al., 2009; Jenkins et al., 2011; Neves et al., 2013; Solar et al., 2016; Silva_A et al., 2017). Visto que o conjunto de fatores, relacionados à complexidade ambiental, influenciam na dinâmica dos ecossistemas e determinam a abundância e riqueza da comunidade de formigas, é notório a importância de estudar o arranjo espacial e como estes interagem.

Diante da influência das alterações ambientais na diversidade de formigas e a função que estas desempenham no ecossistema, testamos as seguintes hipóteses: (i) A composição de espécies de formigas é afetada por mudanças na vegetação, havendo relação positiva associação do número e/ou composição de espécies e/ou gêneros com a estrutura da vegetação entre os pontos; (ii) a intensidade de queimadas e desmatamento, na escala de paisagem, determinam a diferença no número de espécies e na composição de espécies e/ou gêneros de formigas.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

- Avaliar a relação da comunidade de formigas com variáveis ambientais (microclimáticas e de paisagem) em uma área de Cerrado no leste maranhense.

2.1 Específicos

- Avaliar a relação da riqueza e composição de espécies e gêneros de formigas a fatores microclimáticos relacionados a estrutura da vegetação;
- Analisar o efeito da cobertura de vegetação e dos focos de queimadas, em escala de paisagem, sobre a estrutura da comunidade de formigas.

3 METODOLOGIA

3.1 Área de estudo

Realizamos o estudo na zona rural do município maranhense de São João do Sóter, na localidade da Serra do Cajuí ($5^{\circ} 5'35.96''S$, $43^{\circ}50'7.22''W$), região central do estado do Maranhão, Brasil (Figura 1, A e B). A região predomina a fitofisionomia Cerrado e ocorrência de vegetação secundária de mata de cocais. Apresenta duas estações climáticas no ano, a chuvosa entre os meses de dezembro a maio, e a seca, com período de estiagem entre os meses de junho e novembro, com pluviosidade média anual de 1.312 mm (Correia Filho et al., 2011).

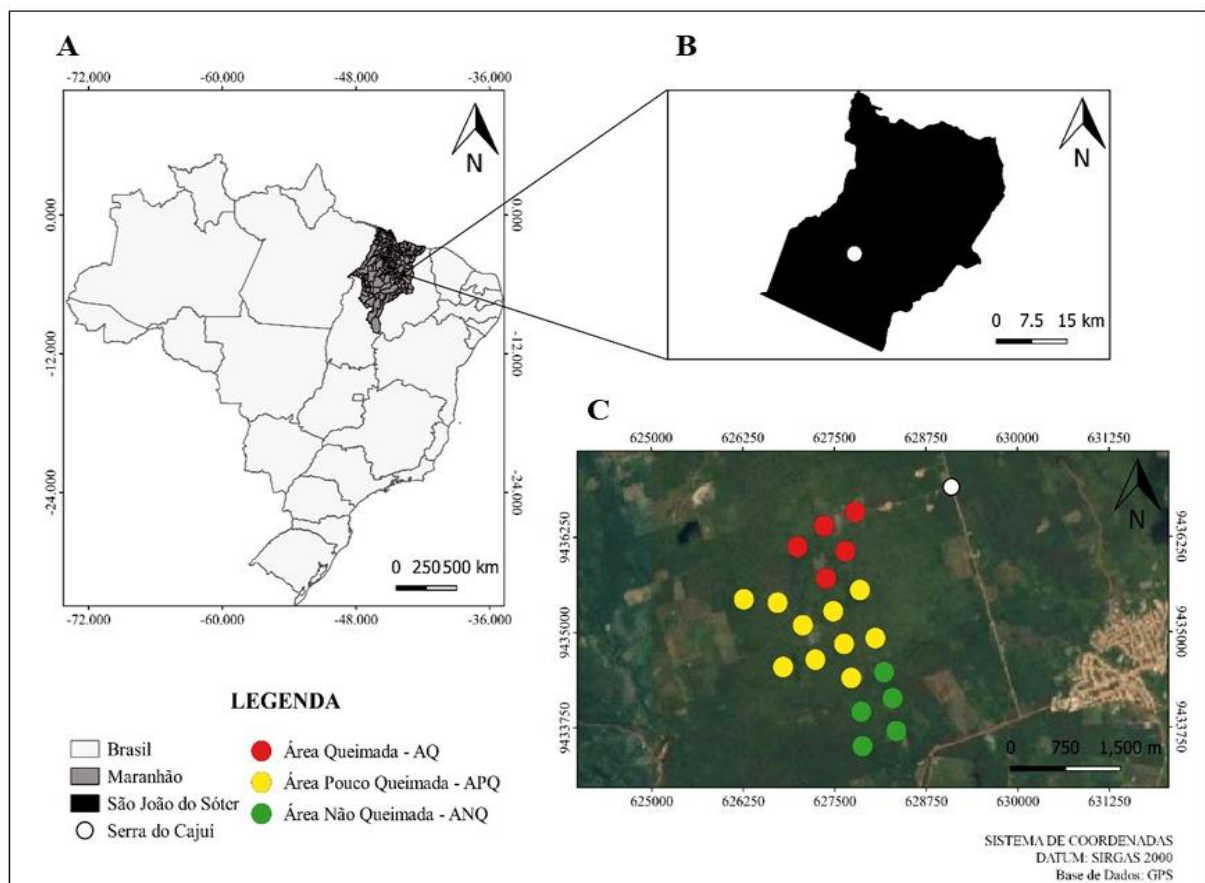


FIGURA 1 Localização geográfica da área de estudo no (A nordeste do Brasil, ilustrando o mapa do Maranhão em (B destaque o município de São João do Sóter e (C na imagem de Satélite o Povoado Serra do Cajuí. Pontos de distribuição das armadilhas nas áreas queimadas, pouco queimadas e não queimadas (vermelho, amarelo e verde, respectivamente), coletas de formigas e variáveis ambientais em áreas de Cerrado e Mata de Cocais em março de 2021, no Povoado Serra do Cajuí, São João do Sóter-MA.

3.2 Delineamento amostral

Avaliamos o número de focos de queimadas nos últimos dez anos no município de São João do Sóter por imagem de satélite (INPE, 2020), a partir desta análise delimitamos as áreas de estudo. Classificamos as áreas amostrais em queimadas (AQ), áreas pouco queimadas (APQ) e não queimadas (ANQ) a partir da observação local da vegetação, diagnóstico de queima, cobertura do solo e composição florística. Esta categorização foi necessária para obter variação ambiental suficiente nas medidas quantitativas em cada ponto, mas não foram utilizadas como tratamento entre os pontos nas análises. Dessa forma delimitamos 20 pontos amostrais, distantes cerca de 450 m entre si (Figura 1, C), cinco pontos em áreas amostrais queimadas (Figura 3, A), 10 pontos em áreas pouco queimadas (Figura 3, B) e cinco pontos em áreas não queimadas (Figura 3, A). Em cada um dos pontos amostrais foram instaladas cinco armadilhas distantes 20 m entre si, ao longo de um transecto de 80 m, totalizando 100 armadilhas. Em cada ponto amostral foram coletados dados ambientais locais (Figura 2).

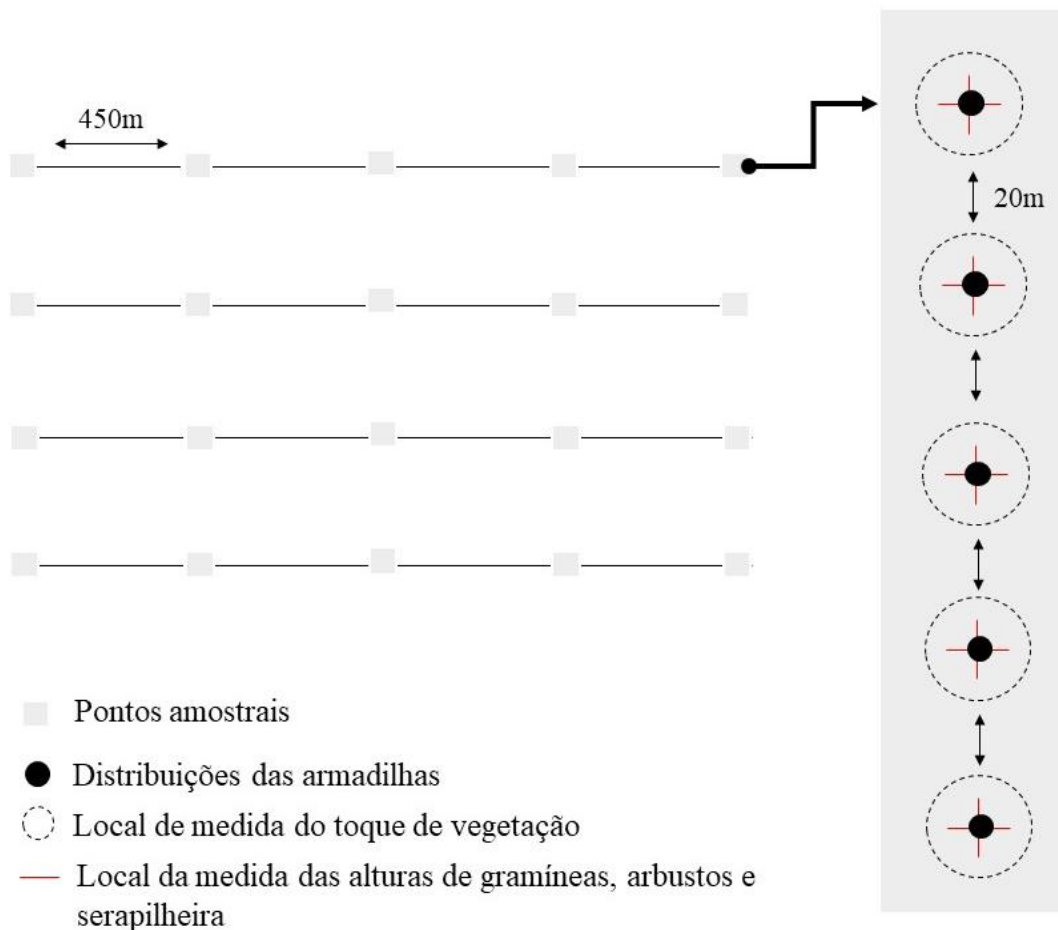


FIGURA 2 Disposição dos transectos com os seus pontos amostrais, distantes entre si, 450m. Distribuição das armadilhas de queda do tipo pitfall instalada em cada ponto amostral distantes 20m entre si, em destaque os locais de coleta das variáveis ambientais locais ao lado de cada armadilha.



FIGURA 3 Áreas de coletas no povoado Serra do Cajuí, São João do Sóter- MA em março de 2021. A) Área queimada. B) Área pouco queimada. C) Área não queimada.

3.3 Variáveis ambientais

3.3.1 Escala local

A fim de descrever os fatores associados à vegetação, coletamos dados ambientais locais das alturas de gramíneas, arbustos e serapilheira, de cada ponto amostral em quatro medidas próximas a cada armadilha (distância mínima 30 cm e máxima 1m). Utilizamos uma trena para medir as alturas de gramíneas e arbustos e uma régua para medir a altura de serapilheira.

Para análise da densidade de árvores, aplicamos o método de interceptação de pontos em linha, que consiste no número de toques na vegetação (Vieira et al., 2017), utilizando uma linha com 5 m de comprimento esticada e contando, a partir da armadilha, quantas árvores são tocadas por esta linha em 360°. Estas variáveis serviram na verificação das respostas da comunidade formigas em diferentes estruturas da vegetação e serapilheira.

