

Cristiane Prado Scott dos Santos

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

São Paulo

2008

Cristiane Prado Scott dos Santos

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 apresentada ao Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, para a obtenção de Título de Mestre em Ciências, na Área de Zoologia.

Orientador: Carlos Roberto F. Brandão

São Paulo

2008

Scott-Santos, Cristiane Prado

Distribuição e diversidade de formigas de serapilheira (Hymenoptera: Formicidae) ao longo de um gradiente elevacional no Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Picinguaba, 66 páginas

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, para a obtenção de Título de Mestre em Ciências, na Área de Zoologia.

Palavras-chaves: 1. Formigas 2. Gradiente elevacional 3. Floresta Atlântica. I. Universidade de São Paulo Instituto de Biociências. Departamento de Zoologia

Comissão Julgadora:

Prof(a). Dr(a)

Prof(a). Dr(a)

Prof. Dr. Carlos Roberto F. Brandão

Orientador

**Dedico este trabalho ao meu pai,
Charles Barbour Scott (*in memoriam*)
que me passou o seu gosto pela vida.**

Agradecimentos

Ao Prof. Dr. Carlos Roberto Ferreira Brandão pela orientação, incentivo na elaboração do projeto e pelo apoio financeiro para o trabalho de campo.

Ao meu marido, Eduardo Fernando dos Santos, pelo apoio incondicional, pela ajuda em todas as etapas do projeto, inclusive no árduo trabalho de campo e pelas valiosas discussões e sugestões sem as quais este trabalho não teria se concretizado, além da insubstituível convivência com muitos momentos de alegria e tristeza, que foram fundamentais para o meu crescimento pessoal durante este estudo.

À minha mãe, Ana Maria, às minhas irmãs “Lela” e “Dri”, ao meu querido sobrinho Diego, ao meu afilhado Pedro, à Júlia que será muito bem-vinda, aos meus cunhados Luís, Daniel e Flávio, aos meus sogros Ivaldo e Silva, à cunhada “Quel” e à querida Vó Rachel pelo carinho, apoio e maravilhosos momentos de alegria.

Aos funcionários do Núcleo Picinguaba, Maria Fernanda, Olinda, “Ditinho”, Roberto, Silas e Cleusa: pela amizade e auxílio no desenvolvimento do projeto, e em especial ao Cristo que me apresentou as trilhas e contou toda a história local.

A todos os funcionários do Museu de Zoologia, em especial ao Lyncoln pela montagem do material, e às bibliotecárias por estarem sempre dispostas a me atender. A todos os colegas do Museu, em especial à Flávia A. Esteves que me ajudou no início da identificação das espécies e ao Rogério R. da Silva pelos esclarecimentos quanto aos métodos estatísticos e pelas indicações bibliográficas.

Aos colegas Eduardo Sanhudo, Jeffrey Sossa, Nicolas Albuquerque e Rodrigo Feitosa pelo auxílio na identificação das espécies.

Aos Professores Glauco Machado e Ricardo Pinto da Rocha pelo incentivo de estudar as cotas de 800 e 1000 metros de altitude, o que foi muito difícil, mas gratificante.

À Profa Eliana Marques Canello pelas sugestões à Profa Silvana Buzato e ao Prof. Sérgio Tadeu pela ajuda na interpretação dos resultados.

À Dra Christy M. MacCain e ao Dr. Mário Almeida-Neto pelo auxílio nas análises de Domínio-Médio.

Ao Instituto de Biociências e ao Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, pela oportunidade de cursar o Mestrado.

Ao CNPq pela bolsa concedida.

À Proap pelo auxílio financeiro na coleta dos dados.

Ao Ibama e ao Instituto Florestal de São Paulo, pela autorização de coleta no Núcleo Picinguaba do Parque Estadual da Serra do Mar.

Índice

Resumo	1
Abstract	2
Introdução	3
Materiais e Métodos	9
Área de estudo	9
Coleta de dados	12
Processamento do material	14
Análise dos dados	15
Resultados	21
Discussão	36
Conclusões	44
Referências Bibliográficas	46
Anexos	58

Resumo

Com o objetivo de investigar a influência da elevação topográfica na distribuição da fauna mirmecológica da serapilheira e de verificar se há um padrão de riqueza para o gradiente investigado, estudei a distribuição das formigas ao longo de um gradiente elevacional no Núcleo Picinguaba do Parque Estadual da Serra do Mar, Ubatuba, SP. Para isso, adotei seis faixas elevacionais (50, 200, 400, 600, 800 e 1000 metros) na costa leste dos Morros do Corisco e do Cuscuzeiro, coletando 20 amostras de 1 m² de serapilheira em cada uma delas ao longo de dois transectos de 225 m cada e medindo a espessura de cada amostra. As 120 amostras foram submetidas ao extrator mini-Winkler para retirada das formigas. A riqueza observada em todo o gradiente foi de 176 espécies e a estimada ($N= 206$, $dp= 5,17$) foi calculada utilizando os índices mais indicados pela literatura, relacionando a riqueza observada à variação elevacional e à espessura da serapilheira através de modelos regressivos. O padrão de riqueza observado apresentou um pico na faixa intermediária do gradiente (cota de 400 metros), com 103 espécies, sendo testada a hipótese do domínio médio para explicar sua distribuição. Através deste teste pude constatar que a distribuição é influenciada por processos estocásticos e fatores bióticos e/ou abióticos. Para verificar se houve variação da fauna ao longo do gradiente apliquei índices de dissimilaridade adequados para o tipo de dados, correlacionando os resultados obtidos com a variação elevacional através do teste de Mantel. Além disso, utilizei a análise de correspondência “destendenciada” (DCA) para entender como a comunidade mirmecológica em questão está estruturada. As análises de dissimilaridade e o teste de Mantel mostraram que a fauna variou significativamente ao longo do gradiente. Por sua vez, a análise de DCA indicou que a substituição acontece de forma gradual ao longo do gradiente elevacional com a distinção de duas assembléias, uma nas áreas baixas e a outra nas áreas altas, ligadas por um *continuum* entre elas. Além disso, verifiquei o comportamento da riqueza de espécies exclusivas de cada faixa elevacional para entender a dinâmica da comunidade, utilizando um modelo de regressão. A riqueza dessas espécies foi maior nas extremidades do gradiente, principalmente, na cota de 1000 metros, onde a área é menor, e menor nas faixas intermediárias (200 e 400 metros), onde as estimativas de riqueza foram maiores. Considerando os resultados obtidos, sugiro que os fatores bióticos têm papel preponderante na distribuição das espécies e na definição do padrão de riqueza. Entretanto, a influência de tais fatores só poderá ser avaliada com o estudo da estrutura de guildas de formigas ao longo do gradiente elevacional.

