

Guildas de formigas associadas à serapilheira no distrito de Brejinho das Ametistas, Caetité, BA

Ant Guilds associated with litter in the district of Brejinho das Ametistas, Caetité, BA

DOI:10.34117/bjdv7n11-218

Recebimento dos originais: 12/10/2021

Aceitação para publicação: 13/11/2021

Josieia Teixeira dos Santos

Doutoranda em Zoologia

Programa de Pós-Graduação em Zoologia (PPGZoo)

Universidade Estadual de Santa Cruz - UESC

Campus Soane Nazaré de Andrade, Rod. Jorge Amado, Km 16 - Salobrinho, Ilhéus-BA

E- mail:josieabiologa@gmail.com

Jaqueline dos Santos Cardoso

Professora Titular- Departamento de Ciências Biológicas- Universidade do Estado da

Bahia (UNEB) - Campus VI

Avenida Contorno, s/n, Caetité- BA

E-mail- jacardoso@uneb.br

RESUMO

A utilização da mirmecofauna como ferramenta de análise da biodiversidade tem se tornado muito eficiente. Estudos apontam que as formigas possuem potencial bioindicador, devido a sua enorme distribuição, abundância local, riqueza de espécies e alta capacidade de responder a modificações que ocorrem no ambiente. Através da organização das comunidades de formigas em guildas é possível compreender melhor a dinâmica de interações entre as espécies locais e como elas respondem a alterações no ambiente. Dessa forma o objetivo desse estudo foi analisar as condições ambientais de três áreas no distrito de Brejinho das Ametistas (Caetité-BA). Para análise da mirmecofauna, foram feitas coletas sazonais com armadilhas de pitfall e winkler (30 amostras por armadilha em cada área). As espécies coletadas foram agrupadas em nove guildas e a influência da sazonalidade sobre a composição dessas comunidades é discutida no texto. De modo geral, o estudo contribuiu para ampliação do conhecimento sobre o uso das formigas como bioindicadoras de alterações no ambiente.

Palavras-chave: Formicidae, Bioindicação, Guildas de Formigas, Grupos funcionais.

ABSTRACT

The use of myrmecofauna as a tool for analyzing biodiversity has become very efficient. Studies show that ants have bioindicator potential, due to their enormous distribution, local abundance, species richness and high capacity to respond to changes that occur in the environment. Through the organization of ant communities into guilds, it is possible

to better understand the dynamics of interactions between local species and how they respond to changes in the environment. Thus, the objective of this study was to analyze the environmental conditions of three areas in the district of Brejinho das Ametistas (Caetité-BA). For myrmecofauna analysis, seasonal collections were made with pitfall and winkler traps (30 samples per trap in each area). The species collected were grouped into nine guilds and the influence of seasonality on the composition of these communities is discussed in the text. In general, the study contributed to the expansion of knowledge about the use of ants as bioindicators of changes in the environment.

Keywords: Formicidae, Bioindication, Ant guilds, functional groups .

1 INTRODUÇÃO

A aplicação de programas de biomonitoramento eficazes dependem, em grande parte, da escolha do táxon apropriado para estudos de bioindicação (LEIVAS, 2012), pois diversos grupos de animais possuem a capacidade de testemunhar a preservação ou perturbação das áreas onde ocorrem, sendo assim denominadas como espécies bioindicadoras (ARCILA LOZANO-ZAMBRANO, 2003). Neste sentido, diversos grupos de organismos têm se tornado eficientes, como bioindicadores, tanto em ambientes aquáticos (GRIZZLE, 1984; KUMARI, 2007) quanto no meio terrestre (CORTET *et al.* 1999). Isso ocorre devido a facilidade de amostragem, conhecimento sobre a história natural de diferentes táxons e sua fidelidade a diversos tipos de habitat (GERHARDT 2002; HOLT & MILLER, 2010).

