

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ROMÁN ALBERTO LÓPEZ MUÑOZ

MIRMECOFAUNA (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) DE SERAPILHEIRA EM
TRÊS LOCALIDADES DA MATA ATLÂNTICA DA SERRA DO MAR NO
ESTADO DO PARANÁ

CURITIBA

2018

ROMÁN ALBERTO LÓPEZ MUÑOZ

MIRMECOFAUNA (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) DE SERAPILHEIRA EM
TRÊS LOCALIDADES DA MATA ATLÂNTICA DA SERRA DO MAR NO
ESTADO DO PARANÁ

Dissertação apresentada à Coordenação do Programa de Pós Graduação em Ciências Biológicas, Área de Concentração em Entomologia, Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. John Edwin Lattke Bravo
Coorientador: Prof. Dr. Márcio Roberto Pie

CURITIBA

2018

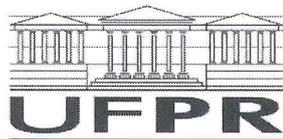
Universidade Federal do Paraná. Sistema de Bibliotecas.
Biblioteca de Ciências Biológicas
(Telma Terezinha Stresser de Assis –CRB/9-944)

Muñoz, Román Alberto López
Mirmecofauna (Hymenoptera: Formicidae) de serapilheira em três
localidades da mata Atlântica da Serra do Mar no estado do Paraná. / Román
Alberto López Muñoz. – Curitiba, 2018.
55 p. : il. ; 30cm.

Orientador: John Edwin Lattke Bravo
Coorientador: Márcio Roberto Pie
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de
Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas
(Entomologia).

1. Formiga. 2. Guildas. 3. Mata Atlantica. I. Título II. Bravo, John Edwin
Lattke. III. Pie, Márcio Roberto. IV. Universidade Federal do Paraná. Setor de
Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas
(Entomologia).

CDD (20. ed.) 595.796



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
(ENTOMOLOGIA)

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em CIÊNCIAS BIOLÓGICAS (ENTOMOLOGIA) da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **ROMAN ALBERTO LOPEZ MUÑOZ** intitulada: **Mirmecofauna (Hymenoptera:Formicidae) de serapilheira em três localidades da mata Atlântica da Serra do Mar no estado do Paraná**, após terem inquirido o aluno e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua Aprovação no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

Curitiba, 24 de Maio de 2018.

JOHN EDWIN LATTKE BRAVO
Presidente da Banca Examinadora (UFPR)

ANGELO PARISE PINTO
Avaliador Interno (UFPR)

SEBASTIAN FELIPE SENDOYA ECHEVERRY
Avaliador Externo (UFPEL)

RODRIGO DOS SANTOS MACHADO FEITOSA
Avaliador Interno (UFPR)

AGRADECIMENTOS

À OEA e ao CAPES, pela concessão da bolsa de estudo.

Ao professor John E. Lattke, por sua paciência, ensinamentos e especialmente pela sua vontade de ensinar a toda e qualquer pessoa interessada nas formigas.

A Thiago Silva, Mônica A. Ulysséa, Lívia P. do Prado e Mayron Escárraga, pela colaboração na identificação de material.

Ao professor Sebastian Sendoya, Julián Olaya e Natalia Ladino pela orientação na análise estatística.

Ao Dr. Rogério R. Silva, por gentilmente ter me fornecido seus dados de coleta do seu incrível trabalho junto com o Dr. Carlos Roberto F. Brandão na Mata Atlântica.

A minha Diana por todo seu apoio e ajuda em tudo o que precisei.

RESUMO

A Serra do Mar está composta pelos três maiores fragmentos remanescentes da Mata Atlântica, e corresponde à sub-região mais conservada, contendo 36,5% de sua vegetação original. No Paraná, a Serra do Mar foi nomeada pelo Ministério do Meio Ambiente como uma área de "importância biológica muito alta" para a conservação de invertebrados. O conhecimento e a conservação dos invertebrados tornam-se urgentes, considerando sua importância na manutenção dos ecossistemas, e as formigas, em particular, são os principais condutores de energia e matéria orgânica em ambientes terrestres. Além disso, elas são consideradas ideais em estudos de biodiversidade e podem ser classificadas em guildas, permitindo entender como a estrutura das comunidades varia entre diferentes ecossistemas e em resposta a mudanças no ambiente. O estado de conhecimento dos invertebrados da Mata Atlântica é escasso e embora contribuições para o conhecimento da mirmecofauna da Serra do Mar tenham sido realizadas por diversos autores, a maioria está focada na região paulista. Assim, o presente projeto foi realizado com o objetivo de contribuir para o conhecimento da mirmecofauna da Serra do Mar do estado do Paraná. Para isso, caracterizamos e avaliamos a diversidade de formigas de serapilheira de três localidades (Condomínio Recreio da Serra, Estrada Velha da Guaricana e Estrada Velha da Graciosa), localizadas na Área de Especial Interesse Turístico de Marumbi (AEIT), e particularmente interessantes porque encontram-se no gradiente transicional entre a Floresta Ombrófila Densa Montana e a Floresta Ombrófila Mista. Para o levantamento das amostras, em cada localidade foi marcado um transecto linear de 250 metros, onde foram coletados 25 quadrantes de 1m² de serapilheira, que foram peneirados e processados com um extrator Winkler. Foram encontrados 33 gêneros e 87 espécies, dos quais cinco correspondem a novos registros para o estado do Paraná. A subfamília Myrmicinae apresentou a maior riqueza, seguida por Ponerinae e Formicinae; e os gêneros com maior número de espécies foram *Pheidole*, *Hypoponera*, *Strumigenys* e *Solenopsis*. Constatamos que cada localidade está composta por assembleias heterogêneas de formigas e muito semelhantes entre si, o último possivelmente porque as três localidades apresentam praticamente as mesmas condições climáticas, de altitude e vegetação. Adicionalmente, as espécies coletadas foram agrupadas em 13 guildas, das quais, na localidade Condomínio Recreio da Serra, a guilda Predadoras Generalistas foi a dominante, seguida pela Generalistas; e as localidades Estrada Velha da Guaricana e Estrada Velha da Graciosa exibiram o oposto, que acreditamos poderia estar relacionado aos tipos de solo presentes em cada localidade. Os resultados deste trabalho constituem uma contribuição para o conhecimento da mirmecofauna da Serra do Mar do Paraná, incluindo novas adições aos registros prévios para o estado.

Palavras-chave: Mata Atlântica. Serra do Mar. Diversidade de formigas. Guildas.

ABSTRACT

Serra do Mar is composed of the three largest remaining fragments of the Atlantic Forest, and corresponds to its most conserved sub-region, containing 36.5% of its original vegetation. In Paraná, Serra do Mar was named by the Ministry of the Environment as an area of "very high biological importance" for the conservation of invertebrates. The knowledge and conservation of invertebrates become urgent considering their importance in the maintenance of ecosystems, and ants, in particular, are the main conductors of energy and organic matter in terrestrial environments. In addition, they are considered ideal in biodiversity studies and can be classified into guilds, allowing to understand how the structure of communities varies between different ecosystems and in response to changes in the environment. The state of knowledge of the invertebrates of the Atlantic Forest is scarce and although contributions to the knowledge of the myrmecofauna of Serra do Mar have been carried out by several authors, the majority are focused in the region of São Paulo. Thus, the present project was carried out in order to contribute to the knowledge of the myrmecofauna of Serra do Mar of the Paraná state. For this, we characterized and assessed the diversity of leaf-litter ants from three localities (Condomínio Recreio da Serra, Estrada Velha da Guaricana and Estrada Velha da Graciosa), located within the Area of Special Tourist Interest of Marumbi (AEIT), and particularly interesting because they are found in the transitional gradient between Ombrophilous Dense Montane Forest and Mixed Ombrophilous Forest. To collect the samples, in each locality a linear transect of 250 meters was marked, where we collected 25 quadrants of 1m² of litter, which were sieved and processed with a Winkler extractor. We found 33 genera and 87 species, of which five correspond to new records for the state of Paraná. The subfamily Myrmicinae showed the highest richness, followed by Ponerinae and Formicinae; and the genera with the highest number of species were *Pheidole*, *Hypoponera*, *Strumigenys* and *Solenopsis*. We found that each locality is composed of heterogeneous ants assemblies and very similar to each other, the last possibly because the three localities present virtually the same climatic conditions, altitude and vegetation. In addition, the collected species were grouped in 13 guilds, of which in the locality Condomínio Recreio da Serra, the Generalists Predators was the dominant, followed by the Generalists; and the localities Estrada Velha da Guaricana and Estrada Velha da Graciosa displayed the opposite, which we think could be related to the types of soil present in each locality. The results of this work constitute a contribution to the knowledge of the myrmecofauna of Serra do Mar of Paraná state, including new additions to the previous ant records of the state.

Keywords: Atlantic Forest. Serra do Mar. Ant diversity. Guilds.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DAS LOCALIDADES.....	12
FIGURA 2 – FOTOGRAFIAS DAS LOCALIDADES AMOSTRADAS.....	14
FIGURA 3 – ESQUEMA REPRESENTATIVO DA METODOLOGIA DE COLETA.....	16
FIGURA 4 – NÚMERO TOTAL DE ESPÉCIES COLETADAS POR SUBFAMÍLIA.....	25
FIGURA 5 – NÚMERO TOTAL DE ESPÉCIES COLETADAS POR GÊNERO	26
FIGURA 6 – CURVA DE ACUMULAÇÃO DE ESPÉCIES PARA O TOTAL DA AMOSTRAGEM	27
FIGURA 7 – CURVA DE ACUMULAÇÃO DE ESPÉCIES PARA CADA LOCALIDADE.....	28
FIGURA 8 – CURVAS DE RANKING/INCIDÊNCIA PARA CADA LOCALIDADE	29
FIGURA 9 – GRÁFICO DE REPRESENTAÇÃO DA ANÁLISE DE ESCALONAMENTO MULTIDIMENSIONAL NÃO MÉTRICO (NMDS) DAS TRÊS LOCALIDADES.....	31
FIGURA 10 – INCIDÊNCIA RELATIVA DE CADA GUILDA EM CADA LOCALIDADE.....	38

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – LISTA DAS ESPÉCIES COLETADAS E NÚMERO DE REGISTROS NAS TRÊS LOCALIDADES	22
TABELA 2 – ÍNDICES DE DIVERSIDADE PARA CADA LOCALIDADE.....	28
TABELA 3 – TESTE KOLMOGOROV-SMIRNOV	30
TABELA 4 – TESTE T-STUDENT PARA O ÍNDICE DE SIMPSON.....	30
TABELA 5 – ANÁLISE DE PORCENTAGEM DE SIMILARIDADE (SIMPER) .	31
TABELA 6 – CLASSIFICAÇÃO DAS ESPÉCIES COLETADAS EM GUILDAS	35
TABELA 7 – FREQUÊNCIAS DAS GUILDAS PRESENTES EM CADA LOCALIDADE.....	37

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	MATERIAL E MÉTODOS	12
2.1	ÁREA DE ESTUDO	12
2.1.1	Condomínio Recreio da Serra (CRS)	13
2.1.2	Estrada Velha da Guaricana (VGU)	14
2.1.3	Estrada Velha da Graciosa (VGR)	15
2.2	AMOSTRAGEM	15
2.3	IDENTIFICAÇÃO	16
2.4	ANÁLISE ESTATÍSTICA	17
2.4.1	Diversidade alfa	18
2.4.2	Diversidade beta	20
2.5	IDENTIFICAÇÃO DE GILDAS	20
3	RESULTADOS	21
3.1	DIVERSIDADE ALFA	21
3.1.1	Riqueza	21
3.1.2	Estrutura	28
3.2	DIVERSIDADE BETA	30
3.3	GILDAS	34
4	DISCUSSÃO	39
4.1	DIVERSIDADE	39
4.2	GILDAS	41
5	CONCLUSÕES	45
	REFERÊNCIAS	46

1 INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica é considerada um dos 34 'hotspots' de diversidade do mundo (MITTERMEIER et al., 2004) por ser uma área que “apresenta concentrações excepcionais de espécies com níveis excepcionais de endemismo” e que está “experimentando graus excepcionais de ameaça” e perda de habitat (MYERS, 1988; MYERS et al., 2000).

No Brasil, estendia-se originalmente ao longo da costa brasileira, do Rio Grande do Norte ao Rio Grande do Sul, em uma área aproximada de 1.400.000km² (Rizzini, 1997 em SILVA; CASTELETI, 2005). No entanto, o uso do solo na agricultura intensiva, a retirada de lenha, a captura ilegal de plantas e animais, a introdução de espécies exóticas e a expansão urbana descontrolada, entre outros fatores (GALINDO-LEAL; CÂMARA, 2005), diminuíram a través dos anos a área da Mata Atlântica a uma extensão atual que representa apenas ao redor de 12% da floresta original, e que se encontra distribuída em mais de 240.000 fragmentos, dos quais a maioria apresenta áreas de menos de 0,5 km² (RIBEIRO et al., 2009).

A Serra do Mar está composta por três fragmentos maiores da Mata Atlântica, localizados respectivamente nas montanhas costeiras do estado de São Paulo até o sul do estado do Rio de Janeiro, na zona costeira do estado do Paraná e na zona costeira do estado de Santa Catarina, e juntos representam mais do 13% da floresta restante (RIBEIRO et al., 2009).

Além disso, a Serra do Mar corresponde à sub-região da Mata Atlântica mais conservada, pois contém o 36,5% da sua vegetação original (RIBEIRO et al., 2009). Nela, o Ministério do Meio Ambiente estabeleceu áreas prioritárias para a conservação de diversos grupos de animais, como resultado do Programa de Workshops Regionais de Biodiversidade da Conservation International (MMA/SBF, 2002). No caso particular dos invertebrados, estas áreas foram escolhidas baseadas em informação de distribuição de espécies de formigas, opiliões, aranhas e borboletas, e “levando em consideração a existência de remanescentes de vegetação, levantamentos da entomofauna existente e grau de conservação”, sendo que a Serra do Mar paranaense

corresponde a uma área de “muito alta importância biológica” (MMA/SBF, 2002).

A conservação e o conhecimento dos invertebrados tornam-se urgentes lembrando que eles, como um todo, são mais importantes na manutenção dos ecossistemas do que os vertebrados (WILSON, 1987). Os insetos, particularmente, estão envolvidos em diversas atividades que vão desde a decomposição de matéria orgânica até a provisão de alimentos para outros animais, e podem desempenhar papéis como predadores, parasitas, herbívoros, saprófagos e polinizadores (ROSENBERG et al., 1986). Segundo Losey e Vaughan (2006), o valor econômico dos serviços ecológicos fornecidos só por insetos “selvagens” (não tomando em conta os insetos domesticados) nos Estados Unidos, tais como enterro de esterco, controle de pragas, polinização e nutrição é de cerca de 57 bilhões de dólares, valor que justifica um maior investimento na conservação desses serviços.

Adicionalmente, quando estas atividades são afetadas por perturbações ambientais, os insetos frequentemente reagem de maneira característica (ROSENBERG et al., 1986), assim, e adicionado ao fato da grande diversidade de espécies que sustentam e que ocorrem em quase todos os tipos de ecossistemas, os insetos são considerados bons indicadores do impacto ambiental (ROSENBERG et al., 1986; THOMAZINI; THOMAZINI, 2000; WINK et al., 2005).

As formigas, em particular, são ideais em estudos de biodiversidade (ALONSO; AGOSTI, 2000) por várias características, as quais incluem: 1) uma alta diversidade, com mais de 13000 espécies descritas (BOLTON, 2018); 2) dominância numérica e de biomassa, considerando que representam entre 15-20% da biomassa dos animais terrestres (SCHULTZ, 2000); 3) habitam quase todo tipo de ambientes; 4) desempenham variedade de funções nos ecossistemas, sendo os principais condutores de energia e matéria orgânica nos ambientes terrestres (SCHULTZ, 2000), e atuam como predadores, presas, detritívoros, mutualistas e herbívoros; 5) sensibilidade às mudanças ambientais, pois muitas apresentam necessidades alimentarias e de microclima muito específicas; 6) o grupo conta com uma resolução taxonômica

relativamente melhor do que outros grupos; e 7) facilidade de amostragem e monitoramento, especialmente das formigas de serapilheira, cuja presença no ambiente é mais constante, considerando que a maioria delas possui ninhos estacionários e perenes, e porque contam com uma metodologia padronizada para a sua coleta, o protocolo ALL ('Ants of the Leaf Litter'), que permite o levantamento de dados comparáveis (ALONSO; AGOSTI, 2000).

