

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS - UFSCar
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA, MATEMÁTICA E
EDUCAÇÃO

ANA CAROLINA NICOLAU DE CARVALHO
MURILO CANALI

COMPOSIÇÃO DA FAUNA DE FORMIGAS
(HYMENOPTERA: FORMICIDAE) DE
SERAPILHEIRA EM FLORESTA SEMIDECÍDUA
NO PARQUE ESTADUAL DE ÁGUAS DA
PRATA, SÃO PAULO

ARARAS

2016

**ANA CAROLINA NICOLAU DE CARVALHO
MURILO CANALI**

**COMPOSIÇÃO DA FAUNA DE FORMIGAS
(HYMENOPTERA: FORMICIDAE) DE
SERAPILHEIRA EM FLORESTA SEMIDECÍDUA
NO PARQUE ESTADUAL DE ÁGUAS DA
PRATA, SÃO PAULO**

Monografia apresentada no Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Federal de São Carlos para obtenção do título de Licenciado em Ciências Biológicas.

Orientação: Prof. Dr. Ricardo Toshio Fujihara

Co-orientação: Prof.^a Dr.^a Maria Santina de Castro Morini

ARARAS

2016

**ANA CAROLINA NICOLAU DE CARVALHO
MURILO CANALI**

**COMPOSIÇÃO DA FAUNA DE FORMIGAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) DE
SERAPILHEIRA EM FLORESTA SEMIDECÍDUA NO PARQUE ESTADUAL DE
ÁGUAS DA PRATA, SÃO PAULO**

Monografia apresentada no Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Federal de São Carlos para obtenção do título de Licenciado em Ciências Biológicas.

Data da defesa: 22 de dezembro de 2016.

Resultado: _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Ricardo Toshio Fujihara
Universidade Federal de São Carlos

Prof. Dr. Vlamir José Rocha
Universidade Federal de São Carlos

Prof.^a Dr.^a Ane Hackbart de Medeiros
Universidade Federal de São Carlos

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Universidade Federal de São Carlos, pelo ensino público de qualidade e pelos conhecimentos científicos, pedagógicos e humanísticos adquiridos nestes anos de graduação.

Ao professor doutor Ricardo Toshio Fujihara, pela oportunidade e pelo paciente trabalho de orientação, nos dando todo o apoio necessário e nos proporcionando muitos aprendizados.

À professora doutora Maria Santina de Castro Morini, que gentilmente nos cedeu todo o material para a realização e execução do trabalho e não mediu esforços na ajuda a identificação dos espécimes encontrados.

Ao Instituto Florestal, por permitir que nosso trabalho fosse realizado, em especial ao gestor da área de estudo, Eduardo Goulardins Neto, pela sua disposição em nos apresentar o local.

Aos técnicos do Laboratório de Biologia, por facilitarem nosso trabalho, disponibilizando o tempo e o suporte necessário para esta realização.

A nossa família pelo incentivo, apoio e amor incondicionais. Sem eles não teríamos força para esta longa jornada.

A Gustavo Henrique Nicolau Petreca e Sara Virgínia Canali pelo companheirismo fraterno e valorosa ajuda na coleta e triagem do material biológico.

A Lucas Lambertini Bossay e Taís de Cássia dos Santos, por todo apoio, carinho e companheirismo, sempre muito pacientes e compreensivos nos momentos de ausência dedicados à realização deste trabalho.

E por fim, gratidão à vida por toda experiência e aprendizado, pelos obstáculos que encontramos ao longo do nosso caminho e que nos permitiram crescer ainda mais.

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a composição da fauna de formigas (Hymenoptera: Formicidae) de serapilheira do Parque Estadual de Águas da Prata, um fragmento de 48,4 hectares de Floresta Semidecídua inserida no bioma Mata Atlântica, localizada no município de Águas da Prata, SP. As coletas foram realizadas em junho de 2016. Foi demarcado um transecto de 400 m de comprimento, distante 100 m da margem do fragmento a fim de se eliminar o efeito de borda. Foram definidos 20 pontos amostrais, distantes 20 m entre si. Em cada ponto coletou-se duas amostras, uma à esquerda e outra à direita do transecto, distantes 20 m uma da outra, onde uma parcela de 1 m² de serapilheira foi raspada, coletada, peneirada e colocada em sacos de tecido devidamente identificados. O material peneirado foi introduzido em extratores do tipo mini-Winklers por 48 horas. Após a triagem, o material coletado foi devidamente identificado em morfoespécies e comparado com exemplares depositados na coleção regional da mirmecofauna da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (UMC, Mogi das Cruzes, SP). Foram amostradas 7.389 formigas, distribuídas em seis subfamílias (Dolichoderinae, Ectatomminae, Heteroponerinae, Myrmicinae, Ponerinae e Proceratiinae), 19 gêneros e 26 espécies. Myrmicinae foi a subfamília mais rica em espécies (19), seguida por Ponerinae (3). Dolichoderinae, Ectatomminae, Proceratiinae e Heteroponerinae foram representadas por uma única espécie. Os gêneros mais ricos foram *Solenopsis*, com quatro espécies, e *Pheidole* com três. Os gêneros mais frequentes foram *Solenopsis* (4.131) e *Hypoponera* (1.032), e as espécies, *Solenopsis* sp. 2 (3.486) e *Hypoponera* sp. 4 (1.032). O trabalho forneceu uma lista de espécies de formigas ocorrentes em serapilheira no Parque Estadual de Águas da Prata, proporcionando o conhecimento das espécies deste fragmento, podendo ainda ser utilizado para caracterizar o estágio atual de conservação do fragmento florestal com relação à sua mirmecofauna, além da possibilidade de servir como referência para ações futuras de conservação da diversidade biológica.

Palavras-chave: mirmecofauna; diversidade; extrator de Winkler; Mata Atlântica.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Operária de Myrmicinae em vista lateral com suas principais características morfológicas: antena geniculada, pecíolo nodoso e glândula metapleurar..... | 3 |
| Figura 2. Localização da área de estudo (delineada em vermelho)..... | 7 |
| Figura 3. Imagem do interior da área de estudo mostrando sua vegetação..... | 7 |
| Figura 4. Proximidade da Rodovia Governador Adhemar Pereira de Barros (SP-342) localizada na borda do Parque Estadual de Águas da Prata, Águas da Prata, SP..... | 8 |
| Figura 5. A) Definição da parcela de 1m ² de serapilheira. B) Serapilheira peneirada. C) Serapilheira armazenada em saco de tecido e devidamente identificada..... | 9 |
| Figura 6. A) Introdução do material nos extratores do tipo mini-Winklers. B) Frascos coletores contendo álcool a 70% e devidamente identificados. C) Frasco coletor colocado na extremidade inferior do funil..... | 9 |
| Figura 7. A) Triagem do material coletado. B) Formigas separadas de outros invertebrados. C) Identificação em morfoespécies..... | 10 |
| Figura 8. Espécies de Myrmicinae cultivadoras de fungo: <i>Acromyrmex coronatus</i> em vista frontal (A) e lateral (B); <i>Cyphomyrmex gr rimosus</i> em vista frontal (C) e lateral (D); <i>Apterostigma</i> sp. em vista frontal (E) e lateral (F)..... | 12 |
| Figura 9. Espécies de Myrmicinae generalistas: <i>Crematogaster</i> sp. 18 em vista frontal (A) e lateral (B); rainha de <i>Solenopsis</i> sp. em vista frontal (C) e lateral (D); <i>Wasmannia affinis</i> em vista frontal (E) e lateral (F); <i>Pheidole</i> sp. em vista frontal (G) e lateral (H); <i>Hylomyrma</i> sp. em vista frontal (I) e lateral (J)..... | 13 |
| Figura 10. Espécies de Myrmicinae predadores especializados: <i>Basiceros stenognathum</i> em vista frontal (A) e lateral (B); <i>Strumigenys eggersi</i> em vista frontal (C) e lateral (D); <i>Oxyepoecus</i> sp. em vista frontal (E) e lateral (F); <i>Rhopalothrix</i> sp. em vista frontal (G) e lateral (H)..... | 14 |
| Figura 11. <i>Hypoponera</i> sp. 4 em vista frontal e lateral..... | 15 |
| Figura 12. <i>Odontomachus meinerti</i> em vista frontal (A) e lateral (B); <i>Pachycondyla striata</i> em vista frontal (C) e lateral (D)..... | 15 |
| Figura 13. <i>Linepithema cf pulex</i> em vista frontal e lateral..... | 16 |
| Figura 14. <i>Typhlomyrmex cf pusilus</i> (Ectatomminae), em vista frontal (A) e lateral (B); <i>Discothyrea sexarticulata</i> (Proceratiinae), em vista frontal (C) e lateral (D)..... | 16 |
| Figura 15. <i>Heteroponera</i> em vista frontal e lateral..... | 17 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1. Ocorrência de espécies de formigas no Parque Estadual de Águas da Prata, Águas da Prata, SP..... | 11 |
|---|----|

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 1.1 A ação antrópica em florestas tropicais..... | 1 |
| 1.2 Floresta Estacional Semidecidual..... | 1 |
| 1.3 Formicidae: características e diversidade..... | 2 |
| 1.4 Formicidae como bioindicadores de degradação ambiental..... | 4 |
| 1.5 Estudos de Formicidae em serapilheira..... | 5 |
| 2. OBJETIVOS..... | 6 |
| 2.1 Objetivo Geral..... | 6 |
| 2.2 Objetivos Específicos..... | 6 |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS..... | 7 |
| 3.1 Área de estudo..... | 7 |
| 3.2 Coleta e identificação de formigas..... | 8 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 10 |
| 6. REFERÊNCIAS..... | 20 |

1. INTRODUÇÃO

1.1 A ação antrópica em florestas tropicais

Presencia-se nos dias atuais uma atividade exploratória de recursos naturais sem precedentes e que vem causando prejuízos irreparáveis nos ecossistemas por todo o mundo, dentre esses ecossistemas encontram-se as florestas tropicais, que abrigam mais da metade da diversidade de animais e plantas do planeta (MARTINS; SANO, 2009).