3.3.2 Escala de paisagem

Para avaliar a associação das formigas com variáveis na escala de paisagem, utilizamos a cobertura de vegetação e número de focos de queimadas. A cobertura de vegetação foi estimada a partir do índice de vegetação NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), utilizando imagem de satélite Landsat de 12 de julho de 2021. Os focos de queimadas das áreas amostradas foram avaliados no período de 2011 até o mês de março de 2021, utilizando o satélite Aqua (sensor MODIS) do Banco de dados de Queimadas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais- INPE. Em razão da dimensão de 1 km do pixel do satélite de registro dos

focos de queimadas, produzimos um mapa de calor de resolução semelhante ao da cobertura de vegetação, com maior probabilidade de queimada no centro do raio de 1 km em cada foco de queimada. As análises foram realizadas a partir de zonas ao redor dos pontos amostrais de 100 m, 200 m e 300 m de raio, com o uso do Software QGIS, contabilizando-se a média do índice de vegetação e de focos de queimada em cada ponto por zona analisada (Figura 4).

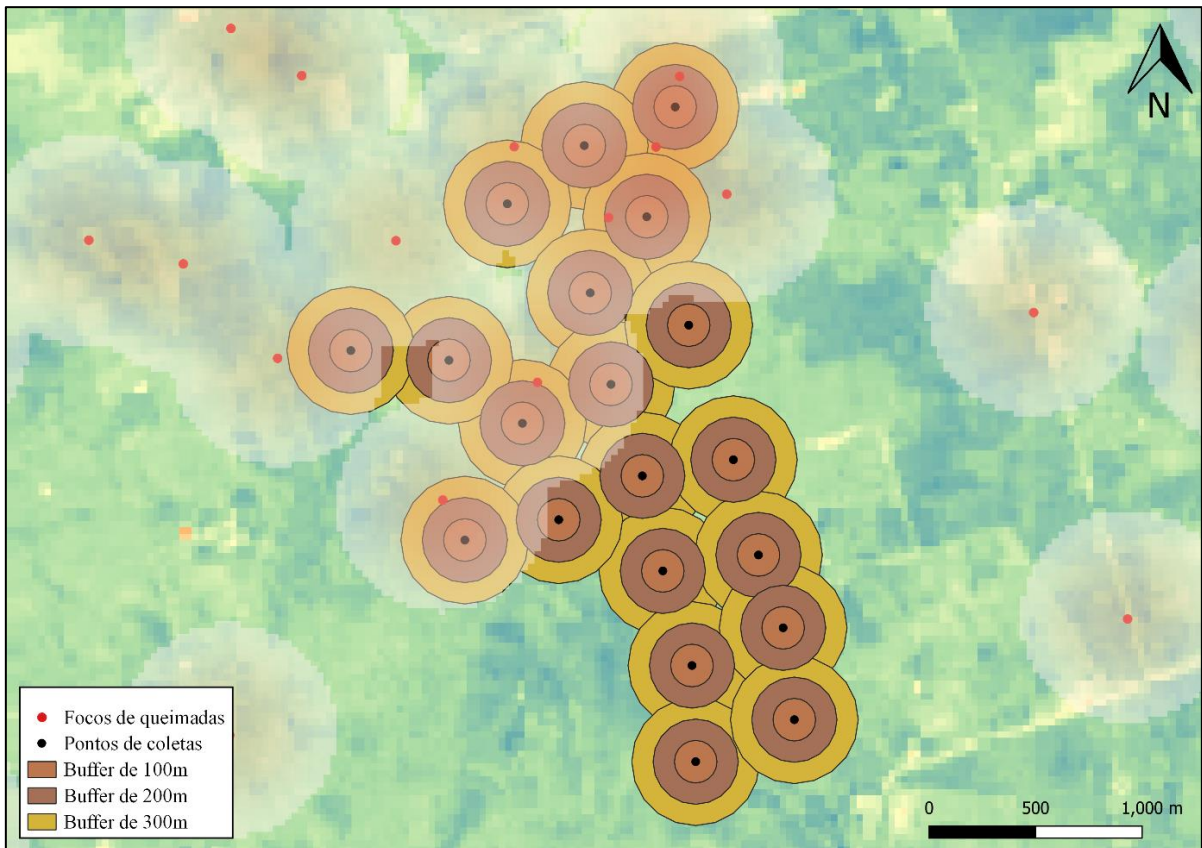


FIGURE 4 Mapa do índice de vegetação NDVI, em azul as áreas com maior NDVI, representando buffers de 100 m, 200 m e 300 m de raio ao redor dos pontos centrais estabelecidos em cada transecto nas áreas de coletas. Pontos em vermelho representam focos de queimadas de 2011 a 2021, com mapa de calor de 1 km de raio.

3.4 Coleta e identificação das formigas

As coletas foram realizadas no mês de março de 2021, estação chuvosa na região de São João do Sóter (Correia Filho et al., 2011). Para a coleta das formigas utilizamos armadilhas de solo (*pitfall*), que consistem em potes plásticos de 300 ml enterrados com a abertura até o nível do solo, contendo uma solução preenchendo 1/3 do copo composta de água, detergente e sal, que permaneceram no campo durante 48 horas (Figura 5). Após este período as amostras foram coletadas e armazenadas em potes etiquetados contendo álcool 70% para posterior triagem, montagem e identificação das formigas no Laboratório de Fauna do Solo (LAFS) do

Centro de Estudos Superiores de Caxias da Universidade Estadual do Maranhão (CESC/UEMA).



FIGURA 5 Armadilhas do tipo pitfall contendo água e detergente na área amostral, no povoado Serra do Cajuí, São João do Sóter - MA em março de 2021.

Os espécimes foram identificados ao nível de gênero com o auxílio de chaves taxonômicas presentes em Baccaro et al., (2015) e bases de dados online (AntWiki, 2021; AntWeb, 2021) e separadas em morfoespécies de acordo com a similaridade morfológica externa. Foram encaminhadas fotos dos exemplares para especialistas do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) para confirmação dos gêneros e quando possível, identificação ao nível específico.

3.5 Análises estatísticas

Para avaliarmos a associação das variáveis de vegetação e paisagem com os dados de frequência de formigas por ponto, realizamos Modelos Lineares Generalizados (GLM) de distribuição de Poisson, onde testamos a relação do número de espécies e gêneros de formigas com as variáveis preditoras de estrutura da vegetação e escala de paisagem (Tabela 1). Para as variáveis de paisagem realizamos modelos independentes das variáveis para cada escala espacial (100, 200 m e 300 m). A seleção dos melhores modelos foi realizada utilizando o critério Akaike (AIC) por método regressivo (*backward selection*), partindo-se do modelo com todas as variáveis até aquele com menor valor de AIC.

TABELA 1 Variáveis dependentes, relacionadas às espécies, gêneros e comunidade de formigas, e independentes, associadas à vegetação e paisagem, utilizadas a partir dos 20 pontos amostrais inventariados.

Variáveis dependentes	Variáveis independentes
Número de espécies e gêneros	Estrutura da vegetação
Frequência das espécies e gêneros nas armadilhas por ponto	Altura média de gramíneas
	Altura média dos arbustos
	Altura média da serapilheira
	Densidade arbórea
Comunidade	Escala de paisagem
Matriz de dissimilaridade das frequências de espécies e gêneros	Cobertura de vegetação
	Número médio de focos de queimadas

Realizamos a análise da variação na composição da comunidade de formigas utilizando a matriz de frequência relativa de gêneros e espécies por ponto, a partir do índice de Bray-Curtis. Os dados de cada variável foram transformados em valores de 0 a 1, dividindo-se pelo maior valor de cada variável, para calcular a matriz de distância euclidiana. A avaliação da correlação espacial foi feita a partir da matriz de distância euclidiana das longitudes e latitudes dos pontos, com coordenadas em UTM (Universal Transversa de Mercator). A fim de avaliar graficamente a dissimilaridade entre os pontos na composição de gêneros e das variáveis independentes entre os pontos, utilizamos os dois primeiros eixos do escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS), com uso das matrizes previamente calculadas.

Todas as análises de matrizes de composição de espécies/gêneros e as variáveis de distância geográfica, vegetação e paisagem foram realizadas por análise de regressão múltipla de matrizes de distância – MRM (Lichstein, 2007). A seleção das variáveis foi feita por método regressivo (*backward selection*), no qual é avaliado a variação no poder explicativo do modelo (usando o R^2) a cada extração de variável a partir do modelo completo. As variáveis selecionadas são aquelas que causaram maior alteração no poder explicativo do modelo ao serem excluídas ao longo da seleção. A significância da associação das variáveis foi avaliada a

um nível de 5% ($\alpha = 0,05$). Todas as análises foram realizadas utilizando os pacotes estatísticos stats (R Core Team, 2021), vegan (Oksanen et al., 2020) e ecodist (Goslee & Urban, 2007) no ambiente computacional R (R Core Team, 2021).

4 RESULTADOS

4.1 Número de espécies e distribuição

Registramos 97 espécies/morfoespécies de formigas, pertencentes a 36 gêneros distribuídos em sete subfamílias, sendo a Myrmicinae a mais representativa (55 espécies), seguida de Formicinae (11), Dolichoderinae (9), Ponerinae (7), Ectatomminae (6), Dorylinae (5) e Pseudomyrmicinae (4) (Tabela 2). Dentre as espécies coletadas, *Crematogaster* aff. *chodati*, *Cyphomyrmex* aff. *rimosus*, *Pheidole* cf. *oxyops*, *Solenopsis tridens* Forel, 1911, *Strumigenys* aff. *lilloana*, *Hylomyrma reitteri* (Mayr, 1887), *Megalomyrmex silvestrii* Wheeler, 1909, foram registradas pela primeira vez no Maranhão (Apêndice A).

Com relação à ocorrência dos gêneros de formigas coletados nas áreas estudadas por ponto, a área não queimada apresentou maior média por ponto ($5 \pm DP 1,54$), seguida da área queimada ($3,6 \pm DP 1,89$) e área pouco queimada ($2,4 \pm DP 1,87$). *Pheidole* (14 espécies) e *Cyphomyrmex* (7 espécies) foram os gêneros com maiores valores de número de espécies, os demais gêneros apresentaram número inferior a sete espécies, sendo *Camponotus* (6 espécies) o terceiro gênero mais amostrado.

Nas distribuições das espécies/morfoespécies por pontos amostrais, a maior média de espécies por ponto foi observada na área não queimada ($9,4 \pm DP 2,24$), seguido da área queimada ($7,8 \pm DP 2,56$) e pouco queimada ($6,9 \pm DP 2,50$). As espécies/morfoespécies mais representativas foram *Atta* sp. 1 (751 indivíduos), *Ectatomma muticum* Mayr, 1870 (393 indivíduos), *Dorymyrmex* sp. 1 (308 indivíduos).

As ocorrências mais expressivas da frequência das espécies de formigas por armadilhas (FEA) corresponderam à espécie *Ectatomma muticum* Mayr, 1870 (FEA = 37) seguida das espécies *Pheidole* sp. 1 (FEA = 32), *Solenopsis* sp. 2 (FEA = 32), *Dorymyrmex* sp. 1 (FEA = 30), *Pheidole* sp. 2 (FEA = 29), *Pheidole* sp. 3 (FEA = 27), *Ectatomma* sp. 2 (FEA = 26). Quanto a frequência das espécies por pontos amostrais (FEP), *Solenopsis* sp. 2, *Ectatomma* sp. 2, *Pheidole* sp. 2, *Pheidole* (gr. flavens), *Ectatomma muticum* Mayr, 1870, *Dorymyrmex* sp. 1, *Pheidole* sp. 1, *Pheidole* sp. 3, *Mycetomoellerius* sp. 2, *Solenopsis* sp. 1 e *Solenopsis tridens* foram as espécies mais frequentes nos pontos amostrais (FEP $\geq 50\%$), sendo *Solenopsis* sp. 2 a mais expressiva, registrada em 18 pontos amostrais.