Além disso, as formigas podem ser classificadas em grupos funcionais, ou guildas (ANDERSEN, 2000), que são "grupos de espécies simpátricas que ocupam papéis ou nichos semelhantes e que mostram um alto grau de interação ou sobreposição em sua ecologia" (BRANDÃO et al., 2012).

Esta classificação é particularmente importante nos estudos de avaliação ambiental considerando a lógica por trás do conceito: se uma guilda está composta por espécies que usam os mesmos recursos de uma maneira similar, é de se esperar que elas sejam afetadas de maneira similar se esses recursos são afetados; de tal maneira que se o impacto em uma espécie de uma guilda é conhecido, o impacto em todas as espécies dessa guilda é conhecido (SEVERINGHAUS, 1981; SIMBERLOFF; DAYAN, 1991). Em outras palavras, os grupos funcionais, ou guildas, respondem de uma maneira previsível ao estresse e à perturbação, o que permite entender como varia a estrutura das comunidades entre diferentes ecossistemas e em resposta a mudanças no ambiente (ANDERSEN, 2000).

Apesar de tudo o que precede, o estado do conhecimento dos invertebrados da Mata Atlântica é escasso (MMA/SBF, 2002), segundo Gonçalves e Brandão (2008), "a sua fauna de insetos, particularmente Hymenoptera e Isoptera, é pouco conhecida em relação à dos demais biomas brasileiros". Aportes ao conhecimento da mirmecofauna da Serra do Mar têm sido realizados por vários autores (e.g. SANTOS, 2008; SILVA et al., 2009; FIGUEIREDO et al., 2013; SUGUITURU et al., 2013), embora a maioria centrados na região paulista. Para o estado do Paraná, devem ser destacados os estudos de Calixto (2013, 2016), onde o primeiro reúne os registros de formigas disponíveis em literatura e o último testa a variação na composição de espécies de formigas de serapilheira nos períodos diurno e noturno, e o

trabalho de Silva e Brandão (2014), onde duas das 26 localidades da Mata Atlântica que avaliaram estão localizadas na Serra do Mar paranaense.

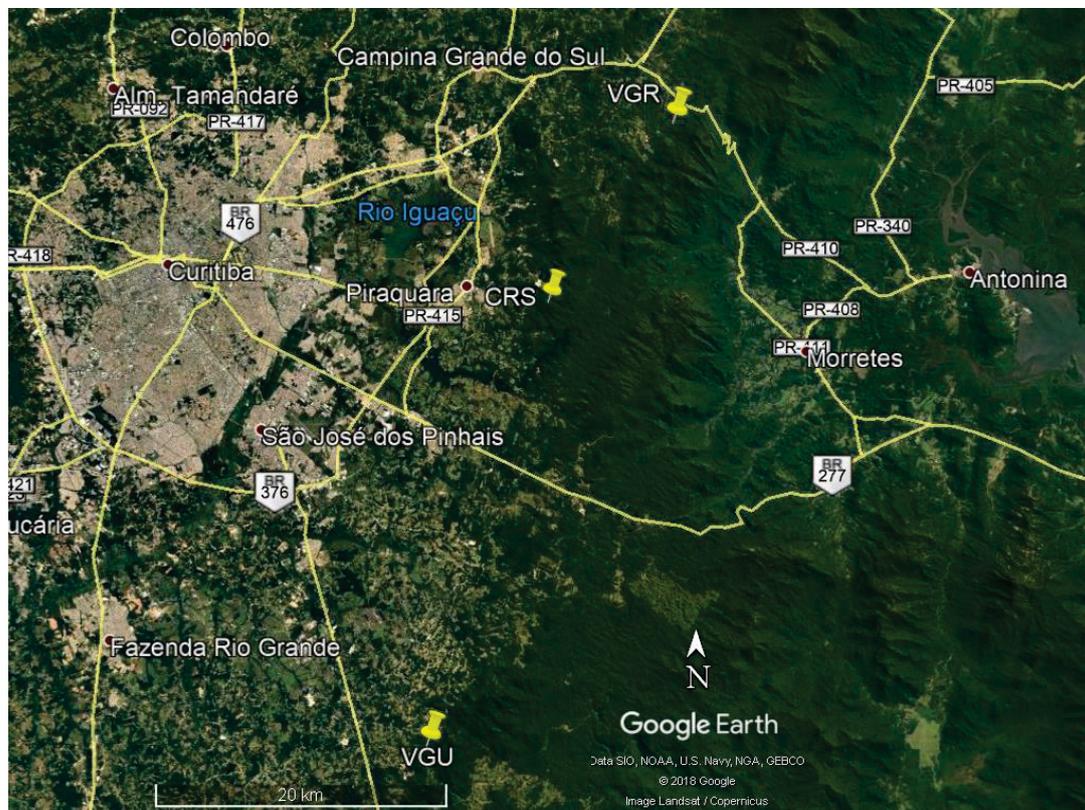
Considerando o anterior, propomos o presente projeto com o fim de caracterizar e avaliar a diversidade da mirmecofauna de três localidades da Mata Atlântica da Serra do Mar no estado do Paraná.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

O trabalho foi desenvolvido em três localidades da Serra do Mar do estado do Paraná, localizadas nos municípios de Piraquara, São José dos Pinhais e Quatro Barras, que se encontram dentro da Área de Especial Interesse Turístico (AEIT) do Marumbi, que é uma área sob proteção “a ser preservada e valorizada no sentido cultural e turístico” (THEODOROVICZ et al., 1994).

FIGURA 1 – LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DAS LOCALIDADES



FONTE: Google Earth Pro (2018).

Estas localidades são representantes do gradiente transicional entre a Floresta Ombrófila Densa Montana, típica da Serra do Mar, e a Floresta Ombrófila Mista ou Floresta com Araucaria, da vertente planáltica do Paraná. Isto é devido a que na área de contato entre as duas florestas, além das espécies de ampla distribuição, há um grande número de espécies típicas da Floresta Ombrófila Mista junto com as exclusivas da Floresta Ombrófila Densa Montana (REGINATO; GOLDENBERG, 2007).

2.1.1 Condomínio Recreio da Serra (CRS)

Corresponde a um condomínio de chácaras localizado na área rural no quilômetro 6,6 do centro do município de Piraquara (-25.4538°, -49.0077°; FIGURA 1) a uma altitude de 1140 metros. O clima local, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfb, com uma temperatura mínima média de 8°C no mês de junho e com uma temperatura máxima de 25.6°C em janeiro, a média anual é de 17°C. A precipitação média anual é de 1.565 mm (CLIMATE-DATA, 2017); e o tipo de solo corresponde a GM3, que é uma associação de gleissolo melânico com organossolo (EMBRAPA, 2007).

A localidade foi caracterizada como floresta secundária em estágio de regeneração inicial, considerando a presença de uma densidade alta de plantas herbáceas e arbustos, o que favorece a presença de clareiras dentro da mata (FIGURA 2A). Adicionalmente, o ponto de amostragem está localizado a 125 metros de uma estrada rural (Rua Pintasilgos), e, adicionalmente, ao estar dentro de um condomínio de chácaras, a localidade se encontra próxima de áreas de concentrações humanas.

Esta localidade está afastada das localidades Estrada Velha de Guaricana e Estrada Velha da Graciosa VGR por 31,7 e 15,1 quilômetros respectivamente.

FIGURA 2 – FOTOGRAFIAS DAS LOCALIDADES AMOSTRADAS



FONTE: O autor (2018).

LEGENDA: (A) Localidade Condomínio Recreio da Serra; (B) Localidade Estrada Velha da Guaricana; (C) Localidade Estrada Velha da Graciosa

2.1.2 Estrada Velha da Guaricana (VGU)

Localizada no município de São José dos Pinhais (-25.7303° , -49.0911° ; FIGURA 1) a uma altitude de 940 metros. O clima local, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfb, com uma temperatura mínima média de 7.8°C no mês de junho e uma temperatura máxima de 25.6°C no mês de janeiro, com uma temperatura média anual de $16,9^{\circ}\text{C}$. A precipitação média anual de 1.281 mm (CLIMATE-DATA, 2017); e o tipo de solo corresponde a AR2, que é uma associação de afloramento de rochas com neossolo litólico hístico típico (EMBRAPA, 2007).

A localidade foi caracterizada como floresta secundária em estágio de regeneração médio alto, considerando a alta densidade de arbustos de alto porte, embora o dossel apresente uma densidade menor em comparação à da localidade Estrada Velha da Graciosa (FIGURA 2B). Adicionalmente, o ponto de amostragem está localizado a 30 metros de uma estrada rural, e se encontra próxima de áreas de concentrações humanas.

Esta localidade está afastada das localidades Condomínio Recreio da Serra (CRS) e a estrada Velha da Graciosa (VGR) por 31,7 e 46,3 quilômetros respectivamente.

2.1.3 Estrada Velha da Graciosa (VGR)

Localizada no quilometro 15,9 ao centro do município Quatro Barras no quilómetro (-25.3423°, -48.9226°; FIGURA 1) a uma altitude de 900m. O clima local, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfb, com uma temperatura mínima média de 8°C em junho e julho e uma temperatura máxima de 25.6°C em janeiro, com uma média anual de 17°C. A precipitação média anual é de 1.602 mm (CLIMATE-DATA, 2017); e o tipo de solo corresponde a CXdb9, que corresponde a cambissolo háplico Tb distrófico típico de textura argilosa A proeminente álico (EMBRAPA, 2007).

A localidade foi caracterizada como floresta secundária em estágio avançado de regeneração, considerando a presença de arbustos de maior porte e dossel de densidade maior que as demais localidades (FIGURA 2C). Adicionalmente, o ponto de amostragem está localizado a 100 metros de uma estrada rural muito pouco transitada, e é a localidade mais afastada de áreas de concentração humana.

Esta localidade está afastada das localidades Condominio Recreio da Serra (CRS) e Estrada Velha da Guaricana (VGU) por 15,1 e 46,3 quilômetros respectivamente.

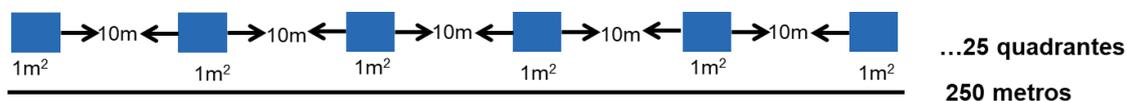
2.2 AMOSTRAGEM

Foram realizadas três amostragens (uma por localidade) durante os meses de fevereiro e março de 2017. A metodologia empregada foi uma modificação dos parâmetros propostos por Agosti et al. (2000) para a coleta de serapilheira, realizado da seguinte maneira: em cada localidade foi marcado um transecto lineal de 250 metros, no qual foram estabelecidos 25 quadrantes de 1 m², distribuídos a cada 10 metros ao longo do transecto (FIGURA 3).

A serapilheira de cada quadrante foi moída com um facão, recolhida e peneirada utilizando um peneirador de malha de 10 mm. O material peneirado foi colocado em um saco de náilon o qual foi etiquetado e levado para a Universidade Federal do Paraná para ser processado.

As amostras foram colocadas separadamente em bandejas de plástico para retirar galhos e animais de tamanho grande que poderiam atrapalhar o processo de extração. Em seguida, foram colocadas em sacos de tecido de malha grossa e suspensas dentro de um extrator mini-Winkler, uma adaptação do extrator Winkler (BESUCHET et al., 1987) realizada por Fisher (1996), por um período de tempo de 72 horas. A cada 24 horas, o material nos mini-Winkler foi removido e agitado para garantir que o material na parte superior dos sacos também fosse processado. O copo coletor preenchido com álcool a 70% foi retirado para trocar o álcool e colocar o conteúdo com a fauna extraída em um frasco com álcool a 70% limpo e devidamente etiquetado. Segundo Delabie et al. (1999 em GUÉNARD; LUCKY, 2011), para amostras da floresta da Mata Atlântica, durante as primeiras 24 horas eles coletaram cerca de 90% das espécies e 70% dos indivíduos que puderam ser extraídos das amostras, e no segundo dia, cerca de 95% das espécies e 85% dos indivíduos. Assim, nós deixamos por três dias para maximizar o número de indivíduos extraídos.

FIGURA 3 – ESQUEMA REPRESENTATIVO DA METODOLOGIA DE COLETA



FONTE: O autor (2018).

2.3 IDENTIFICAÇÃO

No laboratório do professor John E. Lattke na Universidade Federal do Paraná o material foi limpo e triado para separar as formigas de outros organismos extraídos. As formigas foram separadas em morfoespécies e vários indivíduos por cada morfoespécie foram montados em alfinetes entomológicos e etiquetados com dados de localidade, coordenadas, data de coleta e coletor.

A identificação dos espécimes até gênero foi realizada seguindo a chave de Baccaro et al. (2015), e até espécie foi utilizada a seguinte literatura: *Acanthognathus* (GALVIS; FERNANDEZ, 2009), *Acromyrmex* (FERNÁNDEZ et al., 2015), *Basiceros* (FEITOSA et al., 2007), *Discothyrea* (SOSA-CALVO;

LONGINO, 2007), *Eurhopalothrix* (BROWN; KEMPF, 1960), *Fulakora* (ARIAS-PENNA, 2007), *Gnamptogenys* (LATTKE et al., 2007), *Heteroponera* (FEITOSA, 2011), *Hylomyrma* (ULYSSÉA, 2017), *Labidus* (WATKINS, 1976), *Lachnomyrmex* (FEITOSA; BRANDÃO, 2008), *Linepithema* (WILD, 2007), *Megalomyrmex* (BRANDÃO, 1990), *Neocerapachys* (BROWN, 1975), *Neoponera* (MACKAY et al., 2007), *Octostruma* (LONGINO, 2013b), *Oxyepoecus* (ALBUQUERQUE; BRANDÃO, 2009), *Procryptocerus* (KEMPF, 1951), *Strumigenys* (SILVA, 2014), *Typhlomyrmex* (LACAU et al., 2004) e *Wasmannia* (CUEZZO et al., 2015). A identificação até morfoespécie deveu-se à falta de chaves taxonômicas ou porque as chaves disponíveis correspondem a revisões antigas que foram difíceis de interpretar, pelo qual consideramos imprudente a atribuição de um nome específico.

Adicionalmente, Thiago Silva (*Strumigenys*), Mayron Escárraga (*Linepithema*) da Universidade Federal do Paraná (UFPR), Mônica A. Ulysséa (*Hylomyrma*) da Universidade de São Paulo (USP) e Lívia P. do Prado (*Megalomyrmex* e *Octostruma*) do Museu Paraense Emilio Goeldi, colaboraram na identificação de material.

Uma vez identificado o material, foi preenchida uma planilha de Excel com a informação de determinação: subfamília, gênero, espécie ou morfoespécie, e casta; e os dados de coleta: localidade e número de quadrante.

2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Com a informação reunida na base de dados, por cada localidade foram construídas uma matriz de presença-ausência, e uma matriz de frequências de captura de todas as espécies coletadas.

A razão pela qual são utilizados dados de presença-ausência é devido a que as formigas, sendo animais sociais, estão fortemente agregadas quando a amostragem captura colônias ou partes delas (LONGINO, 2000), de tal maneira que se são considerados dados de abundância, a ocorrência daquelas espécies sobre cujas colônias coincidiu a amostragem seria sobrestimada em relação à ocorrência das espécies representadas por apenas um indivíduo.

Assim, segundo Romero e Jaffé (1989): a frequência de captura é uma indicação da probabilidade de encontrar uma formiga (ou colônia de formigas), e é independente da densidade das forrageiras e do tamanho da colônia, mas dependente de quão comum é a espécie, ou seja, de quão amplamente ela está distribuída no ecossistema.

2.4.1 Diversidade alfa

A suficiência amostral foi avaliada a partir da elaboração de curvas de acumulação de espécies e a comparação com os dados fornecidos pelos estimadores não paramétricos Jackknife1 e Chao2, calculados com o programa EstimateS 9.1.0.

A interpretação das curvas de acumulação de espécies segue a teoria em que no começo são coletadas principalmente espécies comuns, e a adição de espécies ao inventário ocorre rapidamente pelo que a inclinação da curva começa a ser alta; mas, à medida que a amostragem continua, são as espécies raras que aumentam o inventário, mas a uma taxa decrescente, de modo que o momento em que a inclinação se torna horizontal, corresponde ao número total de espécies que podem ser encontradas na área estudada, com os métodos utilizados e durante o tempo em que a amostragem foi realizada (JIMÉNEZ-VALVERDE; HORTAL, 2003).