A fragmentação das florestas tropicais, decorrente principalmente da ação antrópica, potencializa o efeito de borda e faz com que os fragmentos remanescentes entrem em um processo sucessional inicial, caracterizado pela forte presença de espécies vegetais pioneiras, diferentes das espécies que compõem formações florestais não perturbadas (TABARELLI; LOPES; PERES, 2008).

A vegetação fracionada em mosaico e o efeito de borda exercem grandes influências nos processos ecológicos, afetando a estrutura e dinâmica dos ecossistemas, a riqueza e abundância de espécies e a estrutura trófica das comunidades, sendo fatores decisivos para que espécies mais sensíveis a variações ambientais tornem-se vulneráveis à extinção, com consequência direta na perda de diversidade biológica (LAURANCE et al., 2002).

O processo de desenvolvimento econômico do estado de São Paulo, com a urbanização e a expansão de atividade agrícola e agropecuária, pressionou as fronteiras da vegetação original, que cobria 80% da superfície de seu território, reduzindo-a para apenas 16%, dentre as quais podemos encontrar fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual (SÃO PAULO, 2013).

Atualmente, o Domínio Mata Atlântica possui uma área de cobertura correspondente a 16 mil hectares distribuídos em cerca de 245 fragmentos florestais, dos quais 83% são menores que 50 ha. Desses fragmentos, 45% possuem menos de 100 metros de largura e estão distantes entre si, em média, 1.440 metros (RIBEIRO et al., 2009).

1.2 Floresta Estacional Semidecidual

O domínio Mata Atlântica possui enorme biodiversidade em virtude da grande faixa de latitude em que se encontra presente, abrigando diversas variações de altitudes e regimes climáticos, influenciando diretamente a fauna e a flora (CÂMARA, 2003).

Dentre as formações vegetais do Domínio Mata Atlântica, encontramos a Floresta Estacional Semidecidual, caracterizada pelo clima sazonal que determina a semidecidualidade da folhagem da vegetação, com a presença de 20 a 50% de árvores caducifólias de grande

porte, clima tropical de altitude e duas estações de inverno seco e verão chuvoso bem definidas (BRASIL, 2012).

Estruturada em camadas, esta floresta apresenta os seguintes estratos arbóreos: árvores com dossel elevado de até 40 metros de altura; estrato arbustivo; e camada herbácea; além de grande quantidade de epífitas e cipós entre todos esses ambientes (PARANÁ, 2010).

Fatores físicos como clima, solo e relevo, propiciam dentro deste tipo de vegetação quatro subdivisões: Aluvial, Terras Baixas, Submontana e Montana. A Floresta Estacional Semidecidual Aluvial é uma formação encontrada sempre nas margens dos rios, presente nas planícies; a Floresta Estacional Semidecidual das Terras Baixas é uma formação geralmente encontrada em depressões sedimentares entre 5 a 100 m, podendo chegar a até 200 m de altitude; já a Floresta Estacional Semidecidual Submontana situa-se na faixa altimétrica de 100 a 600 m, geralmente em regiões abaixo das montanhas; e a Floresta Estacional Semidecidual Montana ocorre na faixa de 600 a 2.000 m de altitude, geralmente em áreas montanhosas e íngremes (BRASIL, 2012).

A preservação desses fragmentos é de grande importância, visto que abrigam em si uma estrutura florística, faunística e estrutural que os torna únicos do ponto de vista da conservação e manutenção da biodiversidade (LEITÃO FILHO; MORELLATO, 1995). Além disso, as florestas auxiliam na recarga do lençol freático, permitindo a infiltração da água das chuvas e evitando que as nascentes sequem (PARANÁ, 2010).

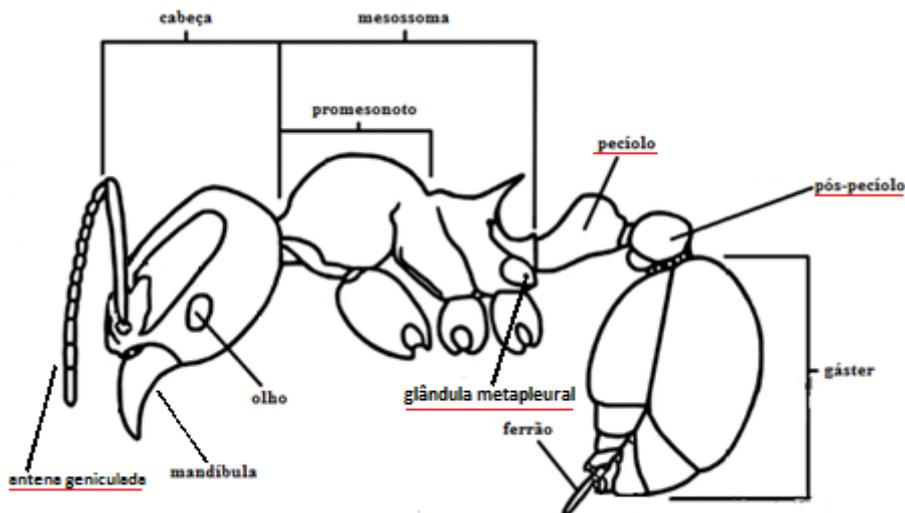
1.3 Formicidae: características e diversidade

Parte da fauna encontrada em Floresta Estacional Semidecidual Montana é compreendida pelas formigas, cuja classificação é baseada em Rafael et al. (2012):

Filo Arthropoda
Classe Hexapoda (Insecta)
Ordem Hymenoptera
Subordem Apocrita
Superfamília Vespoidea
Família Formicidae

Os caracteres morfológicos (Figura 1) utilizados para diferenciar as formigas dos demais insetos são: presença de pecíolo nodoso, antena geniculada e glândula metapleural, sendo este último caractere uma autapomorfia que sustenta a hipótese de Formicidae ser monofilética (BACCARO et al., 2015).

Figura 1. Operária de Myrmicinae em vista lateral com suas principais características morfológicas: antena geniculada, pecíolo nodoso e glândula metapleurar.



Fonte: Extraído e adaptado de Baccaro et al. (2015).

O segundo segmento abdominal corresponde ao pecíolo, sempre especializado e reduzido nas formigas, podendo apresentar também pós-pecíolo, com nódulos que podem ser bem diferenciados do resto do gáster ou apenas visíveis (CARBONELL, 2004).

As antenas geniculadas, responsáveis pela função olfativa, possuem um escapo longo e uma série de antenômeros antenais (BOLTON et al., 2003) que variam de três a treze, sendo em conjunto chamado de funículo (BACCARO et al., 2015).

A glândula metapleurar, presente em todo Formicidae, é uma glândula exócrina que possui seu orifício situado em uma determinada região do mesossoma, na região da bula, uma superfície protuberante e algumas vezes muito conspícua (BOLTON et al., 2003). Sua função é produzir e secretar antibióticos capazes de controlar o crescimento de fungos e bactérias contaminantes da colônia (LACH et al., 2009).

As formigas são consideradas insetos eusociais, pois apresentam comportamentos verdadeiramente sociais, como a divisão de tarefas, indivíduos estéreis trabalhando em benefício de indivíduos férteis e da manutenção da colônia, trabalho em conjunto para a criação de indivíduos mais jovens e sobreposição de pelo menos duas gerações presentes na colônia (BACCARO et al., 2015).

Uma colônia é geralmente composta por uma rainha, normalmente maior que as demais formigas e com ovários desenvolvidos para a postura de ovos (FERNÁNDEZ, 2003a). Esta pode produzir ovos fecundados que originarão operárias e rainhas (diferenciadas pela qualidade e quantidade do alimento recebido durante a fase larval), e não fecundados (haploides), que darão origem a machos (BACCARO et al., 2015).

Podem nidificar na superfície do solo em meio à serapilheira, no subsolo, formando galerias e câmaras, em cavidades e em troncos de árvores (TRIPLEHORN; JOHNSON, 2011). Existem ainda as formigas correição que não constroem ninhos permanentes e, ao invés disso, toda a colônia se desloca em grupo e, quando necessário, formam um ninho temporário constituído apenas por um emaranhado de formigas (BACCARO et al., 2015). Estes invertebrados desempenham importantes papéis nos processos dos ecossistemas, em especial na ciclagem de nutrientes e controle da população de outros invertebrados (SILVA; BRANDÃO, 1999).

Existem aproximadamente 15.183 espécies de formigas descritas no mundo, distribuídas em 334 gêneros e 17 subfamílias (ANTCAT, 2016) presentes em todos os ambientes terrestres, com exceção dos pólos (BRANDÃO, 1999). No entanto, alguns trabalhos, como os de Fernández e Ospina (2003) e Lach et al. (2009), estimam a existência de mais de 25.000 espécies. O Brasil possui uma das maiores diversidades de formigas do mundo, com 1.458 espécies descritas, distribuídas em 111 gêneros e grande número de espécies endêmicas (BACCARO et al., 2015).

1.4 Formicidae como bioindicadores de degradação ambiental

Alguns grupos de invertebrados terrestres, como os insetos, possuem alta diversidade de espécies e elevada sensibilidade às mudanças ambientais. Essas características os tornam passíveis de serem utilizados como bioindicadores de degradação ambiental proveniente da ação antrópica (SANTOS et al., 2006).

