



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
Fundação Instituída nos termos da Lei 5.152 de 21/10/1966- São Luís- Maranhão
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
(Modalidade: Licenciatura)

GUILHERME DOMINGUES FERREIRA

**ABUNDÂNCIA E DIVERSIDADE DE FORMIGAS (HYMENOPTERA:
FORMICIDAE) EM ÁREAS COM FLORESTA AMAZÔNICA (SÃO LUÍS –
MA, BRASIL)**

SÃO LUIS - MA

2023

GUILHERME DOMINGUES FERREIRA

**ABUNDÂNCIA E DIVERSIDADE DE FORMIGAS (HYMENOPTERA:
FORMICIDAE) EM ÁREAS COM FLORESTA AMAZÔNICA (SÃO LUÍS –
MA, BRASIL)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Maranhão – UFMA como requisito para obtenção do título de Licenciado em Biologia.

Orientador: Dr. Glécio Machado Siqueira

Coorientador: Dr. Bruno de Souza Barreto

SÃO LUIS - MA

2023

FICHA CATALOGRÁFICA

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Domingues Ferreira, Guilherme.

ANÁLISE DA ABUNDÂNCIA E DIVERSIDADE DE FORMIGAS
HYMENOPTERA: FORMICIDADE EM ÁREAS COM FLORESTA AMAZÔNICA
SÃO LUÍS MA, BRASIL / Guilherme Domingues Ferreira. -
2023.

31 p.

Coorientador(a): Dr. Bruno de Souza Barreto.

Orientador(a): Dr. Glécio Machado Siqueira.

Curso de Ciências Biológicas, Universidade Federal do
Maranhão, São Luís-MA, 2023.

1. Diversidade biológica. 2. Floresta amazônica. 3.
Formicidae. 4. Hymenoptera. I. de Souza Barreto, Dr.
Bruno. II. Machado Siqueira, Dr. Glécio. III. Título.

GUILHERME DOMINGUES FERREIRA

**ANÁLISE DA ABUNDÂNCIA E DIVERSIDADE DE FORMIGAS
(HYMENOPTERA: FORMICIDADE) EM ÁREAS COM FLORESTA
AMAZÔNICA (SÃO LUÍS – MA, BRASIL)**

Trabalho de conclusão de curso apresentado no Curso de Graduação em Ciências da
Universidade Federal do Maranhão

Aprovado em: ____ / ____ / ____ Nota: ____

BANCA EXAMINADORA

PROF. DR. GLÉCIO MACHADO SIQUEIRA (ORIENTADOR)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO

PROF. DR^A. WILMA DOS SANTOS EUGÊNIO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO

PROF. DR. JOSÉ MANUEL MACÁRIO RABELO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO

AGRADECIMENTO

Gostaria de expressar imensamente meu agradecimento a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desta monografia. Primeiramente, sou grato a Deus por me conceder sabedoria, paciência e força de vontade durante todo o processo de pesquisa e redação deste trabalho.

Agradeço também à minha família, em especial aos meus pais, Elisângela e Cláudio, meu irmão Gabriel que nunca desistiram de mim, também minhas tias Núbia e Valdilene que cuidaram de mim como um filho; meu tio Samuel e tia Silma que me concederam um lar quando mais precisei. Todo o apoio de vocês foi imprescindível neste percurso. Obrigado por acreditarem em mim, por me ajudarem sempre que precisei. Vocês são minha fonte de inspiração e motivação para realizar meus objetivos e sonhos.

Agradeço aos meus professores, que dedicaram seu tempo e conhecimento em cada disciplina, contribuindo para minha formação profissional. Ao meu orientador Dr. Glécio Machado Siqueira que se tornou meu segundo pai ao decorrer da graduação, me dando os melhores conselhos voltados não somente ao âmbito científico, mas também pessoal. Suas sugestões, correções e direcionamentos foram fundamentais para o desenvolvimento de uma monografia sólida e bem embasada. Sou grato por ter tido a oportunidade de aprender com seu profissionalismo e competência. Sem você essa caminhada não teria sido possível.

Não posso deixar de agradecer aos amigos que fiz na universidade e que estiveram presentes ao longo dessa jornada. Ao Robson Felipe, Paulo Eduardo, Larissa Gabrielle, Luís Gustavo, Marina Barros, Jedhaune Leal, Sthephane Pereira e Judgefferson Chaves. Obrigado por compartilharem suas ideias, experiências e por me encorajarem nos momentos de dúvida. Suas contribuições foram para além deste trabalho, me tornaram uma pessoa melhor.

Ao meu amigo de infância Talisson Reis, que foi um pivô para que eu sentisse o desejo de sair do interior e entrar na universidade, me guiou em uma cidade desconhecida e continuou presente durante todos os altos e baixos que enfrentei na academia e no cotidiano. À amizade despretensiosa que criei com Gildene Pontes, através de Talisson, mas que se tornou inestimável e foi um incentivo a mais para finalizar este curso. Hoje são pessoas com as quais posso contar sempre que precisar, para os bons momentos, mas também para os de dificuldade. Obrigado por isso.

Por fim, agradeço a todas as instituições bibliotecas e centros de pesquisa que disponibilizaram material e informações relevantes para a realização desta monografia.

A CNPq-CAPES e FAPEMA, pelas bolsas de amparo à pesquisa nos PIBICs que desenvolvi. Ao LABSOLOS que se tornou minha casa dentro da UFMA, um espaço de aconchego e segurança para desenvolver pesquisas, criar amizades e trocar experiências com mestrandos e doutores.

Em suma, minha gratidão é direcionada a todos que de alguma maneira contribuíram para que eu conseguisse concretizar 100% deste projeto. Cada um de vocês tem uma parte especial na minha vida e neste trabalho. Sou imensamente grato por tudo que fizeram.

Obrigado por tanto!

**“Transformar o simples em difícil é fácil,
mas transformar o difícil em simples exige criatividade”.**

- Edward Elric

ABUNDANCE AND DIVERSITY OF ANTS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) IN AMAZON FOREST AREAS (SÃO LUÍS – MA, BRAZIL)

Author: Guilherme Domingues Ferreira

Highlights

More preserved habitats have greater species richness.

The complexity of environments influences the composition of ant communities.

The diversity profile in both areas showed a negative exponential pattern, that is, communities with low equitability.

Abstract: Ants constitute a family of organisms that make up the soil fauna and that perform various activities and ecological processes, essential for environmental balance, with the Amazon Forest being the space with the greatest diversity and abundance of ant killers. The present work was carried out in São Luís (Maranhão, Brazil) in two areas, one located in the Batatã reserve in CAEMA and the other in the MARACANÃ APA. The collection method was pitfall traps, which were installed at ground level and filled with 50 ml of 4% formaldehyde solution, and remained in the field for a total of seven days. The collected individuals were transferred to airtight containers, preserved in 92.8% alcohol, and taken to the laboratory for identification at the genus and species level when possible. In total, 1,644 individuals were captured, 918 in CAEMA and 726 in MARACANÃ. CAEMA presented greater species diversity and greater abundance of organisms due to the area presenting greater structural complexity and conservation. The species abundance proportion curve showed that there was dominance of different groups in the two areas, with some species being more abundant than others, denoting low equitability in both areas (CAEMA Pielou Index: 0.63 and MARACANÃ Pielou Index: 0.69). The Similarity Analysis showed that the CAEMA ant community presents greater heterogeneity, being more dissimilar than that of MARACANÃ.