Encontramos 18 espécies compartilhadas nas três áreas estudadas, as mais expressivas foram *Ectatomma muticum* Mayr, 1870 (FEA = 37) e *Labidus* sp. 2 (FEA = 12); 10 espécies estavam presentes no habitat queimado e pouco queimado, *Dorymyrmex* sp. 1 foi a espécie mais frequente (FEA = 30). As áreas pouco queimadas e não queimadas compartilharam oito espécies, sendo *Cyphomyrmex* aff. *rimosus* (FEA = 9) e *Pheidole* sp. 6 (FEA = 2) as mais registradas, e nas áreas queimada e não queimada, quatro espécies, *Myrmicocrypta* sp. 1 (FEA = 3), *Pheidole* sp. 9 (FEA = 3), *Myrmicocrypta* sp. 2 (FEA = 3) e *Solenopsis* sp. 3 (FEA = 2). Quanto a ocorrência de espécies de formigas exclusivas por área, a maior média por pontos foi encontrada na área não queimada (3,6 espécies), seguida da área pouco queimada (3,2 espécies) e área queimada (2 espécies). As espécies com maiores ocorrências exclusivas por áreas foram *Atta* sp. 1 (AII), *Pachycondyla crassinoda* (Latreille, 1802) (AII) e *Cyphomyrmex* sp. 5 (AIII).

TABELA 2 Frequência das espécies de formigas por armadilhas e por pontos amostrais, e espécies de formigas compartilhadas e exclusivas coletadas nas áreas do Povoado Serra do Cajuí, São João do Sóter – MA, 2021. FEA – Frequência da espécie por armadilhas; FEP – Frequência da espécie por pontos; Área: I – Queimada; II – Pouco queimada; III – Não queimada. *Novos registros de formigas para o Maranhão. **Possíveis novos registros.

SUBFAMÍLIA	ESPÉCIES/MORFOESPÉCIES	FEA	FEP	ÁREAS		
				I	II	III
Dolichoderinae						
	<i>Azteca</i> sp. 1	1	1		II	
	<i>Dolichoderus bispinosus</i> (Olivier, 1792)	2	2			III
	<i>Dolichoderus diversus</i> Emery, 1894	1	1		II	
	<i>Dorymyrmex</i> sp. 1	30	13		I, II	
	<i>Dorymyrmex</i> sp. 2	1	1		II	
	<i>Dorymyrmex</i> sp. 3	1	1		II	
	<i>Dorymyrmex</i> sp. 4	2	2		I, II	
	<i>Dorymyrmex</i> sp. 5	1	1		II	
	<i>Tapinoma melanocephalum</i> (Fabricius, 1793)	1	1		II	
Dorylinae						
	<i>Labidus</i> sp. 1	1	1		II	

TABELA 2 Continuação

<i>Labidus</i> sp. 2	12	7	I, II, III
<i>Labidus</i> sp. 3	1	1	I
<i>Neivamyrmex</i> sp. 1	1	1	II
<i>Nomamyrmex</i> sp. 1	1	1	III
Ectatomminae			
<i>Ectatomma brunneum</i> Smith, 1858	1	1	III
<i>Ectatomma muticum</i> Mayr, 1870	37	13	I, II, III
<i>Ectatomma tuberculatum</i> (Olivier, 1792)	1	1	III
<i>Ectatomma</i> sp. 1	1	1	II
<i>Ectatomma</i> sp. 2	26	16	I, II, III
<i>Gnamptogenys sulcata</i> (Smith, 1858)	1	1	II
Formicinae			
<i>Brachymyrmex</i> sp. 1	11	7	I, II, III
<i>Brachymyrmex</i> sp. 2	5	4	II, III
<i>Brachymyrmex</i> sp. 3	11	9	I, II
<i>Camponotus</i> aff. <i>arboreus</i>	1	1	II
<i>Camponotus crassus</i> Mayr, 1862	9	8	I, II, III
<i>Camponotus novogranadensis</i> Mayr, 1870	9	8	II, III
<i>Camponotus renggeri</i> Emery, 1894	2	2	II
<i>Camponotus</i> sp. 1	3	3	I, II
<i>Camponotus</i> sp. 2	1	1	III
<i>Nylanderia</i> sp. 1	1	1	I
<i>Nylanderia</i> sp. 2	5	5	I, II, III
Myrmicinae			
<i>Acromyrmex</i> sp. 1	3	2	II
<i>Acromyrmex</i> sp. 2	4	3	II
<i>Atta</i> sp. 1	1	1	II
<i>Atta</i> sp. 2	1	1	II
<i>Atta</i> sp. 3	1	1	II
<i>Atta</i> sp. 4	1	1	II
<i>Apterostigma</i> sp. 1	1	1	III
<i>Cephalotes atratus</i> (Linnaeus, 1758)	2	2	I

TABELA 2 Continuação

<i>Cephalotes</i> sp. 1	1	1	II
<i>Cephalotes</i> sp. 2	7	5	I, II
<i>Crematogaster</i> aff. <i>chodati</i> **	4	2	I, II
<i>Crematogaster</i> aff. <i>evallans</i>	11	7	I, II, III
<i>Crematogaster</i> sp. 1	3	3	I, II
<i>Crematogaster</i> sp. 2	1	1	III
<i>Crematogaster</i> sp. 3	1	1	III
<i>Cyphomyrmex</i> aff. <i>rimosus</i> **	9	6	II, III
<i>Cyphomyrmex transversus</i> Emery, 1894	1	1	II
<i>Cyphomyrmex</i> sp. 1	2	2	II, III
<i>Cyphomyrmex</i> sp. 2	1	1	II
<i>Cyphomyrmex</i> sp. 3	1	1	II
<i>Cyphomyrmex</i> sp. 4	1	1	II
<i>Cyphomyrmex</i> sp. 5	1	1	I
<i>Mycetomoellerius</i> sp. 1	1	1	II
<i>Mycetomoellerius</i> sp. 2	17	11	I, II, III
<i>Mycetomoellerius</i> sp. 3	1	1	II
<i>Myrmicocrypta</i> sp. 1	3	3	I, III
<i>Myrmicocrypta</i> sp. 2	2	2	I, III
<i>Pheidole</i> cf. <i>oxyops</i> **	3	2	I, II
<i>Pheidole</i> cf. <i>radoszkowskii</i>	14	8	I, II, III
<i>Pheidole</i> (gr. <i>flavens</i>)	21	14	I, II, III
<i>Pheidole synarmata</i> Wilson, 2003	2	2	I, II
<i>Pheidole</i> sp. 1	32	11	I, II, III
<i>Pheidole</i> sp. 2	29	14	I, II, III
<i>Pheidole</i> sp. 3	27	11	I, II, III
<i>Pheidole</i> sp. 4	2	2	II
<i>Pheidole</i> sp. 5	1	1	II
<i>Pheidole</i> sp. 6	2	2	II, III
<i>Pheidole</i> sp. 7	1	1	II
<i>Pheidole</i> sp. 8	1	1	III
<i>Pheidole</i> sp. 9	3	3	I, III

TABELA 2 Continuação

<i>Pheidole</i> sp. 10	3	3	I, II, III
<i>Sericomyrmex</i> sp. 1	1	1	III
<i>Solenopsis</i> sp. 1	15	10	I, II
<i>Solenopsis</i> sp. 2	32	18	I, II, III
<i>Solenopsis</i> sp. 3	2	2	I, III
<i>Solenopsis tridens</i> Forel, 1911*	13	10	I, II, III
<i>Strumigenys</i> aff. <i>lilloana</i> **	1	1	II
<i>Strumigenys</i> sp. 1	8	8	I, II, III
<i>Strumigenys</i> sp. 2	1	1	II
<i>Wasmannia auropunctata</i> (Roger, 1863)	9	6	I, II, III
<i>Hylomyrma reitteri</i> (Mayr, 1887) *	1	1	III
<i>Ochetomyrmex semipolitus</i> Mayr, 1878	1	1	I
<i>Megalomyrmex silvestrii</i> Wheeler, 1909*	1	1	III
<i>Carebara</i> cf. <i>brevipilosa</i>	1	1	III
<i>Oxyepoecus vezenyii</i> (Forel, 1907)	3	2	III
Ponerinae			
<i>Anochetus</i> sp. 1	1	1	I
<i>Hypoponera</i> sp. 1	1	1	III
<i>Odontomachus</i> sp. 1	3	2	III
<i>Odontomachus haematodus</i> (Linnaeus, 1758)	1	1	II, III
<i>Pachycondyla crassinoda</i> (Latreille, 1802)	10	4	III
<i>Pachycondyla harpax</i> (Fabricius, 1804)	4	3	III
<i>Platythyrea angusta</i> Forel, 1901	1	1	II
Pseudomyrmecinae			
<i>Pseudomyrmex tenuis</i> (Fabricius, 1804)	1	1	II
<i>Pseudomyrmex</i> sp. 1	3	3	II, III
<i>Pseudomyrmex</i> sp. 2	2	2	II, III
<i>Pseudomyrmex</i> sp. 3	1	1	I

4.2 Composição de formigas com variáveis de vegetação e de paisagem

As variáveis de vegetação foram significativas para associação da composição de gêneros e espécies/morfoespécies de formigas com gramíneas e com densidade arbórea. Nas análises de paisagem encontramos associação da composição de gêneros e espécies/morfoespécies com focos de queimadas no raio de 200 e 300 m (Tabela 3). Estas variáveis foram também as que apresentaram maior gradiente de variação entre os pontos de ambientes de queima diferentes, com maior densidade arbórea nas áreas com baixa altura de gramíneas e número de focos de queimadas. Apesar de haver associação significativa das matrizes de espécies/gêneros e variáveis ambientais com a distância geográfica, em nenhum dos modelos esta variável foi selecionada devido à baixa influência no R² do modelo.

TABELA 3 Resultados das análises de MRM para associação das variáveis de vegetação e paisagem com gêneros e espécies de formigas, e associação das variáveis de vegetação e paisagem com espécies/morfoespécies de formigas. Os valores em negritos indicam efeitos significativos nas análises ($p < 0.05$).

Variáveis	Gêneros		Espécies	
	Coefficiente	p-valor	Coefficiente	p-valor
Vegetação				
Intercepto	0,4132	0,995	0,4456	1,000
Gramíneas	0,1098	0,009	0,1070	0,020
Dens. árvores	0,0901	0,010	0,0704	0,050
Arbustos	-	-	-	-
Serapilheira	-	-	-	-
Dist. geográfica	-	-	-	-
R ² total	0,183	0,006	0,136	0,047
R ² seleção	0,174	0,001	0,125	0,014
Paisagem				
Intercepto	0,4795	0,013	0,4752	0,103
Focos.100m	-	-	-	-
Focos.200m	-0,8100	0,001	-0,7937	0,001
Focos.300m	0,8350	0,001	0,8370	0,001
NDVI.100m	-0,4084	0,089	-	-
NDVI.200m	-	-	-	-
NDVI.300m	-	-	-	-

Dist. geográfica	-	-	-	-
R ² total	0,232	0,003	0,217	0,012
R ² seleção	0,225	0,001	0,197	0,005

Os pontos das áreas não queimadas apresentaram maior similaridade na estruturação da vegetação e paisagem, sendo que em nível de vegetação os pontos das áreas queimadas mostraram maiores dissimilaridades dos demais pontos (Figura 6 - B, D). Dessa maneira, os pontos com degradação da vegetação em áreas queimadas e pouco queimadas foram mais similares entre si nas análises de vegetação e paisagem. A composição de espécie de formigas dos pontos das áreas não queimadas tendeu a ser mais diferente dos pontos das áreas poucos queimadas e queimadas, no entanto apresentaram maiores dissimilaridade entre os pontos (Figura 6 - C).