A utilização de métodos não paramétricos deveu-se a que eles não assumem o tipo de distribuição do conjunto de dados e não os ajustam a um modelo determinado (MORENO, 2001); e a escolha dos indicadores Jackknife1 e Chao2 foi porque ambos requerem dados de incidência e não de abundância, e tem sido demonstrado em vários estudos que são os menos tendenciosos e mais precisos (MORENO, 2001; MAGURRAN, 2004). Particularmente, Chao2 fornece a estimativa menos enviesada para amostras pequenas, calculando o número de espécies esperadas considerando a relação entre o número de espécies que aparecem em apenas uma amostra e o número de espécies encontradas em exatamente duas, de tal maneira que conforme o número de espécies representadas em apenas uma amostra aumente, o valor da estimativa será cada vez maior que a riqueza observada (MAGURRAN, 2004).

E Jackknife¹ estima a riqueza a partir do número de espécies que ocorrem somente em uma amostra, que é uma técnica para reduzir a subestimação do verdadeiro número de espécies em uma comunidade (MORENO, 2001).

Como medida de diversidade utilizamos o inverso do índice de Simpson (1-D), o qual é considerado “uma das medidas de diversidade mais significativas e robustas disponíveis”, fornecendo uma boa estimativa em tamanhos populacionais relativamente pequenos (MAGURRAN, 2004). O valor do índice varia entre 0 e 1, e aumentará conforme a comunidade se tornar mais uniforme, ou diversa, já que ao ser o inverso, ele calcula a probabilidade de que dois indivíduos selecionados aleatoriamente de uma amostra pertençam a espécies diferentes (MAGURRAN, 2004; MORRIS et al., 2014). Adicionalmente, para avaliar se existe uma diferença significativa entre os valores do índice entre as localidades, aplicamos um teste t-Student adaptado para compará-lo (RODRIGUES, 2015).

Para descrever a estrutura em termos de abundância proporcional, utilizamos o índice de uniformidade de Pielou cujo valor varia de 0 a 1, onde 1 seria o valor encontrado na situação onde todas as espécies fossem igualmente abundantes; e os índices de dominância de Simpson, que calcula a probabilidade de que dois indivíduos selecionados aleatoriamente de uma amostra pertençam à mesma espécie, de tal maneira que conforme o valor aumenta, a diversidade diminui; e de Berger-Parker, que é um índice que fornece uma medida de dominância simples e interpretável, e expressa a abundância proporcional da espécie mais abundante, de tal maneira que a valores maiores, maior dominância (MAGURRAN, 2004).

Todos os índices acima mencionados foram calculados com o programa PAST 3.19 (HAMMER et al., 2001). e o teste t-Student com o programa DivEs (RODRIGUES, 2015).

Além disso, para facilitar a comparação da riqueza das três localidades, foi construído um gráfico de ranking/incidência para cada uma delas, utilizando as incidências relativas de cada espécie no eixo y, entendendo que curvas íngremes significam comunidades com alta dominância e que inclinações menores implicam maior uniformidade. Seguidamente foi aplicado o teste de

Kolmogorov-Smirnov para as inclinações das curvas para avaliar se há diferenças significativas entre as distribuições das incidências das três localidades (MAGURRAN, 2004).

2.4.2 Diversidade beta

Para avaliar se existem diferenças entre a composição da mirmecofauna entre as localidades realizamos uma ANOSIM, que usa os dados de abundância ou de presença e ausência para comparar a dissimilaridade dentro dos grupos e entre eles (HAMMER et al., 2001). Em nosso caso, utilizamos matrizes de presença-ausência e usamos o coeficiente de similaridade de Jaccard, o qual leva em conta a relação existente entre o número de espécies comuns e o número total de espécies encontradas entre as localidades comparadas (ELLENBERG; MUELLER-DOMBOIS, 1974).

Adicionalmente, para visualizar o ordenamento dos dados obtidos, utilizamos o pacote vegan (OKSANEN et al., 2007) do software R (R-CORE-TEAM, 2017) para realizar uma análise de ordenamento NMDS (escalonamento multidimensional não métrico) também baseada na medida de similaridade de Jaccard.

Foi realizada uma Análise de Porcentagem de Similaridade (SIMPER) para determinar a porcentagem de contribuição de cada espécie na diferenciação de cada localidade baseando-se no índice de dissimilaridade de Bray-Curtis, sendo o mais utilizado neste tipo de análises (HAMMER et al., 2009), o qual considera dados de abundância, ou incidências neste caso (MAGURRAN, 2004). As análises ANOSIM e SIMPER foram realizadas no software Past 3.19.

2.5 IDENTIFICAÇÃO DE GILDAS

A classificação em guildas das espécies coletadas neste trabalho seguiu a proposta por Brandão et al. (2012) para as formigas neotropicais, que está baseada em caracteres morfológicos com importância funcional conhecida e, portanto, relacionados à biologia alimentar de espécies de formigas, como

tamanho e forma de várias estruturas (cabeça, olhos, pernas, tronco, pecíolos) e locais de alimentação preferidos.

Para realizar isto, além de fazer medições e considerar as formas do corpo, como indicam Brandão et al. (2012), foi necessário realizar um levantamento bibliográfico para conhecer a biologia das espécies para sua colocação nas guildas.

3 RESULTADOS

3.1 DIVERSIDADE ALFA

3.1.1 Riqueza

Foram examinados e montados 1065 indivíduos os quais representam nove subfamílias, 33 gêneros e 87 espécies (TABELA 1). Das espécies encontradas, 40 foram identificadas até espécie, 7 como espécies afins (aff) por ter características semelhantes a espécies determinadas, e 40 correspondem a morfoespécies.

As espécies *Fulakora agostii* (Lacau & Delabie, 2002), *Gnamptogenys continua* (Mayr, 1887), *G. lucaris* Kempf, 1968, *Strumigenys lygatrix* (Bolton, 2000) e *S. cultrigera* (Mayr, 1887) correspondem a novos registros para o estado do Paraná.

O registro de *Tapinoma melanocephalum* (Fabricius, 1793) neste trabalho deveu-se provavelmente à contaminação das nossas amostras na UFPR enquanto o material estava sendo processado, considerando que é uma formiga invasora acostumada a viver em ambientes urbanos (ESPADALER; NOGUERA, 2002).

Dentre as subfamílias amostradas, Myrmicinae apresentou maior riqueza de espécies com 49 espécies registradas (56%), seguida por Ponerinae com 12 espécies (14%), Formicinae com 9 espécies (10%), Ectatomminae com 6 espécies (7%), Heteroponerinae com 4 espécies (5%), Dorylinae com 3 espécies (3%), Dolichoderinae com 2 espécies (2%) e Amblyoponinae e Proceratiinae com apenas uma espécie (1%) registrada (FIGURA 4).

TABELA 1 – LISTA DAS ESPÉCIES COLETADAS E NÚMERO DE REGISTROS NAS TRÊS LOCALIDADES

Subfamília	Espécie	Registros			
		CRS	VGU	VGR	Total
Amblyoponinae	<i>Fulakora agostii</i> (Lacau & Delabie, 2002)*	2 (0,08)	0	3 (0,12)	5
Dolichoderinae	<i>Tapinoma melanocephalum</i> (Fabricius, 1793)	0	1 (0,04)	0	1
	<i>Linepithema</i> aff. <i>gallardoii</i>	1 (0,04)	17 (0,68)	2 (0,08)	20
Dorylinae	<i>Labidus praedator</i> (Smith, 1858)	0	0	1 (0,04)	1
	<i>Neivamyrmex</i> sp. 1	1 (0,04)	0	0	1
	<i>Neocerapachys splendens</i> (Borgmeier, 1957)	0	1 (0,04)	0	1
Ectatomminae	<i>Gnamptogenys striatula</i> (Mayr, 1884)	8 (0,32)	9 (0,36)	9 (0,36)	26
	<i>Gnamptogenys continua</i> Mayr, 1887*	0	2 (0,08)	0	2
	<i>Gnamptogenys lucaris</i> Kempf, 1968*	0	0	1 (0,04)	1
	<i>Gnamptogenys rastrata</i> (Mayr, 1866)	5 (0,2)	3 (0,12)	0	8
	<i>Typhlomyrmex major</i> (Santschi, 1923)	0	2 (0,08)	1 (0,04)	3
	<i>Typhlomyrmex pusillus</i> (Emery, 1894)	8 (0,32)	1 (0,04)	5 (0,2)	14
Formicinae	<i>Brachymyrmex</i> sp. 1	1 (0,04)	0	0	1
	<i>Brachymyrmex</i> sp. 2	1 (0,04)	1 (0,04)	0	2
	<i>Brachymyrmex modestus</i> (Santschi)	2 (0,08)	1 (0,04)	0	3
	<i>Myrmelachista</i> sp. 1	1 (0,04)	0	0	1
	<i>Camponotus</i> sp. 1	1 (0,04)	0	0	1
	<i>Nylanderia</i> aff. <i>vididula</i>	19 (0,76)	19 (0,76)	0	38
	<i>Nylanderia</i> sp. 1	0	1 (0,04)	1 (0,04)	2
	<i>Nylanderia</i> sp. 2	9 (0,36)	1 (0,04)	2 (0,08)	12
<i>Nylanderia</i> sp. 3	1 (0,04)	0	1 (0,04)	2	
Heteroponerinae	<i>Heteroponera panamensis</i> (Forel, 1899)	9 (0,36)	0	1 (0,04)	10
	<i>Heteroponera mayri</i> (Kempf, 1962)	3 (0,12)	5 (0,2)	3 (0,12)	11
	<i>Heteroponera inermis</i> (Emery, 1894)	1 (0,04)	1 (0,04)	1 (0,04)	3
	<i>Heteroponera dentinodis</i> (Mayr, 1887)	1 (0,04)	0	0	1

Subfamília	Espécie	Registros			
		CRS	VGU	VGR	Total
Myrmicinae	<i>Acanthognathus ocellatus</i> Mayr, 1887	0	0	1 (0,04)	1
	<i>Acromyrmex aspersus</i> (Smith, 1858)	6 (0,24)	1 (0,04)	1 (0,04)	8
	<i>Basiceros disciger</i> (Mayr, 1887)	1 (0,04)	0	0	1
	<i>Cyphomyrmex</i> sp. 1 (gr. rimosus)	4 (0,16)	2 (0,08)	0	6
	<i>Cyphomyrmex</i> sp. 2 (gr. rimosus)	0	1 (0,04)	0	1
	<i>Cyphomyrmex</i> sp. 3 (gr. rimosus)	7 (0,28)	12 (0,48)	0	19
	<i>Mycetophylax</i> aff. <i>olitor</i>	0	1 (0,04)	0	1
	<i>Eurhopalothrix bruchi</i> (Santschi, 1922)	0	0	1 (0,04)	1
	<i>Hylomyrma reitteri</i> (Mayr, 1887)	2 (0,08)	9 (0,36)	1 (0,04)	12
	<i>Hylomyrma balzani</i> (Emery, 1894)	0	3 (0,12)	1 (0,04)	4
	<i>Lachnomyrmex plaumanni</i> (Borgmeier, 1957)	2 (0,08)	1 (0,04)	0	3
	<i>Megalomyrmex</i> aff. <i>drifti</i>	5 (0,2)	3 (0,12)	0	8
	<i>Megalomyrmex</i> sp. 1 (gr. modestus)	0	0	12 (0,48)	12
	<i>Megalomyrmex myops</i> Santschi, 1925	3 (0,12)	0	0	3
	<i>Octostruma rugifera</i> (Mayr)	14 (0,56)	7 (0,28)	0	21
	<i>Octostruma stenognatha</i> Brown & Kempf, 1960	16 (0,64)	9 (0,36)	0	25
	<i>Oxyepoecus rastratus</i> (Mayr, 1887)	0	4 (0,16)	3 (0,12)	7
	<i>Oxyepoecus</i> aff <i>longicephalus</i>	2 (0,08)	3 (0,12)	6 (0,24)	11
	<i>Oxyepoecus reticulatus</i> Kempf, 1974	4 (0,16)	2 (0,08)	3 (0,12)	9
	<i>Oxyepoecus</i> sp. 1	0	4 (0,16)	1 (0,04)	5
	<i>Pheidole</i> sp. 1	2 (0,08)	10 (0,4)	1 (0,04)	13
	<i>Pheidole</i> sp. 2	7 (0,28)	6 (0,24)	5 (0,2)	18
	<i>Pheidole</i> sp. 3	20 (0,8)	16 (0,64)	20 (0,8)	56
	<i>Pheidole</i> sp. 4	4 (0,16)	8 (0,32)	5 (0,2)	17
	<i>Pheidole</i> sp. 5	0	4 (0,16)	14 (0,56)	18
	<i>Pheidole</i> sp. 6	0	0	1 (0,04)	1
	<i>Pheidole</i> sp. 7	1 (0,04)	2 (0,08)	0	3

Subfamília	Espécie	Registros			
		CRS	VGU	VGR	Total
	<i>Pheidole</i> sp. 8	0	1 (0,04)	0	1
	<i>Pheidole</i> sp. 9	0	2 (0,08)	1 (0,04)	3
	<i>Pheidole</i> sp. 10	0	2 (0,08)	2 (0,08)	4
	<i>Pheidole</i> sp. 11	0	1 (0,04)	0	1
	<i>Pheidole</i> sp. 12	0	2 (0,08)	0	2
	<i>Procryptocerus clathratus</i> Emery, 1896	1 (0,04)	0	0	1
	<i>Solenopsis</i> sp. 1	1 (0,04)	3 (0,12)	6 (0,24)	10
	<i>Solenopsis</i> sp. 2	0	1 (0,04)	0	1
	<i>Solenopsis geminata</i> (Fabricius, 1804)	1 (0,04)	0	0	1
	<i>Solenopsis</i> sp. 3	16 (0,64)	19 (0,76)	9 (0,36)	44
	<i>Solenopsis</i> sp. 4	4 (0,16)	9 (0,36)	3 (0,12)	16
	<i>Solenopsis</i> sp. 5	0	10 (0,4)	2 (0,08)	12
	<i>Solenopsis</i> sp. 6	2 (0,08)	6 (0,24)	1 (0,04)	9
	<i>Strumigenys abditivata</i> (Bolton, 2000)	0	1 (0,04)	0	1
	<i>Strumigenys crassicornis</i> Mayr	5 (0,2)	4 (0,16)	0	9
	<i>Strumigenys cultrigera</i> Mayr, 1887*	0	0	1 (0,04)	1
	<i>Strumigenys appretiata</i> (Borgmeier, 1954)	2 (0,08)	2 (0,08)	0	4
	<i>Strumigenys louisianae</i> Roger	15 (0,6)	9 (0,36)	2 (0,08)	26
	<i>Strumigenys lygatrix</i> (Bolton, 2000)*	0	1 (0,04)	0	1
	<i>Strumigenys saliens</i> (Mayr, 1887)	0	0	1 (0,04)	1
	<i>Strumigenys</i> sp. 1	0	1 (0,04)	0	1
	<i>Wasmannia affinis</i> (Santschi, 1929)	1 (0,04)	11 (0,44)	3 (0,12)	15
Ponerinae	<i>Neoponera bucki</i> (Borgmeier, 1927)	3 (0,12)	0	0	3
	<i>Leptogenys</i> sp. 1	0	0	1 (0,04)	1
	<i>Hypoponera</i> sp. 1	6 (0,24)	0	4 (0,16)	10
	<i>Hypoponera</i> sp. 2	10 (0,4)	0	0	10
	<i>Hypoponera trigona</i> (Mayr, 1887)	18 (0,72)	18 (0,72)	7 (0,28)	43

Subfamília	Espécie	Registros			
		CRS	VGU	VGR	Total
	<i>Hypoponera iheringi</i> (Forel, 1908)	0	2 (0,08)	1 (0,04)	3
	<i>Hypoponera</i> sp. 3	1 (0,04)	2 (0,08)	1 (0,04)	4
	<i>Hypoponera</i> sp. 4	1 (0,04)	0	0	1
	<i>Hypoponera</i> aff. <i>opacior</i>	15 (0,6)	6 (0,24)	16 (0,64)	37
	<i>Hypoponera foeda saroltae</i> (Forel, 1912)	8 (0,32)	11 (0,44)	1 (0,04)	20
	<i>Hypoponera</i> sp. 5	1 (0,04)	0	0	1
	<i>Hypoponera</i> sp. 6	1 (0,04)	0	1 (0,04)	2
Proceratiinae	<i>Discothyrea neotropica</i> Bruch, 1919	2 (0,08)	0	0	2

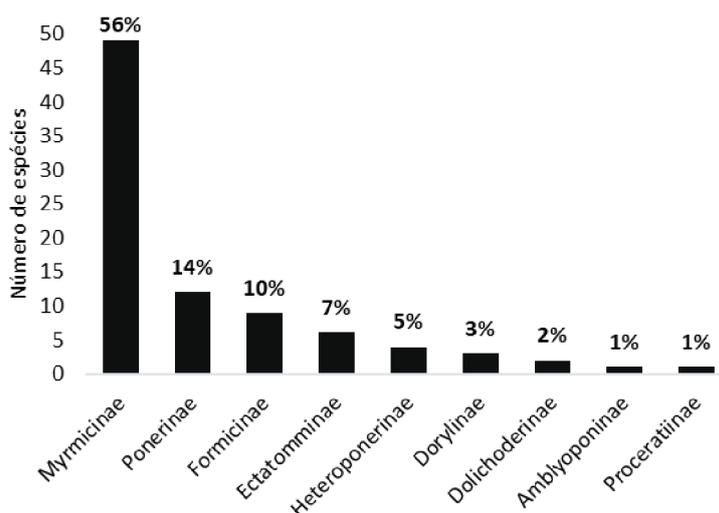
FONTE: O autor (2018).