Keywords: Environmental complexity; biological diversity; Diversity profile.

ABUNDÂNCIA E DIVERSIDADE DE FORMIGAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) EM ÁREAS DE FLORESTA AMAZÔNICA (SÃO LUÍS – MA, BRASIL)

Autor: Guilherme Domingues Ferreira

Resumo: As formigas constituem uma família de organismos que compõem a fauna do solo e que desempenham diversas atividades e processos ecológicos, essenciais para o equilíbrio ambiental, sendo a Floresta Amazônica o espaço com maior diversidade e abundância de formicídeos. O presente trabalho foi realizado em São Luís (Maranhão, Brasil) em duas áreas, uma localizada na reserva do Batatã na CAEMA e a outra na APA do MARACANÃ. O método de coleta foi de armadilhas do tipo *pitfall traps*, que foram instalados a nível do solo, e preenchidos com 50 ml de solução com formaldeído a 4%, e permaneceram em campo por um total de sete dias. Os indivíduos coletados foram transferidos para recipientes herméticos, conservados em álcool 92,8%, e levados para laboratório para identificação à nível de gênero e espécies quando possível. Ao todo foram capturados 1.644 indivíduos, 918 na CAEMA e 726 no MARACANÃ. A CAEMA apresentou maior diversidade de espécies e maior abundância de organismos devido a área apresentar maior complexidade estrutural e conservação. A Curva de proporção de abundância de espécies mostrou que houve dominância de diferentes grupos nas duas áreas, sendo algumas espécies mais abundantes que outras, denotando baixa equitabilidade em ambas as áreas (Índice de Pielou CAEMA: 0.63 e Índice de Pielou MARACANÃ: 0.69). A Análise de Similaridade mostrou que a comunidade de formigas da CAEMA apresenta maior heterogeneidade, sendo mais dissimilar que a do MARACANÃ.

Palavras-chave: Complexidade ambiental; diversidade biológica; Perfil de diversidade.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 MATERIAL E MÉTODOS	11
2.1. Área de estudo.....	11
2.2. Amostragem	11
2.3. Perfil de diversidade das comunidades de formiga	12
2.4. Análises comparativas das comunidades	14
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
3.1 Perfil de diversidade das comunidades	21
4 CONCLUSÃO	25
REFERÊNCIAS	26

1 INTRODUÇÃO

As formigas constituem uma família de organismos da classe Insecta, compõem a fauna do solo e que desempenham diversas atividades e processos ecológicos, essenciais para o equilíbrio ambiental (Hölldobler & Wilson, 1990). As florestas tropicais são responsáveis por compor grande parte dessa densidade de espécimes, sendo a Floresta Amazônica e a Mata Atlântica destaques de elevada diversidade (Pereira, 2023; Lutinski *et al.*, 2023).

A complexidade estrutural do ambiente influencia a diversidade de organismos, pois ambientes mais heterogêneos e complexos, possuem uma capacidade de comportar maior riqueza e diversidade de organismos (Vargas *et al.*, 2007; Parron *et al.*, 2015; Schierwater & DeSalle, 2021), tal complexidade está relacionada a aspectos físicos do ecossistema/paisagem, bem como pela composição da vegetação do local (Amaral *et al.*, 2019; Nooten *et al.*, 2019).

A família formicidae pode ser destacada da classe Insecta, pois apresentam inúmeras especializações e numerosa riqueza de espécies com cerca de 20 mil descritas, abundância de indivíduos, hábitos alimentares variados e comportamentos populacionais (Hölldobler *et al.*, 1990) estando relacionada com inúmeros processos dinâmicos nos ecossistemas tais como a ciclagem de matéria orgânica, fluxo de energia e presença em diferentes níveis tróficos (Silva & Brandão, 1999; Carillo *et al.*, 2011; Cabrera, 2012; Vries *et al.*, 2013; Gomes *et al.*, 2020; Góes *et al.*, 2021).

A hipótese deste trabalho é que a complexidade do ambiente, resulta em maior diversidade biológica, enquanto que a parcela com maior grau de degradação, haverá menor diversidade de espécies. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a diversidade da mirmecofauna em dois fragmentos com Floresta Amazônica em São Luís (Maranhão, Brasil).

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

As parcelas experimentais estão localizadas no município de São Luís (Maranhão, Brasil), onde foram instalados dois transectos, sendo o primeiro localizado na Reserva Batatã (T1) da Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão (CAEMA) localizado dentro do complexo urbano, cujas coordenadas geográficas são: 2° 34'05" S 44°15'06" W, com altitude média de cerca de 37,27 m; e o segundo transecto amostral foi instalado na zona rural do município, na Área de Proteção Ambiental do Maracanã [APA Maracanã - 1.831 ha (T2)], cujas coordenadas geográficas são: 2° 36'18" S 44°17'46" W.

O clima do município de São Luís é o tropical úmido (Aw), com temperatura média anual de 28.8 °C e precipitação anual de 2.156 mm com duas estações bem definidas, uma chuvosa de novembro a maio e uma seca compreendendo os meses de junho a outubro. A vegetação natural das regiões da Reserva Batatã (T1) e da APA Maracanã (T2) é caracterizada como de Floresta Ombrófila, sendo a área Reserva Batatã encontra-se mais preservada que a parcela na APA do Maracanã, que sofre com a especulação imobiliária, havendo uma maior circulação e pessoas, resultando em pressão antrópica sobre o ambiente. O solo da primeira parcela (T1) é classificado como Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos, e o solo da segunda parcela (T2) é classificado como Argissolo vermelho amarelo (Santos *et al.*, 2018).

2.2 Amostragem

As amostragens foram realizadas em transectos com espaçamento total de 325 m na área da CAEMA e intervalo de 5 m entre as armadilhas e 195 m na área do MARACANÃ com intervalo de 3 m entre as armadilhas. A mirmecofauna, foi amostrada utilizando armadilhas do tipo pitfall traps. Foram instaladas 132 armadilhas, sendo 66 na CAEMA (T1) e 66 na APA do Maracanã (T2). As armadilhas consistiram em recipientes plásticos

com 7 cm de diâmetro e 8,5 cm de altura, uma cobertura plástica de forma discoidal de 15 cm de diâmetro, fixada ao solo por três hastes de espessura de 5 mm, que foram alocados de maneira que a borda ficasse no nível do solo, e preenchidos parcialmente com 50 ml de solução de água e formaldeído diluído a 4% de sua concentração. Os pitfalls traps permaneceram em campo por sete dias (Aquino e Correia, 2005). Após passados os sete dias, os organismos foram coletados e transferidos para recipientes herméticos lacrados e etiquetados, conservados em álcool 92,8%, e levados para laboratório para identificação à nível de subfamília, gênero e espécie quando possível, com auxílio da chave dicotômica proposta por Baccaro *et al.*, 2015 e comparações junto ao banco de imagens AntWeb (AntWeb, 2023), site que é referência em acervo de imagens de formigas. Os espécimes também foram comparados ao material existente na coleção mirmecológica do Laboratório de Solos e Recursos Ambientais - LABSOLOS da Universidade Federal do Maranhão - UFMA. Durante a triagem do material, a família formicidae foi separada dos demais organismos capturados e armazenados em tubos Falcon de 25 e 50 ml.