Bioindicadores são espécies que possuem sobrevivência atrelada a faixas de amplitude estreitas de determinadas condições ambientais, o que permite inferir que a presença ou ausência de uma espécie tomada como bioindicador em uma determinada área reflete uma condição particular de preservação ou degradação daquele ambiente (ALLABY, 1992). Brown (1997) estabeleceu um ranque de insetos com potencial para a bioindicação levando-se em conta sua praticidade de uso. Neste, as formigas atingiram 19 pontos de 20 possíveis.

Segundo Mentone et al. (2011) existe na literatura ampla sugestão da utilização de invertebrados terrestres como bioindicadores, o que pode ser verificado, por exemplo, nos trabalhos de Kremen et al. (1993), New (1996), Poggiani e Oliveira (1998), McGeoch e Chown (1998) e Uehara-Prado et al. (2009). Outros trabalhos realizados por Leal (2003), Andersen e Majer (2004), Stephens e Wagner (2006), Majer, Brennan e Moir (2007), Majer, Orabi e Bisevac (2007), Lapola e Fowler (2008), Pais e Varanda (2010), Crepaldi et al. (2014) e Rocha et al. (2015) relatam o uso específico de Formicidae como bioindicadores.

O uso de formigas como bioindicadores em estudos de biodiversidade decorre de um conjunto amplo de características, das quais é possível destacar a grande importância ecológica, variedade de funções dentro dos ecossistemas, ampla distribuição geográfica, alta riqueza regional e local, dominância numérica, sensibilidade a mudanças de condições ambientais, facilidade de amostragem, e taxonomia e ecologia relativamente bem conhecidas (AGOSTI; ALONSO, 2000).

Estudos sobre a riqueza de espécies de formiga em fragmentos de florestas que sofreram a ação antrópica podem então caracterizar o impacto decorrente da ação humana sobre o ambiente (SANTOS et al., 2006). Para isso, é observada a dominância de algumas espécies no início da sucessão vegetal e, conforme a mesma avança, diversificando o habitat, as espécies dominantes acabam sendo suprimidas, abrindo espaço para que outras ocupem este habitat (FOWLER et al., 1991).

Segundo Kremen et al. (1993), é possível acessar a qualidade ambiental de um determinado local, estudando a fauna de formigas e levando em consideração os seguintes aspectos: i) presença ou ausência de espécies raras indicadoras de estágios sucessionais definidos; ii) diferenças entre populações de diferentes áreas e; iii) grupos funcionais associados às condições específicas do habitat.

1.5 Estudos de Formicidae em serapilheira

A serapilheira é constituída pela camada de matéria orgânica em diferentes estágios de decomposição que cobre o solo das florestas. Ela encerra em si um ambiente complexo onde a decomposição química origina nutrientes e fitotoxinas, enquanto que a barreira física do acúmulo de matéria orgânica filtra a luz solar que incide no solo, diminuindo a amplitude térmica e criando um ambiente com microclima específico (FACELLI; PICKETT, 1991).

Segundo Wall e Moore (1999), 63% da fauna de formigas descritas no mundo estão associadas ao solo e/ou serapilheira. Progressos no conhecimento sobre a diversidade da fauna de formigas em florestas tropicais puderam ser comprovados nos trabalhos de Olson (1991, 1994), Belshaw e Bolton (1994), Brühl, Gunsalam e Linsenmair (1998), Fisher (1999) e Longino et al. (2002), que utilizaram extratores de Winkler para levantamentos quantitativos e qualitativos (SILVA; SILVESTRE, 2004). No Brasil, estudos sobre a composição, diversidade e riqueza da fauna de formigas em serapilheira de florestas tropicais, utilizando-se extratores de Winkler, puderam ser observados nos trabalhos de Santos et al. (2006), Mentone et al. (2011), Suguituru et al. (2011), Suguituru et al. (2013), Cantarelli et al. (2015), dentre outros.

Com o objetivo de se utilizar uma mesma metodologia básica para que estudos individuais de pesquisadores diversos pudessem ser comparados, foi proposto o Protocolo para Amostragem de Formigas da Serapilheira - Ants of the Leaf Litter - ALL Protocol (AGOSTI; ALONSO, 2000). É um método simples e rápido, capaz de amostrar até 70% da fauna de formigas presentes na serapilheira a partir da utilização de extratores do tipo mini-Winkler e armadilhas do tipo *pitfall* para a coleta de 20 m² de serapilheira em até três dias de trabalho (AGOSTI; ALONSO, 2000).

Estudos sobre biodiversidade utilizando-se o ALL Protocol têm sido amplamente utilizados pelo mundo para mensurar a riqueza de formigas e detectar as mudanças ocorridas em seus habitats (FISHER et al., 2000). Além disso, trabalhos sobre a composição da fauna e riqueza de espécies constituem importantes ferramentas para o conhecimento da biodiversidade local e descrição da estrutura das comunidades biológicas, além de servirem de subsídios para ações de manejo e conservação dos recursos naturais (RICKLEFS, 2010).

Sendo assim, considerando a escassez de trabalhos no Parque Estadual de Águas da Prata e a necessidade de preservação de seu fragmento de Floresta Estacional Semidecidual, aliado à possibilidade da utilização de formigas como bioindicadores, o presente trabalho possui potencial de tornar-se referência futura para inventários de biodiversidade e estudos que avaliem a ação antrópica e a conservação do referido fragmento florestal.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho foi avaliar a composição da fauna de formigas de serapilheira em área de Floresta Estacional Semidecidual no Parque Estadual de Águas da Prata, Bioma Mata Atlântica, localizada no município de Águas da Prata - SP durante a estação seca.

2.2 Objetivos Específicos

- Conhecer a mirmecofauna de serapilheira presente no Parque Estadual de Águas da Prata;
- Comparar a riqueza de formigas coletadas no Parque Estadual de Águas da Prata com outras áreas de fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual, com base na literatura existente.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

O trabalho foi conduzido no Parque Estadual de Águas da Prata, que abrange uma área de 48,4 hectares ($21^{\circ}55'48''$ S; $46^{\circ}42'50''$ O), próximo ao perímetro urbano da Estância Hidromineral de Águas da Prata - SP, e próximo ao limite interestadual com Minas Gerais, na borda ocidental do Planalto de Poços de Caldas e na alta bacia do rio Jaguari-Mirim, afluente do rio Mogi-Guaçu (FUNDAÇÃO FLORESTAL, 2014) (Figura 2).

Figura 2. Localização da área de estudo (delineada em vermelho).



Fonte: Extraído e adaptado de Raphael Lorenzeto de Abreu e Google Earth Pro.

O fragmento vegetal é classificado como Floresta Estacional Semidecidual, inserido no Domínio Mata Atlântica. Esta formação caracteriza-se por 20 a 50% das árvores caducifólias de grande porte (Figura 3) e relaciona-se com um clima tropical de altitude com duas estações bem definidas (BRASIL, 2012).

Figura 3. Imagem do interior da área de estudo mostrando sua vegetação.



Fonte: Acervo pessoal dos autores.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cwa (clima tropical de altitude), caracterizado por uma estação fria e seca, com pluviosidades inferiores a 30 mm e temperaturas que variam abaixo de 10°C no mês mais seco e frio (julho), e 28°C no mês mais quente (entre janeiro e fevereiro), localizado a uma altitude de 840 metros (MIRANDA et al., 2015).

A área correspondente ao Parque Estadual de Águas da Prata foi desapropriada pelo Governo do estado de São Paulo por meio do Decreto nº 21.610/1952, sendo considerada de utilidade pública para o desenvolvimento da cidade. Inicialmente como Reserva Estadual, a área foi posteriormente transformada em Parque Estadual no ano de 2016 pela SMA – 41 de 19/4/16, com base no processo FF 1.733/2014, visando conservar e proteger a vegetação nativa e suas fontes de águas radioativas, além de desenvolver a Estância Hidromineral de Águas da Prata (FUNDAÇÃO FLORESTAL, 2014).

A vertente ocidental do Planalto de Poços de Caldas possui inúmeras serras com grandes fragmentos florestais ainda em bom estado de conservação, formando importantes corredores para o fluxo e trânsito da biodiversidade (FUNDAÇÃO FLORESTAL, 2014). Entretanto, o fragmento sofre a influência da proximidade com a rodovia Governador Adhemar Pereira de Barros (SP-342) e de trilhas turísticas acessadas por turistas e moradores locais (Figura 4).

Figura 4. Proximidade da Rodovia Governador Adhemar Pereira de Barros (SP-342) localizada na borda do Parque Estadual de Águas da Prata, Águas da Prata, SP.



Fonte: Acervo pessoal dos autores.

3.2 Coleta e identificação de formigas

Previamente à realização do trabalho foi obtida a autorização do Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade – SISBIO, sob o número 52387-1, além da carta de aprovação do Instituto Florestal sob o número 143/2016 D2/2016 TN.

A coleta foi realizada em junho de 2016. Foi demarcado um transecto de 400 m de comprimento, distante 100 m da margem do fragmento a fim de se eliminar o efeito de borda. Foram definidos 20 pontos amostrais, distantes 20 m entre si. Em cada ponto coletou-se duas amostras, uma à esquerda e outra à direita do transecto, distantes 20 m uma da outra, onde uma parcela de 1 m² de serapilheira demarcada com barbante foi raspada, coletada, peneirada e colocada em sacos de tecido devidamente identificados (Figuras 5A, B e C). O material peneirado foi introduzido em extratores do tipo mini-Winklers por 48 horas (Figuras 6A, B e C), utilizando-se o protocolo ALL (Ants of the Leaf Litter Protocol) (AGOSTI; ALONSO, 2000).

Figura 5. A) Definição da parcela de 1m² de serapilheira. B) Serapilheira peneirada. C) Serapilheira armazenada em saco de tecido e devidamente identificada.



Fonte: Acervo pessoal dos autores.