Abstract

Aiming to investigate the influence of the elevation in topography on the myrmecological leaf litter fauna and to verify if there is a richness pattern for the investigated gradient, I studied the distribution of these ants along an elevational gradient in the Núcleo Picinguaba of the Serra do Mar State Park, Ubatuba, SP. For this, I adopted six elevational bands (50, 200, 400, 600, 800 and 1000 meters) at the Eastern coast of the Corisco and Cuzcuzeiro mountains, where I collected 20 1m² leaf litter samples at each band along two transect of 225 m each and measured the leaf litter depth of each sample. The 120 samples were submitted to mini-Winkler extractors to remove of the ants. The observed richness in the whole gradient was 176 species and the estimated richness ($N = 206$; $sd = 5,17$) was calculated with the best index according the literature, relating observed richness to the elevational variation and to the leaf litter depth using regressive models. The observed richness pattern revealed a peak at the mid-elevational band of the gradient (400 meters quota) with 103 species; the mid-domain effect theory being tested to explain the species distribution. The results indicate that the distribution is influenced by stochastic processes and/or biotic or abiotic factors. To verify if there is variation on the ant fauna along the gradient, I applied the appropriate dissimilarity index for the data types, correlating the obtained results with the elevational variation using the Mantel test. Moreover, I used a “detrended” correspondence analysis (DCA) to understand how the myrmecological community in question is structured. The dissimilarity analysis and the Mantel test showed that the fauna changed significantly along the gradient. However, the DCA indicated a gradual substitution along the elevational gradient with two distinct assemblages, one in the lower zone and other in the upper zone, with a *continuum* between them. Furthermore, I verified the presence of exclusive species at each elevational band to understand the dynamics of the community, using a regressive model. The richness of these exclusive species was greatest at the extremities of the gradient, mainly at the 1000 meters quota, where the area is smaller; and it was smallest at the mid-elevations (200 and 400 meters), where the richness estimatives were greater. Considering the obtained results, I suggest that the biotic factors have a preponderant role in the species distribution and in the definition of the richness pattern. However, the influence of these factors may be only evaluated with the study of the ant guilds structure along the elevational gradient.

Introdução

O estudo da distribuição dos organismos é etapa essencial para a compreensão das relações existentes entre a diversidade biológica e o funcionamento dos ecossistemas (Stork, 2007), além de ser necessária para embasar o estabelecimento de políticas para a conservação ambiental (Grytnes & McCain, 2008). Sabe-se que a distribuição das espécies é regida pelas condições físicas e biológicas, pretéritas e atuais, de determinada região geográfica (Brown, 1995; Huston, 1998) e que as variações nessas condições são responsáveis e condicionantes na geração de diversidade biológica. Tais variações são facilmente evidenciadas em gradientes ecológicos espaciais (Begon *et al.*, 1996) como os elevacionais presentes em formações montanhosas (Giaretta *et al.*, 1999; Hodkinson, 2005; Rajão & Cerqueira, 2006).

A distribuição de espécies em gradientes ecológicos caracteriza-se como uma seqüência espacial de substituições de espécies ao longo do gradiente e está em constante modificação como conseqüência do equilíbrio dinâmico resultante de perturbações agindo sobre a sucessão ecológica (Huston, 1998). Inúmeros estudos têm evidenciado regularidade na distribuição de espécies de diversos grupos ao longo de gradientes elevacionais, permitindo o reconhecimento de padrões de distribuição. A investigação desses padrões de distribuição busca entender porque algumas áreas têm mais espécies que outras (MacArthur, 1972).

Desde o século 19, sabe-se que em gradientes elevacionais, as terras baixas são relativamente mais ricas que os topos de montanha (Rahbek, 1995; Grytnes & McCain, 2008). No entanto, a variação na riqueza de espécies ao longo de elevações difere para os diferentes taxa, apesar de dois padrões principais serem reconhecidos: (1)

monotônico, no qual há um decréscimo linear do número de espécies com o aumento da elevação e (2) pico médio, com riqueza maior nas posições intermediárias do gradiente elevacional (McCoy, 1990; Rahbek, 2005; Grytnes & McCain, 2008). Considerando a fauna mirmecológica, os dois padrões têm sido observados para este tipo de gradiente. Fisher (1996); Fernandes *et al.* (1997), Brühl *et al.* (1999), Robertson (2002), Araújo e Fernandes (2003) e Soares (2003) encontraram o padrão monotônico, enquanto Olson (1994); Samson *et al.* (1997), Fisher (1998, 1999, 2000), Ward (2000) e Sanders (2002) encontraram o padrão com pico de riqueza nas elevações intermediárias.

O decréscimo linear da riqueza de formigas ao longo de gradientes elevacionais em florestas tropicais é, segundo Fisher (1996) e Brühl *et al.* (1999), decorrente da variação de parâmetros físicos, como a diminuição da temperatura e o aumento da umidade e da precipitação. Como decorrência de tais variações climáticas, as espécies típicas de grandes altitudes apresentam amplitudes de ocorrência maiores, uma vez que seriam “favorecidas” pela seleção natural (Janzen, 1967), chamada por Stevens (1989) de efeito Rapoport.

Quanto ao padrão com pico de riqueza em posições intermediárias, duas teorias o fundamentam: (1) na presença de gradientes ecológicos, a distribuição com pico de riqueza médio caracteriza-se pela presença de um ecótono nas posições intermediárias do gradiente (Fisher, 1998) e (2) na ausência de variações significativas de fatores ecológicos e evolutivos no gradiente, o pico de riqueza caracteriza-se pela simples restrição geométrica, imposta pela posição das extensões das distribuições das espécies dentro das fronteiras do domínio no qual a fauna em questão está confinada, que no caso é decorrente de processos estocásticos (Colwell & Hurtt, 1994; Colwell & Lees, 2000; Cowell *et al.*, 2004). Esta segunda teoria foi chamada de efeito do domínio médio

(EDM – “mid-domain effect”; Colwell & Lees, 2000) e os resultados obtidos por Rangel & Diniz (2004) demonstram que esta teoria tem pouco embasamento empírico. Assim, o EDM é definido como um aumento da sobreposição de extensões de espécies através de um domínio geográfico compartilhado (Cowell & Lees, 2000).

As formigas apresentam atributos biológicos que as qualificam coletivamente como um bom instrumento para estudos de diversidade (Alonso & Agosti, 2000): apresentam grande variedade morfo-funcional (Bolton *et al.*, 2006) e distribuição relativamente ampla, ocorrendo do Equador até latitudes de cerca de 50 graus, e do nível do mar a aproximadamente 3000 metros de altitude (Brühl *et al.*, 1999). Elas compõem, com os cupins, o grupo de maior impacto ecológico relativo, uma vez que constituem mais de 30% de toda a biomassa animal em florestas tropicais (Fittkau & Klinge, 1973), além de serem encontradas em todos os estratos florestais, desempenhando importantes funções nos ecossistemas (Hölldobler & Wilson, 1990; Kaspari & Majer, 2000).

Os estudos sobre a distribuição de formigas em gradientes elevacionais em florestas tropicais concentram-se na Malásia, Costa Rica, Panamá e Madagascar. No Brasil, que abriga uma das mais diversas florestas tropicais sempre úmidas, a Mata Atlântica (Oliveira-Filho & Fontes, 2000), existe apenas o estudo de Tavares (2002), que considera apenas duas faixas altitudinais, sem na verdade considerar o gradiente elevacional.

A Mata Atlântica inclui áreas naturais com formações de floresta tropical que se estendem pela costa leste brasileira, avançando para o interior em extensões variadas (Lino, 1992). Apresenta uma grande diversidade biológica relativa, sendo considerada pela “Conservation International” como um “hot spot” (Mayer *et al.*, 2000), por estar

restrita, atualmente, a cerca de 8% de sua extensão original e ainda estar sob intensa pressão antrópica. A grande diversidade biológica é propiciada pela grande extensão latitudinal que a floresta ocupa e pelas variações elevacionais proporcionadas pelo relevo que ela recobre (Câmara, 2005). Assim, a Mata Atlântica apresenta-se como um domínio adequado para estudos ligados a gradientes elevacionais por recobrir uma extensa cadeia de montanhas do Brasil, a Serra do Mar.