2.3 Perfil de diversidade das comunidades de formiga

Para as duas áreas das comunidades foram calculados a abundância total, abundância relativa, a riqueza de espécies. Para comparação das comunidades de formigas amostradas, a riqueza rarefeita baseada no número de indivíduos foi estimada para controlar o efeito do esforço amostral. A riqueza de espécies, o índice de Shannon e índice de Simpson diferem entre si basicamente pelo peso dado as espécies raras. Na riqueza de espécies o peso é máximo, onde espécies raras tem mesmo peso que espécies comuns. No índice de Shannon o peso é intermediário e no índice de Simpson o peso de espécies raras é baixo. Neste sentido, perfis de diversidade baseados no número de Hill (Hill, 1973) foram calculados para cada comunidade de acordo com a seguinte equação:

$$N_a = (p_1^a + p_2^a + p_3^a + \dots + p_s^a)^{1/(1-a)} \quad (1)$$

onde N_a é o valor do índice de diversidade para o parâmetro a ($a \geq 0, a \neq 1$) e $p_1, p_2, p_3, \dots, p_s$ são as proporções de indivíduos da espécie 1. Quando $a = 0$, N_0 é igual a riqueza de espécies. Quando $a = 1$, N_1 tende a se aproximar do índice de Shannon ($exp(H')$) e quando $a = 2$, N_2 é igual ao inverso do índice de Dominância de Simpson ($1/D$). Desta forma, os perfis traçados para as comunidades serviram para avaliar o comportamento da diversidade dando peso cada vez menor para as espécies raras.

Foram determinadas para as duas áreas a abundância relativa, e os seguintes índices de diversidade: riqueza, índice de diversidade de Shannon e Equitabilidade de Pielou. O índice de riqueza Jackknife de primeira ordem estima a riqueza de uma comunidade. Este cálculo é tomado como uma função do número de espécies que ocorre em uma única amostra, recebendo o nome de uma única espécie. Assim, quanto maior o número de espécies que ocorre em uma única amostra, maior será a estimativa para o número total de espécies na comunidade.

$$Sobs + S1 \left(\frac{f-1}{f} \right) \quad (2)$$

em que, “*Sobs*” é o número de grupos observados, “*S1*” representa o número de grupos que estão presentes em agrupamentos e “*f*” o número de amostras.

O índice de diversidade de Shannon-Wiener que quantifica a diversidade de uma área mediante o número de grupos e a sua abundância relativa, sendo expresso pela seguinte fórmula:

$$H' = -\sum (p_i) \cdot \text{Log} \cdot P_i \quad (3)$$

onde, “ H ” é a diversidade, “ p_i ” é o número de frequência relativa do grupo i em N ; N é o número máximo de grupos. Nesse caso, quanto maior o valor de H' maior será a diversidade.

A dominância de Simpson foi determinada calculando em função do índice de diversidade de Simpson e serve para quantificar os grupos mais frequentes em um conjunto de amostras (SIMPSON, 1949).

$$D_s = \frac{\sum_i^n n_i X(n-1)}{N(n-1)} \quad (4)$$

onde: n_i é o número de indivíduos de cada grupo; N é o número de indivíduos.

A uniformidade da fauna edáfica do solo, foi determinada por meio do índice de Pielou (1966) em cada área. Esse índice indica como os indivíduos estão distribuídos entre os diferentes grupos presentes na amostra, e é calculado pela seguinte fórmula:

$$J' = \frac{H'}{\text{Log}_{10}(S)} \quad (5)$$

onde, H' representa o índice de Shannon-Wiener, S número de grupos presente em cada área.

2.4 Análises comparativas das comunidades

Para identificar possíveis grupos de fauna similares entre os locais amostrados, um Escalonamento Multidimensional Não Métrico (NMDS) foi aplicado para descrever a composição faunística de formigas usando a distância de Bray-Curtis. Por fim, para testar a hipótese de que as comunidades da CAEMA e do MARACANÃ se diferenciam, foi realizada uma comparação multivariada par a par entre dois grupos (CAEMA e

MARACANÃ) usando uma Análise de Similaridade (ANOSIM). O teste ANOSIM é semelhante a uma ANOVA (Análise de Variância), mas utiliza uma matriz de dissimilaridade como entrada em vez de dados brutos (no presente estudo, a distância de Bray-Curtis). Além disso, a ANOSIM é um teste não paramétrico, portanto, não pressupõe distribuição normal. Assim, um teste adequado para analisar os dados de abundância das formigas. A ANOSIM foi utilizada para testar se existe diferença na composição da mirmecofauna das localidades CAEMA e MARACANÃ. Todas as análises implementadas no presente estudo foram realizadas no programa R (R Core Team, 2021) com o auxílio dos pacotes ggplot2 (Wickham, 2016), iNEXT (Hsieh. Ma; Chao, 2022), SpaderR (Chao; Ma, 2016) e vegan (Oksanen *et al.*, 2022).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A amostragem resultou em 1.644 indivíduos, sendo 918 em T1 (CAEMA) e 726 em T2 (Maracanã). Na área da correspondente a CAEMA a espécie com maior abundância foi *Labidus coecus*, com 333 indivíduos coletados e na área do Maracanã, o gênero mais abundante foi de *Pheidole sp.* com 510 indivíduos coletados. O total de espécies registradas em T1 foi de 27 espécies e em T2 de 20 espécies. Do total de espécies das duas áreas, 10 espécies foram comuns para ambas descritas nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Subfamílias e espécies de formigas da parcela CAEMA

Subfamílias	Espécies	Abundância
Dorylinae Leach, 1815	<i>Labidus coecus</i> (Latreille, 1802)	333
	<i>Nomamyrmex sp</i> (Borgmeier, 1936)	111
Ectatomminae Emery, 1895	<i>Ectatomma tuberculatum</i> (Olivier, 1792)	6
	<i>Ectatomma brunneum</i> (Smith, 1858)	38
	<i>Gnamptogenys sp</i> (Smith, 1858)	4
	<i>Camponotus sp</i> (Smith, 1858)	7
Formicinae Latreille, 1809	<i>Nylanderia sp</i> (Emery, 1906)	2
	<i>Paratrechina longicornis</i> (Latreille, 1802)	1
	<i>Apterostigma sp</i> (Mayr, 1865)	3
Myrmicinae Lepeletier de Saint-Fargeau1, 1835	<i>Cephalotes atratus</i> (Linnaeus, 1758)	3
	<i>Crematogaster victima</i> (Smith, 1858)	3
	<i>Cyphomyrmex sp</i> (Mayr, 1862)	1