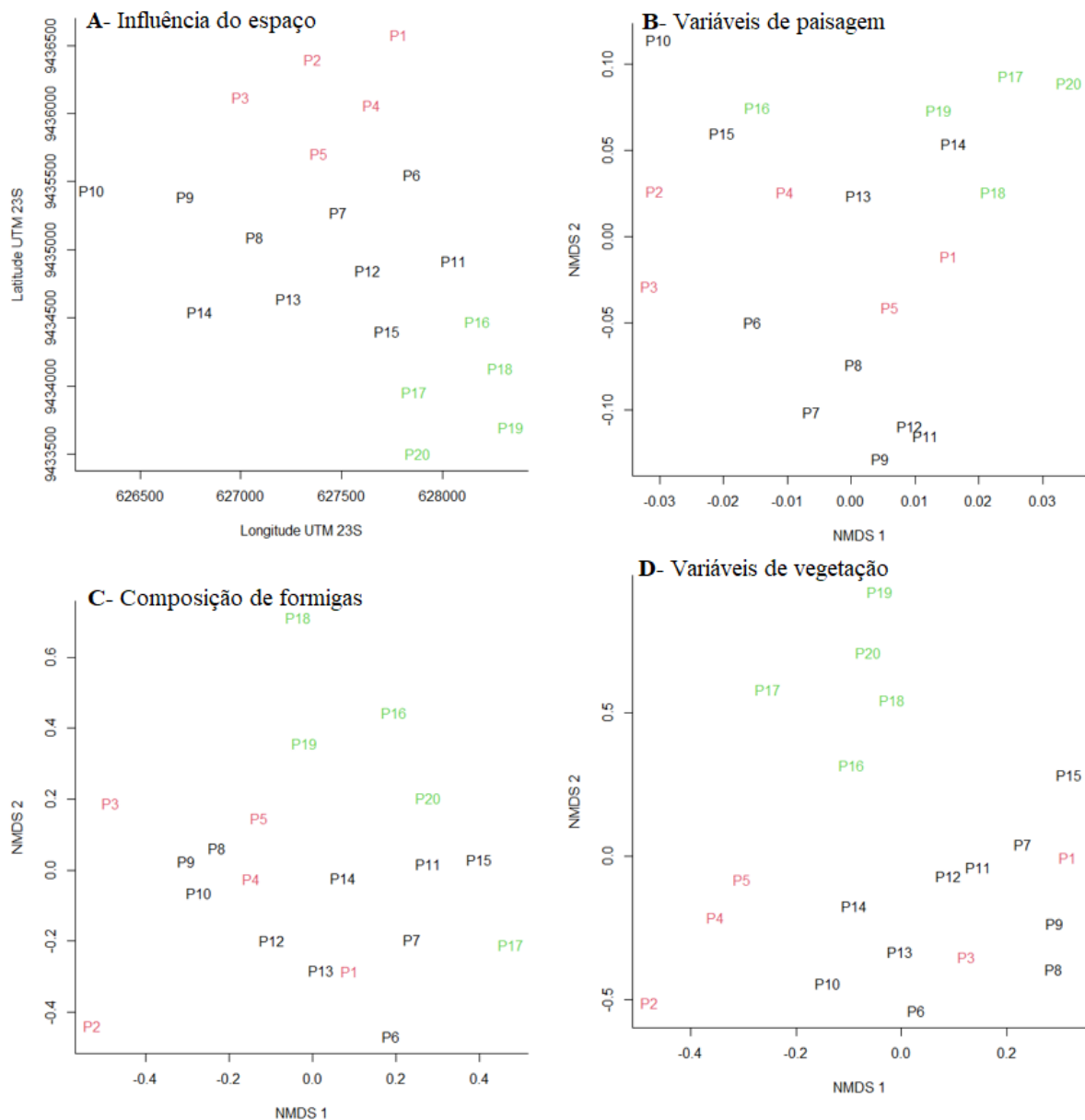


FIGURA 6 Gráfico de dispersão da distribuição dos pontos amostrais dos dois eixos do NMDS (escalonamento multidimensional não métrico). A) localização dos pontos por latitude e longitude, B) variáveis de paisagem, C) composição de formigas e D) variáveis de vegetação. Os pontos em vermelhos pertencem à área queimada, pontos pretos à área pouco queimada e os pontos verdes são das áreas não queimadas.

5 DISCUSSÃO

Nossos resultados suportam parcialmente as hipóteses testadas, uma vez que os dados de altura de serapilheira e arbustos, e cobertura da vegetação não influenciaram a composição de formigas. No entanto, (i) a composição de espécies e gêneros de formigas é associada às mudanças na vegetação, havendo maior importância das variações da densidade arbórea e altura de gramíneas entre os pontos; (ii) a intensidade de queimadas na escala de

paisagem foi correlacionado à composição de espécies e gêneros de formigas nos ambientes estudados, predominantemente nas escalas de 200 m e 300 m de raio.

Este é o primeiro estudo associando a composição de formigas com a estrutura de vegetação e paisagem no Cerrado maranhense. Até então, é o primeiro estudo com variáveis de focos de queimadas e índice de vegetação por diferença normalizada associados a formigas no Cerrado brasileiro. Nossos dados sugerem que o fogo é um coeficiente importante para estruturação da composição de formigas, além disso as gramíneas podem ser consideradas indicadores de composição de formigas em ambientes que apresentam distúrbios de queimadas. Apresentamos novos registros de espécies de formigas para o Maranhão, o que reforça uma grande diversidade e importância na realização de estudos da mirmecofauna nesta região.

5.1 Número de espécies e distribuição

Neste estudo inventariamos 97 espécies/morfoespécies de formigas, dados abaixo da média de espécies (129 espécies) registradas para áreas de cerrado no Maranhão (Prado et al., 2019), o que reforça a realização de estudos nestes ambientes. Nossos resultados apresentam identificações que ainda necessitam do material físico para identificações ao nível específico, uma vez que 37% dos dados apresentados foram identificados em nível de espécie por especialistas. No entanto destacamos, pela primeira vez para o Maranhão, o registro de três espécies (*Solenopsis tridens* Forel, 1911, *Hylomyrma reitteri* (Mayr, 1887), *Megalomyrmex silvestrii* Wheeler, 1909) e a possibilidade de quatro a serem confirmadas (*Crematogaster* aff. *chodati*, *Cyphomyrmex* aff. *rimosus*, *Pheidole* cf. *oxyops*, *Strumigenys* aff. *lilloana*).

Solenopsis tridens Forel, 1911, são formigas que formam colônias populosas e são agressivas em seus hábitos de forrageamento (Pitts et al., 2018), são consideradas inquilinas por nidificarem em paredes dos ninhos de outras formigas (Pacheco & McKay, 2013). *Hylomyrma reitteri* (Mayr, 1887) é comum em ambientes de serapilheira em floresta úmida e seca, vegetação rasteira e sucessional (Baccaro et al., 2015; Ulysséa & Brandão, 2021). *Megalomyrmex silvestrii* Wheeler, 1909, ocorre em habitats florestais úmidos, nidificando em madeira morta e em cavidades no solo (Longino, 2010). No nosso estudo, *Hylomyrma reitteri* (Mayr, 1887) e *Megalomyrmex silvestrii* Wheeler, 1909, foram encontradas exclusivamente em pontos amostrais em área com maior densidade arbórea e composição de serapilheira, que favoreceu a ocorrência destas espécies.

Crematogaster chodati, são oportunistas e possuem hábitos generalistas (Bueno et al., 2017), podem construir seu ninho em árvores, contidas em um único galho morto (Longino, 2003). *Cyphomyrmex rimosus*, é considerada a espécie mais abundante em áreas abertas

(AntWiki, 2022), em habitats urbanos e florestais (Seal & Tschinkel, 2007). *Pheidole oxyops* é uma espécie típica em áreas de cerrado (Gomes et al., 2021), constrói ninhos subterrâneos facilmente reconhecíveis devido sua formação (Forti et al., 2007). *Strumigenys* é considerado um dos gêneros megadiverso na região nordeste do Brasil (Jory & Feitosa, 2020), nidificando em ambiente de serapilheira (Fernandéz et al., 2019).

Myrmicinae e Formicinae apresentaram as maiores riquezas de espécies, sendo as subfamílias mais representativas em estudos faunísticos, amplamente distribuídas geograficamente e adaptáveis a diversos nichos, como mostra os estudos desenvolvidos no cerrado (Brandão et al., 2011; Vale Júnior et al., 2017; Prado et al., 2019). Outros estudos nos mostram resultados semelhantes, como de Costa-Milanez et al., (2015) e Castro et al., (2020).

Pheidole e *Cyphomyrmex*, foram os gêneros mais ricos neste estudo, são comuns em ambientes degradados (Crepaldi et al., 2014). *Pheidole* é o mais diverso na região Neotropical e apresenta espécies com grande capacidade de nidificar em habitats antropizados e algumas bioindicadoras de ambientes perturbados por queimadas (Fernandéz, 2003; Albuquerque et al., 2017). *Cyphomyrmex* é um gênero cultivador de fungo, suas espécies podem nidificar em ambientes superficiais, como em pedaços de folhas, flores secas e em troncos em decomposição (Lopes, 2007; Bacarro et al., 2015), podem ser encontradas em ambientes agroflorestais (Oliveira et al., 2015).

Atta foi o gênero mais abundante neste estudo, as espécies deste gênero foram restritamente registradas na área pouco queimada encontrada em estado de regeneração da vegetação e área heterogênea, as espécies deste gênero são conhecidas por responderem positivamente às alterações ambientais (Leal et al., 2014). O gênero *Solenopsis*, ocorreu em 90% dos pontos amostrais, seus representantes são comuns em locais alterados (Holldobler & Wilson, 1990; Vale Júnior et al., 2017), e algumas espécies são consideradas indicadores de áreas queimadas (Albuquerque et al., 2017).

Ectatomma muticum Mayr, 1870 e *Labidus* sp. 2 foram as espécies mais distribuídas entre os locais, esse fator pode estar associado aos estágios de vegetação que estas se encontram e ao modo de vida das espécies. As espécies de *Ectatomma* apresentam maiores ocorrências em estágio sucessional de vegetação avançado (Oliveira et al., 2015), as espécies de *Labidus* são formigas legionárias, apresentam comportamento nômade o que justifica sua ampla distribuição entre os pontos neste estudo (Powell & Clark, 2004; Oliveira et al., 2015). A espécie *Pachycondyla crassinoda* (Latreille, 1802) foi restrita às áreas preservadas e pode ser considerada como espécie-chave bioindicadora de áreas menos degradadas, uma vez que esta

espécie possui uma necessidade ecológica de colonizar ambientes arborizados com boa produção de serapilheira (Rocha et al., 2015).

A baixa riqueza de espécies de formigas neste estudo pode ser atribuída ao esforço amostral. Alguns estudos em áreas de cerrado a riqueza de espécies foram substancialmente maiores, como de Maravalhas & Vasconcelos, (2014) e Queiroz et al., (2020), que apresentaram uma discrepância de 49% a mais na quantidade de amostras de espécies coletadas quando comparadas com nosso estudo. Uma vez que a vegetação fornece recursos alimentares e espaços para nidificação de formigas (Uhey et al., 2020), a riqueza de espécies pode ser correlacionada também à composição da vegetação, precipitação e temperatura (Jenkins et al., 2011; Vargas et al., 2018).

5.2 Composição de formigas com variáveis de vegetação

Os modelos selecionados neste estudo mostraram que a composição de formigas foi influenciada pela altura de gramíneas. Estas variáveis são consideradas preditores eficientes na riqueza de formigas (Queiroz et al., 2017; Dalle Laste et al., 2019), principalmente em áreas de cerrado (Vasconcelos et al., 2008; Queiroz et al., 2017). Estudos desenvolvidos em áreas de savanas na Austrália encontraram 75% da amostragem de espécies de formigas exclusivas em ambientes abertos (Van Ingen et al., 2008). Nossos resultados mostram que muitas espécies de formigas forrageiam em áreas com gramíneas, como as do gênero *Camponotus*. Andersen et al., (2007), em seus estudos em área de savanas australiana encontraram 27 espécies formigas em áreas com a mesma característica, em destaque as do gênero *Camponotus* sendo o segundo mais rico. Destacamos ainda *Dorymyrmex* sp. 1 a mais frequente (FEP = 13) nas áreas com maiores médias de gramíneas (AQ, APQ), estas espécies nidificam em habitats secos ou perturbados, geralmente em solo sem cobertura vegetal (Cuezzo & Guerrero, 2012).