NOTA: Número relativo entre parênteses. Os novos registros para o estado do Paraná são marcados com asterisco. As espécies exclusivas de uma localidade colocadas em negrito.

LEGENDA: CRS: localidade Condomínio Recreio da Serra; VGU: localidade Estrada Velha da Guaricana; VGR: localidade Estrada Velha da Graciosa.

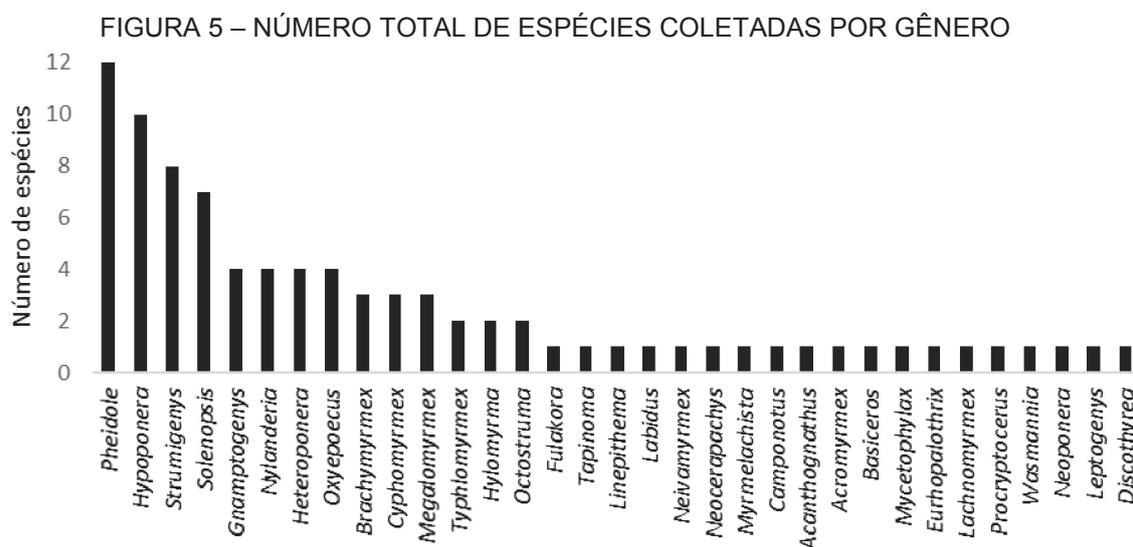
Os gêneros que apresentaram maior número de espécies foram *Pheidole* com 12 espécies, *Hypoponera* com 10, *Strumigenys* com 8 e *Solenopsis* com 7 espécies (FIGURA 5).

FIGURA 4 – NÚMERO TOTAL DE ESPÉCIES COLETADAS POR SUBFAMÍLIA



FONTE: O autor (2018).

As espécies com mais registros na amostragem foram *Pheidole* sp. 3 com 56 registros, *Solenopsis* sp. 3 com 44 registros, *Hypoponera trigona* (Mayr, 1887) com 43 registros, *Nylanderia vividula* (Nylander, 1846) com 38 registros e *Hypoponera* aff. *opacior* com 37 registros (TABELA 1).

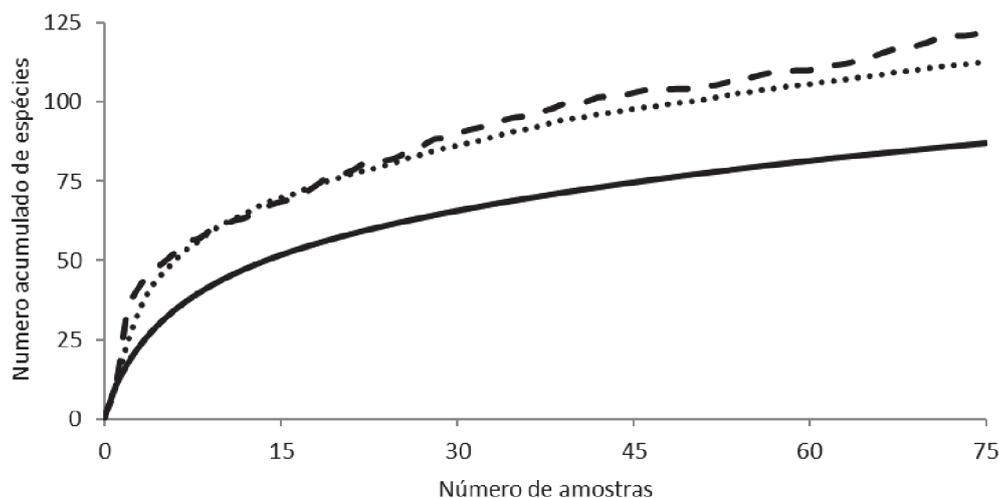


FONTE: O autor (2018).

Avaliação da suficiência amostral

Em relação ao esforço de amostragem, avaliado por meio da curva de acumulação de espécies (FIGURA 6), não foi suficiente para caracterizar a mirmecofauna presente nas três localidades, fato evidenciado pela curva não estabilizada. Além disso, de acordo com os estimadores Chao2 e Jack1, dentro de um intervalo de confiança de 95%, o número de espécies coletadas deveria ser de 122,63 e 112,65 respectivamente. De esta maneira, a nossa amostragem total corresponde a 70,9% (Chao2) ou a 77,2% (Jack1) das espécies presentes nas três localidades.

FIGURA 6 – CURVA DE ACUMULAÇÃO DE ESPÉCIES PARA O TOTAL DA AMOSTRAGEM



FONTE: O autor (2018).

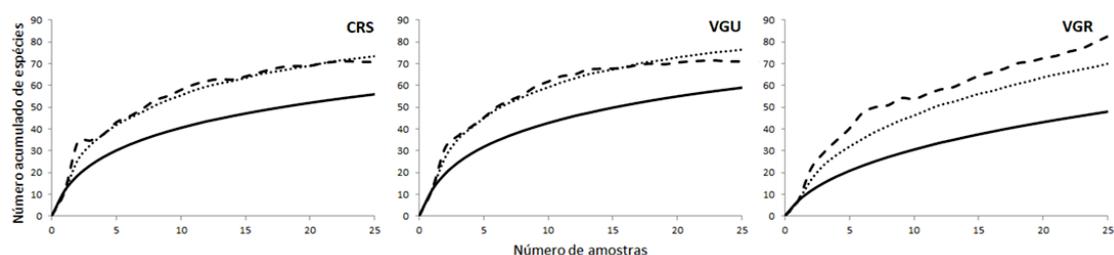
NOTA: Linha contínua: espécies observadas.

Linha tracejada: segundo Chao2.

Linha pontilhada: segundo Jack1.

Já pontualmente para a localidade CRS, segundo os estimadores Chao 2 e Jack 1, dentro de um intervalo de confiança de 95%, o número de espécies coletadas deveria ser de 71 a 73 respectivamente; sendo que a amostragem corresponde ao 79,2% (Chao 2) ou ao 76,4% (Jack 1). De maneira semelhante, na localidade VGU deveriam ter sido coletadas 71 (Chao2) ou 77 (Jack1) espécies, sendo que a amostragem corresponde ao 82,8% (Chao 2) ou ao 77,3% (Jack 1). Por ultimo, os resultados para a localidade VGR afastam-se dos correspondentes às outras localidades, sendo que o número de espécies coletadas deveria ser de 85 ou 70 espécies segundo Chao2 e Jack1 respectivamente, e este levantamento representou apenas 58% (Chao2) ou 68,5% (Jack1) das espécies totais na localidade. Isto pode ser apreciado comparando as curvas das três localidades, onde a de VGR ainda está crescendo, enquanto a inclinação das curvas de CRS e VGU é menor (FIGURA 7).

FIGURA 7 – CURVA DE ACUMULAÇÃO DE ESPÉCIES PARA CADA LOCALIDADE



FONTE: O autor (2018).

NOTA: Linha contínua: espécies observadas.

Linha tracejada: segundo Chao2.

Linha pontilhada: segundo Jack1.

3.1.2 Estrutura

Segundo o índice de diversidade de Simpson (1-D), a assembléia de formigas amostrada na localidade CRS (TABELA 2) corresponde a uma assembléia heterogênea na qual dois indivíduos selecionados aleatoriamente têm uma probabilidade de 96,3% de pertencer a espécies diferentes o qual pode ser reforçado com os valores consideravelmente baixos dos índices de Dominância (0,037) e de Berger-Parker (0,069), sendo que os valores próximos a zero são consequência de uma comunidade sem espécies dominantes (HAMMER et al., 2001; MAGURRAN, 2004). O anterior é reforçado pelo índice de uniformidade de Pielou próximo de 1 (0.888), situação onde todas as espécies seriam igualmente abundantes (MAGURRAN, 2004).

TABELA 2 – ÍNDICES DE DIVERSIDADE PARA CADA LOCALIDADE

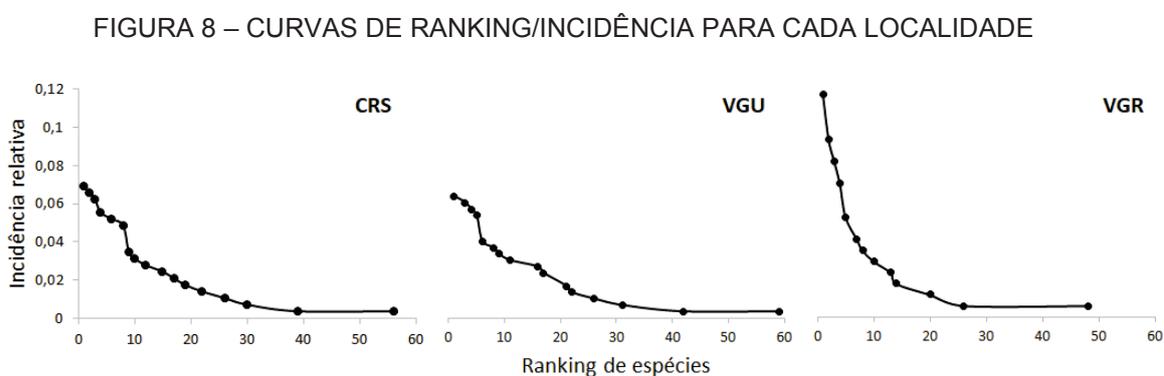
Localidade	Simpson (1-D)	Uniformidade (J')	Berger-Parker (d)
CRS	0,963	0,888	0,069
VGU	0,966	0,894	0,064
VGR	0,950	0,870	0,117

FONTE: O autor (2018).

De maneira semelhante, a localidade VGU (TABELA 2), também apresenta uma alta diversidade segundo o índice de diversidade de Simpson (1-D), onde há uma probabilidade de 96,6% de que dois indivíduos, selecionados aleatoriamente, pertençam a espécies diferentes. Igualmente, os

índices de Dominância e de Berger-Parker apresentam valores consideravelmente baixos, inclusive menores que os apresentados na localidade CRS, sugerindo assim uma localidade muito uniforme, corroborado pelo índice de uniformidade de Pielou próximo de 1, também ligeiramente maior do que na localidade CRS.

Como pode ser observado na FIGURA 8, as localidades CRS e VGU apresentam curva de ranking/incidência bastante semelhantes, implicando em ambos casos uma baixa dominância.



FONTE: O autor (2018).

Por último, apreciando as curvas de ranking/abundância (FIGURA 8), a localidade VGR pode ser classificada como a menos heterogênea comparando a inclinação da curva, a qual é muito mais íngreme que as outras. Este fato é aparentemente corroborado pelos índices de Dominância (D) e de Berger-Parker, os quais são maiores que nas demais localidades e, conseqüentemente, o índice de uniformidade de Pielou é menor (TABELA 2).

No entanto, ao aplicar o teste Kolmogorov-Smirnov para avaliar se há diferenças significativas nas inclinações das curvas de ranking/abundância, encontramos que os valores de D, calculados para cada par de localidades, não excedem o valor de $D\alpha$ (TABELA 3), pelo qual é concluído que apesar da localidade VGR apresentar uma inclinação marcada, não há diferenças significativas.

TABELA 3 – TESTE KOLMOGOROV-SMIRNOV

Localidade	D	D α
CRS - VGU	0,0434	0,2534
CRS - VGR	0,1108	0,2671
VGU - VGR	0,1293	0,2640

FONTE: O autor (2018).

NOTA: D = valor calculado entre duas localidades;
D α = valor crítico a 5% de probabilidade.

Adicionalmente, o teste t (TABELA 4) para o índice de Simpson não encontrou diferenças para o índice de Simpson não encontrou diferenças entre os dados das três localidades o que reforça o encontrado por o teste de Kolmogorov-Smirnov.

TABELA 4 – TESTE T-STUDENT PARA O ÍNDICE DE SIMPSON

Par de localidades	Valor t	Valor crítico
CRS - VGU	0,0441	1,965
CRS - VGR	0,1537	1,965
VGU - VGR	0,1921	1,965

FONTE: O autor (2018).

NOTA: com um nível de significância de 0,05.

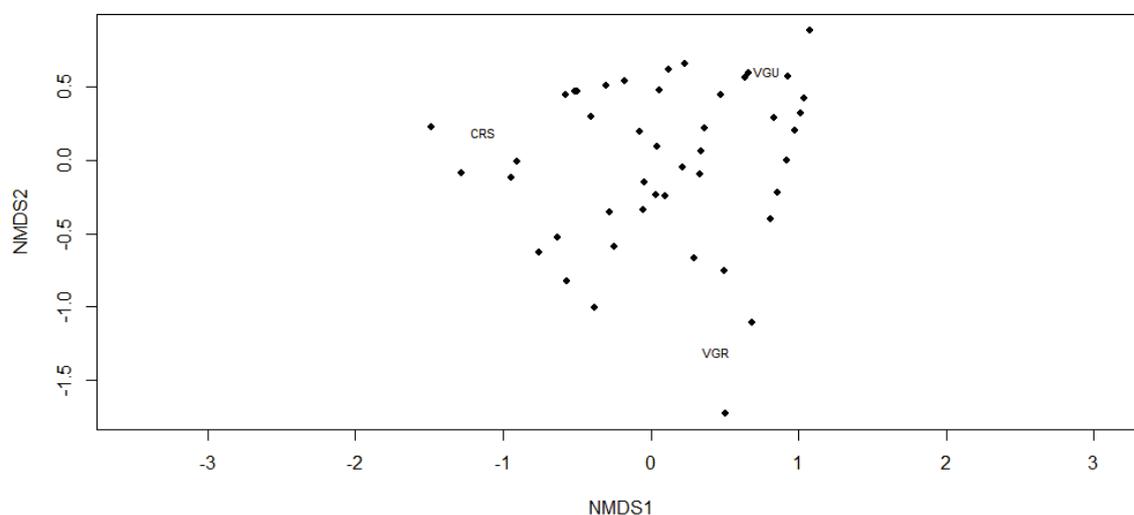
3.2 DIVERSIDADE BETA

As três localidades compartilham 24 espécies (28% das espécies encontradas).

As localidades, em termos de composição taxonômica, não estão muito distantes uma da outra, sendo as mais similares CRS e VGU com um 42% de espécies compartilhadas (37 espécies), seguidas por VGU e VGR com 38.5% (34 espécies) e finalmente VGU e VGR com um 32.9% (29 espécies). Isto pode ser observado na análise NMDS onde as diferenças não são suficientes para que as localidades sejam representadas como grupos diferentes (FIGURA 9).

Os resultados da ANOSIM mostraram uma baixa dissimilaridade para as três localidades, com valores de R= 0.41 e p<0,001, sendo que um número próximo de 0 indica pouca separação entre as localidades. A dissimilaridade entre as localidades CRS e VGU foi de R= 0.27, CRS e VGR de R=0.47, e VGR e VGU de R=0.53; todas com um valor de p <0,001.