Tais montanhas elevaram-se na costa leste brasileira, principalmente na região Sul e Sudeste, por soerguimento tectônico, como resultado da deriva continental (Almeida & Carneiro, 1998). As altitudes das serras apresentam variações na estrutura e composição florística, devido a diferenças no solo, exposição ao vento, penetração de luz, oscilações de temperaturas e umidade do ar (Mantovani, 1993). A umidade vinda do oceano é barrada pela Serra do Mar e atinge as áreas mais elevadas, o que forma freqüentes nevoeiros e chuvas. Desta forma, as precipitações pluviais são maiores em altitudes mais elevadas que nas planícies costeiras (Cruz, 1974; Tonhasca Junior, 2005). Por essas características, a região apresenta um mosaico climático que inclui o clima Tropical Úmido Litorâneo e Tropical de Altitude. O clima Tropical Úmido Litorâneo ocorre até elevação de 800 a 1000 m, caracterizando-se com temperaturas médias anuais superiores a 18°C e clima sempre úmido (Rizzini, 1976, Conti & Furlan, 2001). Acima dos 800 m, a nebulosidade reduz a radiação solar (Rizzini, 1976), diminuindo as temperaturas médias para menos de 18°C, características do clima Tropical de Altitude (Conti & Furlan, 2001).

Nas encostas dessas montanhas encontramos a predominância de uma cobertura vegetal de Floresta Ombrófila Densa (Veloso *et al.*, 1991). Forrando o chão da floresta, formada por ramos, caules, cascas, frutos e flores caídos, denominada

serapilheira (ACIESP, 1997). Esta camada sobre o solo caracteriza-se ainda como o principal compartimento de ciclagem de nutrientes de uma floresta tropical, sendo considerada a fonte de nutrientes mais importante para as plantas (Tonhasca Junior, 2005).

Associada à serapilheira existe uma imensa fauna que inclui microorganismos, artrópodes, moluscos, anelídeos e outros invertebrados, que atuam como decompositores (Tonhasca Junior, 2005). Segundo Cunha *et al.* (2003), os artrópodes na serapilheira amazônica compõem 97% da fauna, sendo que dentre eles as formigas e os coleópteros são dominantes. A serapilheira é um ambiente importante para as formigas, que a utilizam na busca de recursos como local e fonte para o forrageamento, como refúgios e material para construção de seus ninhos (Hölldobler & Wilson, 1990).

Assim, para compreendermos a organização da diversidade de formigas necessitamos estudar a fauna e suas relações com o resto do ecossistema, o que representa o primeiro desafio para a implantação da série de ações para a conservação ambiental, incluindo a utilização sustentável do ambiente e a identificação de áreas prioritárias para sua preservação (Lewinsohn & Prado, 2002).

Levando em consideração todos os aspectos discutidos acima, este estudo tem como objetivo investigar a relação da elevação topográfica com a fauna de formigas de serapilheira, considerando seus aspectos abióticos, como a espessura. Através de inventários quantitativos similares em diferentes faixas altitudinais, caracterizo a comunidade de formigas ao longo do gradiente adotado, documentando o número e a composição das espécies presentes; a análise destes dados me permite sugerir um padrão de riqueza de espécies. Os resultados deste estudo ajudam a compreender os padrões biogeográficos apresentados pela fauna de formigas da Mata Atlântica,

fornecendo informações fundamentais no contexto da conservação da biodiversidade deste bioma (Maia, 2005).

Materiais e Métodos

Área de estudo

O presente estudo foi realizado nas encostas dos morros do Corisco e do Cuscuzeiro, Núcleo Picinguaba do Parque Estadual da Serra do Mar, no município de Ubatuba, Estado de São Paulo (23°22' S e 44°48' W). O Parque Estadual da Serra do Mar (PESM) localiza-se na costa litorânea do Estado de São Paulo, cobrindo uma área de aproximadamente 310 mil hectares. Compõe, com outras áreas de proteção do Estado do Rio de Janeiro, como o Parque Nacional da Bocaina e a APA do Cairuçu, um extenso corredor contínuo de Mata Atlântica.

O Núcleo Picinguaba (NPIC), com 47 mil hectares, localiza-se no extremo norte do PESM, fazendo divisa com o Parque Nacional da Bocaina. O NPIC teve sua área incorporada ao PESM em 1979, sendo implantado em 1984 pelo Instituto Florestal do Estado de São Paulo (Melo-Neto, 1992; SMA 1999). O Núcleo inclui uma área de planície costeira que se conecta gradativamente a um relevo acidentado, com escarpas serranas que formam a Serra do Mar (IBGE, 1974; São Paulo, 2001). Distingue-se dos outros núcleos do PESM por possuir montanhas que ultrapassam os 1.000 metros de altitude muito próximas às planícies costeiras (Figura. 1.a.) (Melo Neto, 1992; IBGE, 1974).

Na região de Ubatuba, foi registrada, entre 2003 e 2007, temperatura média anual de 22,7°C e precipitação média de 2.387 milímetros acumulados por ano, além de períodos de precipitações intensas, entre outubro e abril, com ausência de meses secos (Figura. 2). Durante o período de estudo, a temperatura média foi de 26,4°C e

pluviosidade total de 611,4 mm. Os dados climatológicos foram obtidos junto à Estação Meteorológica do Instituto Agrônomo (IAC) localizado a 8 m de altitude, em Ubatuba.

A alta incidência solar e os ventos úmidos na encosta da Serra do Mar impõem a predominância de uma cobertura vegetal de Floresta Ombrófila Densa, de acordo com o sistema de classificação brasileiro adotada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) – (Veloso *et al*, 1991). Esta formação caracteriza-se por apresentar florestas sempre verdes, com predominância de árvores com troncos cilíndricos, que podem atingir de 20 a 40 metros de altura. Conforme aumenta a elevação, a cobertura vegetal muda gradativamente, permitindo o reconhecimento por Veloso *et al*. (1991) de três formações vegetais: terras baixas, situadas entre 5 e 50m; submontanas, entre 50 e 500m e montana, entre 500 – 1500m. A mesma classificação foi adotada por Kronka (2002) e Oliveira-Filho e Fontes (2000).