As formigas constituem um dos grupos de maior biomassa em todos os biomas, com participação expressiva na composição das comunidades onde ocorrem (HÖLDOBLER; WILSON, 1990). Isso as tornam um dos principais grupos mais utilizados em estudos de avaliação e monitoramento da biodiversidade, sendo usadas como ferramenta de bioindicação (FOLGARAIT, 1998). Sua facilidade de amostragem, alta riqueza e diversidade, além da estreita relação com os demais organismos com os quais compartilham o ambiente, permite que esse grupo responda rapidamente a quaisquer tipos de modificação que ocorram no habitat em diferentes escalas, sejam elas de natureza antrópica ou não (ANDERSEN, 1997; UNDERWOOD, 2006). Para isso, a classificação das formigas em grupos de “Guildas” é uma estratégia importante, pois permite compreender melhor como esses organismos respondem a essas alterações. As guildas são grupos de espécies de formigas que utilizam recursos ou adotam estratégias similares para ocupação de seus nichos, permitindo-nos assim um maior conhecimento sobre a dinâmica e o funcionamento de ambientes distintos (SILVESTRE, 2000;

BRANDÃO *et al.* 2003). O modelo de guildas tem se tornado uma ferramenta importante, pois permite realizar comparações em diferentes biomas, como na Mata Atlântica (MACEDO, 2004; DELABIE, 2000) e no Cerrado (SILVESTRE, 2000).

A classificação das espécies de formigas em grupos funcionais, permite a análise comparativa dos sistemas ecológicos de acordo com as diferentes dimensões dos nichos, como dieta, nidificação e forrageamento, possibilitando assim, uma análise detalhada de comunidades particulares (LACH, 2010). Nesse sentido, o estudo busca i) analisar a composição das guildas de formigas encontradas na serapilheira em uma área que passa por distúrbios antrópicos e ii) avaliar a influência da sazonalidade sobre os grupos de espécies que compõe essas guildas, no distrito de Brejinho da Ametistas, Caetité-BA.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa foi realizada no distrito de Brejinho das Ametistas, situado no município de Caetité (14° 4' 8" S, 42° 28' 30" W), região Sudoeste da Bahia. O distrito localiza-se a 1.000 m de altitude e seu terreno é atravessado pela Serra das Ametistas, no qual encontra-se as nascentes dos riachos da Faca e Antas que alimentam os principais rios da região, que são afluentes do rio São Francisco. A localidade apresenta uma área de ecótono entre Caatinga, Cerrado e Campo rupestre (Gerais) formando um mosaico de relevo e vegetação com uma diversidade diferenciada do seu entorno.

A área de estudo foi dividida em três unidades amostrais, denominadas "A", "B" e "C", que foram amostradas sazonalmente entre as estações seca e chuvosa. Na unidade amostral "A" a vegetação é composta por trechos de mata e cerrado, margeados por fazenda de gado e próxima a zonas de implantação do parque eólico (Figura 1). As coletas desta unidade ocorreram entre os dias 26 e 27 de setembro de 2013 (fase seca) e 25 e 26 de fevereiro de 2014 (fase chuvosa) (Figura 1).

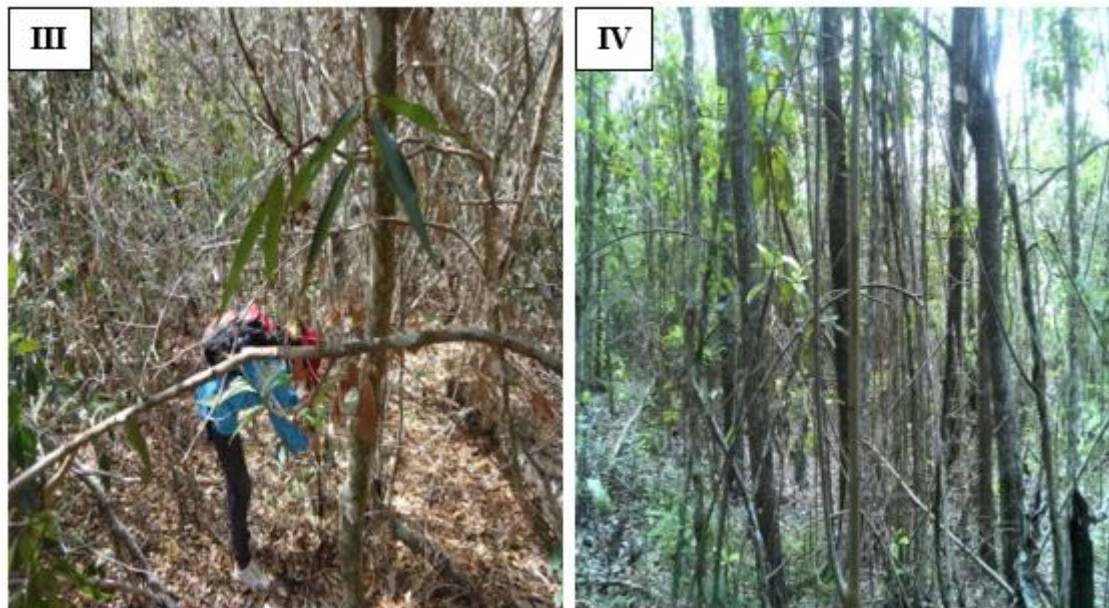
Figura 1: Unidade amostral “A”. (I) Vegetação local no período seco; e no período chuvoso (II).