	<i>Mycocepurus smithii</i> (Forel, 1893)	28
	<i>Pheidole</i> sp (Westwood, 1839)	40
	<i>Solenopsis saevissima</i> (Smith, 1855)	33
	<i>Sericomyrmex</i> sp (Mayr, 1865)	1
	<i>Strumigenys</i> sp (Smith, 1860)	1
	<i>Trachymyrmex</i> sp (Forel, 1893)	2
	<i>Wasmannia auropunctata</i> (Roger, 1863)	74
	<i>Anochetus</i> sp (Mayr, 1861)	4
	<i>Hypoponera</i> sp (Santschi, 1938)	1
	<i>Leptogenys gaigei</i> (Wheeler, 1923)	14
Ponerinae Lepeletier de Saint-Fargeau1, 1835	<i>Mayaponera</i> sp (Schmidt & Shattuck, 2014)	2
	<i>Odontomachus</i> sp (Latreille, 1804)	10
	<i>Pachycondyla crassinoda</i> (Latreille, 1802)	182
	<i>Pseudoponera stigma</i> (Fabricius, 1804)	7
	<i>Rasopone ferruginea</i> (Smith, 1858)	7
	Total	918
	S	27
	H'	2.08
	Ds	0.8
	J'	0.63

S: Riqueza de espécies; H': índice de Shannon; Ds: Índice de Simpson; J': Índice de Pielou.

Tabela 2. Subfamílias e espécies de formigas da parcela Maracanã

Subfamílias	Espécies	Abundância
Dorylinae Leach, 1815	<i>Neivamyrmex</i> sp (Borgmeier, 1940)	2
Dolichoderinae Forel, 1878	<i>Dolichoderus</i> sp (Lund, 1831)	6
	<i>Ectatomma edentatum</i> (Roger, 1863)	3
Ectatomminae Emery, 1895	<i>Ectatomma brunneum</i> (Smith, 1858)	28
	<i>Gnamptogenys</i> sp (Smith, 1858)	2
	<i>Brachymyrmex</i> sp (Mayer, 1868)	4
Formicinae Latreille, 1809	<i>Camponotus atriceps</i> (Smith, 1858)	2
	<i>Nylanderia</i> sp (Emery, 1906)	4
	<i>Cephalotes atratus</i> (Linnaeus, 1758)	5
	<i>Crematogaster victima</i> (Smith, 1858)	6
	<i>Cyphomyrmex</i> sp (Mayr, 1862)	39
Myrmicinae Lepeletier de Saint-Fargeau1, 1835	<i>Hylomyrma</i> sp (Forel, 1912)	2
	<i>Pheidole</i> sp (Westwood, 1839)	510
	<i>Solenopsis</i> sp (Smith, 1855)	30
	<i>Trachymyrmex</i> sp (Forel, 1893)	2
	<i>Anochetus</i> sp (Mayr, 1861)	4
Ponerinae Lepeletier de Saint-Fargeau1, 1835	<i>Pachycondyla crassinoda</i> (Latreille, 1802)	62
	<i>Odontomachus</i> sp (Latreille, 1804)	6
	<i>Hypoponera</i> sp (Santschi, 1938)	6

Pseudomyrmecinae Smith, 1952	<i>Pseudomyrmex termitarius</i> (Smith, 1855)	3
	Total	726
	S	20
	H'	1.28
	Ds	0.49
	J'	0.69

S: Riqueza de espécies; H': índice de Shannon; Ds: Índice de Simpson; J': Índice de Pielou.

Na CAEMA a riqueza foi de 27 espécies distribuídas em 5 subfamílias, com predominância de *Labidus coecus* com 333 indivíduos, *Pachycondyla crassinoda* com 182 indivíduos e *Nomamyrmex sp* com 111 indivíduos (Tabela 1). No Maracanã houve dominância do gênero *Pheidole* com 510 indivíduos, *Pachycondyla crassinoda* (62 indivíduos) e *Cyphomyrmex sp* (39 indivíduos) (Tabela 2). A área da CAEMA é caracterizada por ter uma densa cobertura de dossel, pois sua vegetação arbórea é elevada e diversificada. Além disso, a vegetação do local conta uma gama de plantas herbáceas e arbustivas, o que corrobora ainda mais para a complexidade do hábitat, e o solo é coberto por uma espessa camada de serapilheira que é essencial para nutrir o solo e manter o funcionamento do sistema florestal (Andrade *et al.*, 2003).

As formigas dos gêneros *Labidus*, *Nomamyrmex* e *Neyvamyrmex* pertencem a subfamília Dorylinae que, é caracterizada por compor as popularmente conhecidas como formigas de correição, que são aquelas de hábitos nômades, não constroem ninhos físicos e que vivem em grandes massas, formando um coletivo de indivíduos que percorrem grandes trilhas, se alimentam daquilo que encontram pelo caminho, ovos de outros insetos, larvas ou até mesmo outros insetos eussociais (Baccaro *et al.*, 2015; Reis *et al.*, 2021).

A espécie *Pachycondyla crassinoda* presente em ambos os transectos é da subfamília das Ponerinae, são principalmente predadoras de outros invertebrados, que nidificam tanto na serapilheira como em troncos de árvores em decomposição. Vivem nos mais

variados ambientes e têm ocorrência em todo território nacional, mas preferem florestas com maior densidade vegetal e umidade (Bastos, 2009; Baccaro *et al.*, 2015).

O gênero *Pheidole* é considerado hiperdiverso, sendo composto por organismos que possuem forte associação a regiões antropizadas. Isto foi evidenciado em trabalho realizado por Fleck *et al.*, 2015, em áreas de plantio, cujo o gênero *Pheidole* foi o mais rico encontrado. Este grupo apresentando elevada abundância devido seus hábitos generalistas e oportunistas, além de facilidade para fazer recrutamento em massa de indivíduos (Peixoto *et al.*, 2010). A elevada presença de *Pheidole* na amostragem realizada no MARACANÃ contribui com a afirmativa desses organismos serem oportunistas e de terem afinidade por áreas antropizadas, visto que o transecto se concentrou em uma região cujo entorno se concentram vários empreendimentos imobiliários.

O gênero *Cyphomyrmex* está presente em todos os ecossistemas neotropicais e é composto pelas formigas cultivadoras de fungos que utilizam esse microrganismo como fonte obrigatória de proteína (Wetterer, 2021). As operárias forrageiam na serrapilheira em busca de materiais de origem vegetal ou animal para utilizarem como substratos para os jardins de cultivo de fungos, como folhas secas, sementes, fezes de lagartas ou pedaços de outros invertebrados mortos (Lopes, 2007; Baccaro *et al.*, 2015).

A subfamília Ectatomminae foi encontrada em ambos os transectos, com representatividade dos mesmos gêneros (*Ectatomma* e *Gnamptogenys*). Os espécimes desta subfamília possuem afinidade por regiões neotropicais, principalmente em áreas de florestas úmidas (Baccaro *et al.*, 2015). Seus hábitos de nidificação estão atrelados ao solo, serrapilheira, troncos em decomposição ou ainda em estrato arbóreo (Camacho e Feitosa, 2015). A maioria das formigas de *Ectatomma* e *Gnamptogenys* são predadoras generalistas, mas que eventualmente se alimentam de recurso de origem vegetal (Poteaux

et al., 2015), sendo essa generalização de alimentação, forrageio e atividades ambientais pontos positivos que justificam a abundância desses organismos em regiões neotropicais.