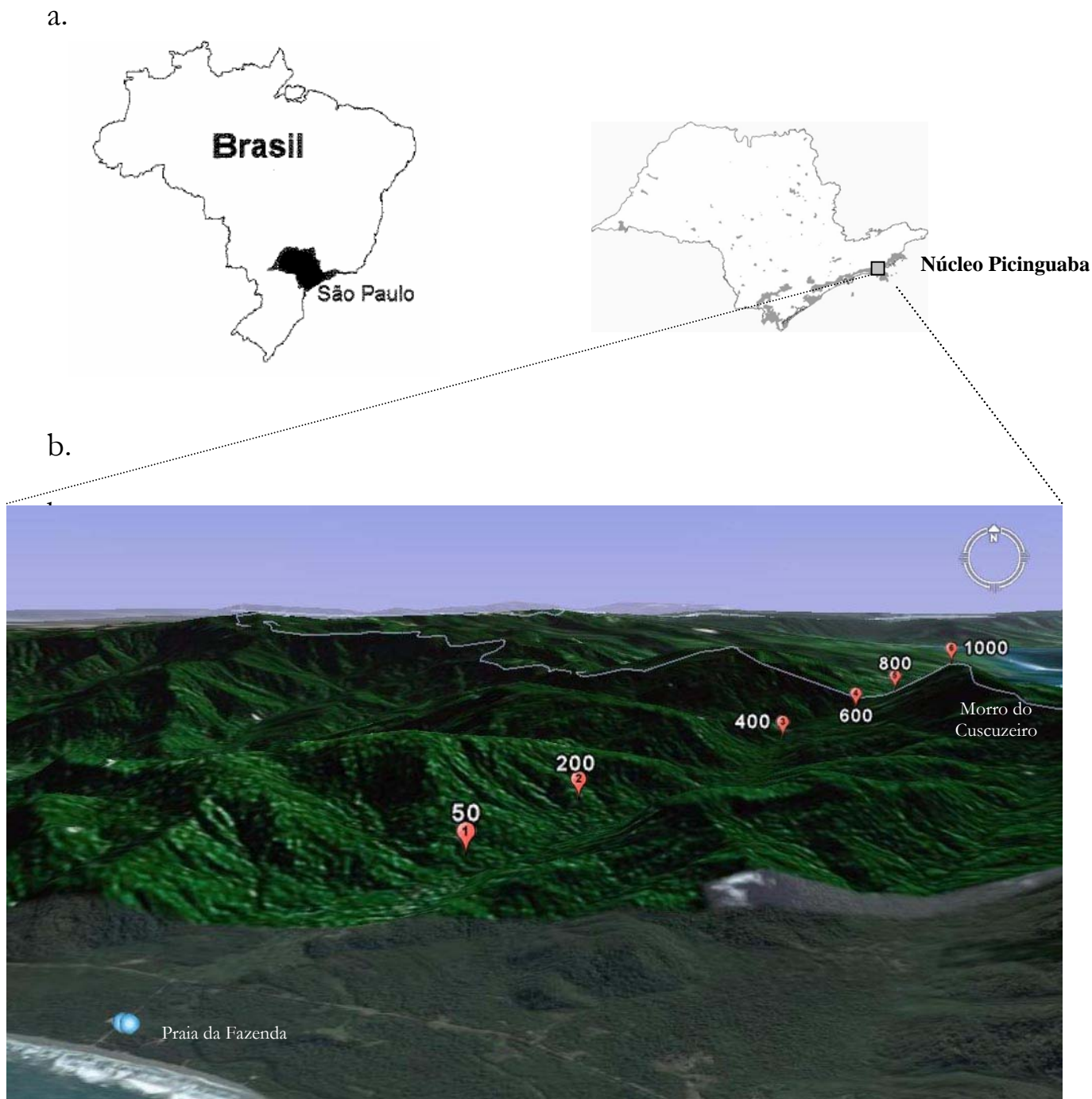


Figura 1. (a.) Mapas do Brasil e do Estado de São Paulo indicando as unidades de conservação no Estado e destacando o Núcleo Picinguaba do Parque Estadual da Serra do Mar, município de Ubatuba. (b.) Imagem de satélite do Leste do Brasil e do Estado de São Paulo, indica a fronteira com o Estado do Rio de Janeiro e mostra o gradiente elevacional dentro do Núcleo, com seis áreas amostradas nas seis faixas elevacionais entre 50 a 1000 m ao nível do mar.
Fonte Google Earth

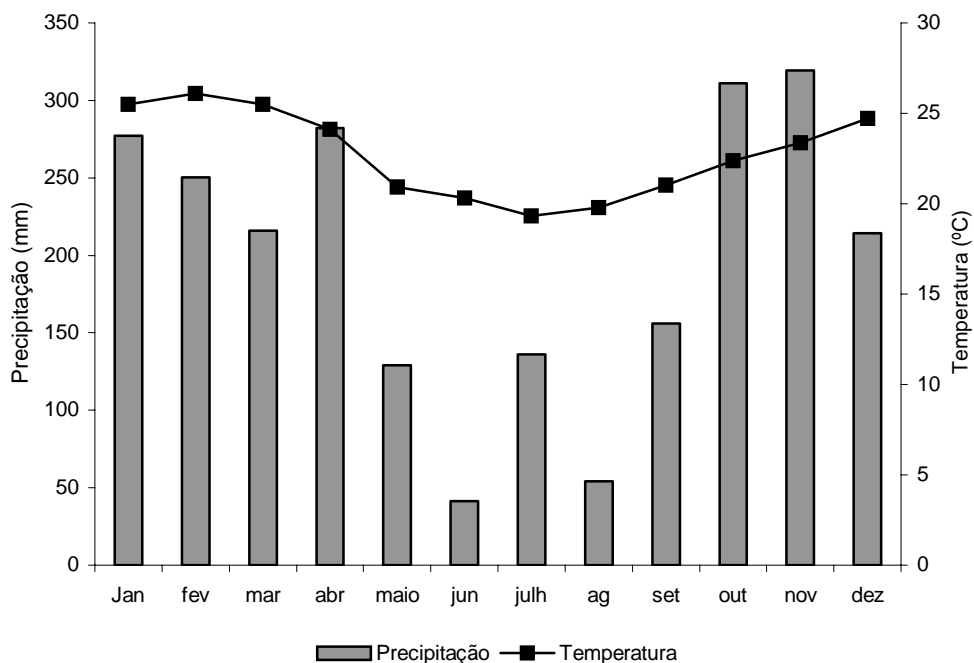


Figura 2. Variação da pluviosidade (mm) e temperatura (°C) entre 2003 e 2007 em Ubatuba.

Fonte dos dados climatológicos: Instituto Agrônômico (IAC), a 8 m de altitude na cidade de Ubatuba.

Coleta de dados

As coletas foram realizadas entre janeiro e março de 2006 em seis faixas elevacionais, na estação chuvosa, quando a proporção das formigas em relação aos artrópodes da serapilheira aumenta em 70% ou mais em comparação com a estação seca (Pfeiffer, 1996). As faixas elevacionais estabelecidas adotaram as cotas 50, 200, 400, 600, 800 e 1000m, permitindo-se uma variação de aproximadamente 20 m para cima e para baixo, de acordo com a topografia local (Figura. 1. b.).

Para comparar a fauna presente nas seis faixas elevacionais adotadas, apliquei um protocolo padronizado e adaptado a partir daquele utilizado pelo Projeto Temático

(Tavares, 2002; Brandão *et al.*, 2005; Silva, 2007) e considerando a proposta de Agosti & Alonso (2000). Desta maneira, submeti 120 amostras de 1m² de serapilheira, 20 de cada faixa elevacional, a extratores do tipo “mini-Winkler” (Bestelmeyer *et al.*, 2000) por 48 horas. Em cada faixa, as amostras foram obtidas em pontos separados entre si por 50 metros de distância em dois transectos paralelos de 225 m, separados 50 metros um do outro, resultando em 10 amostras em cada um deles. Estes transectos foram estabelecidos a partir da linha de base (trilha), 25 metros à direita e 25 metros à esquerda. Para cada amostra registrei a elevação e as coordenadas através do GPS Garmin eTrex Summit, dotado de altímetro barométrico.

Para a coleta de serapilheira, utilizei uma fita métrica para delimitar 1m² no chão da floresta. Dentro dessa delimitação, tomei três medidas de espessura com uma régua milimetrada para calcular a espessura média da serapilheira amostrada. Em seguida, peneirei o volume de serapilheira colhido no 1 m² estabelecido, recolhendo o material desejado em sacos de tecido identificados com o número da amostra. Na sede do NPIC, o material coletado foi transferido para extratores mini-Winkler, onde permaneceu por 48 horas, com triagem de 4 em 4 horas (Figura. 3). A triagem da fauna capturada nos copos dos extratores foi feita sobre bandeja branca e com o auxílio de pinça maleável, utilizada para capturar todas as formigas e/ou outros invertebrados. Neste momento, as formigas eram separadas dos outros organismos e passavam a representar a fauna desse estrato da floresta. As formigas e os outros animais coletados foram então acondicionados separadamente em vidros individualizados com álcool 70% devidamente rotulados.