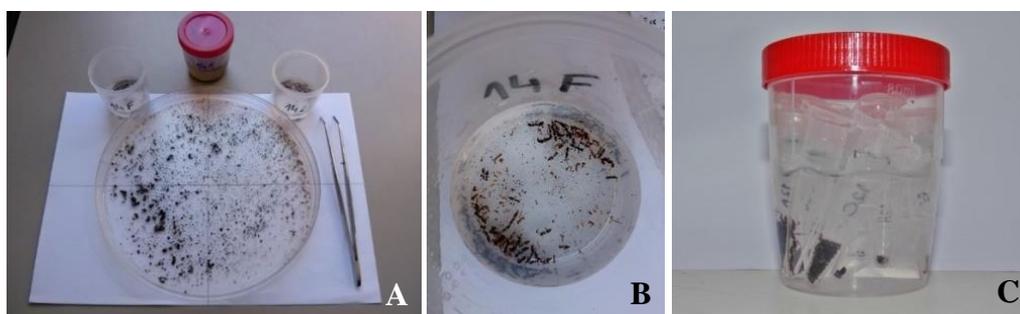
Figura 6. A) Introdução do material nos extratores do tipo mini-Winklers. B) Frascos coletores contendo álcool a 70% e devidamente identificados. C) Frasco coletor colocados na extremidade inferior do funil.



Fonte: Acervo pessoal dos autores.

Após a triagem (Figuras 7A e B), o material coletado foi devidamente identificado em morfoespécies (Figura 7C) de acordo com o *Guia para os gêneros de formigas do Brasil* (BACCARO et al., 2015), a *Chave para as principais subfamílias e gêneros de formigas (Hymenoptera: Formicidae)* (BACCARO, 2006) e a *Clave para las subfamílias y géneros* (PALACIO; FERNÁNDEZ, 2003). Posteriormente, o material foi comparado com exemplares depositados na coleção regional da mirmecofauna da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (UMC, Mogi das Cruzes, SP).

Figura 7. A) Triagem do material coletado. B) Formigas separadas de outros invertebrados. C) Identificação em morfoespécies.



Fonte: Acervo pessoal dos autores.

Os espécimes coletados foram montados, etiquetados e depositados na Coleção Entomológica do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos (CCA/UFSCar).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram coletados 7.389 espécimes, distribuídos em seis subfamílias (Dolichoderinae, Ectatomminae, Heteroponerinae, Myrmicinae, Ponerinae e Proceratiinae), 19 gêneros e 26 espécies (Tabela 1), o que corresponde a cerca de 1,78% das espécies já registradas para o Brasil que, segundo Baccaro et al. (2015), possui 1.458 espécies descritas.

A subfamília mais rica em espécies foi Myrmicinae (19), seguida por Ponerinae (3); Dolichoderinae, Ectatomminae, Proceratiinae e Heteroponerinae foram representadas por uma única espécie.

Os gêneros mais ricos foram *Solenopsis*, com quatro espécies, e *Pheidole*, com três. Os gêneros mais frequentes foram *Solenopsis* (4.131) e *Hypoponera* (1.032), e as espécies, *Solenopsis* sp. 2 (3.486) e *Hypoponera* sp. 4 (1.032). A ocorrência de espécies variou entre os pontos de amostragem; contudo, *Solenopsis* sp. 2 e *Hypoponera* sp. 4 foram encontradas em todos os pontos amostrais.

Tabela 1. Ocorrência de espécies de formigas no Parque Estadual de Águas da Prata, Águas da Prata, SP.

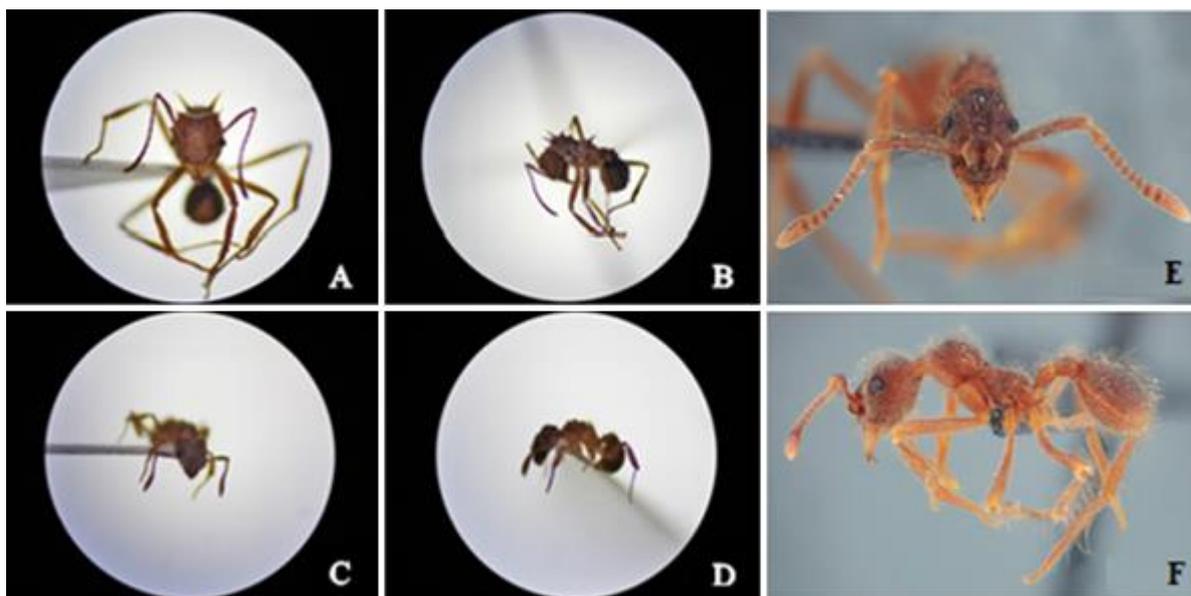
| Subfamília/Espécies | Número de indivíduos |
|---|-----------------------------|
| Subfamília Myrmicinae | |
| <i>Acromyrmex coronatus</i> (Fabricius, 1804) | 35 |
| <i>Apterostigma</i> sp. | 1 |
| <i>Basiceros disciger</i> (Mayr, 1887) | 78 |
| <i>Basiceros stenognathum</i> (Brown e Kempf, 1960) | 24 |
| <i>Crematogaster</i> sp. 18 | 22 |
| <i>Cyphomyrmex</i> gr <i>rimosus</i> | 439 |
| <i>Hylomyrma reitteri</i> (Mayr, 1887) | 1 |
| <i>Oxyepoecus myops</i> (Albuquerque & Brandão, 2009) | 1 |
| <i>Pheidole</i> gr <i>flavens</i> (soldado) | 9 |
| <i>Pheidole</i> sp. 14 | 485 |
| <i>Pheidole</i> sp. 16 (soldado) | 1 |
| <i>Pheidole</i> sp. 36 | 4 |
| <i>Rhopalothrix</i> sp. | 1 |
| <i>Solenopsis</i> sp. (rainha) | 22 |
| <i>Solenopsis</i> sp. 2 | 3.486 |
| <i>Solenopsis</i> sp. 3 | 623 |
| <i>Strumigenys eggersi</i> (Emery, 1890) | 150 |
| <i>Wasmannia affinis</i> (Santschi, 1929) | 185 |
| <i>Wasmannia</i> sp. (rainha) | 80 |
| Subfamília Ponerinae | |
| <i>Hypoponera</i> sp. 4 | 1.032 |
| <i>Odontomachus meinerti</i> (Forel, 1905) | 42 |
| <i>Pachycondyla striata</i> (Fr. Smith, 1858) | 1 |
| Subfamília Dolichoderinae | |
| <i>Linepithema</i> cf <i>pulex</i> (Wild, 2007) | 612 |
| Subfamília Ectatomminae | |
| <i>Typhlomyrmex</i> cf <i>pusillus</i> (Emery, 1894) | 17 |
| Subfamília Proceratiinae | |
| <i>Discothyrea sexarticulata</i> (Borgmeier, 1954) | 3 |
| Subfamília Heteroponerinae | |
| <i>Heteroponera dolo</i> (Roger, 1860) | 1 |
| Total de espécies | 7.389 |

A riqueza de espécies encontrada pode ser ainda maior, pois de acordo com Agosti e Alonso (2000) o ALL protocol, utilizado na metodologia do presente estudo, é capaz de amostrar no máximo 70% das formigas presentes em serapilheira.

Além da maior riqueza, Myrmicinae apresentou a maior frequência (5.642), o que corrobora com Delabie, Agosti e Nascimento (2000), que reporta a subfamília como a com o maior número de registros em serapilheira de Mata Atlântica. Além disso, é também a mais rica em gêneros, e a mais diversificada em relação aos hábitos de alimentação e de nidificação (FOWLER et al., 1991).

Dentre as formigas cultivadoras de fungo, apenas três espécies foram coletadas: *Acromyrmex coronatus* (Figura 8A e B), *Cyphomyrmex* gr *rimosus* (Figura 8C e D) e *Apterostigma* sp. (Figura 8E e F). A espécie *A. coronatus* possui ninhos em diferentes locais, tanto ao nível do solo quanto em troncos de árvores vivas ou não, em áreas rurais e urbanas. Seus ninhos são cobertos por fragmentos vegetais que protegem uma única e simples câmara (FORTI et al., 2006). *Apterostigma* nidifica no solo, em troncos podres e, eventualmente, na base de árvores. Os ninhos de *Cyphomyrmex* podem ser superficiais, construídos na serapilheira, em troncos em decomposição, sob pedras, na vegetação ou no solo (FERNÁNDEZ, 2003b).