A subfamília Myrmicinae foi a que teve a maior diversidade de gêneros no transecto da CAEMA (T1) e no do MARACANÃ (T2) com 11 gêneros no primeiro transecto e 7 gêneros no segundo transecto. Dentre todas as subfamílias, essa é a mais diversa, com cerca de 150 gêneros e 6.500 espécies descritas (Baccaro *et al.*, 2015) sendo a mais abundante em trabalhos realizados sobre avaliação de riqueza e diversidade da família formicidae. Em trabalho realizado por Lutinski *et al.*, 2018, a subfamília *Myrmicinae* foi a mais rica em relação as demais subfamílias, com cerca de 49 espécies. O sucesso desse grupo é relacionado aos seus hábitos diversificados, abrangendo gêneros de comportamentos terrícolas, de onivoria e as cortadeiras dos gêneros *Atta* e *Acromyrmex* (Marsaro Júnior *et al.*, 2023).

A subfamília Ponerinae foi a segunda mais diversa nos dois transectos, com 8 espécies em T1 e 4 espécies em T2. Essa é a terceira maior subfamília dentre os formicídeos, apresentando grande diversidade de espécies, morfologicamente variadas organizações sociais relativamente simples e funções notáveis no ecossistema e hábitos comportamentais (Schmidt & Shattuck, 2014). Possuem distribuição Pantropical, com registro de pelo menos 15 gêneros na região da Amazônia brasileira (Fernandes *et al.*, 2022).

Entre as duas áreas estudadas, a CAEMA se sobressaiu a do MARACANÃ em número de organismos e riqueza de espécies. Apesar de ambas as áreas pertencerem a um mesmo domínio de floresta ombrófila, a complexidade estrutural das áreas difere em nível de conservação. A área da CAEMA dispõe de mais espaços para os organismos explorarem, além de ter mais recursos, possibilitando mais sobreposição de nichos da comunidade de formicídeos e comporte maior abundância de organismos, pois a estrutura do ambiente é

um dos fatores que mais influenciam a diversidade de organismos de um hábitat, sendo que os ambientes mais heterogêneos, possuem uma estrutura mais complexa e comportam maior riqueza e diversidade (Vargas *et al.*, 2007), tal complexidade está relacionada a estrutura física do ecossistema, principalmente pela composição diversificada da vegetação do local (Nooten *et al.*, 2019). As florestas tropicais são, geralmente, complexas estruturalmente e, apresentam elevada riqueza de espécies da fauna e flora. As formigas, por sua vez, são abundantes em áreas de florestas tropicais visto que, a complexidade estrutural dessas áreas propicia maior disponibilidade de recursos bióticos e abióticos (Brito *et al.*, 2016; Granzotti *et al.*, 2018; Amaral *et al.*, 2019).

Em contrapartida, hábitats considerados menos complexos, apresentam menor diversidade de espécies, como é o caso de sistemas agrários ou áreas fragmentadas (Guilherme *et al.*, 2019) pois isso gera uma uniformidade no ambiente, que culmina na redução de nichos, diminuição de espaços e recursos que seriam explorados pelos organismos.

Vale destacar que no presente estudo foi identificada a ocorrência de um novo registro de espécie para o Maranhão (Figura 1), a espécie *Leptogenys gaigei*. De acordo com o ANTMAPS (2023) a espécie *Leptogenys gaigei* tem distribuição Pantropical, principalmente associada a Floresta Amazônica. O registro da ocorrência de *Leptogenys gaigei* no Maranhão é importante para ampliar o conhecimento sobre a distribuição dessa espécie e expandir o conhecimento sobre a fauna local do estado. Segundo Prado *et al.* (2019) no estado do Maranhão ainda existem vácuos sobre o que se sabe da distribuição de espécies de formigas, sendo necessários mais trabalhos para identificar a ocorrência de outras espécies no Maranhão.

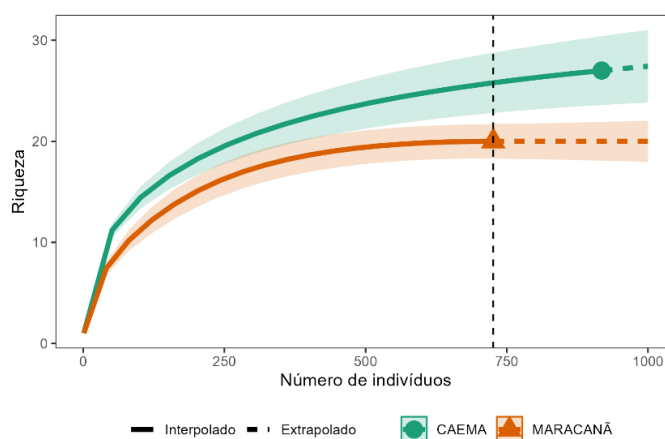


Figura 1. Espécie *Leptogenys gaigei* – (Fonte: AntWeb.org)

3.1 Perfil de diversidade das comunidades

As curvas de rarefação das comunidades amostradas revelaram que, de maneira geral, há um maior número de espécies de formigas, ou seja, maior riqueza, na comunidade amostrada na CAEMA (Figura 2). Foi observado que a amostragem realizada no MARACANÃ foi suficiente para capturar todas as espécies de formigas que seriam esperadas que ocorresse neste local (Figura 2). Entretanto, a comunidade de formigas da CAEMA, mesmo sendo mais rica em número de espécies, seria melhor representada caso o esforço de amostragem fosse maior (Figura 2).

a) Curva de rarefação da riqueza espécies estimadas



b) Proporção ranqueada da abundância de organismos

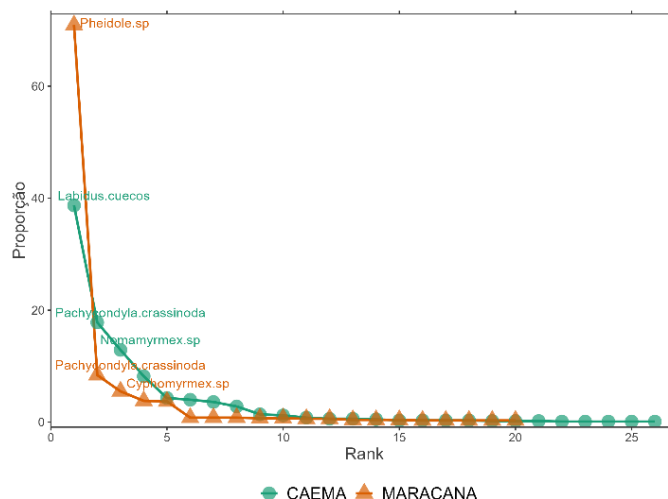


Figura 2A – Curva de rarefação da riqueza de espécies (Fig. 2A) estimada baseada no número de indivíduos das duas comunidades analisadas (● – CAEMA; ▲ – MARACANÃ), A linha vertical tracejada marca o ponto de comparação da riqueza de espécie entre as comunidades e a área em volta da curva representa o intervalo de confiança de 95% da estimativa; Curvas de proporção de abundância de espécies (Abundância da espécie/Abundância Total – Fig. 2B) amostradas nas localidades CAEMA E MARACANÃ (● – CAEMA; ▲ – MARACANÃ) na ilha de São Luís (Maranhão, Brasil) em ordem decrescente. No gráfico estão apresentadas as três espécies mais abundantes das localidades.