É interessante ressaltar que, com o objetivo de amenizar o efeito da variação climática entre os dias de coleta (Hurlbert, 1984), uma vez que não registrei tais

varáveis, busquei obter amostras de duas ou mais faixas elevacionais no mesmo dia (exemplos: 50-200m; 50-200-400m; 400-600m; 800-600m; 800-1000m). Assim, em cada dia coletei de seis a oito amostras em cada faixa visitada até concluir 20 amostras. Nos dias de chuva contínua, ou seguintes a estes, a coleta não foi realizada, pois a serapilheira fica saturada de água, dificultando a extração da fauna e subestimando a sua diversidade (Ward, 2000).



Figura 3. Extratores de Winkler suspensos à esquerda, com o material coletado ainda em seu interior e à direita triagem das formigas em bandejas brancas.

Processamento do material

Concluída a coleta de dados no campo, os próximos passos foram realizados no Laboratório de Hymenoptera do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZSP).

Utilizando uma lupa estereoscópica e uma pinça maleável, triei as amostras de fauna, separando três exemplares de cada morfoespécie de formiga coletada em cada uma das amostras para montagem definitiva em triângulos de papel e mantidos em alfinetes entomológicos (Lattke, 2000). O restante do material foi conservado em álcool 70%, pois essa técnica de coleta pode amostrar colônias inteiras ou porções (Longino, 2000). Os indivíduos montados foram associados a outros de mesma morfoespécie da mesma amostra, sendo até três exemplares da mesma morfoespécie reunidos no mesmo alfinete. Depois de morfoespeciadas as formigas, cada alfinete recebeu um rótulo, informando a localidade, a data, a altitude, as coordenadas geográficas, o número da amostra e os nomes dos coletores. Com o material rotulado pude iniciar a identificação taxonômica do material em gêneros e, quando possível, em espécies, utilizando chaves de identificação (Bolton, 1994; Fernández, 2003) e consultando a coleção do laboratório. Todo o material coletado foi depositado na Coleção de Formicidae do Laboratório de Hymenoptera do MZSP.

Análise dos dados

Após a identificação do material, tabulei a presença ou ausência das espécies em cada uma das amostras para as seis faixas elevacionais, obtendo uma matriz de ocorrência de espécies de formigas referente à(s) comunidade(s) presente(s) no gradiente elevacional selecionado. Utilizei dados de ocorrência pois as formigas são insetos sociais e uma colônia pode ser considerada como um superorganismo (Oster & Wilson, 1978), assim o registro de um indivíduo indica a presença de uma colônia ou de parte dela e a sua utilização não gera resultados superestimados, o que resultaria do

registro de abundância dos indivíduos (Romero & Jaffé, 1989; Longino, 2000). Assim, as análises quantitativas são baseadas na frequência de ocorrências das espécies em cada faixa elevacional. Outra tabulação foi montada somando a ocorrência das espécies de formigas coletadas, dando origem a uma matriz de registro.

Tanto a primeira como a segunda matriz, expressam a heterogeneidade amostrada, a existente dentro de cada faixa elevacional e a existente entre elas, pois uma representa a variação amostral e a outra a variação da densidade das espécies em cada faixa. As duas matrizes foram utilizadas nas análises exploratórias dos dados e nos testes de hipótese; entretanto, apenas os resultados obtidos com a segunda foram representados graficamente devido à melhor visualização que eles proporcionam em relação àqueles obtidos a partir da primeira matriz. Estas matrizes foram submetidas às análises estatísticas apropriadas, com o objetivo de descrever o comportamento da fauna de formigas de serapilheira ao longo do gradiente elevacional adotado.

Para estimar a riqueza de espécies de cada faixa elevacional, utilizei o número de espécies em cada uma das amostras de serapilheira, submetidas aos estimadores Mao Tau (Colwell *et al.*, 2004a) e Jacknife de 1ª ordem (Heltshel & Forrester, 1983), ambos com intervalo de confiança de 95%. Estas estimativas permitem verificar a eficiência do inventário (Colwell & Coddington, 1994) e comparar as faixas estudadas através de uma curva que representa a estimativa média gerada a partir de 100 aleatorizações do conjunto de dados reais. As estimativas foram geradas no programa EstimateS - versão 8.0 (Colwell, 2006).

Além destes estimadores, utilizei curvas de rarefação para comparar a riqueza de cada faixa, com base no número de registros das espécies coletadas. As curvas de rarefação foram geradas a partir de 100 reamostragens aleatórias de um grupo de N

registros, resultando em curvas de acumulação (Colwell *et al.*, 2004a). Estas curvas de acumulação que representam os valores estimados, para cada faixa e para todo o gradiente, foram construídas com o programa Statistica - versão 6.0 (StatSoft, Inc., 2001).

Para verificar se as variações dos valores estimados e absolutos foram significativas, utilizei regressões lineares múltiplas e simples, considerando tais valores como variável resposta e a altitude e a espessura da serapilheira como variáveis explicativas. Para escolher o modelo que melhor explica a variação desses valores, utilizei análises de variância (ANOVA) comparando-os. O coeficiente de determinação da regressão (r^2) indica o quanto a variação é explicada pela regressão. O teste de significância das regressões foi feito através do cálculo do valor da estatística F. Todo o procedimento destas análises regressivas foi feito com os modelos lineares generalizados do programa R (R Core Team, 2007), considerando a distribuição de Poisson, uma vez que a variável respostas é representada por dados de contagem. Para estas análises adotei o r^2 ajustado, pois ele não aumenta o poder explicativo da regressão com a inclusão de variáveis não significativas.

Além dos estimadores de riqueza, utilizei o índice de Shannon-Wiener (H' - Oksanen *et al.*, 2007) que, segundo Tavares (2002), é um dos mais indicados dentre aqueles comumente utilizados em análises de comunidades de formigas que pretendem comparar diferentes áreas. Para verificar se houve diferenças nos valores obtidos de H' , para cada faixa, apliquei o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis, utilizando o pacote Pgirmess do programa R (Giraudoux, 2008).

Considerando o padrão de riqueza encontrado, apliquei os dados às análises propostas por Colwell e Lees (2000), utilizando o programa Mid-Domain Null

(McCain, 2004). Para isto, calculei a amplitude das espécies, subtraindo a elevação máxima e a mínima em que cada espécie foi coletada, e o ponto médio (midpoint) da extensão de cada espécie. Estas análises baseiam-se em modelos nulos de distribuição de espécies gerados a partir de dados empíricos que consideram a amplitude de ocorrência das espécies e a posição destas dentro do limite geográfico do gradiente adotado. Assim, a distribuição estocástica das espécies seria representada por um modelo aproximadamente parabólico (Colwell & Lees, 2000).

As medidas de associação entre as faixas elevacionais foram calculadas a partir dos índices de similaridade de Jaccard e de Morisita. Para obter o primeiro, utilizei a matriz de ocorrência das espécies para cada uma das amostras e a matriz de ocorrência para cada faixa. O índice de Jaccard é utilizado para dados de presença e ausência de espécies e representa uma medida mais conservadora, dando pesos iguais às espécies (Legendre & Legendre, 1998; Oksanen et al., 2007). Já para o segundo índice, utilizei a matriz de registro das espécies em cada faixa para calcular a similaridade entre elas, pois o índice de Morisita é considerado o mais indicado para dados de contagem (Oksanen et al., 2007).

Além destas matrizes de similaridade, calculei as distâncias euclidianas para os valores de altitude, considerando cada um dos valores amostrais e uma média deles por faixa e para os valores de distâncias obtidos com ferramentas do programa Google Earth (versão gratuita).