As queimadas removem a biomassa acima do solo e favorece na abertura do dossel e desenvolvimento de gramíneas. Dessa maneira a vegetação exposta à luz e temperatura (Veiga et al., 2015), favorece no desenvolvimento das colônias de formigas (Almeida et al., 2007) e fornecem nichos essenciais para sua nidificação de formigas (Souza et al., 2015), podendo ser de grande valor como substituto de nicho para a diversidade local (Lassau & Hochuli, 2004). Apesar dos ambientes com gramíneas apresentarem um sistema faunístico diverso, existem poucos estudos voltados à composição faunística neste tipo de vegetação (Bond & Parr, 2010).

A altura da serapilheira não influenciou na composição das espécies de formigas, outros estudos apresentaram resultados semelhantes utilizando a mesma variável (Delabie &

Fowler, 1995; Lassau & Hochuli 2004; Gomes et al., 2013). A vegetação das áreas estudadas teve maior predominância de campo aberto, ação de atividades antrópicas, queimadas e solo com inclinações que conseqüentemente devem interferir na deposição de serapilheira (Costa et al., 2005). A diversidade de serapilheira influencia à composição de formigas epigéicas, pois muitas espécies nidificam neste ambiente (Queiroz et al., 2017), como, do gênero *Solenopsis* que apresenta maior ocorrência em área de cerrado (Marinho et al., 2002) e *Brachymyrmex* que parecem serem sensíveis às modificações do habitat (Delabie et al., 2000). Estima-se que 63% das espécies de formigas descritas no mundo estão presentes no solo e serapilheira (Wall & Moore, 1999).

A densidade de árvores, foi correlacionada com a composição de formigas, resultados semelhantes a outros estudos (Parui et al., 2015; Queiroz et al., 2017). Ambientes com vegetação mais diversificada podem apresentar maior diversidade de formigas (Martins et al., 2011), pois a complexidade ambiental apresenta maior disponibilidade de recursos alimentares, ninho e fatores ambientais, como, temperatura, luz, umidade do solo (Lassau & Hochuli, 2004; Amaral et al., 2019). Os fatores microclimáticos (Queiroz & Ribas, 2016) e a disponibilidade de locais para nidificação é uma influência importante na estrutura da comunidade de formigas (Andersen, 2000).

5.3 Composição de formigas com variáveis de paisagem

A composição de formigas foi associada com focos de queimadas em escalas maiores (200 e 300 m), apesar de não encontrarmos dados com as mesmas análises por registros de satélite, estudos desenvolvidos em Cerrado mostraram mudança na composição de espécies em áreas pós queimadas (Costa-Milanez et al., 2014).

Outros estudos encontraram que o efeito da queima não afeta diretamente a composição de formigas (Vasconcelos et al., 2009; Frizzo et al., 2012; Andersen et al., 2014). Albuquerque et al., (2017), no estudo realizado em áreas de pastagens queimadas e não queimadas da Mata Atlântica, verificaram que a composição das espécies de formigas foi diferente entre as áreas queimadas e não queimadas. A maioria dos estudos mostram os efeitos de queimadas relacionados com a presença ou ausência de fogo, e mesmo assim as assembleias de formigas parecem ser notavelmente resistentes e resilientes ao fogo (Parr et al., 2004).

Estudo desenvolvidos por Frizzo et al., (2012), em áreas de savanas detectaram trocas de espécies de formigas entre os ambientes queimados e não queimados. As substituições de espécies entre os ambientes, estão relacionadas aos mosaicos formados na paisagem (Bond & Parr, 2010), provenientes da queima da vegetação que é considerado um dos principais

elementos da heterogeneidade do hábitat em áreas de savanas (Trauernicht et al., 2012), que reflete na disponibilidade de áreas de nidificação de formigas (Bianchi, 2018). Esta mudança na estrutura da vegetação pode influenciar na composição local de espécies, sendo a dissimilaridade de composição entre comunidades um componente importante da biodiversidade (Ramos et al., 2018).

6 CONCLUSÃO

A composição de formigas pode ser influenciada pela estruturação dos ecossistemas, fatores importantes que servem de subsídios em estudos ambientais. Deste modo, enfatizamos a importância das gramíneas, pois apresentam efeitos na estruturação da comunidade de formigas em áreas de Cerrado. Além disso, a densidade arbórea pode favorecer a presença de algumas espécies e afetar a composição de formigas. As gramíneas e as árvores podem oferecer nichos com variedade de recursos alimentares e locais para nidificação que influenciam a composição de espécies de formigas.

Evidenciamos que os focos de queimadas estão associados à composição de gêneros e morfoespécies de formigas. O fogo é um elemento essencial na estruturação da paisagem em áreas de Cerrado, dessa forma sugerimos a realização de estudos voltados às análises de focos de queimadas sobre o efeito deste coeficiente na composição de espécies de formigas.

REFERÊNCIAS

- Agosti, D., Majer, J.D., Alonso, L.E., Schultz, T.R. (2000) Métodos padrão para medição e monitoramento da biodiversidade. *Smithsonian Institution*, Washington DC, **9**, 280.
- Albuquerque, E.Z., Diehl, E., Silva, R.R. (2017) Structure of ground-dwelling ant communities in burned and unburned areas in Brazilian subtropical grasslands. *Entomological Science*, **20**, 427– 436. DOI: 10.1111/ens.12270.
- Almeida, F.S., & Queiroz, J.M. (2015) Formigas poneromorfas como engenheiras de ecossistemas: impactos sobre a biologia, estrutura e fertilidade dos solos. In: DELABIE, JHC., et al., orgs. *As formigas poneromorfas do Brasil*. Ilhéus, BA: Editus. ISBN 978-85-7455- 441-9. 437-446.
- Almeida, F.S., Queiroz, J.M., Mayhé-Nunes, A.J. (2007) Distribuição e abundância de ninhos de *Solenopsis invicta* Buren (Hymenoptera: Formicidae) em um agroecossistema diversificado sob manejo orgânico. *Floresta e Ambiente*, **14**, 1, 33-43.
- Altieri, M.A. (1999) The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **74**, 19-31.
- Amaral, G., Vargas, A., Almeida, F. (2019) Efeitos de atributos ambientais na biodiversidade de formigas sob diferentes usos do solo. *Ciência Florestal*, **29**, 2, 660-672. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509833811>
- Andersen, A.N. (2000) Global ecology of rainforest ants: functional groups in relation to environmental stress and disturbance. In: Agosti, Donet; Majer, J.D.; Alonso, Leeanne; Schultz, Ted R. Eds, editor/s. *Ants: Standard Methods for Measuring and Monitoring Biodiversity*. Washington: Smithsonian Institution Press. 25-34. Disponível em: <http://hdl.handle.net/102.100.100/207377?index=1>
- Andersen, A.N. (2019) Responses of ant communities to disturbance: five principles for understanding the disturbance dynamics of a globally dominant faunal group. – *J. Anim. Ecol*, **88**, 350–362.
- Andersen, A.N., Parr, C.L., Lowe, L., Müller, W. (2007) Contrasting fire-related resilience of ecologically dominant ants in tropical savannas of northern Australia. *Diversity and Distributions*, **13**, 438-446. DOI: <https://doi-org.ez14.periodicos.capes.gov.br/10.1111/j.1472-4642.2007.00353.x>

- Andersen, A.N., Ribbons, R.R., Pettit, M., Parr, C.L. (2014) Burning for biodiversity: comunidades de formigas altamente resilientes respondem apenas a regimes de fogo fortemente contrastantes nos trópicos sazonais da Austrália. *J Appl Ecol*, **51**, 1406-1413. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12307>
- Andersen, A.N., Woinarski, J.C.Z., Parr, C.L. (2012) Savanna burning for biodiversity: fire management for faunal conservation in Australian tropical savannas. *Austral Ecol.*, **37**, 658–667.
- AntWeb.org. (2022). Disponível em: www.antweb.org
- Antwiki.org. (2022). Disponível em: https://www.antwiki.org/wiki/Welcome_to_AntWiki
- Arruda, F.V. et al. (2018) Trends and gaps of the scientific literature about the effects of fire on Brazilian Cerrado. *Biota Neotropica*, **18**, 1, e20170426. DOI: <https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2017-0426>.
- Arruda, F.V., Izzo, T.J., Teresa, F.B., Camarota, F. (2020) Different burning intensities affect cavity utilization patterns by arboreal ants in a tropical savanna canopy. *Ecological Indicators*, **116**, 106493, ISSN 1470-160X. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106493>.
- Baccaro, F.B., Feitosa, R.M., Fernández, F., Fernandes, I.O., Izzo, T.J., Souza, J. L. P., Solar, R. (2015) *Guia para os gêneros de formigas do Brasil*. Editora INPA, Manaus, 1-355.
- Berlinck, C.N., Lima, L.H. A., Carvalho, E.A. R. (2021) Historical survey of research related to fire management and fauna conservation in the world and in Brazil. *Biota Neotropica*, **21**, 3 e20201144. DOI: <https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2020-1144>
- Bernardes Júnior, E.J., Rocha, E.C., Jesus, F.G., Oliveira, M.A., Araújo, M.S. (2020) Dry Forest Fragmentation in Brazilian Cerrado and Its Effects on Communities of Ground Foraging Ants. *Source: Florida Entomologist*, **103**, 3, 384-391. DOI: <https://doi.org/10.1653/024.103.0311>.
- Bianchi, R.A. (2018) Estratificação vertical de espécies de formigas epigéicas e hipogéicas em campos de murundus do cerrado.
- Bond, W.J. & Parr, C.L. (2010) Beyond the forest edge: Ecology, diversity and conservation of the grassy biomes. *Biological Conservation*, **143**, 2395–2404.

- Brandão, C.R.F., Silva, R.R., Feitosa, R.M. (2011) Brazilian Savanna ground-dwelling ants (Hymenoptera: Formicidae) as indicators of edge effects. *Zoologia*, **28**, 379-387. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1984-46702011000300012>
- Brando, P., Macedo, M., Silvério, D., Rattis, L., Paolucci, L., Alencar, A., COE, M., Amorim, C. (2020). Amazon wildfires: Scenes from a foreseeable disaster. *Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*. **268**, 151609.
- Brown, K.S. (1997) Diversity, disturbance, and sustainable use of neotropical forests: insects as indicators for conservation monitoring. *Journal of Insect Conservation*, **1**, 25-42.
- Bueno, O.C.; Campos, A.E.C.; Morini, M.S. C. (2017) *Formigas em ambientes urbanos no Brasil*. 1º Ed. Bauru: Canal 6 Editora.
- Carvalho, A.P.R., Silva, C.G., Fonseca, A. R. (2011) Diversidade de formigas em um hospital público no município de Chapadinha, Maranhão, Brasil. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, **11**, 2, 67-73.
- Castro, F.S., Da Silva, P.G., Solar, R., Fernandes, G.W., Neves, F.S. (2020) Environmental drivers of taxonomic and functional diversity of ant communities in a tropical mountain. *Insect Conserv Divers*, **13**, 393-403. DOI: <https://doi-org.ez14.periodicos.capes.gov.br/10.1111/icad.12415>
- Chapman, R.E. & Bourke, A.F.G. (2001) The influence of sociality on the conservation biology of social insects. *Ecology Letter*, **4**, 650-662.
- Córdova, M., Chaves, C.L., Manfredi-Coimbra, S. (2009) Fauna do solo x vegetação: estudo comparativo da diversidade edáfica em áreas de vegetação nativa e povoamentos de *Pinus sp.* *Geoambiente On-line*, Jataí, **12**, 30-41. Disponível em: <http://www.revistas.ufg.br/index.php/geoambiente/article/view/25981/14950>
- Correia Filho, F.L., Gomes, E.R., Nunes, O.O., Lopes Filho. (2011) Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea, estado do Maranhão: relatório diagnóstico do município de São João do Soter. Teresina, *CPRM - Serviço Geológico do Brasil*, 31 p.
- Costa, F., Magnusson, W., Luizao, R. (2005) Mesoscale Distribution Patterns of Amazonian Understorey Herbs in Relation to Topography, Soil and Watersheds. *The Journal of Ecology*, **93**, 5, 863-878.