Fonte: Arquivo pessoal.

A unidade amostral “B” apresenta características e fitofisionomia similares a anterior (Figura 2), tendo as coletas da fase seca ocorrido entre 12 e 13 de outubro de 2013 e da fase chuvosa entre 13 e 14 de março de 2014.

Figura 2: Unidade amostral “B”. (III) Vegetação local período seco; e no período chuvoso (IV).



Fonte: Arquivo pessoal.

A unidade amostral “C” é composta por uma fitofisionomia diferenciada das demais, com área de transição (ecótono) entre mata, cerrado e caatinga (Figura 3). As coletas da fase seca foram entre os dias 14 e 15 de dezembro de 2013 e da fase chuvosa entre os dias 18 e 19 de fevereiro de 2014.

Figura 3: Unidade amostral “C”. Vegetação local período seco (V); e no período chuvoso (VI).



Fonte: Arquivo pessoal

2.2 COLETA DO MATERIAL BIOLÓGICO

Foram instaladas 30 armadilhas de pitfalls nos dois períodos de amostragem (seco e chuvoso) que distavam 20 m entre si, em cada unidade amostral, ao longo de um transectos (Figura 4A). Os pitfalls ficaram ativos por 24 horas para coleta da mirmecofauna local. Foram realizadas ainda coletas com o extrator de winkler, no qual retirou-se 30 amostras de 1m² de serapilheira em cada período (seco e chuvoso) em cada unidade amostral (Figura 4B). Esse material foi peneirado e armazenado em sacos de nylon e posteriormente depositados nos concentradores por 48 horas para a segregação dos organismos presentes na serapilheira (Figura 4C). O material biológico coletado foi acondicionado em vasilhames plásticos com álcool 70% e levado ao Laboratório de Estudo Animal (LABEA) da Universidade do Estado da Bahia (UNEB) - Campus VI para triagem e identificação (Figura 4D).

Figura 4: Armadilha de queda (pitfall) (A). Coleta de serapilheira (B); Extrator de winkler (C); Material biológico triado (D).



Fonte: Arquivo pessoal.

2.3 ANÁLISE DOS DADOS

A identificação do material biológico coletado ocorreu ao menor nível taxonômico possível, com auxílio da chave para subfamílias e gêneros de Fernandez e Palácio (2003) e a caracterização das guildas seguiu os parâmetros de classificação baseados em Brandão (2008) e Delabie *et al* (2000).

Para verificar a variação na diversidade de espécies de formigas nas unidades amostrais foram considerados os índices de Simpson, Shannon_H, Margalef, Equitabilidade de Pielou (J) e Dominância de Berger-Parker. O efeito da sazonalidade sobre a composição das comunidades foi avaliado pelo estimador de Bootstrap. Todas as análises foram feitas no programa Past (Paleontological Statistics) Versão 2.0.

Para analisar a variação na composição da mirmecofauna entre as unidades amostrais montamos matrizes de dados de presença/ausência estabelecida pelo programa MVSP (Multi-Variate Statistical Package) versão 3.1 tendo como base o índice de Jaccard.