Os perfis de diversidade são ferramentas úteis na ecologia de comunidades para estudar o padrão de organização da diversidade em função do peso dado a raridade das espécies nas amostras coletadas. Em comunidades mais equitativas é esperado que no gráfico de perfil de diversidade a curva se aproxime de uma reta paralela ao eixo das coordenadas, pois haveria um balanço entre a abundância das espécies raras e comuns ao longo da comunidade e, portanto, o peso da raridade seria o mesmo ao longo do perfil. Contudo, na Figura 3 pode-se verificar que as curvas dos perfis de diversidade das comunidades de formigas da CAEMA e do MARACANÃ apresentam um padrão exponencial negativo demonstrando que há um desbalanço entre a abundância das espécies com alto número de espécies raras (isto é, comunidades de baixa equitabilidade).

Outro aspecto depreendido do perfil de diversidade é a comparação das comunidades com relação a diferentes índices. Nota-se que na CAEMA tem uma fauna mais diversificada que no MARACANÃ (Figura 3), independentemente do índice de diversidade analisado. A riqueza e os índices de diversidade de Shannon e Simpson obtiveram valores mais elevados nas comunidades de formigas da CAEMA em comparação com o MARACANÃ (Figura 3).

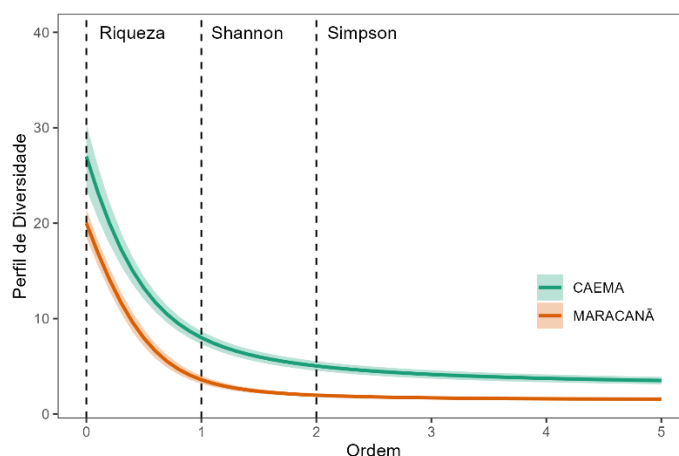


Figura 3 - Perfis de diversidade para amostras de duas comunidades de formigas da Ilha de São Luís - Maranhão (— CAEMA; — MARACANÃ) usando a Série de Hill. Sobre as linhas verticais tracejadas, para o parâmetro Ordem = 0, o valor de diversidade é igual ao número de espécies na amostra; Para Ordem tendendo a 1, o valor de diversidade é equivalente ao Índice de Shannon (base neperiana); Para Ordem = 2, o valor é igual ao obtido com o inverso do Índice de Simpson ($1/D$). A área em torno das curvas representa o intervalo de confiança de 95% da estimativa.

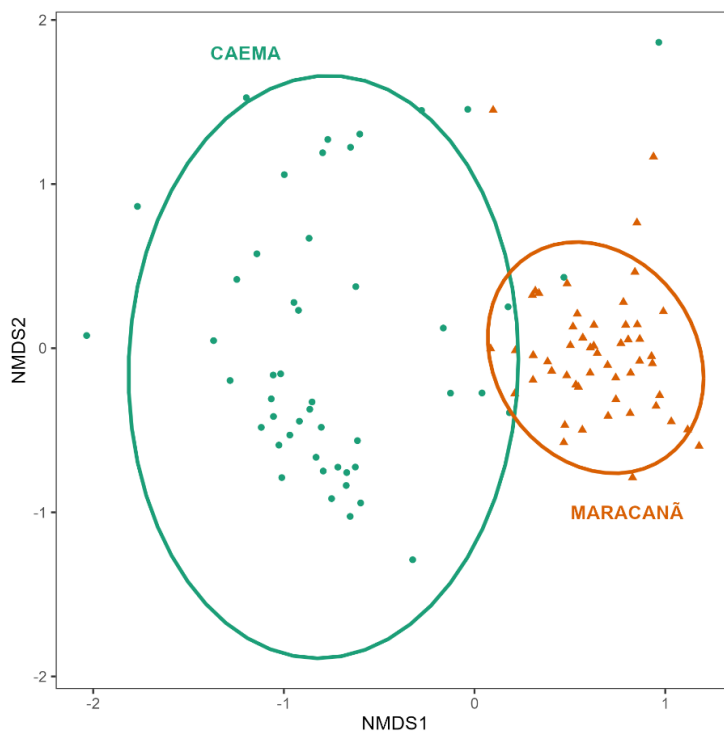


Figura 4 – Ordenação das amostras de duas comunidades de formigas da Ilha de São Luís - MA (—● CAEMA; —▲ MARACANÃ) por meio de um Escalonamento Multidimensional Não Métrico (NMDS). O Stress foi de 0,16 e as elipses construídas assumem uma distribuição normal multivariada (ANOSIM $R = 0.647$; Valor de $P = 0,001$).

O NMDS foi utilizado para resumir o total de espécies encontradas nas duas áreas de amostragem, alocando-as em duas dimensões distintas, possibilitando inferir as diferenças nas composições de espécies a partir de uma matriz de distância. A área da CAEMA apresentou maior dissimilaridade em termos de riqueza, tendo, portanto, maior número de organismos diferentes que, são mais distantes ecologicamente entre si, pois essa área apresenta maior heterogeneidade de espaços e recursos a serem explorados pelos espécimes presentes no local.

Os espaçamentos dos delineamentos amostrais dos transectos influenciaram na diversidade de espécimes capturados nas áreas, uma vez que houve uma maior e menor

abrangência de áreas, sendo o espaço total da CAEMA de 325 m, havendo, portanto, uma maior abrangência em relação ao MARACANÃ, cujo transecto foi de 195 m.

O perfil apresentando para a área do MARACANÃ apresentou organismos com maior similaridade entre si, já na CAEMA foi perceptível que os organismos apresentaram maior dissimilaridade, havendo maior distribuição deles entre os nichos disponíveis.