FIGURA 9 – GRÁFICO DE REPRESENTAÇÃO DA ANÁLISE DE ESCALONAMENTO MULTIDIMENSIONAL NÃO MÉTRICO (NMDS) DAS TRÊS LOCALIDADES



FONTE: O autor (2018).
NOTA: Estresse = 0.026.

Por último, segundo a análise de SIMPER (TABELA 5), as formigas que mais contribuíram às diferenças entre as localidades CRS e VGU foram *Linepithema aff gallardoi* (4.1%), *Hypoponera aff opacior* (3.4%), *Octostruma stenognatha* Brown & Kempf, 1960 e *Strumigenys louisianae* Roger, 1863 (3.3%). Para as localidades CRS e VGR foram *Nylanderia vividula* (Nylander, 1846) (5.3%), *Octostruma stenognatha* Brown & Kempf, 1960 (4.5%), *Hypoponera trigona* (Mayr, 1887), *Strumigenys louisianae* Roger, 1863 (4.1%) e *Octostruma rugifera* (Mayr, 1887) (4.0%). E por último, para as localidades VGU e VGR as formigas que mais contribuíram foram *Nylanderia vividula* (Nylander, 1846) (5.0%), *Linepithema aff gallardoi* (4.3%), *Hypoponera trigona* (Mayr, 1887) (3.9%), e *Hypoponera aff opacior* e *Solenopsis* sp. 4 (3.8%).

TABELA 5 – ANÁLISE DE PORCENTAGEM DE SIMILARIDADE (SIMPER)

CRS - VGU		CRS - VGR		VGU - VGR	
Espécie	Contrib. (%)	Espécie	Contrib. (%)	Espécie	Contrib. (%)
<i>Linepithema aff gallardoi</i>	4,1	<i>Nylanderia aff vividula</i>	5,4	<i>Nylanderia vividula</i>	5,1
<i>Hypoponera aff opacior</i>	3,5	<i>Octostruma stenognatha</i>	4,5	<i>Linepithema aff gallardoi</i>	4,4

CRS - VGU		CRS - VGR		VGU – VGR	
Espécie	Contrib. (%)	Espécie	Contrib. (%)	Espécie	Contrib. (%)
<i>Octostruma stenognatha</i>	3,4	<i>Hypoponera trigona</i>	4,1	<i>Hypoponera trigona</i>	4,0
<i>Octostruma rugifera</i>	3,3	<i>Strumigenys louisianae</i>	4,1	<i>Hypoponera aff opacior</i>	3,8
<i>Strumigenys louisianae</i>	3,3	<i>Octostruma rugifera</i>	3,9	<i>Solenopsis</i> sp. 4	3,8
<i>Cyphomyrmex</i> sp. 4 (gr. rimosus)	3,0	<i>Pheidole</i> sp. 5	3,8	<i>Pheidole</i> sp. 5	3,6
<i>Wasmannia affinis</i>	3,0	<i>Solenopsis</i> sp. 4	3,7	<i>Wasmannia affinis</i>	3,2
<i>Hypoconerops foeda saroltae</i>	3,0	<i>Megalomyrmex</i> sp. 1 (gr. modestus)	3,2	<i>Cyphomyrmex</i> sp. 4 (gr. rimosus)	3,2
<i>Gnamptogenys striatula</i>	2,8	<i>Hypoconerops aff opacior</i>	3,1	<i>Megalomyrmex</i> sp. 1 (gr. modestus)	3,2
<i>Pheidole</i> sp. 1	2,6	<i>Gnamptogenys striatula</i>	3,1	<i>Gnamptogenys striatula</i>	3,1
<i>Hypoconerops</i> sp. 2	2,6	<i>Hypoconerops</i> sp. 2	2,8	<i>Hypoconerops foeda saroltae</i>	3,0
<i>Solenopsis</i> sp. 4	2,5	<i>Typhlomyrmex pusillus</i>	2,7	<i>Solenopsis</i> sp. 6	2,8
<i>Solenopsis</i> sp. 5	2,5	<i>Nylanderia</i> sp. 2	2,7	<i>Pheidole</i> sp. 3	2,8
<i>Pheidole</i> sp. 3	2,5	<i>Heteroponera panamensis</i>	2,6	<i>Pheidole</i> sp. 1	2,7
<i>Solenopsis</i> sp. 6	2,5	<i>Pheidole</i> sp. 2	2,5	<i>Solenopsis</i> sp. 5	2,6
<i>Pheidole</i> sp. 2	2,4	<i>Hypoconerops foeda saroltae</i>	2,3	<i>Pheidole</i> sp. 4	2,6
<i>Hypoconerops trigona</i>	2,4	<i>Hypoconerops</i> sp. 1	2,2	<i>Strumigenys louisianae</i>	2,6
<i>Nylanderia</i> sp. 2	2,4	<i>Pheidole</i> sp. 4	2,0	<i>Hylomyrma reitteri</i>	2,5
<i>Hylomyrma reitteri</i>	2,4	<i>Pheidole</i> sp. 3	2,0	<i>Octostruma stenognatha</i>	2,4
<i>Pheidole</i> sp. 4	2,3	<i>Cyphomyrmex G-rimosus</i> sp4	2,0	<i>Pheidole</i> sp. 2	2,3
<i>Heteroponera panamensis</i>	2,3	<i>Oxyepoecus aff longicephalus</i>	1,9	<i>Oxyepoecus aff longicephalus</i>	2,0
<i>Nylanderia aff vividula</i>	2,1	<i>Acromyrmex aspersus</i>	1,8	<i>Solenopsis</i> sp. 1	2,0
<i>Typhlomyrmex pusillus</i>	2,1	<i>Solenopsis</i> sp. 1	1,8	<i>Octostruma rugifera</i>	1,9
<i>Strumigenys crassicornis</i>	1,9	<i>Oxyepoecus reticulatus</i>	1,7	<i>Heteroponera mayri</i>	1,8
<i>Solenopsis</i> sp. 7	1,7	<i>Solenopsis</i> sp. 5	1,7	<i>Solenopsis</i> sp. 7	1,7
<i>Gnamptogenys rastrata</i>	1,7	<i>Heteroponera mayri</i>	1,5	<i>Oxyepoecus rastratus</i>	1,6
<i>Megalomyrmex aff drifti</i>	1,7	<i>Gnamptogenys rastrata</i>	1,4	<i>Typhlomyrmex pusillus</i>	1,5
<i>Heteroponera mayri</i>	1,7	<i>Strumigenys crassicornis</i>	1,4	<i>Oxyepoecus</i> sp. 3	1,3
<i>Acromyrmex aspersus</i>	1,7	<i>Megalomyrmex aff drifti</i>	1,4	<i>Oxyepoecus reticulatus</i>	1,2
<i>Hypoconerops</i> sp1	1,5	<i>Fulakora agostii</i>	1,2	<i>Hypoconerops</i> sp. 1	1,1
<i>Oxyepoecus</i>	1,4	<i>Cyphomyrmex</i>	1,1	<i>Strumigenys</i>	1,1

CRS - VGU		CRS - VGR		VGU – VGR	
Espécie	Contrib. (%)	Espécie	Contrib. (%)	Espécie	Contrib. (%)
<i>reticulatus</i>		sp. 1 (gr. rimosus)		<i>crassicornis</i>	
<i>Cyphomyrmex</i> sp. 1 (gr. rimosus)	1,4	<i>Wasmannia affinis</i>	1,0	<i>Hylomyrma balzani</i>	1,0
<i>Oxyepoecus</i> aff <i>longicephalus</i>	1,1	<i>Megalomyrmex myops</i>	0,8	<i>Pheidole</i> sp. 10	1,0
<i>Oxyepoecus</i> sp. 3	1,0	<i>Neoponera bucki</i>	0,8	<i>Megalomyrmex</i> aff <i>drifti</i>	0,8
<i>Oxyepoecus rastratus</i>	1,0	<i>Neivamyrmex</i> sp. 1	0,8	<i>Gnamptogenys rastrata</i>	0,8
<i>Pheidole</i> sp. 5	1,0	<i>Oxyepoecus rastratus</i>	0,8	<i>Fulakora agostii</i>	0,8
<i>Solenopsis</i> sp. 1	0,9	<i>Hylomyrma reitteri</i>	0,8	<i>Pheidole</i> sp. 9	0,8
<i>Strumigenys appretiata</i>	0,9	<i>Solenopsis</i> sp. 7	0,8	<i>Hypoponera</i> sp. 5	0,8
<i>Megalomyrmex myops</i>	0,8	<i>Pheidole</i> sp. 1	0,8	<i>Hypoponera iheringi</i>	0,8
<i>Neoponera bucki</i>	0,8	<i>Linepithema</i> aff <i>gallardoii</i>	0,8	<i>Typhlomyrmex major</i>	0,8
<i>Neivamyrmex</i> sp. 1	0,8	<i>Strumigenys appretiata</i>	0,6	<i>Nylanderia</i> sp. 2	0,8
<i>Hylomyrma balzani</i>	0,7	<i>Lachnomyrmex plaumanni</i>	0,6	<i>Gnamptogenys continua</i>	0,5
<i>Lachnomyrmex plaumanni</i>	0,7	<i>Discothyrea neotropica</i>	0,6	<i>Strumigenys appretiata</i>	0,5
<i>Brachymyrmex modestus</i>	0,7	<i>Brachymyrmex modestus</i>	0,6	<i>Leptogenys</i> sp. 1	0,5
<i>Hypoconera</i> sp. 5	0,7	<i>Leptogenys</i> sp. 1	0,5	<i>Pheidole</i> sp. 12	0,5
<i>Pheidole</i> sp. 7	0,7	<i>Pheidole</i> sp. 10	0,5	<i>Pheidole</i> sp. 7	0,5
<i>Discothyrea neotropica</i>	0,5	<i>Solenopsis</i> sp. 6	0,5	<i>Cyphomyrmex</i> sp. 1 (gr. rimosus)	0,5
<i>Fulakora agostii</i>	0,5	<i>Hypoconera</i> sp. 10	0,5	<i>Heteroponera inermis</i>	0,5
<i>Gnamptogenys continua</i>	0,5	<i>Heteroponera inermis</i>	0,5	<i>Acromyrmex aspersus</i>	0,5
<i>Hypoconera iheringi</i>	0,5	<i>Hypoconera</i> sp. 5	0,5	<i>Nylanderia</i> sp. 1	0,5
<i>Typhlomyrmex major</i>	0,5	<i>Nylanderia</i> sp. 3	0,5	<i>Strumigenys saliens</i>	0,3
<i>Pheidole</i> sp. 12	0,5	<i>Brachymyrmex</i> sp. 1	0,3	<i>Neocerapachys splendens</i>	0,3
<i>Pheidole</i> sp. 9	0,5	<i>Myrmelachista</i> sp. 1	0,3	<i>Strumigenys cultrigera</i>	0,3
<i>Pheidole</i> sp. 10	0,5	<i>Hypoconera</i> sp. 9	0,3	<i>Strumigenys</i> sp. 1	0,3
<i>Heteroponera inermis</i>	0,5	<i>Hypoconera</i> sp6	0,3	<i>Strumigenys abditivata</i>	0,3
<i>Brachymyrmex</i> sp. 3	0,5	<i>Solenopsis geminata</i>	0,3	<i>Hypoconera</i> sp. 10	0,3
<i>Brachymyrmex</i> sp. 1	0,3	<i>Procryptocerus clathratus</i>	0,3	<i>Strumigenys lygatrix</i>	0,3
<i>Myrmelachista</i> sp1	0,3	<i>Basiceros disciger</i>	0,3	<i>Tapinoma melanocephalum</i>	0,3

CRS - VGU		CRS - VGR		VGR - VGU	
Espécie	Contrib. (%)	Espécie	Contrib. (%)	Espécie	Contrib. (%)
<i>Hypoponera sp10</i>	0,3	<i>Pheidole sp. 7</i>	0,3	<i>Lachnomyrmex plaumanni</i>	0,3
<i>Hypoponera sp9</i>	0,3	<i>Camponotus sp1</i>	0,3	<i>Acanthognathus ocellatus</i>	0,3
<i>Hypoponera sp6</i>	0,3	<i>Heteroponera dentinodis</i>	0,3	<i>Eurhopalothrix bruchi</i>	0,3
<i>Solenopsis geminata</i>	0,3	<i>Brachymyrmex sp. 3</i>	0,3	<i>Solenopsis sp. 2</i>	0,3
<i>Procryptocerus clathratus</i>	0,3	<i>Hylomyrma balzani</i>	0,3	<i>Pheidole sp. 11</i>	0,3
<i>Basiceros disciger</i>	0,3	<i>Strumigenys saliens</i>	0,3	<i>Pheidole sp. 8</i>	0,3
<i>Nylanderia sp3</i>	0,3	<i>Strumigenys cultrigera</i>	0,3	<i>Nylanderia sp. 3</i>	0,3
<i>Camponotus sp1</i>	0,3	<i>Oxyepoecus sp3</i>	0,3	<i>Pheidole sp. 6</i>	0,3
<i>Heteroponera dentinodis</i>	0,3	<i>Hypoponera iheringi</i>	0,3	<i>Mycethophylax aff olitor</i>	0,3
<i>Neocerapachys splendens</i>	0,2	<i>Acanthognathus ocellatus</i>	0,3	<i>Labidus praedator</i>	0,3
<i>Strumigenys Sp1</i>	0,2	<i>Eurhopalothrix bruchi</i>	0,3	<i>Cyphomyrmex sp. 3 (gr. rimosus)</i>	0,3
<i>Strumigenys abditivata</i>	0,2	<i>Typhlomyrmex major</i>	0,3	<i>Brachymyrmex sp. 3</i>	0,3
<i>Strumigenys lygatrix</i>	0,2	<i>Pheidole sp. 9</i>	0,3	<i>Brachymyrmex modestus</i>	0,3
<i>Tapinoma melanocephalum</i>	0,2	<i>Pheidole sp. 6</i>	0,3	<i>Gnamptogenys lucaris</i>	0,3
<i>Solenopsis sp. 2</i>	0,2	<i>Nylanderia sp1</i>	0,3	<i>Heteroponera panamensis</i>	0,3
<i>Pheidole sp. 11</i>	0,2	<i>Labidus praedator</i>	0,3		
<i>Pheidole sp. 8</i>	0,2	<i>Gnamptogenys lucaris</i>	0,3		
<i>Nylanderia sp1</i>	0,2				
<i>Mycethophylax aff olitor</i>	0,2				
<i>Cyphomyrmex G-rimosus sp3</i>	0,2				

FONTE: O autor (2018).

3.3 GUILDAS

No presente trabalho, as formigas coletadas foram agrupadas em 13 guildas seguindo a classificação proposta por Brandão et al. (2012), quem propõem 14 guildas para as formigas neotropicais (TABELA 6).

A única guilda não encontrada corresponde a 'Predação em massa e/ou nomadismo', o que pode ser entendido, no caso do nomadismo, pela relativamente frequente migração das colônias (WILSON, 1958).

Adicionalmente, considerando que a metodologia de amostragem empregada neste trabalho foi dirigida a formigas de serapilheira, o registro das espécies *Myrmelachista* sp. 1 e *Procryptocerus clathratus* Emery, 1896, inseridas nas guildas 'Formigas arbóreas dominantes associadas a recursos ricos em carboidratos ou Domécea' e 'Formigas arbóreas que se alimentam de pólen' respectivamente, corresponde provavelmente a uma coleta acidental.

Além das 14 guildas propostas por Brandão et al. (2012), sentimos a necessidade de adicionar uma guilda a mais dentro das 'Especialistas', marcada com asterisco, pois as duas propostas ('Predação em massa e/ou nomadismo' e 'Predadoras Dacetini') não aplicam para as espécies *Fulakora agostii* (Lacau & Delabie, 2002), *Discothyrea neotropica* Bruch, 1919 e algumas espécies dentro do gênero *Leptogenys*.