3 RESULTADOS

Foram identificadas 35 morfoespécies, distribuída entre 26 gêneros e 7 subfamílias (Tabela 1). As subfamílias mais representativas foram Myrmicinae (44%), Formicinae (23%) e Ponerinae (12%). As subfamílias Pseudomyrmecinae, Dolichoderine e Ectatominae representaram 6% cada uma e Ectoninae apenas 3%. Entre as unidades amostrais A, B e C foram coletados 14, 15 e 17 gêneros respectivamente, sendo os gêneros *Camponotus* e *Pheidole* os de maior representatividade em todas.

Tabela1: Formigas encontradas nas unidades amostrais em Brejinho das Ametistas, Caetitê- BA. 2013/2014

| SUBFAMÍLIAS | AMOSTRAGEM POR ÁREA | | |
|---------------------------|---------------------|--------|--------|
| | Área A | Área B | Área C |
| MYRMICINAE | | | |
| <i>Atta</i> sp. | X | X | X |
| <i>Cephalotes</i> sp. | - | X | X |
| <i>Creumatogaster</i> sp. | X | X | X |
| <i>Cyphomyrmex</i> sp. | - | - | X |
| <i>Hylomyrma</i> sp. | - | - | X |
| <i>Leptothorax</i> sp. | X | - | - |
| <i>Monomorium</i> sp. | X | X | - |
| <i>Myrmica</i> sp. | - | X | - |
| <i>Pheidole</i> sp.1 | X | X | X |
| <i>Pheidole</i> sp.2 | X | X | X |
| <i>Pheidole</i> sp.3 | X | X | X |
| <i>Pheidole</i> sp.4 | X | X | X |
| <i>Rogeria</i> sp. | - | X | - |
| <i>Strumigenys</i> sp. | X | - | - |
| <i>Tetramorium</i> sp. | - | X | - |
| <i>Wasmania</i> sp. | X | - | X |
| FORMICINAE | | | |
| <i>Brachymyrmex</i> sp. | X | X | - |
| <i>Camponotus</i> sp.1 | X | X | X |
| <i>Camponotus</i> sp.2 | X | X | X |
| <i>Camponotus</i> sp.3 | - | - | X |
| <i>Camponotus</i> sp.4 | X | - | X |
| <i>Camponotus</i> sp.5 | X | X | X |
| <i>Camponotus</i> sp.6 | X | X | - |
| <i>Paratrechina</i> sp. | X | X | X |
| PONERINAE | | | |
| <i>Cylindromyrmex</i> sp. | - | - | X |
| <i>Dinoponera</i> sp. | - | - | X |
| <i>Odontomachus</i> sp. | X | X | X |
| <i>Pachycondyla</i> sp. | X | X | X |
| ECTATOMINAE | | | |
| <i>Ectatomma</i> sp.1 | - | - | X |
| <i>Ectatomma</i> sp.2 | X | X | X |
| PSEUDOMYRMECINAE | | | |
| <i>Pseudomyrmex</i> sp. | X | X | X |
| <i>Tetraponera</i> sp. | X | - | - |

DOLICHODERINAE

| | | | |
|-----------------------|---|---|---|
| <i>Tapinoma</i> sp. | - | - | X |
| <i>Dorymyrmex</i> sp. | X | X | X |

ECITONINAE

| | | | |
|--------------------|---|---|---|
| <i>Labidus</i> sp. | X | - | - |
|--------------------|---|---|---|

As espécies coletadas foram agrupadas seguindo a classificação baseado em Brandão (2008) e Delabie *et al.* (2000) nas seguintes guildas: Predadoras Epigéicas Grandes; Predadoras Generalistas de Vegetação Médias; Cultivadoras de Fungos sobre Carcaça; Attinae Cultivadoras de Fungos de Colônias Grandes (Desfolheadoras); Arborícolas Dominantes de Recrutamento Massivo; Epigéica Nômades; Mirmicinae Predadoras Especializadas; Pseudomyrmecinaes Ágeis e Especialistas Mínimas de Vegetação (Tabela 2). Alguns gêneros coletados não se enquadram nesses modelos de guildas *Cephalotes*, *Cylindromyrmex*, *Dorymyrmex*, *Hylomyrma*, *Leptothorax*, *Myrmica*, *Rogeria*, *Tapinoma*, *Tetramorium* e *Tetraoponera*.