- Costa-Milanez, C.B., Ribeiro, F.F., Castro P. T. A., Majer, J. D., Ribeiro, S. P. (2015) Effect of fire on ant assemblages in Brazilian Savanna in areas containing vereda wetlands. *Sociobiology*. **62**, 494-505.
- Crepaldi, R.A., Portilho, I.I.R., Silvestre, R., Mercante, F.M. (2014) Ants as bioindicators of soil quality in integrated crop-livestock system/Formigas como bioindicadores da qualidade do solo em sistema integrado lavoura-pecuaria. *Ciência Rural*, **44**, 5, 781-787. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782014000500004>
- Cuezzo, F., Guerrero, R.J. (2012) " The Ant Genus *Dorymyrmex* Mayr (Hymenoptera: Formicidae: Dolichoderinae) na Colômbia ", *Psyche: A Journal of Entomology*, **2012**, ID 516058, 24. DOI: <https://doi.org/10.1155/2012/516058>
- Dalle Laste, K.C., Durigan, G. and Andersen, A.N. (2019) Biodiversity responses to land-use and restoration in a global biodiversity hotspot: Ant communities in Brazilian Cerrado. *Austral Ecology*, **44**, 313-326. DOI: <https://doi-org.ez14.periodicos.capes.gov.br/10.1111/aec.12676>
- Dáttilo, W. (2012). Influence of cave size and presence of bat guano on ant visitation. *Sociobiology*, **59**, 2, 549-559.
- Delabie, J. H.C. & Fowler, H.G. (1995) Soil and litter cryptic ant assemblages of Bahian cocoa plantations. *Journal article: Pedobiologia*, **39**, 5, 423-433.
- Delabie, J.H.C., Agosti, D., Nascimento, I.C. (2000). Litter ant communities of the Brazilian Atlantic rain forest region. In: D. Agosti, J.D. Majer, L. Alonso & T. Schultz (eds). Sampling ground-dwelling ants: case studies from the worlds' rain forests. (S. l.): *School of Environmental Biology*, (Bulletin,18).
- Díaz, S., Reyers, B., Bergendorff, T., Brussaard, L., Cooper, D., Cramer, W., Duraiappah, A., Elmqvist, T., Faith, D. P., Fonseca, G., Hammond, T., Jackson, L.E., Krug, C., Larigauderie, N., Leadley, P.W., Prestre, P., Lonsdale, M., Lovejoy, T. E., Mace, G.M., Matsuda, H., Mooney H. A., Prieur-Richard, A., Pulleman, M., Rosa, E. A., Scholes, R.J., Spehn, E., Turner II, B. L., Williams, M. J., Yahara, T. (2012) Recomendações para a Rio+20: Biodiversidade e ecossistemas para um planeta sob pressão. Conferência Internacional Planet under Pressure: New Knowledge Towards Solutions (Planeta sob Pressão: Novos conhecimentos em busca de soluções). Compilado por: The Scientific Committee of DIVERSITAS e United Nations Scientific and Technical Advisory Panel to

the Global Environmental Facility (STAP), com a colaboração do Global Environmental Facility Secretariat (GEF) e do Secretariado da Convenção sobre Diversidade Biológica (CBD), 1-8.

- Dorval, A., Peres, O.M., Jorge, V.C., Souza, M.D., Rocha, W.D. (2017) Diversidade de formigas em fragmento de cerradão submetido à exploração de madeira em Cuiabá, MT.
- Dunn, R.R., Agosti, D., Andersen, A.N., Arnan, X., Bruhl, C. A., Cerda, X., Ellison, A.M., Fisher, B.L., Fitzpatrick, M.C., Gibb, H., Gotelli, N.J., Gove, A. D., Guenard, B., Janda, M., Kaspari, M., Laurent, E.J., Lessard, J.P., Longino, J.T., Majer, J.D., Menke, S.B., Mcglynn, T.P., Parr, C.L., Philpott, S.M., Pfeiffer, M., Retana, J., Suarez, A.V., Vasconcelos, H.L., Weiser, M.D., Sanders, N.J. (2009) Climatic drivers of hemispheric asymmetry in global patterns of ant species richness. *Ecological Letters*, **12**, 324–333.
- Fernández, F. (2003) *Introducción a las hormigas de la región Neotropical*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 398p.
- Fernández, F., Guerrero, R.J., Delsinne, T. (2019) Hormigas de Colombia. Primera edición. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. *Instituto de Ciencias Naturales*, 1200 p.
- Forti, L.C., Camargo, R.S., Fujihara, R.T., Lopes, J.F.S. (2007) A arquitetura do ninho da formiga, *Pheidole oxyops* Forel, 1908 (Hymenoptera: Formicidae). *Insect Science*, **14**, 437-442. DOI: <https://doi-org.ez14.periodicos.capes.gov.br/10.1111/j.1744-7917.2007.00171.x>
- Frizzo, T.L.M., Bonizário, C., Borges, M.P., Vasconcelos, H.L. (2011) Revisão dos efeitos do fogo sobre a fauna de formações savânicas do Brasil. *Oecologia Australis*, **15**, 365-379.
- Frizzo, T.L.M., Campos, R. I., Vasconcelos, H. L. (2012) Contrasting Effects of Fire on Arboreal and Ground-Dwelling Ant Communities of a Neotropical Savanna. *Biotropica*, **44**, 254-261. DOI: <https://doi-org.ez14.periodicos.capes.gov.br/10.1111/j.1744-7429.2011.00797.x>
- Gomes, D.S. et al. (2013) Resposta da assembleia de formigas na interface solo-serapilheira a um gradiente de alteração ambiental. Iheringia. *Série Zoologia*, **103**, 2, 104-109. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0073-47212013000200004>

- Gomes, E.C.F, Ribeiro, G.T., Souza, T.M.S., Souza-Souto, L., (2014) Ant assemblages (Hymenoptera: Formicidae) in three different stages of forest regeneration in a fragment of Atlantic Forest in Sergipe. *Brazil. Sociobiology*, **61**, 250-257. DOI: <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v61i3.250-257>.
- Gomes, I.J.M.T., Campos, R.I. & Vasconcelos, H.L. (2021) Ecology of *Pheidole oxyops* Forel, 1908, a dominant ant in neotropical savannas. *Insect. Soc.* **68**, 69–75. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00040-021-00807-7>
- Goslee, S.C. & Urban, D.L. (2007) The ecodist package for dissimilarity-based analysis of ecological data. *Journal of Statistical Software*, **22**, 7, 1-19.
- Gutiérrez, J.A.M., Rousseau, G.X., Andrade-Silva, J., Delabie, J.H.C. (2016) Taxones superiores de hormigas como substitutos de la riqueza de especies, en una cronosecuencia de bosques secundarios, bosque primario y sistemas agroforestales en la Amazonía Oriental, Brasil. *Revista de Biología Tropical*, **65**, 1, 279. DOI: 10.15517 / rbt. v65i1.23526
- Holldobler, B. & Wilson, E.O. (1990) *The Ants*. Cambridge: Belknap Press of Harvard University Press, 732.
- INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. (2020) Portal do Monitoramento de Queimadas e Incêndios Florestais. Disponível em: <http://www.inpe.br/queimadas>.
- Jenkins, C.N., Sanders, N.J., Andersen, A.N., Arnan, X., Bruhl, C.A., Cerda, X., Ellison, A.M., Fisher, B.L., Fitzpatrick, M.C., Gotelli, N.J., Gove, A.D., Guénard, B., Lattke, J. E., Lessard, J., Mcglynn, T.P., Menke, S.B., Parr, C.L., Philpott, S.M., Vasconcelos, H.L., Weiser, M.D., Dunn, R.R. (2011) Global diversity in light of climate change: the case of ants. *Diversity and Distributions*, **17**, 652– 662.
- Jory, T.T., & Feitosa, R.M. (2020) First survey of the ants (Hymenoptera, Formicidae) of Piauí: filling a major knowledge gap about ant diversity in Brazil. *Papéis Avulsos de Zoologia.*, **60**, e20206014. DOI: <https://doi.org/10.11606/1807-0205/2020.60.14>.
- Klink, C.A., Machado, R.B. (2005) Conservation of the Brazilian Cerrado. *Conservation Biology*, **19**, 707-713.
- Lassau, S.A. & Hochuli, D. F. (2004) Effects of habitat complex on ant assemblages. *Ecografia*, **27**, 157-164. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.0906-7590.2004.03675.x>

- Leal I.R., Wirth R., Tabarelli M. (2014) The multiple impacts of leaf-cutting ants and their novelecolological role in human-modified neotropical forests. *Biotropica*, **46**, 516– 28.
- Lichstein, J. W. (2007) Regressão múltipla em matrizes de distância: uma ferramenta de análise espacial multivariada. *Plant Ecol.*, **188**, 117–131. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11258-006-9126-3>
- Longino, J.T. (2003) The *Crematogaster* of Costa Rica. *Zootaxa*, **151**, 1-150. https://www.antwiki.org/wiki/images/a/ab/Longino_2003a.pdf
- Longino, J.T. (2010). A taxonomic review of the ant genus *Megalomyrmex* Forel (Hymenoptera: Formicidae) in Central America. *Zootaxa*, **2720**, 1, 35-58.
- Lopes, B.C. (2007) Ecologia de forrageio de *Cyphomyrmex morchi*, Emery (Hymenoptera, Formicidae) em vegetação de restinga no sul do Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, Curitiba, **24**, 1, 52-56.
- Maravalhas, J. & Vasconcelos, H.L. (2014) Revisiting the pyrodiversity–biodiversity hypothesis: long-term fire regimes and the structure of ant communities in a Neotropical savanna hotspot. *J Appl Ecol*, **51**, 1661-1668. <https://doi-org.ez14.periodicos.capes.gov.br/10.1111/1365-2664.12338>
- Marinho, C.G., Zanetti, R., Delabie, J.H., Schlindwein, M. N., & Ramos, L. D. S. (2002) Diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) da serapilheira em eucaliptais (Myrtaceae) e área de cerrado de Minas Gerais. *Neotropical Entomology*, **31**, 187-195.
- Marini-Filho, O.J. (2000) Distance-Limited Recolonization of Burned Cerrado by Leaf-Miners and Gallers in Central Brazil. *Community and Ecosystem Ecology*, **29**, 901-906.
- Martensen, A.C., Ribeiro, M.C., Banks-Leite, C., Prado, P.I., Metzger, J.P. (2012) Associations of Forest Cover, Fragment Area, and Connectivity with Neotropical Understory Bird Species Richness and Abundance. *Conservation Biology*, **26**, 6, 1100–1111.
- Martins, L., Almeida, F.S., Mayhé-Nunes, A.J., Vargas, A.B. (2011) Efeito da complexidade estrutural do ambiente sobre a comunidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) no município de Resende, RJ, Brasil. *R. bras. Bioci.*, Porto Alegre, **9**, 2, 174-179. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/seerbio/ojs/index.php/rbb/article/view/1653>
- Myers, R.L. (2006) Living with Fire: Sustaining Ecosystems & Livelihoods Through Integrated Fire Management. *The Nature Conservancy*, Global Fire Initiative.