As matrizes de similaridade geradas com o índice de Jaccard e as de distâncias euclidianas foram utilizadas nos Testes de Mantel (Mantel, 1967), com 1000 permutações, para verificar se a composição da fauna de formigas apresenta variação significativa ao longo do gradiente selecionado. Já a matriz de similaridade gerada com

o índice de Morisita foi submetida, com as matrizes euclidianas, ao teste de Mantel para verificar se as variações de incidência das espécies ao longo do gradiente eram significativas. Para tanto gerei, também com o pacote Vegan do R, uma matriz de Distância Euclidiana com valores de altitude de cada amostra e uma com a média destes valores para cada faixa elevacional. Além disso, calculei matrizes de distâncias entre as faixas, utilizando a distância métrica entre os pontos médios de cada faixa. A primeira foi correlacionada com a matriz simétrica de Jaccard e a segunda com a matriz simétrica de Morisita; sendo que em ambas utilizei o coeficiente de Spearman.

Com o intuito de investigar a ordenação das áreas de acordo com a composição faunística ao longo do gradiente, apliquei análises de correspondência “destendenciada” (DCA) (Ter Braak, 1995; Legendre & Legendre, 1998), utilizando o pacote Vegan (Oksanen et al., 2007) do programa R (R Core Team, 2007). Esta análise é a mais indicada para estudos de gradientes ecológicos pois corrige a compressão das extremidades e o efeito de arco (Ter Braak, 1995; Legendre & Legendre, 1998). Utilizei a matriz de frequência das espécies, excluindo aquelas com apenas um registro, pois influenciam pouco no resultado e aumentam muito o resíduo (Ter Braak, 1995). Com os valores do primeiro e do segundo eixos da DCA, construí um gráfico utilizando o programa Statistica - versão 6.0 (StatSoft, Inc., 2001), que apresenta a ordenação das faixas estudadas. Em seguida, foi feita uma análise de regressão linear simples, com os valores do primeiro eixo das DCAs como variável resposta e a altitude como variável explicativa, para verificar se a variabilidade apresentada pelas DCAs foi influenciada pelas elevações do gradiente estudado.

Por último, utilizando também uma análise de regressão simples, verifiquei se o número de espécies exclusivas variou significativamente ao longo do gradiente. Para

isso, utilizei os modelos regressivos generalizados do programa R (R Core Team, 2007), considerando o número de espécies exclusivas como variável resposta e a altitude como variável explicativa. Como a variável resposta é representada por dados de contagem, assumi a distribuição de Poisson.

Para verificar a adequabilidade dos modelos gerados, analisei os resíduos de todos os modelos regressivos gerados, utilizando o programa R.

Resultados

A fauna de formigas de serapilheira amostrada nas seis cotas elevacionais do gradiente adotado no Núcleo Picinguaba soma 176 espécies (Anexo 1). Os resultados dos inventários a cada faixa e para a área total estudada estão representados na figura 1; além disso, esta figura ilustra o número de espécies com uma e duas ocorrências, chamadas, respectivamente, de únicas e duplicatas e as estimativas do índice de Jackknife de primeira ordem. Na tabela 1, apresento uma síntese dos valores estimados de riqueza em cada faixa e para o gradiente estudado.

A riqueza de espécies observada variou ao longo do gradiente, apresentando-se maior na faixa dos 400 metros de altitude, com 103 espécies (Tabela 1). A variação da riqueza de espécies por m², em cada faixa elevacional adotada, é ilustrada pela figura 2, enquanto os valores de riqueza por m² são apresentados no Anexo 2 e os valores médios na tabela 1. Os resultados do teste de Kruskal-Wallis, que foi aplicado aos dados de riqueza, são apresentados na tabela 2. Já as curvas de estimativas de riqueza, geradas em função do número de registros das espécies, são apresentadas na figura 3.

O modelo de regressão linear múltipla entre a riqueza de espécies e o efeito combinado da altitude e da espessura da serapilheira explica a variação da riqueza ao longo do gradiente (AIC = 703,57; gl = 117; F = 4,024; p = 0,02042); entretanto, mostra que apenas a altitude explica os valores de riqueza ($z = -2,349$; $p(z) = 0,0188$). Já o modelo construído considerando apenas a altitude como variável explicativa mostrou a sua relação com o número de espécies em cada faixa adotada (Figura 4.a). A relação

entre a altitude e a espessura da serapilheira (Anexo 3) é explicada pela análise de regressão representada na figura 4.b.

A diversidade de espécies estimada com o índice de Shannon-Wiener (H') a cada faixa estudada variou com os valores de riqueza de espécie, sendo maior na faixa dos 400m e menor nas extremidades do gradiente (Tabela 1). Os resultados do teste de Kruskal-Wallis, que analisou a variância dos valores de H' , são apresentados na tabela 2.

As 176 espécies de formigas amostradas foram classificadas em 46 gêneros e 10 subfamílias (Anexo 1). Dentre as subfamílias amostradas, Myrmicinae foi a que apresentou maior riqueza de espécies (110), sendo seguida por Ponerinae (24), Formicinae (15), Ectatomminae (8), Heteroponerinae (5), Amblyoponinae (4), Proceratiinae (4), Dolichoderinae (3), Cerapachyinae (2) e Pseudomyrmecinae (1). Na figura 5.a estão representadas as proporções das subfamílias ao longo do gradiente.

Em relação aos gêneros de formigas, *Pheidole* com 26 espécies (15% do total) foi o mais rico ao longo do gradiente estudado, seguido por *Pyramica* e *Hypoponera* com 12 espécies cada (6,82%), *Solenopsis* com 11 (6,25%), *Octostruma* com 8 (4,54%) e *Apterostigma*, *Brachymyrmex*, *Cyphomyrmex* e *Strumigenys* com 7 espécies cada (3,98 cada), todos Myrmicinae, com exceção de *Hypoponera* (Ponerinae). Estes 10 gêneros juntos representaram 54% de todos os registros e suas proporções em relação à fauna total, em cada faixa, estão apresentadas na figura 5.b.

As espécies mais comuns no gradiente, seguidas no número de vezes em que foram registradas nas 120 amostras de 1 m² de serapilheira coletadas foram: *Hylomyrma reitteri* (72), *Solenopsis* sp 4 (69), *Solenopsis* sp 8 (65), *Gnamptogenys striatula* (64), *Hypoponera* sp 2 (63), *Hypoponera* sp 5 (63), *Solenopsis* prx. *terricola* (61) e *Strumigenys louisianae* (61). A

figura 5.c mostra a distribuição da ocorrência destas espécies ao longo do gradiente adotado.

A amplitude de ocorrência de cada espécie variou ao longo do gradiente elevacional, sendo que 34 espécies (19 %) ocorreram em todo o gradiente, enquanto que 42 (24%) foram amostradas apenas em uma das faixas elevacionais adotadas (Figura 6).

O modelo nulo gerado a partir da amplitude de ocorrência das espécies indica que o padrão de riqueza de espécies se ajusta marginalmente ao limite de 95% de confiança para o efeito de domínio médio (Figura 7). A correlação entre a riqueza esperada e a observada não foi significativa ($r^2_{\text{ajustado}} = 0,501$; $p = 0,07017$).

Na tabela 4 estão apresentados os resultados dos testes de Mantel, obtidos a partir dos valores de dissimilaridade faunística e de distâncias euclidianas entre as seis faixas elevacionais.

A variação da fauna ao longo do gradiente pode ser mais bem compreendida com os resultados gerados a partir das análises de DCA. Os três primeiros eixos da análise que considera a heterogeneidade amostral explicam 68,52% da variância total. Já os três primeiros eixos da análise que considera o número de registros de cada espécie em cada faixa elevacional explicam 46,50% da variação faunística ao longo do gradiente. As figuras 8. a. e b. mostram como a comunidade está estruturada ao longo do gradiente. As espécies que mais influenciaram a polarização do 1º eixo da análise de DCA, que considera a heterogeneidade amostral, foi *Pheidole* sp 15, *Octostruma* sp 2 e *Solenopsis* sp 1, nas altitudes mais baixas e *Octostruma* sp 1, *Discothyrea* sp 1 e *Cyphomyrmex plaumanni*, nas altitudes mais altas. Já as figuras 9 a. e b. mostram a relação existente entre os valores do primeiro eixo das duas DCAs e a variação elevacional.