Tabela 2: Classificação das guildas de formigas encontradas nas três áreas amostrais no Distrito de Brejinho das Ametistas, Caetité- BA. 2013/2014.

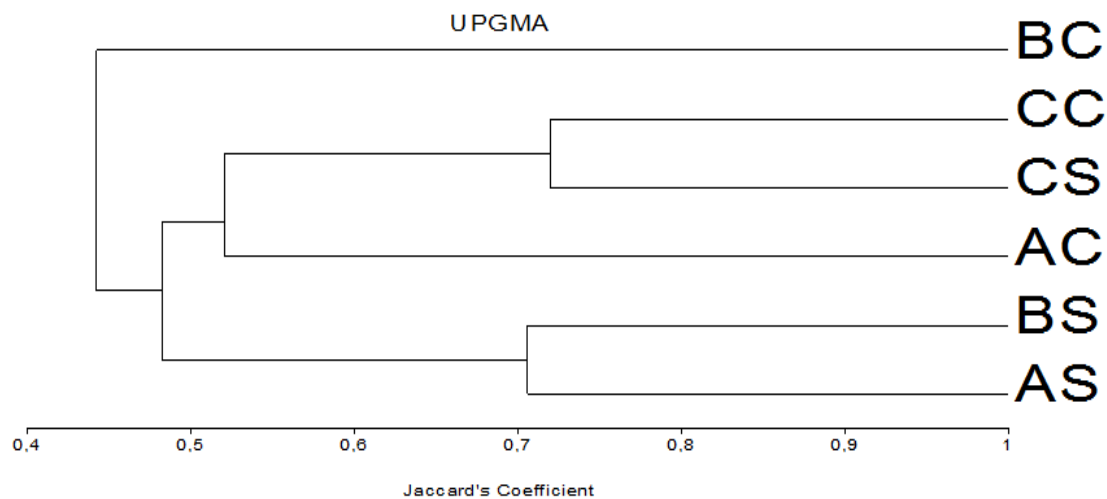
| GUILDAS | Gêneros | ÁREAS | | |
|---|--------------------------|-------|---|---|
| | | A | B | C |
| Predadoras Epigéicas Grandes | <i>Ectatomma</i> sp.1 | X | X | X |
| | <i>Ectatomma</i> sp.2 | - | - | X |
| | <i>Pachycondyla</i> sp. | X | X | X |
| | <i>Odontomachus</i> sp. | X | X | X |
| | <i>Dinoponera</i> sp. | | | X |
| Predadoras Generalistas de Vegetação Médias | <i>Camponotus</i> sp.1 | X | X | X |
| | <i>Camponotus</i> sp.2 | X | X | X |
| | <i>Camponotus</i> sp.3 | X | X | - |
| | <i>Camponotus</i> sp.4 | - | - | X |
| | <i>Camponotus</i> sp.5 | X | | X |
| | <i>Camponotus</i> sp.6 | X | X | X |
| | <i>Brachymyrmex</i> sp. | X | - | - |
| | <i>Wasmania</i> sp. | - | - | X |
| | <i>Paratrechina</i> sp. | X | X | X |
| | <i>Pheidole</i> sp.1 | X | X | X |
| | <i>Pheidole</i> sp.2 | X | X | X |
| | <i>Pheidole</i> sp. | X | X | X |
| | <i>Pheidole</i> sp.4 | X | X | X |
| Cultivadoras de Fungos sobre Carcaças | <i>Cyphomyrmex</i> sp. | - | - | X |
| Attinae Cultivadoras de Fungos de Colônias Grandes (Desfolheadoras) | <i>Atta</i> sp. | X | X | X |
| Arborícolas Dominantes de Recrutamento Massivo | <i>Crematogaster</i> sp. | X | X | X |
| Epigéicas Nômades | <i>Labidus</i> sp. | X | - | - |
| Mirmicinae Predadoras Especializadas | <i>Strumigenys</i> sp. | X | - | - |
| Pseudomyrmecinaes Ágeis | <i>Pseudomyrmex</i> sp. | X | X | X |
| Especialistas Mínimas de Vegetação | <i>Monomorium</i> sp. | X | X | - |