- Neves, F.S., Queiroz-Dantas, K.S., Rocha, W.D., Delabie, J.H.C. (2013) Ants of Three Adjacent Habitats of a Transition Region Between the Cerrado and Caatinga Biomes: The Effects of Heterogeneity and Variation in Canopy Cover. *Neotropical Entomology*, **42**, 258-268. DOI: 10.1007/s13744-013-0123-7
- Neves, L.M., Lutinski, J.A., Sabedotbordin, S.M., Busato, M.A. (2019) Formigas (Hymenoptera: Formicidae) que ocorrem em ambientes de reciclagem do município de Chapecó. *Revista NBC*, **9**, 67-82. DOI: 10.5327/Z2176-947820180402
- Nyamukondiwa, C., Addison, P. (2014) Food Preference and Foraging Activity of Ants: Recommendations for Field Applications of Low-Toxicity Baits. *Journal of Insect Science*, **14**, 48. DOI: <https://dx.doi.org/10.1093%2Fjis%2F14.1.48>
- Oksanen J., Blanchet, F. G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlinn, D., Minchin, P. R., O'Hara, R. B., Simpson, G. L., Solymos, P., Stevens, M. H. H., Szoecs, E., Wagner H. (2020) vegan: Community Ecology Package. *R package version*, **2**, 5-7. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- Oliveira, D.M., Franco, F.S., Schlindwein, M.N., Leite, E.C., Branco, C.S. (2015) Mirmecofauna em agroecossistemas e sua função na transição agroecológica. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, **10**, 3, 37.
- Oliveira, I.R.R.P., Ferreira, A.N., Viana Júnior, A.B.V., Dantas, J.O., Santos, M.J.C., Ribeiro, M.J.B. (2016) Diversidade de Formigas (Hymenoptera; Formicidae) edáficas em três estágios sucessionais de Mata Atlântica em São Cristóvão, Sergipe. *Agroforestalis News*, **1**, 48-58.
- Oliveira, M.A.O., Gomes, C.F.F., Pires, E.M., Marinho, C.G.S.M., Lucia, T.M.C.D. (2014) Bioindicadores ambientais: insetos como um instrumento desta avaliação. *Fitossanidade Plant Protection- Rev. Ceres*, **61**, 800-807. DOI: <https://doi.org/10.1590/0034-737x201461000005>
- Oliveira, Marina V. de et al. (2018) Ninhos de *Atta sexdens* (Hymenoptera: Formicidae) podem afetar a estrutura da assembleia de artrópodes do solo na Mata Atlântica? *Iheringia. Série Zoologia*, **108**, e2018009. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4766e2018009>

- Pacheco, J.A., & Mackay, W.P., (2013) A sistemática e biologia das formigas ladrões do Novo Mundo do gênero *Solenopsis* (Hymenoptera: Formicidae). Edwin Mellen Press, Lewiston, Nova York. 501 pp.
- Paolucci, L.N., Maia, M.L.B., Solar, R.R.C., Campos, R.I., Schoereder, J.H., Andersen, A.N. (2016) Fire in the Amazon: impact of experimental fuel addition on responses of ants and their interactions with myrmecochorous seeds. *Oecologia*, **182**, 335–346.
- Parr, C.L., Robertson, H.G., Biggs, H.C., Chown, S.L. (2004) Response of African savanna ants to long-term fire regimes. *Journal of Applied Ecology*, **41**, 630-642. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.0021-8901.2004.00920.x>
- Parui, A., Chatterjee, S., Basu, P. (2015) Habitat characteristics shaping ant species assemblages in a mixed deciduous forest in Eastern India. *Journal of Tropical Ecology*, **31**, 3, 267-280. DOI:10.1017/S0266467415000036
- Peixoto, T.S., de Lurdes Praxedes, C., Baccaro, F.B., Barbosa, R.I., Júnior, M.M. (2010) Composição e riqueza de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em savana e ambientes associados de Roraima. *Revista Agro@mbiente On-line*, **4**, 1, 1-10.
- Philpott, S.M., Perfecto, I., Armbrrecht, I., Parr, C.L. (2010) Diversidade e função de formigas em habitats perturbados e em mudança. *Ant Ecology* (eds L. Lach, CL Parr & KL Abbott), 137 – 156. Oxford University Press, Nova York.
- Pitts, J.P., Camacho, G.P., Gotzek, D., McHugh, J.V., Ross, K.G. (2018) Revision of the fire ants of the *Solenopsis saevissima* species group (Hymenoptera: Formicidae). *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, **120**, 308–411.
- Powell, S., & Clark, E. (2004) Combate entre grandes sociedades derivadas: uma formiga de correição subterrânea estabelecida como predadora de colônias de formigas cortadeiras maduras. *Insectes Sociaux*, **51**, 4, 342-351.
- Prado, L.P., Feitosa, R.M., Triana, S.P.T., Gutiérrez, J.A.M., Rousseau, G.X., Silva, R. A., Siqueira, G.M., Santos, C.L.C.S., Silva, F.V., Silva, A.C.F., Casadei-Ferreira, A., Silva, R.R.; Andrade-Silva, J. (2019) An overview of the ant fauna (Hymenoptera: Formicidae) of the state of Maranhão, Brazil. *Pap. Avulsos Zool.*, **59**, 1-14. DOI: <https://doi.org/10.11606/1807-0205/2019.59.38>

- Queiroz, A. & Ribas, C. (2016) Canopy cover negatively affects arboreal ant species richness in a tropical open habitat. *Brazilian Journal of Biology*, **76**, 4, 864-870.
- Queiroz, A.C., Rabello, A.M., Braga, D.L., Santiago, G.S., Zurlo, L.F., Philpott, S.M., Ribas, C.R. (2020) Cerrado vegetation types determine how land use impacts ant biodiversity. *Biodivers Conserv*, **29**, 6, 2017-2034.
- Queiroz, A.C.M., Rabello, A.M., Braga, D.L et al. (2017) Os tipos de vegetação do Cerrado determinam como o uso da terra impacta a biodiversidade de formigas. *Biodivers Conserv*, **29**, 2017–2034. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10531-017-1379-8>
- R Core Team (2021) R: A language and environment for statistical computing. *R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria*. Disponível em: <https://www.R-project.org/>.
- Ramos, A.S.J. C., Lemos, R.N.S., Vale, A.M.S., Batista, M.C., Moreira, A.A., Harada, A.Y., Mesquita, M.L.R. (2015) Ant diversity in agro ecosystems and secondary forest. *African Journal of Agricultural Research*, **10**, 49, 4449-4454.
- Ramos, C.S., Isabel Bellocq, M., Paris, C. I. and Filloy, J. (2018) Environmental drivers of ant species richness and composition across the Argentine Pampas grassland. *Austral Ecology*, **43**, 424-434. DOI: <https://doi-org.ez14.periodicos.capes.gov.br/10.1111/aec.12579>
- Ribas, C.R., Campos, R.B.F., Schmidt, F.A., Solar, R.R.C. (2012) Ants as Indicators in Brazil: A Review with Suggestions to Improve the Use of Ants in Environmental Monitoring Programs. *Review Article -Hindawi Publishing Corporation Psyche*, **23**, 1-9. DOI:10.1155/2012/6367493
- Ricklefs, R. & Robert, R. (2016) A economia da natureza. Revisão técnica Cecília Bueno; Tradução Ana Cláudia de Macêdo Vieira. *et al.*, 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.
- Rocha, W.O., Dorval, A., Peres Filho, O., Vaez, C.A., Ribeiro, E.S. (2015) Formigas (Hymenoptera: Formicidae) Bioindicadoras de Degradação Ambiental em Poxoréu, Mato Grosso, Brasil. *Artigos Originais Floresta Ambient.* **22**, 1, 88-98. DOI: <https://doi.org/10.1590/2179-8087.0049>
- Rosa, T.F., Camarota, F., Zuanon, L.A. *et al* (2021) The effects of high-severity fires on the arboreal ant community of a Neotropical savanna. *Oecologia*. **196**, 951–961. DOI: <https://doi-org.ez14.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s00442-021-04922-x>

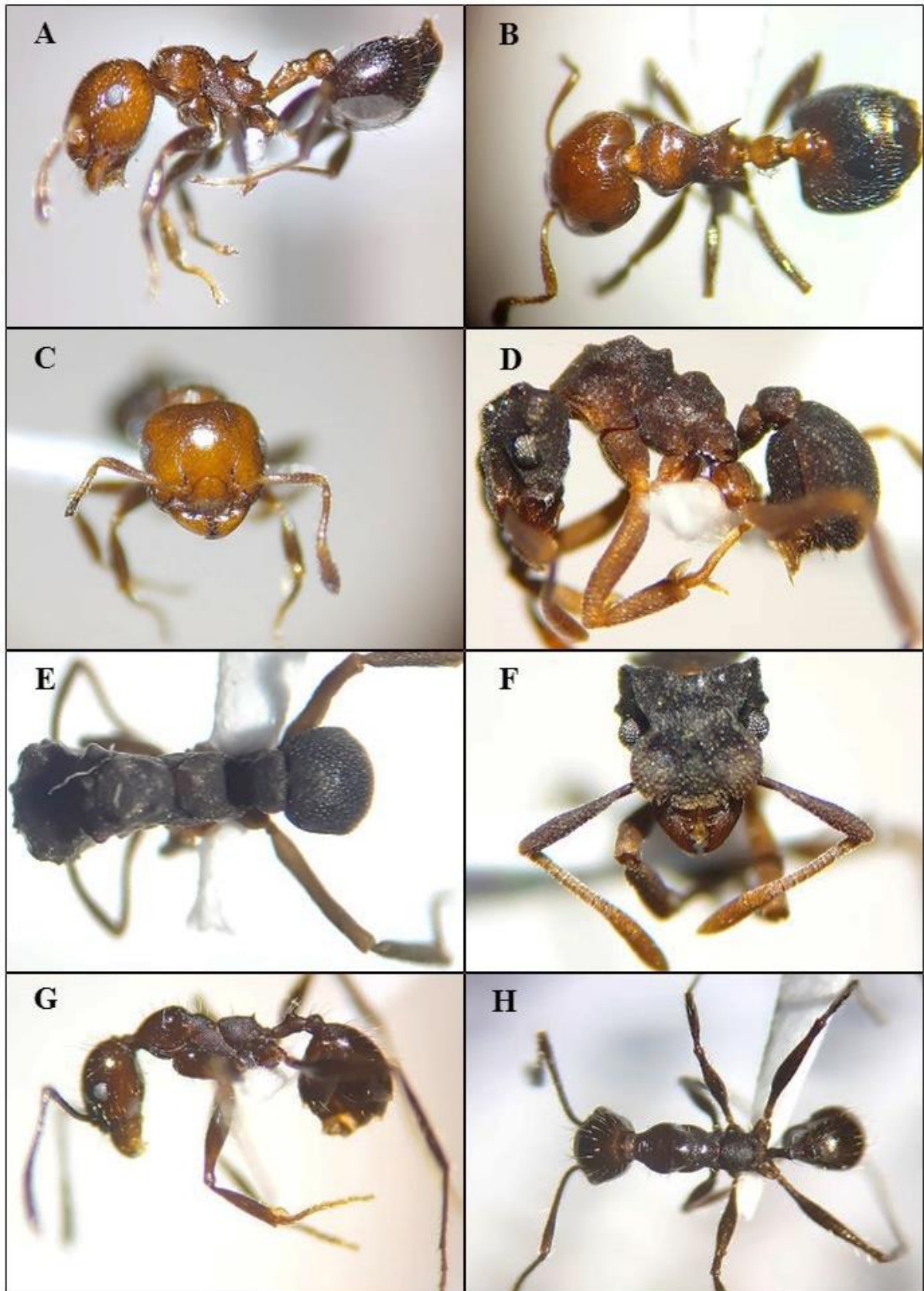
- Santos, S.R., Vitorino, I. V., Harada, A.Y., Souza, A. M. L., Souza, E. B. (2012). A riqueza das formigas relacionada aos períodos sazonais em Caxiuanã durante os anos de 2006 e 2007. *Revista Brasileira de Meteorologia*, **27**, 3, 307-314. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-77862012000300005>
- Seal, J.N. & Tschinkel, W.R. (2007) Energetics of newly-mated queens and colony founding in the fungus-gardening ants *Cyphomyrmex rimosus* and *Trachymyrmex septentrionalis* (Hymenoptera: Formicidae). *Physiological Entomology*, **32**, 8-15. DOI: <https://doi-org.ez14.periodicos.capes.gov.br/10.1111/j.1365-3032.2006.00534.x>
- Silva^A, L.F., Souza, R.M., Solar, R.R.C., Neves, F.S. (2017) Ant diversity in Brazilian tropical dry forests across multiple vegetation domains. *Environ. Res. Lett.* **12**, 1-11. DOI: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa5f2a>
- Silva^B, E., Corá, J., Harada, A., Sampaio, I. (2017) Association of the Occurrence of Ant Species (Hymenoptera: Formicidae) with Soil Attributes, Vegetation, and Climate in the Brazilian Savanna Northeastern Region. *Sociobiology* (Chico, CA), **64**, 4, 442.
- Simon, M.F., Grether, R., Queiroz, L.P., Skema, C., Pennington, R.T., Hughes, C.E. (2009) Recent assembly of the Cerrado, a neotropical plant diversity hotspot, by in situ evolution of adaptations to fire. *P Natl Acad Sci-Biol.* **106**, 20359–20364.
- Solar, R.R., Andersen, A.N., Schoereder, J.H. Berenguer, E., Ferreira, J.N., Gardner, T.A. (2016) Biodiversity consequences of land-use change and forest disturbance in the Amazon: A multi-scale assessment using ant communities. *Biological Conservation*, **197**, 98-10. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.03.005>
- Souza, J.L.P., Baccaro, F.B., Pequeno, P.A.C.L. Franklin, E., Magnusson, W.E. (2018) Effectiveness of genera as a higher-taxon substitute for species in ant biodiversity analyses is not affected by sampling technique. *Biodivers Conserv.* **27**, 3425–3445. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10531-018-1607-x>
- Souza, K., Sousa, N., Lima, P., Silva, I., Marques, E. (2018) Utilização de formigas (hymenoptera: formicidae) como bioindicadoras em plantios de pinus no Paraná. *Revista Brasileira De Agropecuária Sustentável*, **8**, 1. DOI: <https://doi.org/10.21206/rbas.v8i1.432>
- Souza, M. A., Medeiros, A. S., Freitas, R. C. S. F., Dantas, D. M., Costa, J.G.B. (2019) Impacto do desmatamento e uso do fogo na mesofauna do solo. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, **2**, 1901-1906.