4 CONCLUSÃO

1. A complexidade do ambiente, resultou em uma maior diversidade biológica no fragmento florestal da CAEMA, enquanto que, o fragmento com determinado grau de perturbação apresentou menor riqueza de espécies.
2. A curva de rarefação e a análise de similaridade indicou que o fragmento florestal da CAEMA possui riqueza que pode aumentar com um maior esforço amostral, e as espécies possuem maior heterogeneidade de nichos ecológicos. No Maracanã encontramos menor riqueza de espécies e menor capacidade dos indivíduos de explorar diferentes nichos ecológicos.
3. A descoberta de um novo registro de espécie para o Maranhão (*Leptogenys gaigei*) descreve a importância de se preservar o fragmento florestal na CAEMA, uma vez que o mesmo está inserido dentro de um complexo urbano.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA – Processo COOP-04938/18, BESTEXT00361/19, BINST-00362/19, UNIVERSAL-00976/19 e RESOLUÇÃO-FAPEMA-N07-03/05/2022), e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq – Processo 154557/2023-4). Este estudo foi financiado em parte pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES, Código Financeiro 001 e PROAP 0889/2018).

REFERÊNCIAS

- Andrade, A. G; Tavares, S. R. L.; Coutinho, H. L. C. Contribuição da serapilheira para recuperação de áreas degradadas e para manutenção da sustentabilidade de sistemas agroecológicos. **Informe Agropecuário**, v. 24, n. 220, p. 55-63, 2003.
- Aquino, A. M. de; Correia, M. E. F. Invertebrados Edáficos e o seu Papel nos Processos do Solo. **Embrapa Agrobiologia**. Documentos 201. Seropédica: RJ, 2005. 52p.
- Anne Chao, K. H. Ma, T. C. Hsieh and Chun-Huo Chiu. SpadeR: Species-Richness Prediction and Diversity Estimation with R. R package version 0.1.1. 2016. <https://CRAN.R-project.org/package=SpadeR>.
- Amaral, G. C. DO .; Vargas, A. B.; Almeida, F. S.. Efeitos de atributos ambientais na biodiversidade de formigas sob diferentes usos do solo. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 2, p. 660–672, abr. 2019. <https://doi.org/10.5902/1980509833811>
- Baccaro, F. B., Feitosa, R. M., Fernandez, F., Fernandes, I. O., Izzo, T. J., de Souza, J. L.; Solar, R. **Guia para os gêneros de formigas do Brasil**. Manaus: Editora INPA, 2015.
- Brito, M. F. D., Tsujigushi, B. P., Otsubo, A. A., Silva, R. F. D., e Mercante, F. M. Diversidade da fauna edáfica e epigeica de invertebrados em consórcio de mandioca com adubos verdes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 3, p. 253–260, mar. 2016. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2016000300007>
- Borges, C. C. R. Flexibilidade na dieta alimentar da formiga granívora *Pogonomyrmex naegelii* (Forel, 1878) em habitat fortemente sazonal. 31 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016. DOI <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2019.1222>.
- Cabrera, Grisel. A macrofauna edáfica como indicador biológico do estado de conservação/perturbação do solo. Resultados obtidos em Cuba. **Pastagens e Forragens** , Matanzas, v. 35, não. 4, pág. 346-363, dez. 2012. Disponível em <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942012000400001&lng=es&nrm=iso>. acessado em 6 de dezembro 2023.
- Corbo, F. J. Z.; Siqueira, G. M.; Vieira, S. R. SPATIAL DISTRIBUTION OF THE FAUNA OF THE SOIL ON THE LONG-TERM SYSTEM OF DIRECT SOWING. **Journal of Geospatial Modelling**, [S. l.], v. 2, n. 2, p. 16–31, 2017. DOI: 10.22615/2526-1746-jgm-2.2-6890. Disponível em: <https://periodicoseletronicos.ufma.br/index.php/geospatial/article/view/6890>. Acesso em: 7 dez. 2023.
- Correia, Maria EF; Oliveira, L. C. M. Fauna de solo: aspectos gerais e metodológicos. 2000.

- Lutinski, J. A., Guarda, C., Lutinski, C. J., Busato, M. A., & Garcia, F. R. M. (2018). FAUNA DE FORMIGAS EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DE USINA HIDROELÉTRICA. **Ciência Florestal**, 28(4), 1741–1754. <https://doi.org/10.5902/1980509835334>
- Fernandes, S. P. D. S. et al.. INCREASES IN SOIL MESOFAUNA THROUGH TREE ESTABLISHMENT AND GRAZING DEFERMENT IN A DEGRADED AREA IN THE CAATINGA BIOME. **Revista Caatinga**, v. 35, n. 4, p. 894–904, out. 2022. <https://doi.org/10.1590/1983-21252022v35n417rc>
- Fleck, M. D.; Cantarelli, E. B.; Granzotto, F.. Registro de novas espécies de formigas (Hymenoptera: Formicidae) no Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 2, p. 491–499, abr. 2015. <https://doi.org/10.5902/1980509818468>
- Gomes, A. C; Barbosa, F. M; Benedito, N. da C.; Vidal, T. G; Lacerda, AV de. Abundância e distribuição de Formicidae (Hymenoptera) edáfica em uma área de Caatinga no Cariri Paraibano / Abundância e distribuição de espécies edáficas de Formicidae (Hymenoptera) em uma área de Caatinga no Cariri Paraibano, Brasil. **Revista Brasileira de Desenvolvimento**, [S. l.] , v. 7, pág. 51570–51577, 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n7-704. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/13940>. Acesso em: 4 dez. 2023.
- Guilherme, R. D; Souza, P. L. J; Franklin, E; Pequeno, L. C. A; Chagas, C. A; Baccaro, B. F. Can environmental complexity predict functional trait composition of ground-dwelling ant assemblages? A test across the Amazon Basin, **Acta Oecologica**, Volume 99. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2019.05.004>.
- Granzotti, R. V.; Muniz, C. M.; Gomes, L. C. Habitat complexity does not influence prey consumption in an experimental three-level trophic chain. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 108, 2018. 108. [10.1590/1678-4766e2018028](https://doi.org/10.1590/1678-4766e2018028).
- Góes, Q. R. de ., Freitas, L. da R., Lorentz, L. H., Vieira, F. C. B., & Weber, M. A. Análise da fauna edáfica em diferentes usos do solo no Bioma Pampa. **Ciência Florestal**, v. 31, n. 1, p. 123–144, jan. 2021. <https://doi.org/10.5902/1980509832130>.
- Hölldobler, B.; Wilson, E. O. 1990. **The ants**. Cambridge, Mass.: *Harvard University Press*, xii + 732 p.]
- H. Wickham. *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York, 2016.
- Hill, M.O. Diversity and Evenness: A Unifying Notation and Its Consequences. *Ecology*, 54: 427-432. 1973. <https://doi.org/10.2307/1934352>
- Jeffers, J. N. R. *et al.* **An introduction to systems analysis: with ecological applications**. Edward Arnold., 1978.