Em relação aos parâmetros ecológicos observados nas áreas analisadas podemos inferir que a unidade amostral “C” apresentou uma melhor condição, pois além de obter maiores valores entre os descritores de diversidade, apresentou maior equitabilidade e menor dominância entre as espécies (Tabela 3). Considerando a similaridade na composição das comunidades amostradas esta mesma área apresentou maior estabilidade em relação ao conjunto de espécies entre as estações (Figura 5). E para análise de sazonalidade os dados obtidos pelo estimador de Bootstrap entre os dois períodos de 29,6 (fase seca) e 32,8 (fase chuvosa), podemos considerar o período chuvoso como mais rico em número total de espécies.

Tabela 3: Parâmetros ecológicos das três unidades amostrais no Distrito de Brejinho das Ametistas, Caetitê- BA. 2013/2014.

| DESCRITORES | Unidades Amostrais | | |
|-----------------------|--------------------|------|------|
| | A | B | C |
| <i>Dominance_D</i> | 0,12 | 0,10 | 0,08 |
| <i>Shannon_H</i> | 2,37 | 2,57 | 2,75 |
| <i>Simpson_1-D</i> | 0,87 | 0,89 | 0,91 |
| <i>Margalef</i> | 3,39 | 4,03 | 3,99 |
| <i>Equitability_J</i> | 0,79 | 0,82 | 0,85 |
| <i>Berger-Parker</i> | 0,19 | 0,21 | 0,16 |

Figura 5: Dendrograma de similaridade entre as unidades amostrais A, B e C no Distrito de Brejinho das Ametistas. Períodos seco e chuvoso 2013/2014. BC – área B período chuvoso; CC – área C período chuvoso; CS – área C período seco; AC – área A período chuvoso; BS – área B período seco; AS – área A período seco.



4 DISCUSSÃO

Os resultados obtidos com esse estudo reforçam a importância do uso das formigas como ferramentas de bioindicação. Para os ambientes com maior interferência antrópica a diversidade de espécies encontradas foi menor, havendo ainda, um predomínio das espécies mais generalistas, quando comparamos as três unidades analisadas. A maior

dominância e menor equitabilidade encontrada nas unidades amostrais “A” e “B” possivelmente está associada a proximidade dessas unidades com as áreas de exploração do solo para implementação do Parque Eólico Alto Sertão I. Esses dados estão em consonância com outros estudos que utilizam as formigas como parâmetros de monitoramento no uso da terra em diferentes contextos (ex. KING *et al* 1998; BESTELMEYER *et al.* 1996, ANDERSEN *et al* 2002).

Outro ponto importante relacionado a essas duas unidades amostrais está na influência da sazonalidade sobre a composição das comunidades e consequentemente na formação das guildas em cada estação. Cerca de 70% de similaridade obtida entre os conjuntos de espécies nas unidades amostrais A e B, durante o período seco, pode estar relacionada a uma mudança na disponibilidade de recursos alimentares durante esse período. Tal situação pode influenciar negativamente nas espécies que sejam mais sensíveis a essas condições e causar um efeito oposto em espécies com hábitos mais generalistas. Essa ideia é reforçada com os dados obtidos pelos descritores de diversidade, que apontam essas mesmas unidades como sendo menos diversa. A necessidade de uma dieta balanceada afeta diferentes aspectos do comportamento das formigas, principalmente em sua atividade de forrageamento, tornando-os mais ou menos ativos em diferentes estações (HAHN & WHEELER 2006; BELCHIOR *et al* 20016). No entanto, quando a condição do ambiente muda, e há um aumento na disponibilidade de recursos, em decorrência da estação chuvosa, a similaridade na composição das comunidades desses ambientes se modifica drasticamente, como demonstrado pela figura 5. Essas alterações nas condições do ambiente, fazem com que características que são específicas de cada local, favoreça o estabelecimento de diferentes espécies, modificando a composição das comunidades e das guildas que estruturam cada tipo de habitat (CASTANHO-MENESES, 2014).