Entre as espécies exclusivas em cada faixa temos, treze da cota 1000, nove da cota 50, seis das cotas 600 e 800 e, com apenas quatro espécies exclusivas, as cotas dos 200 e 400 metros altitude (Figura 10; Anexo 1 – destacadas com *). Os resultados da regressão entre as espécies exclusivas de uma faixa e as elevações estudadas são apresentados na figura 1.

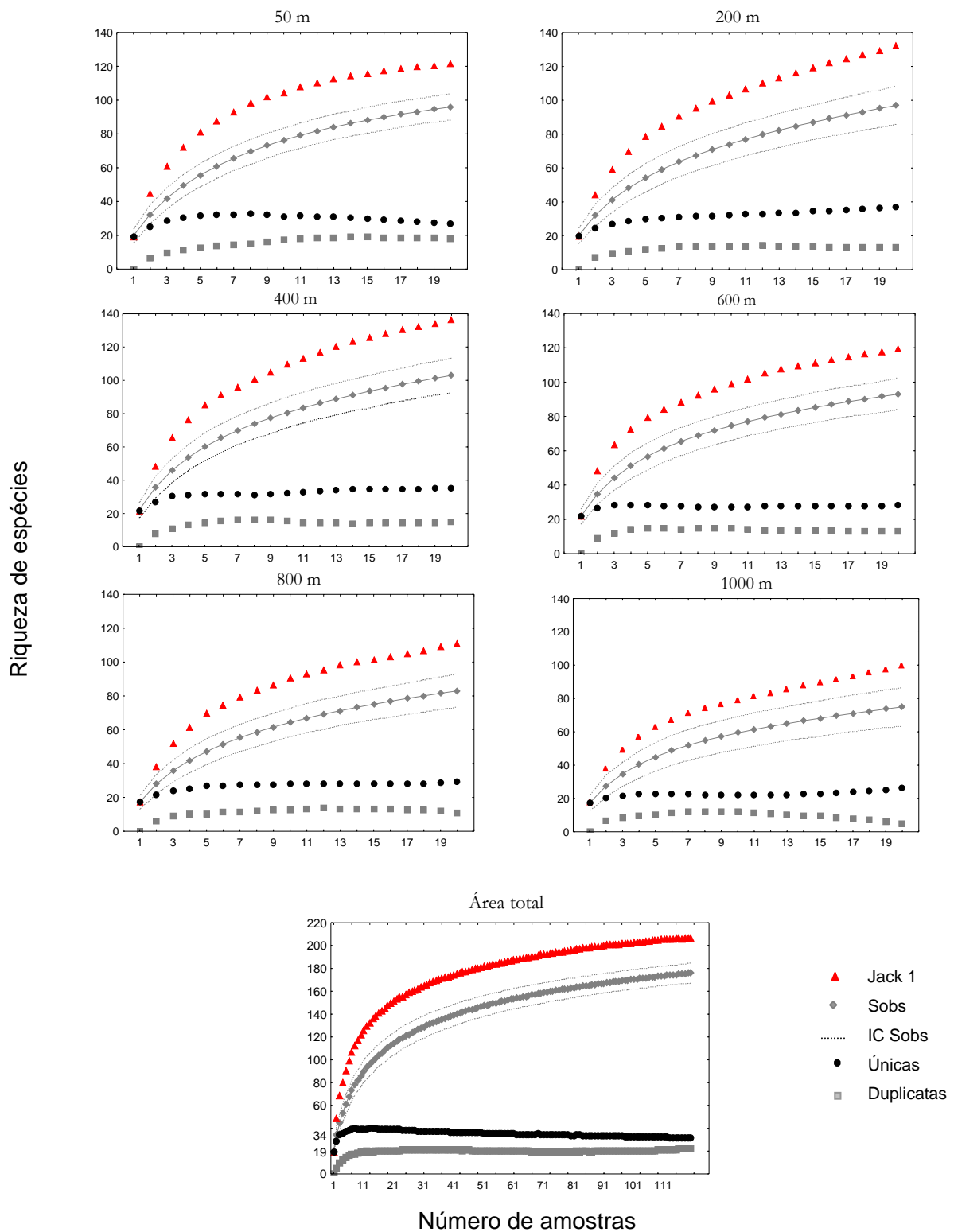


Figura 1. Curvas de acumulação de espécies de formigas observadas em 20 amostras de 1 m² de serapilheira a cada uma das seis cotas elevacionais e para a área total do gradiente estudado coberto por floresta ombrófila densa, no Núcleo Picinguaba do Parque Estadual da Serra do Mar, SP, Brasil, baseadas em 100 aleatorizações. Sobs = riqueza observada, IC Sobs = intervalo de confiança da riqueza observada para cada faixa, Jack 1 = estimador de riqueza Jackknife de 1ª ordem; únicas = espécies que ocorreram em uma amostra e duplicatas = espécies que ocorreram em duas amostras.

Tabela 1. Valores de riqueza de formigas obtidas em 20 amostras de 1 m² de serapilheira a cada uma das seis faixas elevacionais estudadas e para a área total, no Núcleo Picinguaba do Parque Estadual da Serra do Mar, SP, Brasil.

	Elevação (m)						Total
	50	200	400	600	800	1000	
Riqueza obs	92	97	103	93	83	75	176
Jack 1 (d.p.)	115 (3,87)	132 (5,89)	136 (6,74)	119 (4,45)	110 (7,23)	99 (5,18)	206 (5,17)
H'	2,93	2,96	3,05	3,04	2,79	2,81	2,91
Riqueza Média/m² (d.p.)	19,7 (4,95)	20 (4,6)	21,9 (4,4)	21,5 (3,7)	17,1 (4,1)	17,3 (3,5)	19,6 (2,0)
Únicas	25	37	35	28	29	26	31
Duplicatas	18	13	15	13	11	5	22

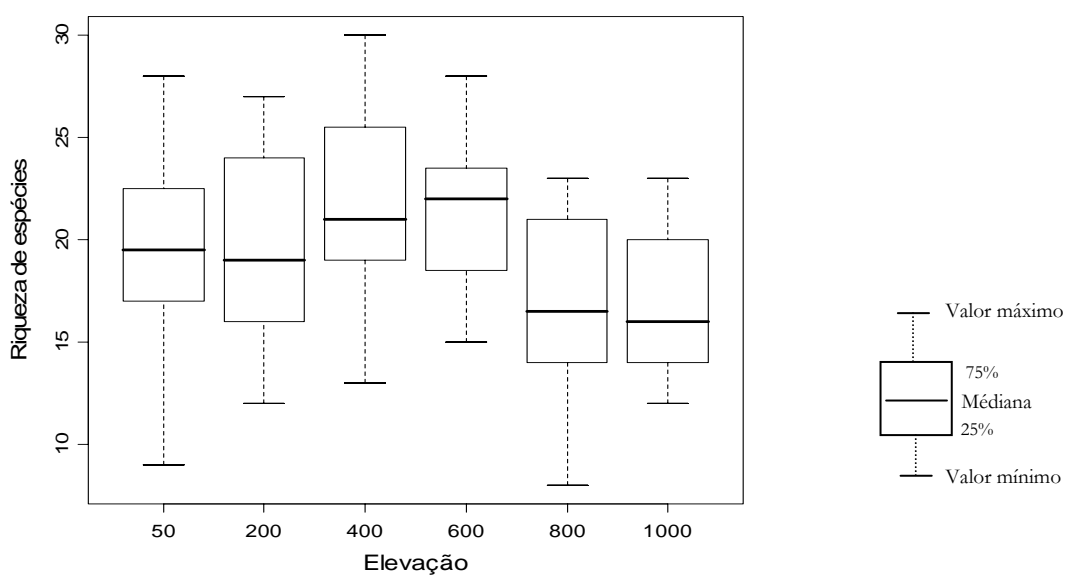


Figura 2. Número de espécies de formigas encontrado em 20 amostras de Winkler para 1 m² de serapilheira, em cada uma das seis faixas elevacionais amostradas no Núcleo Picinguaba do Parque Estadual da Serra do Mar, SP, Brasil. Os boxplots mostram a variação dos valores, indicando onde houve a maior concentração em relação a mediana.