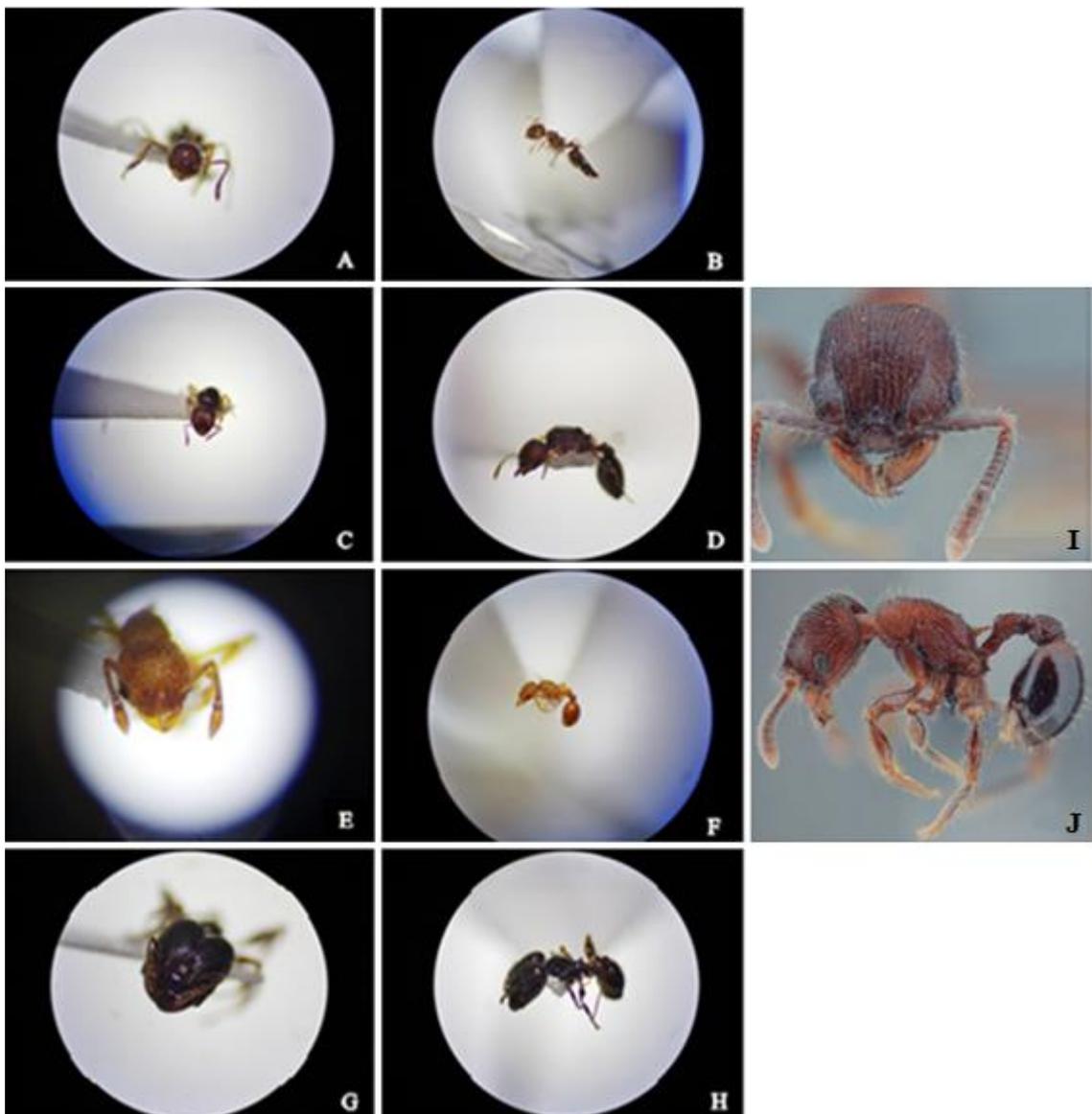
Figura 8. Espécies de Myrmicinae cultivadoras de fungo: *Acromyrmex coronatus* em vista frontal (A) e lateral (B); *Cyphomyrmex* gr *rimosus* em vista frontal (C) e lateral (D); *Apterostigma* sp. em vista frontal (E) e lateral (F).



Fonte: Acervo pessoal dos autores e Baccaro et al. (2015).

Os gêneros *Crematogaster* (Figuras 9A e B), *Solenopsis* (Figuras 9C e D), *Wasmannia* (Figuras 9E e F), *Pheidole* (Figuras 9G e H) e *Hylomyrma* (Figuras 9I e J) são compostos por formigas onívoras presentes no solo e na serapilheira (SILVESTRE; BRANDÃO; SILVA, 2003), levando a conclusão de que a maioria dos gêneros coletados corresponde a formigas de hábitos generalistas quanto à alimentação.

Figura 9. Espécies de Myrmicinae generalistas: *Crematogaster* sp. 18 em vista frontal (A) e lateral (B); rainha de *Solenopsis* sp. em vista frontal (C) e lateral (D); *Wasmannia affinis* em vista frontal (E) e lateral (F); *Pheidole* sp. em vista frontal (G) e lateral (H); *Hylomyrma* sp. em vista frontal (I) e lateral (J).

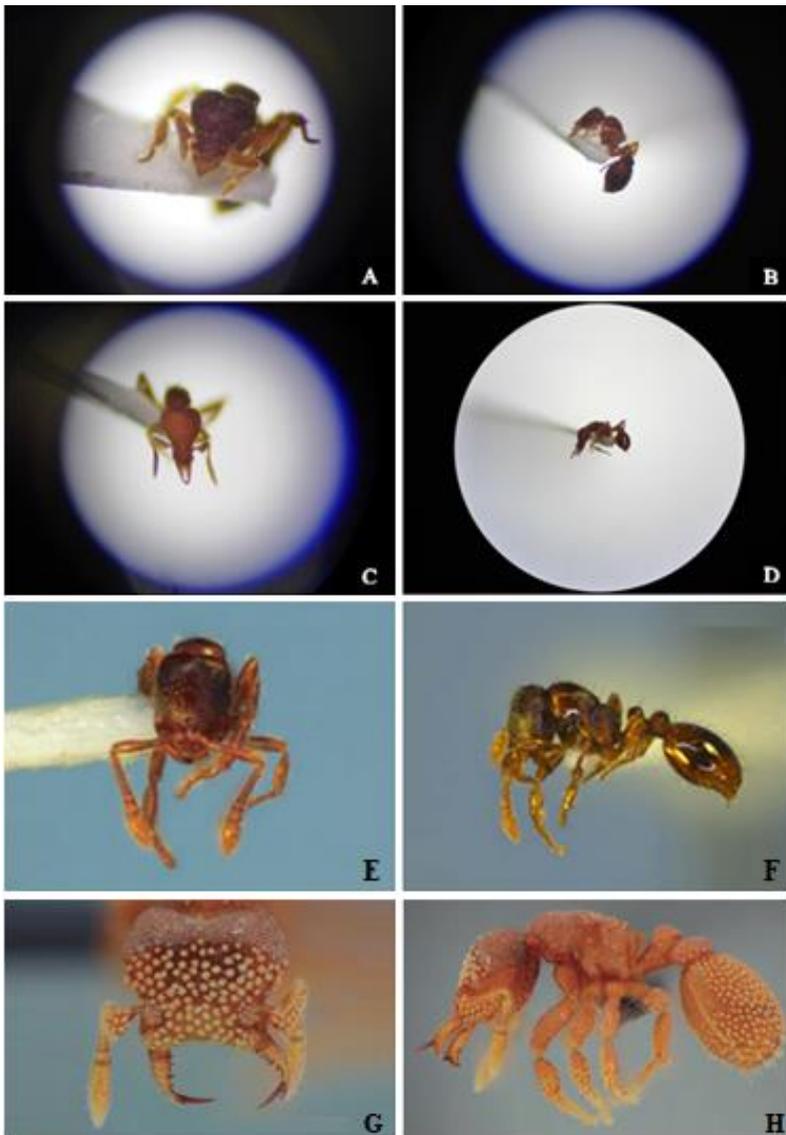


Fonte: Acervo pessoal dos autores e Baccaro et al. (2015).

Os gêneros *Basiceros* (Figuras 10A e B), *Strumigenys* (Figuras 10C e D) *Oxyepoecus* (Figuras 10E e F) e *Rhopalothrix* (Figuras 10G e H) foram registrados no presente estudo.

Estes são considerados gêneros que comportam predadores especializados (SILVESTRE; BRANDÃO; SILVA, 2003). Além disso, *Rhopalothrix* corresponde a formigas habitantes de serapilheira raramente coletadas, com morfologia das mandíbulas que indica hábito predador (BACCARO et al. 2015).

Figura 10. Espécies de Myrmicinae predadores especializados: *Basiceros stenognathum* em vista frontal (A) e lateral (B); *Strumigenys eggersi* em vista frontal (C) e lateral (D); *Oxyepoecus* sp. em vista frontal (E) e lateral (F); *Rhopalothrix* sp. em vista frontal (G) e lateral (H).

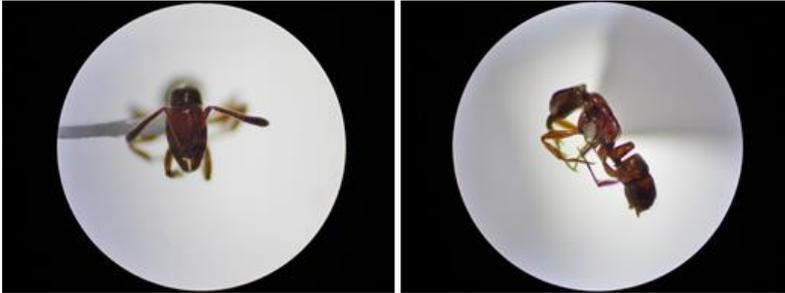


Fonte: Acervo pessoal dos autores e Baccaro et al. (2015).