Os dados obtidos na unidade amostral “C” também dão respaldo ao uso da subfamília Formicidae como ferramenta de análise e monitoramento de ambientes que passam por distúrbios. A maior consistência na estrutura da comunidade encontrada nesse ambiente, cerca de 70% de similaridade entre as fases secas e chuvosa, pode estar relacionado a condição ambiental. Primeiro, porque trata-se de uma área mais distante da região que passa por profundas modificações ambientais, causadas pela instalação de diversas torres de geração de energia para o Parque Eólico Alto Sertão I. Associado a isso, temos também a própria fitofisionomia local, que apresenta características diferenciadas das demais, sendo composta por uma área de ecótono, entre manchas de

Caatinga, Cerrado e Mata. Estudos apontam que regiões de ecótono são mais complexas, podendo ser consideradas “*hotspot*” de diversidade (COELHO & RIBEIRO, 2006; FERGNANI *et al* 2013), isso porque ambientes estruturalmente mais complexos são mais diversos, pois possibilitam maior disponibilidades de nicho e maior riqueza de espécies (BAZZAZ 1975, MACARTHUR & MACARTHUR 1961). Assim com base em nosso estudo podemos reforçar a importância do uso da subfamília Formicidae como uma ferramenta positiva para análise e monitoramento da qualidade ambiental.

REFERÊNCIAS

- ANDERSEN, A. N. Insight using ants as bioindicators: multiscale issues in an ant community ecology. **Conservation Ecology** 1: 1, 1997.
- ANDERSEN, A. N., BENJAMIN D. H, WARREN J. M., and ANTHONY D. G.. "Using Ants as Bioindicators in Land Management: Simplifying Assessment of Ant Community Responses. **Journal of Applied Ecology** 39, no. 1 (2002): 8-17.
- ARCILA, A.M.; LOZANO-ZAMBRANO, F.H. Hormigas como herramienta para la bioindicación y el monitoreo In: FERNANDEZ F (ed) **Introducción a las hormigas de la región neotropical**. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colômbia. XXVI + 398 p. 2003.
- BAZZAS F.A. Plant species diversity in old-field successional ecosystems in Southern Illinois. **Ecology** 56:485–488, 1975. DOI: [10.2307/1934981](https://doi.org/10.2307/1934981).
- BELCHIOR C. SENDOYA, S.F. DEL-CLARO, K. Temporal Variation in the Abundance and Richness of Foliage-Dwelling Ants Mediated by Extrafloral Nectar. **PLOS ONE** 11 (7). 2016. DOI: [10.1371/journal.pone.0158283](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0158283).
- BESTELMEYER, B. T., & WIENS, J. A.. “The Effects of Land Use on the Structure of Ground-Foraging Ant Communities in the Argentine Chaco”. **Ecological Application** , vol. 6, no. 4, 1996, pp. 1225–1240. DOI: [10.2307/2269603](https://doi.org/10.2307/2269603).
- BRANDÃO, C.R.F; SILVA, R.R; SILVESTRE, R. Grupos funcionais de hormigas: el caso de los grêmios del cerrado. Capítulo 7. In: FERNANDEZ F (ed) **Introducción a las hormigas de la región neotropical**. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colômbia. XXVI + 398 p. 2003.
- CASTAÑO-MENESES, G. Trophic Guild Structure of a Canopy Ants Community in a Mexican Tropical Deciduous Forest. **Sociobiology**, [S. l.], v. 61, n. 1, p. 35–42, 2014. DOI: [10.13102/sociobiology.v61i1.35-42](https://doi.org/10.13102/sociobiology.v61i1.35-42).
- COELHO, I. R. & RIBEIRO, Sérgio 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, 2006. DOI [10.1590/S1519-566X2006000100004](https://doi.org/10.1590/S1519-566X2006000100004). ISSN 1678-8052.
- DELABIE, J.H.C.; AGOSTI, D.; NASCIMENTO, I.C. Litter and communities os the Brazilian Atlantic rain Forest region. In: AGOSTI, D; MAJER, J.D.; ALONSO, L.T.; SCHULTZ, T. (ed). **Measuring and monitoring biological diversity: standart methods for ground living ants**. Washington: Smithsonian Institution, 2000. 280p.
- UNDERWOOD, E.C.; FISHER, B.L. The role of ants in conservation monitoring: If, when, and how. **Biological Conservation**, v.132(2), p. 166-182. 2006. DOI: [10.1016/j.biocon.2006.03.022](https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.03.022).