TABELA 6 – CLASSIFICAÇÃO DAS ESPÉCIES COLETADAS EM GUILDAS

Guilda	Especificações	Gênero/Espécie
1. Predadoras generalistas epigéicas	1.1. Tamanho grande	--
	1.2. Tamanho médio	<i>Gnamptogenys striatula</i> <i>Gnamptogenys continua</i> <i>Gnamptogenys lucaris</i> <i>Heteroponera panamensis</i> <i>Heteroponera inermis</i> <i>Heteroponera dentinodis</i> <i>Basiceros disciger</i> <i>Neoponera bucki</i> <i>Octostruma rugifera</i> <i>Octostruma stenognatha</i>
2. Predadoras generalistas hipogéicas	2.1. Tamanho médio	<i>Hypoponera iheringi</i> <i>Hypoponera</i> sp. 3 <i>Hypoponera</i> sp. 4 <i>Hylomyrma reitteri</i> <i>Hylomyrma blandiens</i>
	2.2. Tamanho pequeno	<i>Hypoponera</i> sp. 1 <i>Hypoponera</i> sp. 2 <i>Hypoponera trigona</i> <i>Hypoponera</i> aff. <i>opacior</i> <i>Hypoponera foeda saroltae</i> <i>Hypoponera</i> sp. 5 <i>Hypoponera</i> sp. 6 <i>Eurhopalothrix bruchi</i> <i>Heteroponera mayri</i>
3. Especialistas: Predação em massa e/ou nomadismo		--

Guilda	Especificações	Gênero/Espécie
4. Especialistas: Predadoras Dacetini	4.1. Espécies com mandíbulas de pressão estática	<i>Strumigenys abditivata</i> <i>Strumigenys appretiata</i> <i>Strumigenys lygatrix</i> <i>Strumigenys</i> sp. 1
	4.2. Espécies com mandíbulas cinéticas	<i>Acanthognathus ocellatus</i> <i>Strumigenys crassicornis</i> <i>Strumigenys cultrigera</i> <i>Strumigenys louisianae</i> <i>Strumigenys saliens</i>
(*) Especialistas: Outras		<i>Fulakora agostii</i> <i>Gnamptogenys rastrata</i> <i>Typhlomyrmex major</i> <i>Leptogenys</i> sp. 1 <i>Discothyrea neotropica</i>
5. Formigas predadoras arbóreas		<i>Heteroponera panamensis</i> <i>Heteroponera inermis</i>
6. Generalistas: Myrmicineas generalistas		<i>Lachnomyrmex plaumanni</i> <i>Megalomyrmex</i> aff. <i>drifti</i> <i>Megalomyrmex</i> (gr. <i>modestus</i>) sp. 1 <i>Megalomyrmex myops</i> <i>Oxyepoecus rastratus</i> <i>Oxyepoecus longicephalus</i> <i>Oxyepoecus reticulatus</i> <i>Oxyepoecus</i> sp. 1 <i>Pheidole</i> sp. 3 <i>Pheidole</i> sp. 7 <i>Pheidole</i> sp. 8 <i>Solenopsis geminata</i> <i>Wasmannia affinis</i>
7. Generalistas: Formicineas, Dolichoderineas e algumas Myrmicineas generalistas.		<i>Tapinoma melanocephalum</i> <i>Linepithema</i> aff. <i>gallardoi</i> <i>Brachymyrmex</i> sp. 1 <i>Brachymyrmex modestus</i> <i>Brachymyrmex</i> sp. 2 <i>Camponotus</i> sp. 1 <i>Nylanderia vividula</i> <i>Nylanderia</i> sp. 1 <i>Nylanderia</i> sp. 2 <i>Nylanderia</i> sp. 3 <i>Pheidole</i> sp. 1 <i>Pheidole</i> sp. 2 <i>Pheidole</i> sp. 4 <i>Pheidole</i> sp. 5 <i>Pheidole</i> sp. 6 <i>Pheidole</i> sp. 9 <i>Pheidole</i> sp. 10 <i>Pheidole</i> sp. 11 <i>Pheidole</i> sp. 12
8. Generalistas: Forrageiras generalistas hipogéicas de tamanho pequeno		<i>Solenopsis</i> sp. 1 <i>Solenopsis</i> sp. 2 <i>Solenopsis</i> sp. 3 <i>Solenopsis</i> sp. 4 <i>Solenopsis</i> sp. 5 <i>Solenopsis</i> sp. 6

Guilda	Especificações	Gênero/Espécie
9. Cultivadoras de fungos: Cortadoras de folhas		<i>Acromyrmex aspersus</i>
10. Cultivadoras de fungos: Que aninham em serapilheira		<i>Cyphomyrmex</i> (gr. rimosus) sp. 1 <i>Cyphomyrmex</i> (gr. rimosus) sp. 2 <i>Cyphomyrmex</i> (gr. rimosus) sp. 3 <i>Mycetophylax</i> aff. <i>olitor</i>
11. Formigas legionárias		<i>Labidus praedator</i> <i>Neivamyrmex</i> sp. 1
12. Formigas arbóreas dominantes associadas a recursos ricos em carboidratos ou Domécea		<i>Myrmelachista</i> sp. 1
13. Formigas arbóreas que se alimentam de pólen		<i>Procryptocerus clathratus</i>
14. Formigas subterrâneas		<i>Neocerapachys splendens</i> <i>Typhlomyrmex pusillus</i>

FONTE: O autor (2018)

NOTA: Seguindo a proposta de Brandão et al. (2012).

O agrupamento marcado com asterisco foi adicionado neste trabalho.

A localidade CRS foi a única que apresentou as 12 guildas encontradas no total do estudo (desconsiderando as guildas das formigas arbóreas e considerando a guilda adicionada aqui) (TABELA 7, FIGURA 10).

As predadoras generalistas foi o grupo dominantes nesta localidade, com 39.7% de abundância. O seguinte grupo mais abundante corresponde à das generalistas, com 36.7% de ocorrência, e as guildas restantes apresentaram registros de menos de 11%.

TABELA 7 – FREQUÊNCIAS DAS GUILDAS PRESENTES EM CADA LOCALIDADE

Guilda	Localidade		
	CRS	VGU	VGR
1. Predadoras generalistas epigéicas	53 (0,177)	28 (0,094)	12 (0,069)
2. Predadoras generalistas hipogéicas	66 (0,22)	56 (0,188)	37 (0,214)
3. Especialistas: Predação em massa e/ou nomadismo	0	0	0
4. Especialistas: Predadoras Dacetini	22 (0,073)	18 (0,06)	5 (0,029)
(*) Especialistas: Outras	9 (0,03)	5 (0,017)	6 (0,035)
5. Formigas predadoras arbóreas	10 (0,033)	1 (0,003)	2 (0,012)
6. Generalistas: Myrmicineas generalistas	39 (0,13)	47 (0,158)	48 (0,277)
7. Generalistas: Formicineas, Dolichoderineas e algumas Myrmicineas generalistas	48 (0,16)	76 (0,255)	35 (0,202)
8. Generalistas: Forrageiras generalistas hipogéicas de tamanho pequeno	23 (0,077)	48 (0,161)	21 (0,121)

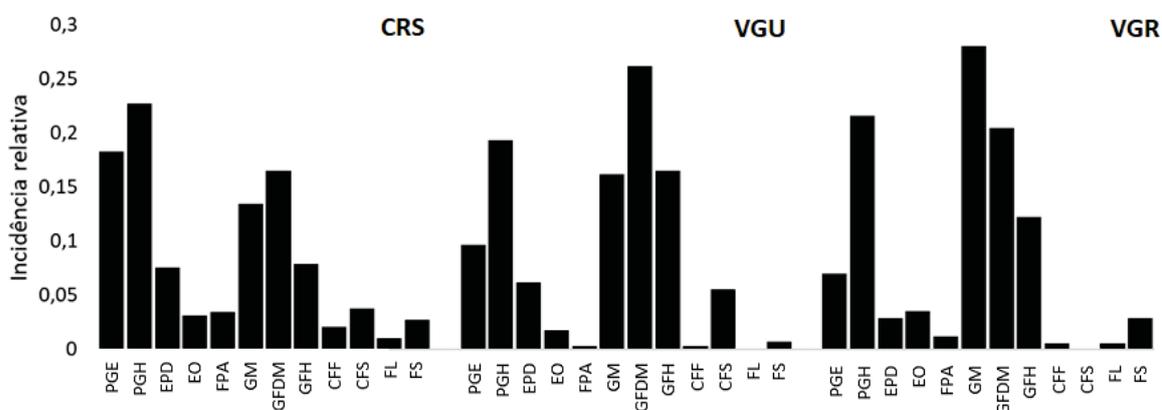
Guilda	Localidade		
	CRS	VGU	VGR
9. Cultivadoras de fungos: Cortadoras de folhas	6 (0,02)	1 (0,003)	1 (0,006)
10. Cultivadoras de fungos: Que aninham em serapilheira	11 (0,037)	16 (0,054)	0
11. Formigas legionárias	3 (0,01)	0	1 (0,006)
12. Formigas arbóreas dominantes associadas a recursos ricos em carboidratos ou Domécea	1 (0,003)	0	0
13. Formigas arbóreas que se alimentam de pólen	1 (0,003)	0	0
14. Formigas subterrâneas	8 (0,027)	2 (0,007)	5 (0,029)

FONTE. O autor (2018).

NOTA: Frequências representadas pela somatória das incidências de cada espécie inserida em cada guilda. Entre parênteses a incidência relativa.

A localidade VGU apresentou 11 das 12 guildas encontradas neste trabalho (TABELA 7, FIGURA 10). O grupo dominante aqui, ao contrário do encontrado na localidade CRS, foi das formigas generalistas, com um 57.4% de ocorrência, seguido pelas predadoras generalistas com um 28% de ocorrência. As guildas restantes tiveram uma ocorrência de menos de 10%.

FIGURA 10 – INCIDÊNCIA RELATIVA DE CADA GUILDA EM CADA LOCALIDADE



FONTE: O autor (2018).

LEGENDA: CFF (Cultivadoras de fungos: Cortadoras de folhas); CFS (Cultivadoras de fungos: Que aninham na serapilheira); EO (Especialistas: Outras); EPD (Especialistas: Predadoras Dacitini); FL (Formigas legionárias); FPA (Formigas predadoras arbóreas); FS (Formigas subterrâneas); GFDM (Generalistas: Formicineas, Dolichoderineas e algumas Myrmicineas generalistas); GFH (Generalistas: Forrageiras hipogéicas de tamanho pequeno); GM (Generalistas: Myrmicineas generalistas); PGE (Predadoras generalistas epigeicas); PGH (Predadoras generalistas hipogéicas).

Por último, na localidade VGR apresentou 11 das 12 guildas encontradas, e como na localidade VGU, o grupo das generalistas foi o dominante, com 60% de ocorrência, seguida pelo grupo das predadoras generalistas com o 28.3%. As guildas restantes tiveram também menos de 10% (TABELA 7, FIGURA 10).

4 DISCUSSÃO

4.1 DIVERSIDADE

O presente levantamento registrou um total de 87 espécies, número inferior ao registrado em estudos prévios de formigas de serapilheira realizados na Serra do Mar do estado do Paraná, que incluem aqueles por Silva e Brandão (2014), quem encontraram um total de 115 espécies no Parque Estadual das Lauráceas e no Parque Estadual do Pau-Oco, e por Calixto (2016) quem registrou um total de 116 espécies na RPPN Reserva Natural Rio Cachoeira e em Mananciais da Serra. No entanto, o fato de o esforço amostral empregado aqui ter sido menor que nos estudos citados acima, e de a curva de acumulação de espécies ainda estar em crescimento, fornecem uma imagem da diversidade presente nestes locais. Assim, uma maior riqueza de espécies poderia ser esperada, especialmente considerando que nossa pesquisa correspondeu a 70,9% (Chao2) ou 77,2% (Jack1) das espécies presentes nas três localidades.

A riqueza encontrada neste trabalho para Myrmicinae era esperada uma vez que corresponde à maior subfamília de Formicidae, abrangendo quase a metade das formigas do mundo com 140 gêneros e 6500 espécies (BACCARO et al., 2015; BOUDINOT, 2015).

No caso de Ponerinae, nosso resultado não concordaria com as estatísticas em termos de número global de espécies, já que a subfamília Formicinae é quem ocupa o segundo lugar, sendo Ponerinae a terceira mais numerosa, com 47 gêneros e mais de 1200 espécies (BOLTON, 1995, 2018) e representando o 15% de todas as formigas neotropicais (LATTKE, 2003). No entanto, seu segundo lugar neste trabalho concorda com outros levantamentos

na Mata Atlântica, (e.g. SILVA; SILVESTRE 2000, 2004; PACHECO et al., 2009; SUGUITURU et al., 2013), onde foi registrada como a segunda mais rica e, da mesma forma, Formicinae, que conta com 51 gêneros e mais de 3000 espécies descritas (BOUDINOT, 2015; WARD et al., 2016), ocupou a terceira posição.

Em relação aos gêneros, com a exceção do encontrado para *Nylanderia*, nossos resultados concordam com outros levantamos de formigas com o método do extrator de mini-Winkler em florestas tropicais (e.g. SILVA; SILVESTRE, 2000; SANTOS M. S. et al., 2006; PACHECO et al., 2009; SUGUITURU et al., 2013; SILVA; BRANDÃO 2014; CANTARELLI et al., 2015). Além disso, o encontrado é consequente para *Pheidole* pela hiperdiversidade e distribuição do grupo, sendo um dos maiores gêneros de formigas contando com mais de 1000 espécies descritas distribuídas no mundo todo (LONGINO, 2009; WILSON, 2003); para *Hypoponera* considerando que é um dos gêneros mais coletados em estudos quantitativos de comunidades de formigas de serapilheira e de solo, especialmente nos trópicos (SCHMIDT; SHATTUCK, 2014); e para *Solenopsis* porque fazem parte das formigas mais comuns em quase todos os habitats terrestres, incluindo as florestas tropicais, especialmente em áreas com serapilheira densa (PACHECO et al., 2013). No caso de *Nylanderia*, apesar de não estar entre as formigas com mais registros nos estudos mencionados acima, Ward (2000) encontrou que o gênero foi o quinto mais frequente em amostras de serapilheira ao redor do mundo.

Por último, para explicar as diferenças de riqueza de espécies entre as diferentes áreas amostradas nos trópicos, Longino e Codwell (2011) sugerem que o melhor preditor estatístico para avaliar essas diferenças é a temperatura, deixando de lado a umidade relativa, nutrientes e a área regional específica, que é reforçado por Gibb et al. (2015), que afirmam que o clima afeta a riqueza de espécies de formigas de acordo com seu tamanho corporal, embora Kaspari et al. (2004) contradizem isso, pois sua investigação revelou que a temperatura não afeta a diversidade de comunidades de formigas na América do Sul. Finalmente, Janzen (1976) acredita que a predominância de alguns insetos em altitudes mais elevadas tem a ver com a maior produtividade líquida de plantas

em altitudes intermediárias nos trópicos, o que é uma consequência do fato de que as plantas consomem menos de seus fotossintatos diários na respiração noturna, isto devido a que as temperaturas noturnas são mais frias que nas zonas mais baixas. No entanto, considerando que nas localidades amostradas a altitude, temperatura, precipitação e cobertura vegetal são virtualmente as mesmas, e que provavelmente a localização latitudinal também não é o suficientemente diferente para gerar diferenças consideráveis entre elas, as três localidades apresentaram uma riqueza similar (56, 59 y 48 espécies), com assembleias com uma composição taxonômica semelhante, muito heterogêneas e sem diferenças significativas entre si, onde não ocorre a formação de grupos distintos para cada localidade.

4.2 GUILDAS

Classificamos as espécies *Fulakora agostii* (Lacau & Delabie, 2002), *Discothyrea neotropical* Bruch, 1919 e algumas dentro do gênero *Leptogenys* na guilda adicionada aqui por nós, inserida dentro das “Especialistas”, devido a sua morfologia especializada e baseados na escassa informação disponível sobre a biologia delas. O gênero *Fulakora* está composto por formigas especializadas na caça de centopeias, que apresentam “mandíbulas longas e lineares, separadas do clipeo quando fechadas e cruzando-se no ápice, com mais de três dentes proeminentes na margem mastigatória” (BACCARO et al., 2015, como *Stigmatomma*); o gênero *Discothyrea* é predador de ovos de artrópodes, principalmente aranhas (BROWN, 1954; BACCARO et al., 2015); e a maioria das espécies de *Leptogenys* são predadoras especializadas de isopodes (LATTKE, 2011).

Adicionalmente, no caso de *Typhlomyrmex pusillus* Emery, 1894, embora algumas espécies do gênero correspondem à guilda de ‘Especialistas’ (BRANDÃO et al., 2012), esta espécie apresenta um ciclo biológico completamente subterrâneo, onde só as castas reprodutivas saem periodicamente para o acasalamento (LACAU et al., 2004), pelo qual foi classificada dentro da guilda ‘Subterrâneas’.

O gênero *Neocerapachys* foi recentemente separado, junto com outros gêneros novos, de *Cerapachys* (BOROWIEC, 2016), de maneira que na classificação utilizada por Brandão et al. (2012), *Neocerapachys splendens* Borgmeier, 1957, a espécie registrada neste trabalho, estaria inclusa dentro da guilda 'Especialistas'. No entanto, a biologia deste gênero é totalmente desconhecida, e embora muitas das espécies de *Cerapachys*, dentro da classificação antiga, alimentam-se de outras formigas ou cupins (BOROWIEC, 2016), consideramos *N. splendens* dentro da guilda 'Subterrâneas' seguindo Martins (2017), quem registrou esta espécie exclusivamente pelo método TSBF de extração de monólitos.