- Jari Oksanen, Gavin L. Simpson, F. Guillaume Blanchet, Roeland Kindt, Pierre Legendre, Peter R. Minchin, R.B. O'Hara, Peter Solymos, M. Henry H. Stevens, Eduard Szoecs, Helene Wagner, Matt Barbour, Michael Bedward, Ben Bolker, Daniel Borcard, Gustavo Carvalho, Michael Chirico, Miquel De Caceres, Sebastien Durand, Heloisa Beatriz Antoniazi Evangelista, Rich FitzJohn, Michael Friendly, Brendan Furneaux, Geoffrey Hannigan, Mark O. Hill, Leo Lahti, Dan McGlinn, Marie-Helene Ouellette, Eduardo Ribeiro Cunha, Tyler Smith, Adrian Stier, Cajo J.F. Ter Braak and James Weedon. *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.6-4. 2022. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>.
- Knoepp, J. D. *et al.* Biological indices of soil quality: an ecosystem case study of their use. **Forest Ecology and Management**, v. 138, n. 1, p. 357-368, 2000.
- Lutinski, J. A., Guarda, C., Lutinski, C. J., Busato, M. A., & Garcia, F. R. M.. Ant diversity (Hymenoptera: Formicidae) in Turvo State Park, municipality of Derrubadas, state of Rio Grande do Sul, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 83, p. e239642, 2023. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.239642>
- Lopes, B. C. Ecologia do forrageio por *Cyphomyrmex morschi* Emery (Hymenoptera, Formicidae) em vegetação de restinga no Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 24, n. 1, p. 52–56, mar. 2007. <https://doi.org/10.1590/S0101-81752007000100006>
- Magurran, A. E. **Medindo a diversidade biológica**. Curitiba: Editora da UFPR, v. 261, 2011.
- Mantel, N. The detection of disease clustering and a generalized regression approach. **Cancer research**, v. 27, n. 2, p. 209–220, 1967.
- Melo, G. A. R.; Aguiar, A. P.; Garcete-Barrett, B. Hymenoptera Linnaeus, 1758. *In*: RAFAEL, J. A.; MELO, G. A. R.; CARVALHO, C. J. B. de; CASARI, S. A.; CONSTANTINO, R. (Ed.). **Insetos do Brasil: diversidade e taxonomia**. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2012. p. 553-612.
- Marsaro Júnior, A. L.; Delabie, J. H. C.; Pereira, P. R. V. da S. Estudo preliminar sobre formigas num plantio de canola, *Brassica napus* L. (Brassicaceae), em Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil: Preliminary study on ants in an oilseed rape plantation, *Brassica napus* L. (Brassicaceae), at Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brazil. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, [S. l.], v. 6, n. 3, p. 2880–2894, 2023. DOI: 10.34188/bjaerv6n3-071. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJAER/article/view/63124>. Acesso em: 5 dez. 2023.
- Nooten, S. Schultheiss, P. Rowe, C. R. Facey, L. S. Cook, M. J. Habitat complexity affects functional traits and diversity of ant assemblages in urban green spaces (Hymenoptera: Formicidae). **Myrmecological News**, v. 29, p. 67–77, 2019. DOI: 10.25849/myrmecol.news_029:067

- Prado, L. P. D., Feitosa, R. M., Triana, S. P., Gutiérrez, J. A. M., ROUSSEAU, G. X., SILVA, R. A., SIQUEIRA, G. M.; ANDRADE-SILVA, J. An overview of the ant fauna (Hymenoptera: *Formicidae*) of the state of Maranhão, Brazil. **Papéis Avulsos de Zoologia**, v. 59, 2019.
- Parron, L. M.; GARCIA, J. R.; Oliveira, E. B. de; Brown, G. G.; Prado, R. B. (Ed.). Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica. Brasília, DF : **Embrapa**, 2015.
- Pereira, J. R.; Almeida, F. S.. Influência da heterogeneidade ambiental sobre a mirmecofauna em diferentes usos do solo no município de Bom Despacho, estado de Minas Gerais. **Ciência Florestal**, v. 33, n. 1, p. e64534, 2023. <https://doi.org/10.5902/1980509864534>
- Peixoto, T. S., de Lurdes Praxedes, C., Baccaro, F. B., Barbosa, R. I., & Júnior, M. M. Composição e riqueza de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em savana e ambientes associados de Roraima. *Revista Agro@mbiente On-line*, 4(1), 1-10. 2010. <https://doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v4i1.345>
- Rafael, José Albertino; Melo, Gabriel Augusto R; Carvalho, Claudio, José Barros de ; CASARI, Sônia Aparecida ; CONSTANTINO, Reginaldo . Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia. 1. ed. Ribeirão Preto: **Holos**, Editora, 2012. v. 1. 810p .
- Rico-Gray, V., & Oliveira, P. S. **The ecology and evolution of ant-plant interactions**. *University of Chicago Press*. 2007.
- Reis, C. M., Reintjes, J. M, Chen, D. Predação de ninhos de três espécies de tartarugas do Rio Amazonas (Podocnemis) por formigas de correição subterrâneas (Labidus coecus). *Inseto. Soc.* 68 , 277–281 (2021). <https://doi.org/10.1007/s00040-021-00814-8>
- R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>. 2021.
- Santos, H. G; Jacomine, P. K. T.; Anjos, L. H. C.; Virlei Álvaro, O; Lumbreras, J. F.; Coelho, M. R.; Almeida, J. A. de; Cunha, T. J. F.; Oliveira, J. B. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília, DF: SCT-EMBRAPA, 2018.
- Schmidt, C. A; Shattuck, S. O. The Higher Classification of the Ant Subfamily Ponerinae (Hymenoptera: Formicidae), with a Review of Ponerine Ecology and Behavior. **Zootaxa**. 2014 Jun 18;3817:1-242. doi: 10.11646/zootaxa.3817.1.1. PMID: 24943802.
- Schierwater, B. e DeSalle, R. Zoologia de Invertebrados: Uma Abordagem da Árvore da Vida (1ª ed.). **Imprensa CRC**. (2021). <https://doi.org/10.1201/9780429159053>
- Silva, R. R. & C. R. F. Brandão. Formigas (Hymenoptera: Formicidae) como indicadoras da qualidade ambiental e da biodiversidade de outros invertebrados terrestres. **Biotemas** 12(2): 55-73. 1999

- Stork, N. E. 1991. The composition of the arthropod fauna of Borneo lowland rain forest trees. **Journal of Tropical Ecology**, 7: 161-180
- Souza, M. H., Vieira, B. ., Oliveira, A. P. ., & Amaral, A. (2015). MACROFAUNA DO SOLO. **ENCICLOPEDIA BIOSFERA**, 11(22).
- Hsieh, T. C.; Ma, K. H; Chao, A. iNEXT: iNterpolation and EXTrapolation for species diversity. R package version 3.0.0 2022. URL: <http://chao.stat.nthu.edu.tw/wordpress/software-download/>.
- Vasconcelos, H. L. Respostas das formigas à fragmentação florestal. **Série Técnica IPEF** 12(32): 95-98. 1998.
- Vries, F. T. *et al.* Soil food web properties explain ecosystem services across European land use systems. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 110, n. 35, p. 14296-14301, 2013.
- Wilson, E. O. Success and Dominance in Ecosystems: the Case of Social Insects. **Ecology Institute Oldendorf/Luhe. 1990**
- Wetterer, J. K . Formigas (Hymenoptera, Formicidae) de São Vicente, Índias Ocidentais. **Sociobiologia**, Feira de Santana, Brasil, v. 68, n. 2, pág. e6725, 2021. DOI: 10.13102/sociobiology.v68i2.6725. Disponível em: <https://periodicos.uefs.br/index.php/sociobiology/article/view/6725>. Acesso em: 4 dez. 2023.