Outra subfamília a se destacar foi Ponerinae, com 1.075 indivíduos coletados. Entre as “poneromorfos”, é considerada a mais diversa, e normalmente representada por táxons com comportamento de alimentação diferenciado (MORINI et al., 2007); são geralmente

predadoras, com função reguladora de populações de outros grupos de artrópodes. Dentre os gêneros encontrados, *Hypoponera* (Figura 11) foi o mais frequente e provavelmente seja o mais coletado em amostras de serapilheira, com hábitos de predação generalista (BACCARO et al., 2015).

Figura 11. *Hypoponera* sp. 4 em vista frontal e lateral.



Fonte: Acervo pessoal dos autores.

Odontomachus (Figura 12A e B) foi o segundo gênero mais frequente; dentre os Ponerinae ele possui a mandíbula mais especializada, utilizando-a para predar, ejetar intrusos ou saltar para longe dos inimigos, sendo o fechamento de sua mandíbula considerado o movimento mais rápido produzido por um animal (PATEK et al., 2006). *Pachycondyla striata* (Figura 12C e D) é de ocorrência exclusiva nas Américas e uma das mais comuns no Brasil (BACCARO et al., 2015), contudo um único indivíduo foi coletado em nosso estudo.

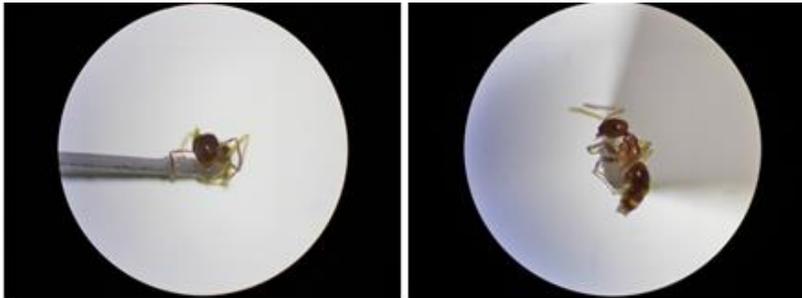
Figura 12. *Odontomachus meinerti* em vista frontal (A) e lateral (B); *Pachycondyla striata* em vista frontal (C) e lateral (D).



Fonte: Acervo pessoal dos autores e AntWeb.

A subfamília Dolichoderinae foi representada apenas pelo gênero *Linepithema* (Figura 13). Com a maioria das espécies sendo onívoras, este gênero pode ser encontrado em ambientes de floresta úmida preservada, podendo também tornar-se praga em diferentes regiões do mundo (CUEZZO, 2003).

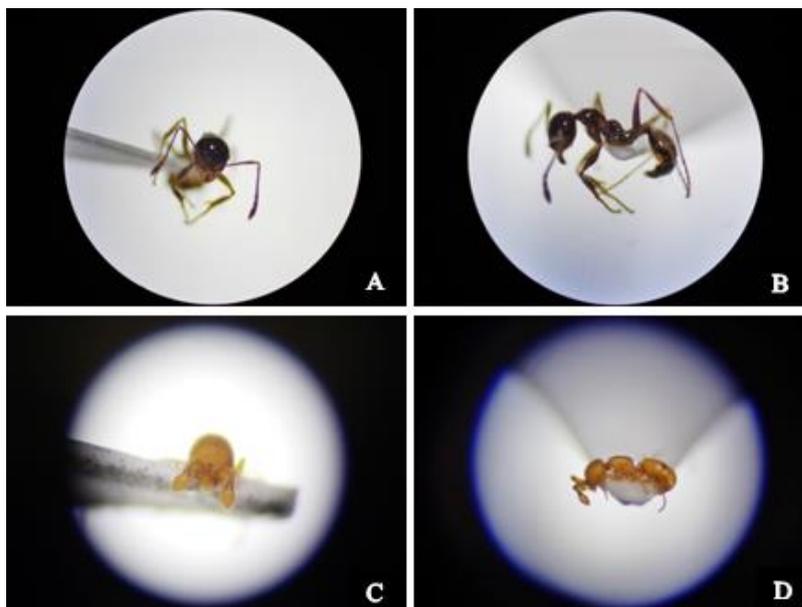
Figura 13. *Linepithema cf pulex* em vista frontal e lateral.



Fonte: Acervo pessoal dos autores.

Typhlomyrmex (Figuras 14A e B) foi o único gênero coletado de Ectatomminae. Segundo Silvestre, Brandão e Silva (2003), este é um gênero pouco coletado e, por este motivo, também pouco estudado. Outro gênero coletado, mas com poucas informações sobre a biologia do grupo, é *Discothyrea* (Subfamília Proceratiinae) (Figuras 14C e D). Este gênero possui 32 espécies e apenas duas registradas no Brasil, dentre elas *D. sexarticulata*, uma formiga criptobiótica e predadora de ovos de aranhas (BACCARO et al., 2015).

Figura 14. *Typhlomyrmex cf pusillus* (Ectatomminae), em vista frontal (A) e lateral (B); *Discothyrea sexarticulata* (Proceratiinae), em vista frontal (C) e lateral (D).



Fonte: Acervo pessoal dos autores.

A subfamília Heteroponerinae foi representada por um único indivíduo da espécie *Heteroponera dolo* (Figura 15). Segundo Baccaro et al. (2015), em serapilheira este gênero costuma ser encontrado em camadas mais profundas, além de possuir colônias relativamente pequenas, o que explica o fato de ter sido encontrado apenas um representante.

Figura 15. *Heteroponera* em vista frontal e lateral.



Fonte: Extraído de Baccaro et al. (2015).

A riqueza de espécies obtida no presente estudo (26) é bem inferior ao número observado em outros trabalhos realizados em Floresta Estacional Semidecidual conduzidos por Pacheco et al. (2009), Mentone et al. (2011), Suguituru et al. (2011) e Silva, Feitosa e Eberhardt (2007), que encontraram respectivamente 82, 85, 87 e 89 espécies, utilizando metodologia semelhante, mas com esforço amostral superior. Tal fato pode estar relacionado à realização de uma única amostragem na estação seca.

Trabalhos como o de Castilho et al. (2011) e Coelho e Ribeiro (2006) apresentam maior riqueza de espécies de formigas na estação chuvosa, denotando a necessidade da realização de outra coleta para uma amostragem mais robusta da mirmecofauna presente no fragmento em estudo. A maior riqueza de formigas na estação chuvosa está relacionada à maior disponibilidade de recursos, como alimento e locais para nidificação, e por fatores abióticos, como temperatura e umidade que regulam o acesso aos recursos (KASPARI, 2003).

Em contrapartida, outros trabalhos conduzidos por Montine et al. (2014) e Castro et al. (2012) não mostraram variação significativa na riqueza de espécies de formigas entre as estações seca e chuvosa. Esse fato pode estar relacionado a uma estrutura de habitats mais simples, provenientes da degradação ambiental que, em escala local e regional apresentam variações de riqueza e composição de espécies menos pronunciadas (SILVA et al., 2011).

A proximidade com o meio urbano e o acesso ao fragmento florestal facilitado por trilhas pode ter favorecido a degradação da vegetação original, contribuindo para uma simplificação das estruturas dos habitats, com consequente perda da diversidade da fauna de formigas em virtude da maioria dos táxons ocuparem nichos mais específicos (BRÜHL; ELTZ; LINSENMAIR, 2003), influenciando diretamente no baixo número de espécies observadas neste estudo. No entanto, uma segunda coleta em estação chuvosa, com riqueza de formigas semelhante à observada na estação seca torna-se necessária para validar essa suposição.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho constituiu um levantamento inédito sobre a composição da fauna de formigas presente em serapilheira no Parque Estadual de Águas da Prata, proporcionando o conhecimento de espécies nunca antes descritas neste fragmento.

Iniciativas como essa são muito importantes devido ao potencial uso de formicídeos como bioindicadores. Sendo assim, o presente estudo realizou uma caracterização parcial do estágio atual de conservação do fragmento florestal com relação à sua mirmecofauna, além da possibilidade de servir como referência para ações futuras de conservação da diversidade biológica.

Os resultados obtidos são passíveis de serem utilizados como subsídios científicos para a consolidação do Parque Estadual recém-criado, inclusive para ações futuras de manejo, conservação e restauração do fragmento florestal, importante para a conservação do Bioma Mata Atlântica como um todo e para o município de Águas da Prata.