- FERGNANI, P. N., SACKMANN, P., RUGGIERO, A. The spatial variation in ant species composition and functional groups across the Subantarctic-Patagonian transition zone. **Journal of insect conservation**, 17, 295-305. 2013. DOI: 10.1007/s10841-012-9510-3.
- FOLGARAIT, P. J. 1998. Ant biodiversity and its relationship to ecosystem functioning: A review. **Biodiversity and Conservation**, v. 7, p. 1221-1244. 1998. DOI: 10.1023/A:1008891901953.
- GERHARDT A. Bioindicator species and their use in biomonitoring. Environmental monitoring I. Encyclopedia of life support systems. UNESCO ed. Oxford (UK): Eolss Publisher, 2002.
- GRIZZLE R. E. Pollution indicator species of macro benthos in a coastal lagoon. **Mar Ecol Prog Ser.** 18:191–200. 1984. DOI: 10.3354/meps018191
- HAHN, D. A., & WHEELER, D. E. Seasonal Foraging Activity and Bait Preferences of Ants on Barro Colorado Island, Panama. *Biotropica*, 34(3), 348–356. 2002 DOI: 10.3354 / meps018191.
- HÖLDOBLER, B; WILSON, E. O. The Ants. The Harvard Universit Press. 1990.
- HOLT E.A., MILLER S.W. Bioindicators: using organisms to measure environmental impacts. **Nature.** 3(10):8–13. 2010.
- CORTET, J. GOMOT-DE VAUFLERY, A. POINSOT-BALAGUER, N, GOMOT, L. TEXIER, C. CLUZEAU, D. The use of invertebrate soil fauna in monitoring pollutant effects, **European Journal of Soil Biology**, v.35 (3), p. 115-134. 1999, ISSN 1164-5563, DOI: 10.1016/S1164-5563(00)00116-3.
- KING, J.R., ANDERSEN, A.N. & CUTTER, A.D. Ants as bioindicators of habitat disturbance: validation of the functional group model for Australia's humid tropics. **Biodiversity and Conservation**, v.7, p.1627–1638. 1998. DOI:10.1023/A:1008857214743.
- KUMARI, P., DHADSE, S., CHAUDHARI, P.R., WATE, S.R. Bioindicators of pollution in lentic water bodies of Nagpur city. **J Environ Sci Eng.** 2007 Oct;49(4): 317-24. PMID: 18476381.
- LACH, L.; PARR, C.L.; ABBOUTT, K.L. **Ant Ecology.** Oxford University Press. New York, p.401. 2010.
- LEIVAS, .F.W.T., CARNEIRO, E. Utilizando os hexápodes (Arthropoda, Hexápoda) como bioindicadores na Biologia da Conservação: Avanços e perspectivas. p.203-213. 2012. DOI:10.7213/estud.biol.7333. ISSN 0102-2067.
- Macarthur R.H., MACARTHUR J.W. On Bird Species Diversity. **Ecology.** v. 42(3), p.594–98. 1961. DOI: 0.2307/1932254.

- MACEDO, L. P. M. **Diversidade de formigas edáficas (Hymenoptera: Formicidae) em fragmentos da Mata Atlântica do Estado de São Paulo.** 2004.113f. Tese (Doutorado em Entomologia) Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura Luiz de Quieroz.2004.

- SILVESTRE, R. **Estruturas de comunidades de formigas do cerrado.** São Paulo. 2000. 201f. Tese (Doutorado em Entomologia) - Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto – Universidade de São Paulo, São Paulo 2000.