- Souza, M.S., Salman, A.K.D., dos Anjos, M.R., Sausen, D., Pedersoli, M.A., Pedersoli, N.R. N.B. (2018). Serviços ecológicos de insetos e outros artrópodes em sistemas agroflorestais. *EDUCAmazônia*, **20**, 1, 22-35.
- Souza, R.F., Anjos, D.V., Carvalho, R., Del-Claro, K. (2015) Disponibilidade de alimentos e locais de nidificação como mecanismos reguladores para a recuperação da diversidade de formigas após a perturbação do fogo. *Sociobiologia*, **62**, 1, 1-9.
- Swengel, A.B., (2001) A literature review of insect responses to fire, compared to other conservation managements of open habitat. *Biodiversity and Conservation*, **10**, 1141-1169.
- Trauernicht, C., Murphy, B.P., Portner, T.E. and Bowman, D.M.J.S. (2012) Tree cover–fire interactions promote the persistence of a fire-sensitive conifer in a highly flammable savanna. *Journal of Ecology*, **100**, 958-968. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2012.01970.x>
- Uhey, D.A., Hofstetter, R.W., Remke, M., Vissa, S., Haubensak, K.A. (2020) Climate and vegetation structure shape ant communities along elevational gradients on the Colorado Plateau. *Ecol Evol.* **10**, 8313–8322. DOI: <https://doi-org.ez14.periodicos.capes.gov.br/10.1002/ece3.6538>
- Ulysséa, M. A. & Brandão, C. (2021) Revisão taxonômica do gênero de formigas Neotropicais *Hylomyrma* Forel, 1912 (Hymenoptera: Formicidae: Myrmicinae), com a descrição de quatorze novas espécies. *Zootaxa*, **5055**, 1, 1–137. DOI: <https://doi.org/10.11646/zootaxa.5055.1.1>
- Underwood, E. C. & Fisher, B.L. (2006) The role of ants in conservation monitoring: If, when, and how, *Biological Conservation*, **132**, 2, 166-182, ISSN 0006-3207. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.03.022>.
- Vale Júnior, J., Silva L.A., Nascimento C.M., da Silva B.H., de Souza C. D. (2017) Composição da assembleia de formigas em área de savana no norte da Amazônia. *Revista Agro@ambiente on-line*, **11**, 2, 153-162. DOI: <http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v11i2.3813>
- Van Ingen, L., Campos, R., Andersen, A. (2008) Estrutura da comunidade de formigas ao longo de um extenso gradiente de floresta tropical-savana na Austrália tropical. *Journal of Tropical Ecology*, **24**, 4, 445-455. DOI: [10.1017 / S0266467408005166](https://doi.org/10.1017/S0266467408005166)

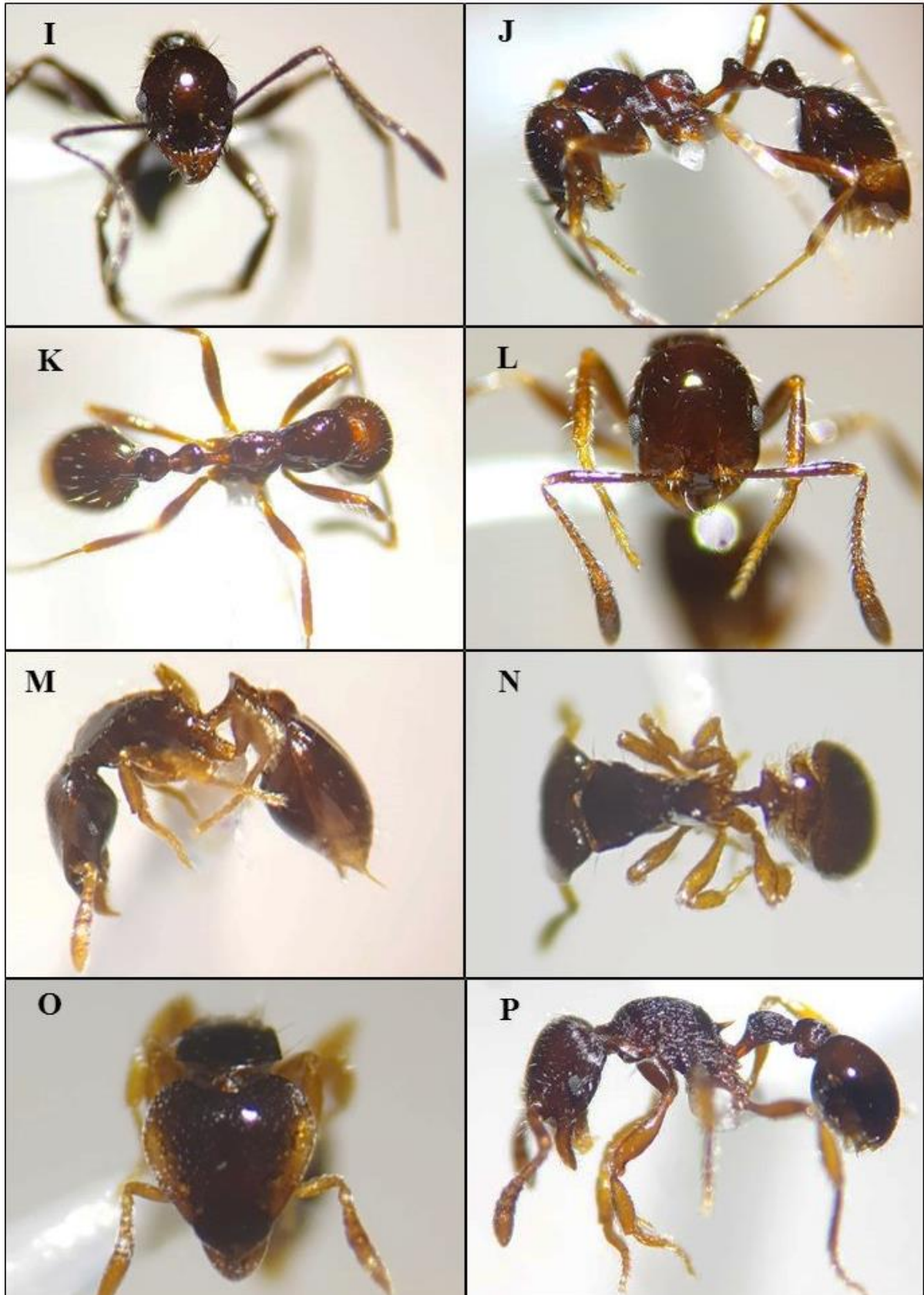
- Vargas, A., Amaral, G., Almeida, F. (2018) Quais fatores influenciam a riqueza de espécies de formigas na serapilheira: frequência ou riqueza de plantas? *Acta Scientiae Et Technicae*, **5**, 2. DOI: 10.17648/uezo-ast-v5i2.205
- Vasconcelos, H. L., Pacheco, R., Silva, R. C., Vasconcelos, P. B., Lopes, C. T., Costa, A. N., & Bruna, E. M. (2009). Dynamics of the Leaf-Litter Arthropod Fauna Following Fire in a Neotropical Woodland Savanna. *PLoS ONE*, **4**,11, e7762.
<https://link.gale.com/apps/doc/A472809620/AONE?u=capes&sid=bookmark-AONE&xid=9b87e412>
- Vasconcelos, H.L., Araujo, B.B., Mayhe-Nunes, A.J. (2008) Patterns of diversity and abundance of fungus-growing ants (Formicidae: Attini) in areas of the Brazilian Cerrado. *Revista Brasileira de Zoologia*, **25**, 445–450.
- Veiga, J. B., Santos, R. C., Lopes, M. P. M., Silva, R. R., Silva, A. C. S., Oliveira, A. S. (2015) Avaliação rápida da riqueza de formigas (Hymenoptera, Formicidae) em fragmentos de floresta ombrófila na região de Alta Floresta, MT. *Revista de Ciências Agroambientais*, **13**, 2, 13-18.
- Vieira, D.L.M., Sartorelli, P., Sousa, A. D. P., Rezende, G. (2017) Avaliação de indicadores da recomposição da vegetação nativa no Distrito Federal e em Mato Grosso. *Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia-Nota Técnica/Nota Científica (ALICE)*.
- Wall, D. H. & Moore, J.C. (1999) Interactions underground. *BioScience*, **49**, 109-117.

APÉNDICE

APÊNDICE A. A - C) *Crematogaster* aff. *chodati* em vista lateral, dorsal e frontal. D - F) *Cyphomyrmex* aff. *rimosus* em vista lateral, dorsal e frontal. G - H) *Pheidole* cf. *oxyops* em vista lateral e dorsal.



APÊNDICE A. I) *Pheidole* cf. *oxyops* em vista frontal. J - L) *Solenopsis tridens* Forel, 1911, em vista lateral, dorsal e frontal. M - O) *Strumigenys* aff. *lilloana* em vista lateral, dorsal e frontal. P) *Hylomyrma reitteri* (Mayr, 1887) em vista lateral.



APÊNDICE A. Q - R) *Hylomyrma reitteri* (Mayr, 1887) em vista dorsal e frontal. S - U), *Megalomyrmex silvestrii* Wheeler, 1909, em vista lateral, dorsal e frontal.