6. REFERÊNCIAS

- AGOSTI, D.; ALONSO, L. E. The ALL protocol: a standard protocol for the collection of ground-dwelling ants. In: AGOSTI, D., MAJER, J. D., ALONSO, L. E., SCHULTZ, T. R. **Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Washington: Smithsonian Institution Press, 2000. p. 204-206.
- ALLABY, M. (Ed.). **The concise Oxford dictionary of zoology**. Oxford: Oxford University Press, 1992. p. 442.
- ANDERSEN, A. N.; MAJER, J. D. Using invertebrates as bioindicators in land management: ants show the way Down-Under. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 2, p. 291-298, 2004.
- ANTCAT. **An online catalog of the ants of the world**. Disponível em: <http://www.antcat.org/catalog/429011?include_full_statistics=true>. 2016. Acesso em: nov. 2016.
- BACCARO, F. B. **Chave para as principais subfamílias e gêneros de formigas (Hymenoptera: Formicidae)**. Instituto de Pesquisa da Amazônia – INPA, Programa de pesquisa em Biodiversidade – PPBIO. Manaus: Faculdades Cathedral, 2006.
- BACCARO, F. B.; FEITOSA, R. M.; FERNANDEZ, F.; FERNANDES, I. O.; IZZO, T. J.; SOUZA, J. L. P.; SOLAR, R. **Guia para os gêneros de formigas do Brasil**. Manaus: Editora INPA, 2015. 388 p.
- BELSHAW, R.; BOLTON, B. A survey of the leaf litter ant fauna in Ghana, west Africa (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Hymenoptera Research**, v. 3, p. 5-16, 1994.
- BOLTON, B.; PALACIO, E. E.; FERNÁNDEZ, F. Morfología y glosario. In: FERNÁNDEZ, F. (Ed.). **Introducción a las hormigas de la región Neotropical**. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, 2003. p. 221-232.
- BRANDÃO, C. R. F. Reino Animalia: Formicidae. In: JOLY, C. A.; CANCELLO, E. M. **Invertebrados terrestres**. Biodiversidade do Estado de São Paulo: síntese do conhecimento ao final do século XX. São Paulo: FAPESP, 1999. 279 p.
- BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Manual técnico da vegetação brasileira**. Manuais Técnicos em Geociências, n. 1. Rio de Janeiro, 2012. 275 p. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv63011.pdf>>. Acesso em: out. 2016.
- BROWN, K. S. Jr. Diversity, disturbance and sustainable use of Neotropical forests: insects as indicators for conservation monitoring. **Journal of Insect Conservation**, Campinas, v.1, p. 25-42, 1997.
- BRÜHL, C. A.; GUNSALAM, G.; LINSÉNMAIR, K. E. Stratification of ants (Hymenoptera: Formicidae) in a primary rain forest in Sabah, Borneo. **Journal of Tropical Ecology**, v. 14, p. 285-297, 1998.

BRÜHL, C. A.; ELTZ, T.; LINSENMAIR, K. E. Size does matter—effects of tropical rainforest fragmentation on the leaf litter ant community in Sabah, Malaysia. **Biodiversity & Conservation**, v. 12, n. 7, p. 1371-1389, 2003.

CÂMARA, I. G. Brief history of conservation in the Atlantic Forest. In: GALINDO-LEAL, C., CÂMARA, I.G. **The Atlantic Forest of South America: biodiversity status, threats, and outlook**. Washington: Island Press, 2003. p. 31-42.

CANTARELLI, E. B.; FLECK, M. D.; GRANZOTTO, F.; CORASSA, J. D. N.; D'AVILA, M. Diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) da serrapilheira em diferentes sistemas de uso do solo. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 3, p. 607-616, 2015.

CARBONELL, K. J. **El mundo de las hormigas**. 2. ed. Caracas: Equinoccio/ediciones de la Universidad Simón Bolívar, 2004. 183 p.

CASTILHO, G. A.; NOLL, F. B.; SILVA, E. R.; SANTOS, E. F. Diversidade de Formicidae (Hymenoptera) em um fragmento de Floresta Estacional Semidecídua no Noroeste do Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 9, n. 2, p. 224-230, 2011.

CASTRO, F. S.; GONTIJO, A. B.; CASTRO, P. T. A.; RIBEIRO, S. P. Annual and seasonal changes in the structure of litter-dwelling ant assemblages (Hymenoptera: Formicidae) in Atlantic semideciduous forests. **Psyche: A Journal of Entomology**, v. 2012, p. 1-12, 2012.

COELHO, I. R.; RIBEIRO, S. P. Environment heterogeneity and seasonal effects in ground-dwelling ant (Hymenoptera: Formicidae) assemblages in the Parque Estadual do Rio Doce, MG, Brazil. **Neotropical entomology**, v. 35, n. 1, p. 19-29, 2006.

CREPALDI, R. A.; PORTILHO, I. I. R.; SILVESTRE, R.; MERCANTE, F. M. Formigas como bioindicadores da qualidade do solo em sistema integrado lavoura-pecuária. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 5, p. 781-787, 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782014000500004&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: nov. 2016.

CUEZZO, F. Subfamilia Dolichoderinae. In: FERNÁNDEZ, F. (ed.) **Introducción a las hormigas de la región Neotropical**. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humbolt, 2003. p. 291-297.

DELABIE, J. H. C.; AGOSTI, D.; NASCIMENTO, I. C.; Litter ant communities of the Brazilian Atlantic rain forest region. In: AGOSTI, D.; MAJER, J.; ALONSO, L.; SCHULTZ, T. (eds.) **Sampling ground-dwelling ants: case studies from the worlds rain forests**. School of environmental biology, 2000. p. 1-14. Disponível em: <https://archive.org/stream/ants_21004/21004#page/n13/mode/2up>. Acesso em: dez. 2016.

FACELLI, J M.; PICKETT, S. T. A. Plant litter: its dynamics and effects on plant community structure. **The Botanical Review**, New York, v. 57, n. 1, p. 1-32, 1991.

FERNÁNDEZ, F. Breve introducción a la biología social de las hormigas. In: FERNÁNDEZ, F. (ed.) **Introducción a las hormigas de la región Neotropical**. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humbolt, 2003a. p. 89-96.

FERNÁNDEZ, F. Subfamília Myrmicinae. In: FERNÁNDEZ, F. (ed.) **Introducción a las hormigas de la región Neotropical**. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humbolt, 2003b. p. 307-330.

FERNÁNDEZ, F.; OSPINA, M. Sinopsis de las hormigas de la región Neotropical. In: FERNÁNDEZ, F. (ed.) **Introducción a las hormigas de la región Neotropical**. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humbolt, 2003. p. 49-64.

FISHER, B. L. Ant diversity patterns along an elevational gradient in the Réserve Naturelle d'Andohahela, Madagascar. **Fieldiana Zoology**, v. 94, p. 129-147, 1999.

FISHER, B. L., MALSCH, A. K., GADAGKAR, R., DELABIE, J. H., VASCONCELOS, H. L., MAJER, J. D. Applying the ALL protocol: selected case studies. In: AGOSTI, D., MAJER, J. D., ALONSO, L. E., SCHULTZ, T. R. **Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Washington: Smithsonian Institution Press, 2000. p. 207-214.

FORTI, L.C.; ANDRADE, M.L.; ANDRADE, A.P.P.; LOPES, J.F.S.; RAMOS, V.M. Bionomics and identification of *Acromyrmex* (Hymenoptera: Formicidae) through an illustrated key. **Sociobiology**, Chico, v. 48, n. 2, p. 135-153, 2006.

FOWLER, H. G.; FORTI, L. C.; BRANDÃO, C. R. F.; DELABIE, J. H. C.; VASCONCELOS, H. L. Ecologia nutricional de formigas. In: PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. (Eds.). **Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas**. São Paulo, 1991. p. 131-223.

FUNDAÇÃO FLORESTAL. Sistema Ambiental Paulista (São Paulo). Secretaria do Meio Ambiente. **Estudo para a categorização da Reserva Estadual de Águas da Prata em Unidade de Proteção Integral em adequação ao SNUC**. São Paulo, 2014. Disponível em: <<http://fflorestal.sp.gov.br/files/2015/09/1-Relatório-Técnico-de-Categorização.pdf>>. Acesso em: 06 nov. 2015.

KASPARI, M. Introducción a la ecología de las hormigas. In: FERNÁNDEZ, F. (Ed.). **Introducción a las hormigas de la región Neotropical**. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, 2003. p. 97-112.

KREMEN, C.; COLWELL, R. K.; ERWIN, T. L.; MURPHY, D. D.; NOSS, R. F.; SANJAYAN, M. A. Terrestrial arthropod assemblages: their use in conservation planning. **Conservation Biology**, v. 7, n. 4, 1993. Disponível em: <ftp://ftp.dnr.state.mn.us/pub/eco/NHNRP/SWAP/Daren's%20prairie%20insect%20publications/Kremen_etal_1993_ArthropodAssemblages_ConsPlan_ConsBio_7_4.pdf>. Acesso em: out. 2016.

LACH, L.; PARR, C.L.; ABBOTT, K.L. (Eds.). **Ant ecology**. 1. ed. Oxford: Oxford University Press, 2009. 432 p.

LAPOLA, D. M.; FOWLER, H. G. Questioning the implementation of habitat corridors: a case study in interior São Paulo using ants as bioindicators. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 68, n. 1, p. 11-20, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-69842008000100003&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: nov. 2016.

LAURANCE, W. F.; LOVEJOY, T. E.; VASCONCELOS, H. L.; BRUNA, E. M.; DIDHAM, R. K.; STOUFFER, P. C.; GASCON, C.; BIERREGAARD, R. O.; LAURANCE, S. G.; SAMPAIO, E. Ecosystem decay of Amazonian Forest fragments: a 22-year investigation. **Conservation Biology**, v. 16, n. 3, p. 605-618, 2002.

LEAL, I. R. Diversidade de formigas em diferentes unidades de paisagem da Caatinga. In: LEAL, I. R., TABARELLI, M., SILVA, J. M. C. (Eds.). **Ecologia e conservação da caatinga**. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2003. p. 435-461.

LEITÃO FILHO, H. F.; MORELLATO, P. C. **Ecologia e preservação de uma floresta tropical urbana**: Reserva de Santa Genebra. Campinas: Editora da Unicamp, 1995. 136 p.

LONGINO, J. T.; CODDINGTON, J.; COLWELL, R. K. The ant fauna of a tropical rain forest: estimating species richness in three different ways. **Ecology**, v. 83, p. 689-702, 2002.

MACEDO, L. P. M.; BERTI FILHO, E.; DELABIE, J. H. C. Epigeal ant communities in Atlantic Forest remnants of São Paulo: a comparative study using the guild concept. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 55, n. 1, p. 75-78, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0085-56262011000100012&script=sci_arttext>. Acesso em: nov. 2015.

MAJER, J. D.; BRENNAN, K. E. C.; MOIR, M. L. Invertebrates and the restoration of a forest ecosystem: 30 years of research following bauxite mining in Western Australia. **Restoration Ecology**, v. 15, p. 104-115, 2007. Disponível em: <<http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201300836770>>. Acesso em: nov. 2015.