A guilda 'Predadoras generalistas hipogéicas' de tamanho pequeno está formada exclusivamente por espécies do gênero *Hypoponera* (BRANDÃO et al., 2012), no entanto, incluímos aí as espécies *Eurhopalothrix bruchi* (Santschi, 1922) e *Heteroponera mayri* Kempf, 1962. *E. bruchi* porque se acredita que o gênero *Eurhopalothrix* é depredador na serapilheira tropical (LONGINO, 2013a), e *H. mayri*, por ser frequentemente coletada em amostras de serapilheira e construir seus ninhos entre folhas caídas no solo, em pequenos galhos ocos ou troncos em decomposição (FEITOSA, 2011).

As formigas do gênero *Octostruma*, que habitam as camadas superiores do solo e a cobertura do solo, a julgar pela estrutura morfológica das operárias e fêmeas, poderia acreditar-se que são predadoras de pequenos artrópodes (Brown; Kempf, 1960 em LONGINO, 2013b). Nesse sentido, este gênero pertence à guilda das 'Predadoras generalistas epigéicas', no entanto, a subdivisão proposta por Brandão et al. (2012) inclui unicamente os tamanhos grande, de más de 1 cm, e mediano, de 0,5 a 1 cm, e as duas espécies de *Octostruma* registradas neste trabalho são menores do que isso, pelo qual acreditamos que deveria ser adicionada mais uma categoria para incluir as formigas predadoras generalistas epigéica de tamanho pequeno. Para fins práticos, neste trabalho incluímos estas espécies dentro da categoria de tamanho médio.

E finalmente, classificamos a espécie *Heteroponera panamensis* (Forel, 1899) e *H. inermis* (Emery, 1894) em duas guildas, 'Predadoras generalistas

epigéicas' e 'Predadoras arbóreas', considerando ocorre desde os estratos mais altos da vegetação até o nível do solo, e sua presença em amostras de serapilheira indica que a espécie explora amplamente o hábitat (FEITOSA, 2011).

No caso da localidade CRS, as predadoras generalistas foi o grupo dominante, com 39.7% de abundância. Sendo formigas que precisam de uma variedade de artrópodes para se alimentar (BRANDÃO et al., 2012), podem ser correlacionadas com a presença de outros invertebrados como larvas de coleópteros, cupins e outras formigas (SILVESTRE; SILVA, 2001). O seguinte grupo abundante corresponde à das generalistas, com 36.7% de ocorrência. As formigas inseridas aqui apresentam uma dieta alimentar extremamente ampla (BRANDÃO et al., 2012) e podem ser espécies muito competitivas, dominando a fonte alimentar, ou subordinadas, pouco competitivas e oportunistas (ANDERSEN 2000, SILVESTRE; SILVA, 2001). No caso do grupo das Myrmicinae, em parte, está constituído por gêneros que apresentam uma alta riqueza de espécies, como *Pheidole* e *Solenopsis*, e tende a ser um grupo predominante já que possuem uma ampla tolerância às condições físicas do ambiente e ao estresse, o que permite que elas sejam dominantes em ambientes com graus de perturbação variáveis (SILVESTRE; SILVA, 2001; ANDERSEN, 2000).

A dominância do grupo das predadoras generalistas pode ser atribuída ao tipo de solo presente na região, o qual é uma associação de gleissolo melânico com organossolo (EMBRAPA, 2007). Este tipo de solo apresenta um conteúdo de matéria orgânica relativamente alto (ALMEIDA et al., 2018), resultante da acumulação de restos vegetais, em graus variáveis de decomposição, em condições de drenagem restrita ou em ambientes úmidos de altitudes elevadas, saturados com água por apenas poucos dias durante o período chuvoso (EMBRAPA, 1999). A serapilheira é onde a matéria orgânica é mineralizada e onde uma rica fauna e microflora específicas estão ativas (DELABIE; FOWLER, 1995); no caso das regiões tropicais, os principais artrópodes da serapilheira são os hexápodes, os aracnídeos, Amphipoda, isópodes e miriápodes (LAVELLE; KOHLMANN, 1984; LEVINGS; WINDSOR,

1984), o que favorece a presença da guilda pois a abundância de presas potenciais sustenta uma abundância de predadores generalistas e especializados (DELABIE; FOWLER, 1995).

O solo da localidade VGU é a uma associação de afloramento de rochas com neossolo litólico hístico típico (EMBRAPA, 2007). Este solo corresponde a solos rasos, onde geralmente a soma dos horizontes sobre a rocha não ultrapassa os 50 cm, sendo solos pouco profundos e associados normalmente a relevos mais declivosos, com uma camada superficial totalmente orgânica (ALMEIDA et al., 2018), constituída por tecido vegetal na forma de ramos finos, raízes finas, cascas de árvores, folhas, parcialmente decompostos (SANTOS, H. D. et al., 2006). A espessura da serapilheira desta localidade era muito menor aos 20 cm (observação em campo) o que também pode ter afetado a abundância e riqueza dos invertebrados que habitam este estrato, pois eles precisam de profundidade na camada de serapilheira (Vasconcelos, 1997 em VASCONCELOS et al., 2003); isto, conseqüentemente, pode ter diminuído a disponibilidade do recurso alimentar especialmente para as formigas caçadoras, pelo qual nesta localidade a predominância da guilda generalistas foi maior, já que elas não se alimentam exclusivamente de outros artrópodes, apresentando um espectro alimentar muito amplo que as ajuda a viver de outros recursos fornecidos pela floresta (BRANDÃO et al., 2012).

Por último, na localidade VGR, como na VGU, apesar do bom estado de conservação do local, este apresentava algumas clareiras na floresta, o qual pode ter favorecido a dominância das formigas generalistas (ANDERSEN, 2000). Além disso, o tipo de solo é um solo cambissolo háplico Tb distrófico típico de textura argilosa A proeminente álico (EMBRAPA, 2007), os quais são solos minerais não hidromorficos, rasos ou medianamente profundos, moderadamente a bem drenados que não possuem acumulações significativas de óxidos de ferro, matéria orgânica e argilas (SANTOS H. D. et al., 2006). O cambissolo apresentado nesta localidade é um solo raso com uma camada de matéria orgânica muito superficial, já que das três localidades amostradas foi na que obtivemos menor quantidade de serapilheira e menor quantidade de espécies e menor abundancia de formigas, considerando que a serapilheira e

um recurso importante para as formigas que vivem no solo, sendo que maioria delas dependem dela para nidificar e para se alimentar (Höfer et al., 1996 em VASCONCELOS et al., 2003). Quando a diversidade do substrato de nidificação é baixa, em consequência, o número de espécies coexistentes é menor (FOWLER et al., 1991), pois a disponibilidade de ninhos é o principal limitante das populações de formigas (BRIAN, 1956).

Por último, destaca-se que, em termos da funcionalidade, VGU e VGR são mais semelhantes ao apresentar a mesmas guildas dominantes, e uma distribuição das abundancias relativas das guildas também similar (FIGURA 10), diferenciando-se de CRS. Este resultado é particularmente interessante pois evidencia a importância da avaliação da diversidade taxonômica assim como da diversidade funcional, que tem sido proposta como a chave para entender a relação entre a diversidade, estrutura das comunidades e o funcionamento dos ecossistemas, com base na função que os organismos desempenham é independentemente da sua história evolutiva (TILMAN et al., 1997; NAEEM; WRIGHT, 2003, PETCHY; GASTON, 2006).

5 CONCLUSÕES

Os resultados do presente projeto contribuem para o estudo da mirmecofauna na Serra do Mar paranaense, ampliando a coleção de referência e registrando cinco espécies para o estado do Paraná.

A análise estatística mostrou que cada localidade apresenta assembléias muito heterogêneas de formigas, mas, considerando que as condições ambientais em cada localidade eram praticamente as mesmas, não encontramos diferenças em termos de diversidade e estrutura entre as localidades.

Ao classificar as formigas em guilda, conseguimos associar o tipo de solo presente em cada localidade com a ocorrência relativa de cada guilda. No entanto, estudos são necessários para avaliar adequadamente essa relação.

REFERÊNCIAS

- AGOSTI, D.; MAJER, J. D.; ALONSO, L. E.; SCHULTZ, T. R. (Eds.) **Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Washington D.C., USA: Smithsonian Institution Press, 2000.
- ALBUQUERQUE, N. L. D.; BRANDÃO, C. R. F. (2009) A revision of the Neotropical Solenopsidini ant genus *Oxyepoecus* Santschi, 1926 (Hymenoptera: Formicidae: Myrmicinae): 2. Final. Key for species and revision of the *Rastratus* species-group. **Papéis Avulsos de Zoologia (São Paulo)**, v. 49, n. 23, p. 289-309, 2009.
- ALMEIDA, E. P. C.; ZARONI, M. J.; SANTOS, H. G. **Agencia Embrapa de Informação Tecnológica (AGEITEC)**. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000gn230xhn02wx5ok0liq1mquiihi4.html Acesso em: 5 feb. 2018.
- ALONSO, L. E.; AGOSTI, D. Biodiversity studies, monitoring, and ants: an overview. Em: AGOSTI, D.; MAJER, J.D.; ALONSO, L.E.; SCHULTZ, T.R. (Eds.) **Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Washington D.C., USA: Smithsonian Institution Press, 2000, p. 1-8.
- ANDERSEN, A. N. A global ecology of rainforest ants: functional groups in relation to environmental stress and disturbance. Em: AGOSTI, D.; MAJER, J.D.; ALONSO, L.E.; SCHULTZ, T.R. (Eds.) **Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Washington D.C., USA: Smithsonian Institution Press, 2000, p. 25-34.
- ARIAS-PENNA, T. M. Subfamilia Amblyoponinae. Em: Lozano-Zambrano, F.; Fernández, F.; Jiménez, E.; Arias, T. (Eds). **Sistemática, biogeografía y conservación de las hormigas cazadoras de Colombia**. Bogotá, Colombia: Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2007, p. 41-52.
- BACCARO, F. B.; FEITOSA, R. M.; FERNANDEZ, F.; FERNANDES, I. O.; IZZO, T. J.; SOUZA, J. D.; SOLAR, R. **Guia para os gêneros de formigas do Brasil**. Manaus, Brasil: Editora INPA, 2015.
- BESUCHET, C.; BURCKHARDT, D. H.; LÖBL, I. The "Winkler/Moczarski" eclector as an efficient extractor for fungus and litter Coleoptera. **The Coleopterists' Bulletin**, p. 392-394, 1987.
- BOLTON, B. A taxonomic and zoogeographical census of the extant ant taxa (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Natural History**, v. 29, n. 4, 1037-1056, 1995.
- BOLTON, B. **An online catalog of the ants of the world**. Disponível em: <http://antcat.org> Acesso: 19 fev. 2018.

- BOROWIEC, M. L. Generic revision of the ant subfamily Dorylinae (Hymenoptera, Formicidae). **ZooKeys**, v. 608, p. 1-280, 2016.
- BOUDINOT, B. E. Contributions to the knowledge of Formicidae (Hymenoptera, Aculeata): a new diagnosis of the family, the first global male-based key to subfamilies, and a treatment of early branching lineages. **European Journal of Taxonomy**, v. 120, p.1-62, 2015.
- BRANDÃO, C. R. F. Systematic revision of the Neotropical ant genus *Megalomyrmex* Forel (Hymenoptera: Formicidae: Myrmicinae), with the description of thirteen new species. **Arquivos de Zoologia (São Paulo)**, v. 31, n. 5, p. 1-91, 1990.
- BRANDÃO, C. R. F.; SILVA, R. R.; DELABIE, J.H. Neotropical ants (Hymenoptera) functional groups: nutritional and applied implications. Em: Panizzi, A.R.; Parra, J.R. (Eds.) **Insect bioecology and nutrition for integrated pest management**. Boca Raton, USA: CRC press, 2012, pp. 213-236.
- BRIAN, M. V. The natural density of *Myrmica Rubra* and associated ants in West Scotland. **Insectes sociaux**, v. 3, n. 4, p. 473-487, 1956.
- BROWN W. L. Predation of arthropod eggs by the ant genera *Proceratium* and *Discothyrea*. **Psyche**, v. 64, n. 3, p. 115, 1954.
- BROWN, W. L. Jr. Contributions toward a reclassification of the Formicidae. V. Ponerinae, tribes *Platythyreini*, *Cerapachyini*, *Cylindromyrmecini*, *Acanthostichini*, and *Aenictogitini*. **Search Agriculture Entomology**, v. 5, n. 1, p. 1-115, 1975.
- BROWN, W. L. Jr., KEMPF, W. W. A world revision of the ant tribe *Basicerotini*. **Studia Entomologica**, v. 3, p. 161-250, 1960.
- CALIXTO, J. M. **Lista preliminar das espécies de formigas (Hymenoptera: Formicidae) do estado do Paraná, Brasil**. Monografia (Bacharel em Ciências Biológicas) – Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil, 2013.
- CALIXTO, J. M. **Avaliação dos padrões de atividades de formigas de serrapilheira (Hymenoptera: Formicidae) nos períodos diurno e noturno**. Dissertação (Mestre em Ciências Biológicas – Entomologia) – Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil, 2016.
- 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.

CLIMATE-DATA. **Clima: Paraná.** Disponível em <https://pt.climate-data.org/region/197/> Acesso em: 26 nov. 2017.

CUEZZO, F. D. C.; CALCATERRA, L.; CHIFFLET, L.; FOLLET, P. *Wasmannia* Forel (Hymenoptera: Formicidae: Myrmicinae) in Argentina: Systematics and Distribution. **Sociobiology**, v. 62, n. 2, p. 246-265, 2015.

DELABIE, J. H.; FOWLER, H. G. Soil and litter cryptic ant assemblages of Bahian cocoa plantations. **Pedobiologia**, v. 39, n. 5, p. 423-433, 1995.

ELLENBERG, D.; MUELLER-DOMBOIS, D. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York, USA: Wiley, 1974.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro, Brasil: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1999.

EMBRAPA. **Documentos 96. Mapa de solos do estado do Paraná**. Rio de Janeiro, Brasil: Embrapa Solos, 2007.

ESPADALER, X.; NOGUERA, F. E. *Tapinoma melanocephalum* (Fabricius, 1793), a new exotic ant in Spain (Hymenoptera, Formicidae). **Orsis: organismes i sistemes**, n. 17, p. 101-104, 2002.

FEITOSA, R. D. S. M. **Revisão taxonômica e análise filogenética de Heteroponerinae (Hymenoptera, Formicidae)**. Tese (Doutor em Ciências – Entomologia) – Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, Brasil, 2011.

FEITOSA, R. M.; BRANDÃO, C. R. F.; DIETZ, B. H. *Basiceros scambognathus* (Brown, 1949) n. comb., with the first worker and male descriptions, and a revised generic diagnosis (Hymenoptera: Formicidae: Myrmicinae). **Papeis Avulsos de Zoologia (Sao Paulo)**, v. 47, n. 2, p. 31-42, 2007.

FEITOSA, R. M., BRANDÃO, C. R. F. A taxonomic revision of the Neotropical myrmicine ant genus *Lachnomyrmex* Wheeler (Hymenoptera: Formicidae). **Zootaxa**, v. 1890, p. 1-49, 2008.

FERNÁNDEZ, F.; CASTRO-HUERTAS, V.; SERNA, F. **Hormigas cortadoras de hojas de Colombia: Acromyrmex & Atta (Hymenoptera: Formicidae)**. Bogotá, Colombia: Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, 2015.

FIGUEIREDO, C. J. D.; SILVA, R. R. D.; MUNHAE, C. B. D.; MORINI, M. S. C. D. Fauna de formigas (Hymenoptera: Formicidae) atraídas a armadilhas subterrâneas em áreas de Mata Atlântica. **Biota Neotropica**, v. 13, n. 1, 2013.

FISHER, B.L. Ant Diversity Patterns Along an Elevational Gradient in the Réserve Naturelle Intégrale d'Andringitra, Madagascar. **Fieldiana Zoology**, v. 85, p. 93-108, 1996.

FOWLER, H. G.; FORTI, L. C.; BRANDÃO, C. R. F.; DELABIE, J. H. C.; VASCONCELOS, H. L. Ecologia nutricional de formigas. Em: PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. (Eds.) **Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas**. São Paulo, Brasil: Manole/CNPq, 1991.

GALINDO-LEAL, C.; CÂMARA, I. G. (Eds.) **Mata Atlântica: biodiversidade, ameaças e perspectivas**. Belo Horizonte/São Paulo, Brasil: Fundação SOS Mata Atlântica/Conservação Internacional, 2005.