MAJER, J. D.; ORABI, G.; BISEVAC, L. Ants (Hymenoptera: Formicidae) pass the bioindicator scorecard. **Myrmecological News**, v. 10, p. 69-76, 2007.

MARTINS, M.; SANO, P. T. **Biodiversidade tropical**. São Paulo: Editora UNESP, 2009. 128 p.

McGEOCH, M. A.; CHOWN, S. L. Scaling up the value of bioindicators. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 13, p. 46-47, 1998. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S0169-5347\(97\)01279-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0169-5347(97)01279-2)>. Acesso em: nov. 2015.

MENTONE, T. O.; DINIZ, E. A.; MUNHAE, C. B.; BUENO, O. C.; MORINI, M. S. C. Composição da fauna de formigas (Hymenoptera: Formicidae) de serapilheira em florestas semidecídua e de *Eucalyptus* spp., na região sudeste do Brasil. **Biota Neotropica**, v. 11, n. 2, p. 237-246, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/bn/v11n2/24.pdf>>. Acesso em: nov. 2015.

MIRANDA, M. J.; PINTO, H. S.; ZULLO JÚNIOR, J.; FAGUNDES, R. M.; FONSECHI, D. B.; CALVE, L.; PELLEGRINO, G. Q. **Clima dos municípios paulistas**: A classificação climática de Koeppen para o Estado de São Paulo. CEPAGRI – Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura, 2015. Disponível em: <<http://orion.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima-dos-municipios-paulistas.html>>. Acesso em: dez. 2015.

MONTINE, P. S. M.; VIANA, N. F.; ALMEIDA, F. S.; DÁTTOLO, W.; SANTANNA, A. S.; MARTINS, L.; VARGAS, A. B. Seasonality of epigeaic ant communities in a Brazilian Atlantic Rainforest. **Sociobiology**, v. 61, n. 2, p. 178-183, 2014.

MORINI, M. S. C.; MUNHAE, C. B.; LEUNG, R.; CANDIANI, D. F.; VOLTOLINI, J. C. Comunidades de formigas (Hymenoptera, Formicidae) em fragmentos de Mata Atlântica situados em áreas urbanizadas. **Iheringia**, Sér. Zool., Porto Alegre, v. 97, n. 3, p. 246-252, 2007.

NEW, T. R. Taxonomic focus and quality control in insect surveys for biodiversity conservation. **Austral Entomology**, v. 35, p. 97-106, 1996. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/j.1440-6055.1996.tb01369.x>>. Acesso em: nov. 2015.

OLSON, D. M. A comparison of the efficacy of litter sifting and pitfall traps for sampling leaf litter ants (Hymenoptera: Formicidae) in a tropical west forest, Costa Rica. **Biotropica**, v. 23, p. 166-172, 1991.

OLSON, D. M. The distribution of leaf litter invertebrates along a Neotropical altitudinal gradient. **Journal of Tropical Ecology**, v. 10, p. 129-150, 1994.

PACHECO, R.; SILVA, R. R.; MORINI, M. S. C.; BRANDÃO, C. R. F. A comparison of the leaf-litter ant fauna in a secondary atlantic forest with an adjacent pine plantation in southeastern Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 38, n. 1, p. 55-65, 2009.

PAIS, M. P.; VARANDA, E. M. Arthropod recolonization in the restoration of a semideciduous forest in southeastern Brazil. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 39, n. 2, p. 198-206, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1519-566X2010000200009>>. Acesso em: nov. 2015.

PALACIO, E. E.; FERNÁNDEZ, F. Clave para las subfamilias y géneros. In: FERNÁNDEZ, F. (ed.). **Introducción a las hormigas de la región Neotropical**. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2003. p. 233-260.

PARANÁ (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. **Floresta Estacional Semidecidual**. Curitiba, 2010. 8 p. Disponível em: <http://www.meioambiente.pr.gov.br/arquivos/File/cobf/V5_Floresta_Estacional_Semidecidual.pdf>. Acesso em: out. 2016.

PATEK, S. N.; BAILO, J. E.; FISHER, B. L.; SUAREZ, A. V. Multifunctionality and mechanical origins: ballistic jaw propulsion in trap-jaw ants. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 103, n. 34, p. 12787-12792, 2006.

POGGIANI, F.; OLIVEIRA, R. E. Indicadores para conservação dos núcleos de vida silvestre. **Série Técnica IPEF**, v. 12, p. 45-52, 1998.

RAFAEL, J. A.; MELO, G. A. R.; CARVALHO, C. J. B.; CASARI, S. A.; CONSTANTINO, R. (Eds.). **Insetos do Brasil: diversidade e taxonomia**. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2012. 803 p.

RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; MARTENSEN, A. C.; PONZONI, F.; HIROTA, M. M. The Brazilian Atlantic forest: how much is left and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 142, n. 6, p. 1141-1153, 2009.

RICKLEFS, R. E. **A economia da natureza**. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010. 470 p.

ROCHA, W. O.; DORVAL, A.; PERES FILHO, O.; VAEZ, C. A.; RIBEIRO, E. S. Formigas (Hymenoptera: Formicidae) bioindicadoras de degradação ambiental em Poxoréu, Mato Grosso, Brasil. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 22, n. 1, p. 88-98, 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2179-80872015000100088&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: nov. 2016.

SANTOS, M. S.; LOUZADA, J. N. C.; DIAS, N.; ZANETTI, R.; DELABIE, J. H. C.; NASCIMENTO, I. C. Riqueza de formigas (Hymenoptera, Formicidae) da serapilheira em fragmentos de floresta semidecídua da Mata Atlântica na região do Alto do Rio Grande, MG, Brasil. **Iheringia**, Porto Alegre, v. 96, n. 1, p. 95-101, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/0D/isz/v96n1/a17v96n1.pdf>>. Acesso em: nov. 2016.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. **Plano de Ação de São Paulo - Metas de Aichi 2020: implementação no Estado de São Paulo**. São Paulo, 2013. 66 p. Disponível em: <<http://portaldabiodiversidade.sp.gov.br/files/2013/05/Plano-acao-SP-Portugues-181113.pdf>>. Acesso em: out. 2016.

SILVA, P. S. D.; BIEBER, A. G. D.; CORRÊA, M. M.; LEAL, I. R. Do leaf-litter attributes affect the richness of leaf-litter ants?. **Neotropical entomology**, v. 40, n. 5, p. 542-547, 2011.

SILVA, R. R.; BRANDÃO, C. R. F. Formigas (Hymenoptera: Formicidae) como indicadores da qualidade ambiental e da biodiversidade de outros invertebrados terrestres. **Biotemas**, Florianópolis, v. 12, n. 2, p. 55-73, 1999. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/biotemas/article/view/21777/19756>>. Acesso em: out. 2016.

SILVA, R. R.; FEITOSA, R. S. M.; EBERHARDT, F. Reduced ant diversity along a habitat regeneration gradient in the southern Brazilian Atlantic Forest. **Forest Ecology and Management**, v. 240, n. 1, p. 61-69, 2007.

SILVA, R. R.; SILVESTRE, R. Riqueza da fauna de formigas (Hymenoptera: Formicidae) que habita as camadas superficiais do solo em Seara, Santa Catarina. **Papéis Avulsos de Zoologia**, São Paulo, v. 44, n. 1, p. 1-11, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0031-10492004000100001&script=sci_arttext&tlng=es>. Acesso em: nov. 2015.

SILVESTRE, R.; BRANDÃO, C. R. F.; SILVA, R. R. Grupos funcionales de hormigas: el caso de los grêmios del cerrado. In: FERNÁNDEZ, F. (Ed.). **Introducción a las hormigas de la región Neotropical**. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, 2003. p. 113-148.

STEPHENS, S. S.; WAGNER, M. R. Using ground foraging ant (Hymenoptera: Formicidae) functional groups as bioindicators of forest health in Northern Arizona ponderosa pine forests.

Environmental Entomology, v. 35, n. 4, p. 937-949, 2006. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1603/0046-225X-35.4.937>>. Acesso em: nov. 2006.

SUGUITURU, S. S.; SILVA, R. R.; SOUZA, D. R. D.; MUNHAE, C. D. B.; MORINI, M. S. D. C. Ant community richness and composition across a gradient from Eucalyptus plantations to secondary Atlantic Forest. **Biota Neotropica**, v. 11, n. 1, p. 369-376, 2011.

SUGUITURU, S. S.; SOUZA, D. R. D.; MUNHAE, C. D. B.; PACHECO, R.; MORINI, M. S. D. C. Diversidade e riqueza de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em remanescentes de Mata Atlântica na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, SP. **Biota Neotropica**, v. 13, n. 2, p. 141-152, 2013.

TABARELLI, M; LOPES, A. V.; PERES, C. A. Edge-effects drive tropical forest fragments towards an early-successional system. **Biotropica**, v. 40, n. 6, p. 657-661, 2008.

TRIPLEHORN, A.; JOHNSON, N. F. **Estudo dos insetos**. 7. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011. 816 p.

UEHARA-PRADO, M.; FERNANDES, J. O.; BELLO, A. M.; MACHADO, G.; SANTOS, A. J.; VAZ-DE-MELO, F. Z.; FREITAS, A. V. L. Selecting terrestrial arthropods as indicators of small-scale disturbance: a first approach in the Brazilian Atlantic forest. **Biological Conservation**, v. 142, p. 1220-1228, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2009.01.008>>. Acesso em: nov. 2015.

WALL, D. H.; MOORE, J. C. Interactions underground: Soil biodiversity, mutualism, and ecosystem processes. **BioScience**, v. 49, p. 109-117, 1999. Disponível em: <<http://bioscience.oxfordjournals.org/content/49/2/109.full>>. Acesso em: dez. 2016.