GALVIS, J. P.; FERNÁNDEZ, F. Ants of Colombia X. *Acanthognathus* with the description of a new species (Hymenoptera: Formicidae). **Revista Colombiana de Entomología**, v. 35, n. 2, p. 245-249, 2009.

GIBB, H.; SANDERS, N. J.; DUNN, R. R.; WATSON, S.; PHOTAKIS, M.; ABRIL, S.; ANDERSEN, A. N.; ÂNGULO, E.; ARMBRECHT, I.; ARNAN, X.; BACCARO, F. B.; BISHOP, T. R.; BOULAY, R.; CASTRACANI, C.; DEL TORO, I.; DELSINNE, T.; DIAZ, M.; DONOSO, D. A.; ENRÍQUEZ, M. L.; FAYLE, T. M.; FEENER, D. H. JR; FITZPATRICK, M. C.; GÓMEZ, C.; GRASSO, D. A.; GROG, S.; HETERICK, B.; HOFFMANN, B. D.; LACH, L.; LATTKE, J.; LEPONCE, M.; LESSARD, J. P.; LONGINO, J.; LUCKY, A.; MAJER, J.; MENKE, S. B.; MEZGER, D.; MORI, A.; MUNYAI, T. C.; PAKNIA, O.; PEARCE-DUVET, J.; PFEIFFER, M.; PHILPOTT, S. M.; DE SOUZA, J. L.; TISTA, M.; VASCONCELOS, H.L.; VONSHAK, M.; PARR, C. L. Climate mediates the effects of disturbance on ant assemblage structure. **Proceedings of the Royal Society B**, v. 282, p. 1-8, 2015.

GONÇALVES, R. B.; BRANDÃO, C. R. F. Diversity of bees (Hymenoptera, Apidae) along a latitudinal gradient in the Atlantic Forest. **Biota Neotropica**, v. 8, n. 4, p. 51-61, 2008.

GUÉNARD, B.; LUCKY, A. Shuffling leaf litter samples produces more accurate and precise snapshots of terrestrial arthropod community composition. **Environmental entomology**, v. 40, n. 6, p. 1523-1529, 2011.

HAMMER, Ø., HARPER, D.A.T., RYAN, P.D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. **Palaeontologia Electronica**, v. 4, n. 1, p. 9. 2001. Disponível em: <http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm>

HAMMER, Ø., HARPER, D.A.T., RYAN, P.D. PAST: Paleontological STatistics, ver. 1.89. **Palaeontologia Electronica**, 2009. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Paul_Ryan11/publication/228393561_PAST-Palaeontological_statistics_ver_189/links/02bfe5135d45cd6b3b000000.pdf>

JANZEN, D. H. Sweep samples of tropical deciduous forest foliage-inhabiting insects: seasonal changes and inter-field differences in adult bugs and beetles. **Revista de Biología Tropical**, v. 24, n. 1, p. 149-161, 1976.

JIMÉNEZ-VALVERDE, A.; HORTAL, J. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología*, v. 8, p. 151-161, 2003.

KASPARI, M., WARD, P. S., & YUAN, M. Energy gradients and the geographic distribution of local ant diversity. **Oecologia**, v. 140, n. 3, p. 407-413, 2004.

KEMPF, W. W. A taxonomic study on the ant tribe Cephalotini (Hymenoptera:Formicidae). **Revista de Entomología**, v. 22, p. 1-244, 1951.

LACAU, S.; VILLEMANT, C.; DELABIE, J. H. *Typhlomyrmex meire*, a remarkable new species endemic to Southern Bahia, Brazil (Formicidae: Ectatomminae). **Zootaxa**, v. 678, n. 1, p. 1-23, 2004.

LATTKE J. E. Subfamilia Ponerinae. Em: Fernández F. (Ed.). **Introducción a las hormigas de la región Neotropical**. Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2003, p. 271-276.

LATTKE, J. E. Revision of the new world species of the genus *Leptogenys* Roger (Insecta: Hymenoptera: Formicidae: Ponerinae). **Arthropod Systematics and Phylogeny**, v. 69, n. 3, p. 127-264, 2011.

LATTKE, J. E.; FERNÁNDEZ, F.; PALACIO, E. E. Identification of the species of *Gnamptogenys* Roger in the Americas. **Memoirs of the American Entomological Institute**, v. 80, p. 254-270, 2007.

LAVELLE, P.; KOHLMANN, B. Etude quantitative de la macrofaune du sol dans une forêt tropicale humide du Mexique (Bonampak, Chiapas). **Pedobiologia**, v. 27, p. 377-393, 1984.

LEVINGS, S. C.; WINDSOR, D. M. Litter moisture content as a determinant of litter arthropod distribution and abundance during the dry season on Barro Colorado Island, Panama, **Biotropica**, v. 16, p. 125-131, 1984.

LONGINO, J. T.; COLWELL, R. K. Density compensation, species composition, and richness of ants on a neotropical elevational gradient. **Ecosphere**, v. 2, n. 3, p. 1-20, 2011.

LONGINO, J. T. Additions to the taxonomy of new world *Pheidole* (Hymenoptera: Formicidae). **Zootaxa**, v. 2181, p. 1-90, 2009.

LONGINO, J. T. What to do with the data. Em: Agosti, D.; Majer, J.D.; Alonso, L.E.; Schultz, T.R. (Eds.) **Ants: standard methods for measuring and**

monitoring biodiversity. Washington D.C., USA: Smithsonian Institution Press, Washington, 2000.

LONGINO, J. T. A review of the Central American and Caribbean species of the ant genus *Eurhopalothrix* Brown and Kempf, 1961 (Hymenoptera, Formicidae), with a key to New World species. **Zootaxa**, v. 3693, n. 2, p. 101-151, 2013a.

LONGINO, J. T. A revision of the ant genus *Octostruma* Forel, 1912 (Hymenoptera, Formicidae). **Zootaxa**, v. 3699, p. 1-61, 2013b.

LOSEY, J. E.; VAUGHAN, M. The economic value of ecological services provided by insects. **Bioscience**, v. 56, n. 4, p. 311-323, 2006.

MACKAY, W. P.; MACKAY, E.; FERNÁNDEZ, F.; ARIAS-PENNA, T. M. Género *Pachycondyla* Smith, F. Em: Lozano-Zambrano, F.; Fernández, F.; Jiménez, E.; Arias, T. (Eds.) **Sistemática, biogeografía y conservación de las hormigas cazadoras de Colombia.** Bogotá, Colombia: Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2007.

MAGURRAN, A. E. **Medindo a diversidade biológica** (Vianna, D. M., tradução). Curitiba, Brasil: Editora da Universidade Federal do Paraná, 2004.

MARTINS, M. F. d. O. Tese de mestrado. **Assembleias de formigas subterrâneas (Hymenoptera: Formicidae) de três regiões do sul do Brasil: diferentes sistemas de uso do solo e avaliação da técnica TSBF para amostragem.** Dissertação (Mestre em Ciências Biológicas – Entomologia) – Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil, 2017.

MITTERMEIER, R.A.; ROBLES GIL, P.; HOFFMANN, M.; PILGRIM, J.; BROOKS, T.; MITTERMEIER, C.G.; LAMOREUX, J.; DA FONSECA, G.A.B. (Eds.) **Hotspots revisited: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions.** Cidade do México, México: CEMEX/Agrupación Sierra Madre, 2004.

MMA/SBF (Ministério do Meio Ambiente/Secretaria de Biodiversidade e Florestas). **Avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade nos biomas brasileiros.** Brasília, Brasil: MMA/SBF, 2002.

MORENO, C. E. **Métodos para medir la biodiversidad.** Zaragoza, España: MT Manuales y Tesis Sociedad Entomológica aragonesa (SEA), 2001.

MORRIS, E. K.; CARUSO, T.; BUSCOT, F.; FISCHER, M.; HANCOCK, C.; MAIER, T. S.; MEINERS, T.; MÜLLER, C.; OBERMAIER, E.; PRATI, D.; SOCHER, S. A.; SONNEMANN, I.; WÄSCHKE, N.; WUBET, T.; WURST, S.; RILLIG, M. C. Choosing and using diversity indices: insights for ecological

applications from the German Biodiversity Exploratories. **Ecology and evolution**, v. 4, n. 18, p. 3514-3524, 2014.

MYERS, N. Threatened biotas: "hot spots" in tropical forests. **The environmentalist**, v. 8, n. 3, p. 187-208, 1988.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B. D.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853-858, 2000.

NAEEM, S., WRIGHT, J.P. Disentangling biodiversity effects on ecosystem functioning: deriving solutions to seemingly insurmountable problem. **Ecology Letters**, v. 6, p. 567-579, 2003.

OKSANEN, J.; KINDT, R.; LEGENDRE, P.; O'HARA, B.; STEVENS, M. H. H.; OKSANEN, M. J.; SUGGESTS, M. A. S. S. The vegan package. **Community ecology package**, 10, 631-637, 2007.

PACHECO, J. A.; MACKAY, W. P.; LATTKE, J. **The systematics and biology of the New World thief ants of the genus *Solenopsis* (Hymenoptera: Formicidae)**. Lewiston, USA: Edwin Mellen Press, 2013.

PACHECO, R.; SILVA, R. R.; MORINI, M. S. D. C.; BRANDÃO, C. R. 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.

PETCHY, O. L.; GASTON, K. J. Functional diversity: back to basics and looking forward. **Ecology letters**, v. 9, n. 6, p. 741-758, 2006.

REGINATO, M.; GOLDENBERG, R. Análise florística, estrutural e fitogeográfica da vegetação em região de transição entre as Florestas Ombrófilas Mista e Densa Montana, Piraquara, Paraná, Brasil. **Hoehnea**, v. 34, v. 3, p. 349-364, 2007.

RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; MARTENSEN, A. C.; PONZONI, F. J.; 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, p.1141-1153, 2009.

RODRIGUES, W.C. **DivEs - Diversidade de Espécies v3.0** - Guia do Usuário. Entomologistas do Brasil, 2015. Disponível em: <http://dives.ebras.bio.br>

ROMERO, H.; JAFFÉ, K. A comparison of methods for sampling ants (Hymenoptera, Formicidae) in savannas. **Biotropica**, p. 348-352, 1989.

ROSENBERG, D. M. Importance of insects in environmental impact assessment. **Environmental Management**, v. 10, n. 6, p. 773-783, 1986.

SANTOS, C. P. S. D. **Distribuição e diversidade de formigas de serapilheira (Hymenoptera: Formicidae) ao longo de um gradiente elevacional no Parque Estadual da Serra do Mar – Núcleo Picinguaba, São Paulo, Brasil.** Dissertação (Mestre em Ciências – Zoologia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, 2008.

SANTOS, H. D.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. D.; OLIVEIRA, V. D.; OLIVEIRA, J. D.; COELHO, M. R.; CUNHA, T. D. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Rio de Janeiro, Brasil: Embrapa, 2006.

SANTOS, M. S.; LOUZADA, J. N.; DIAS, N., ZANETTI, R.; DELABIE, J. H.; 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, Série Zoologia**, v. 96, n. 1, p. 95-101, 2006.

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**, v. 3817, p. 1-242, 2014.

SCHULTZ, T. R. In search of ant ancestors. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 97, n. 26, p. 14028-14029, 2000.

SEVERINGHAUS, W. D. Guild theory development as a mechanism for assessing environmental impact. **Environmental Management**, v. 5, n. 3, 187-190, 1981.

SILVA, C. F. D.; PEREIRA, M. G.; CORREIA, M. E. F.; SILVA, E. M. R. D. Fauna edáfica em áreas de agricultura tradicional no entorno do Parque Estadual da Serra do Mar em Ubatuba (SP). **Revista de Ciências Agrárias**, v. 52, p. 107-115, 2009.

SILVA, J. M. C; CASTELETI, C. H. M. Estado da biodiversidade da Mata Atlântica brasileira. Em: GALINDO-LEAL, C.; CÂMARA, I. G. (Eds.) **Mata Atlântica: biodiversidade, ameaças e perspectivas.** Belo Horizonte/São Paulo, Brasil: Fundação SOS Mata Atlântica/Conservação Internacional, 2005, p. 43-59.

SILVA, R. D.; SILVESTRE, R. Diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em Seara, oeste de Santa Catarina. **Biotemas**, v. 13, n. 2, p. 85-105, 2000.

SILVA, R. D.; 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.

SILVA, R. R.; BRANDÃO, C. R. F. Ecosystem-Wide Morphological Structure of Leaf-Litter Ant Communities along a Tropical Latitudinal Gradient. **PloS One**, v. 9, n. 3, p. 1-11, 2014.

SILVA, T. S. R. D. **Dacetini (Hymenoptera: Formicidae) da Mata Atlântica. Dissertação (Mestre)** – Programa de Pós-Graduação em Sistemática, Taxonomia Animal e Biodiversidade do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, 2014.

SILVESTRE, R.; SILVA, R. R. D. S. Guildas de formigas da Estação Ecológica Jataí, Luiz Antônio –SP- sugestões para aplicação de modelos de guilas como bio-indicadores ambientais. **Biotemas**, v. 14, n. 1, p. 37-69, 2001.

SIMBERLOFF, D.; DAYAN, T. The guild concept and the structure of ecological communities. **Annual review of ecology and systematics**, v. 22, n. 1, p. 115-143, 1991.

SOSA-CALVO, J.; LONGINO, J. T. Subfamilia Proceratiinae. Em: Em: Lozano-Zambrano, F.; Fernández, F.; Jiménez, E.; Arias, T. (Eds.) **Sistemática, biogeografía y conservación de las hormigas cazadoras de Colombia**. Bogotá, Colombia: Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2007, 219-237.

SUGUITURU, S. S.; SOUZA, D. R. D.; MUNHAE, C. B. D.; PACHECO, R.; MORINI, M. S. C. D. 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.

R-CORE-TEAM. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2017. Disponível em: <https://www.R-project.org/>

THEODOROVICZ, A. M. G., CANTARINO, S. D. C., DA SILVA, P. C. S. **Projeto Curitiba. Áreas naturais sob proteção na Região Metropolitana de Curitiba**. Programa Informações para Gestão Ambiental - GATE. Curitiba, Brasil: CPRM, Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba, 1994.

THOMAZINI, M. J.; THOMAZINI, A. P. B. W. **Documentos 57. A fragmentação florestal e a diversidade de insetos nas florestas tropicais úmidas**. Rio Branco, Brasil: Embrapa, 2000.

TILMAN, D., KNOPS, J., WEDIN, D., REICH, P., RITCHIE, M., SIEMANN, E. The influence of functional diversity and composition on ecosystem processes. **Science**, n. 277, p. 1300-1302, 1997.

ULYSSÉA, M. A. **Revisão taxonômica e análise filogenética do gênero Hylomyrma Forel, 1912 (Formicidae: Myrmicinae: Pogonomyrmecini), com**

base em dados morfológicos. Tese (Doutor) – Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, 2017.

VASCONCELOS, H. L.; MACEDO, A. C.; VILHENA, J. M. Influence of topography on the distribution of ground-dwelling ants in an Amazonian forest. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 38, n. 2, p. 115-124, 2003.

WARD, P. S. Broad-scale patterns of diversity in leaf litter ant communities. Em: AGOSTI, D.; MAJER, J. D.; ALONSO, L. E.; SCHULTZ, T. R. (Eds.) **Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Washington D.C., USA: Smithsonian Institution Press, 2000, 99-121.

WARD, P. S.; BLAIMER, B. B.; FISHER, B. L. A revised phylogenetic classification of the ant subfamily Formicinae (Hymenoptera: Formicidae), with resurrection of the genera Colobopsis and Dinomyrmex. **Zootaxa**, v. 4072, n. 3, p. 343-357, 2016.

WATKINS, J. F. **The identification and distribution of New World army ants (Dorylinae: Formicidae)**. Waco, USA: Baylor University, Waco, 1976.

WILD, A. L. **Taxonomic revision of the ant genus Linepithema (Hymenoptera: Formicidae)**. Berkeley e Los Angeles, USA: University of California Press, v. 126, 2007.

WILSON, E. O. The beginnings of nomadic and group-predatory behavior in the Ponerine ants. **Society for the Study of Evolution**, v. 12, n. 1, p. 24-31. 1958.

WILSON, E. O. The little things that run the world (the importance and conservation of invertebrates). **Conservation Biology**, v. 1, n. 4, p. 344-346, 1987.

WILSON, E. O. ***Pheidole* in the New World: a dominant, hyperdiverse ant genus**. Cambridge, USA: Harvard University Press, 2003.

WINK, C.; GUEDES, J. V. C.; FAGUNDES, C. K.; ROVEDDER, A. P. Insetos edáficos como indicadores da qualidade ambiental. **Revista de Ciências Agroveterinárias, Lages**, v. 4, n. 1, p. 60-71, 2005.