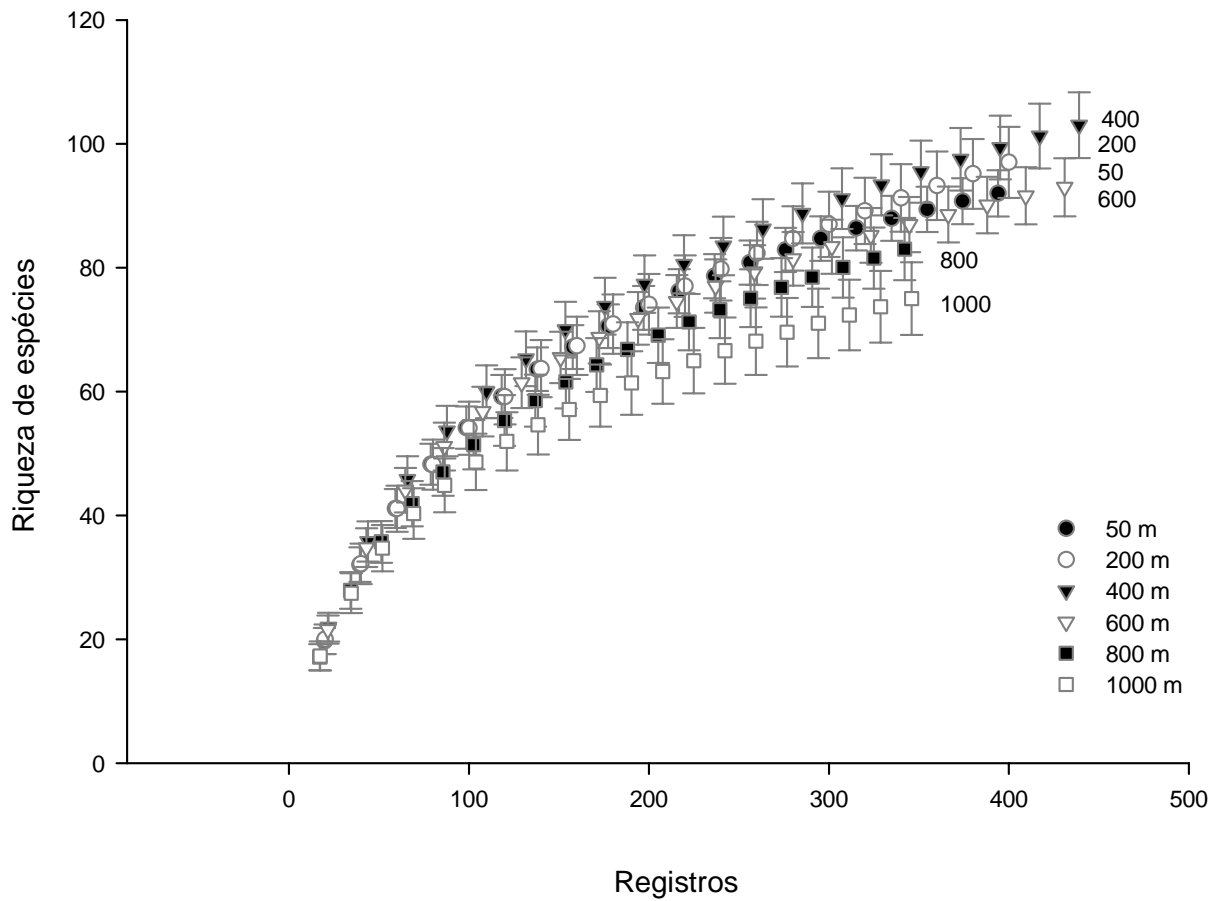
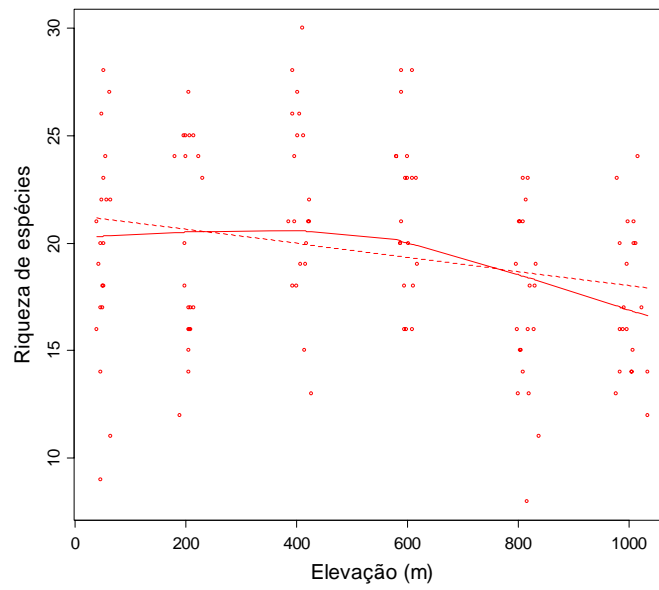


Figura 3. Curvas de rarefação da riqueza de espécies (Mao Tau) de formigas baseada nos registros de ocorrência em 20 amostras de 1m² de serapilheira a cada uma das seis cotas elevacionais do gradiente estudado, no Núcleo Picinguaba do Parque Estadual da Serra do Mar, SP, Brasil.

a.



b.

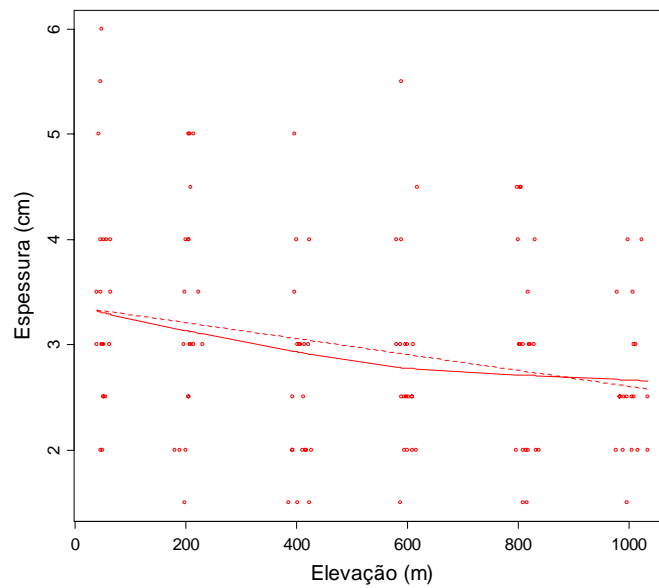


Figura 4. (a.) Regressões entre riqueza de espécies de formigas de serapilheira nas 20 amostras e a elevação ao longo do gradiente estudado ($AIC = 702,5$; $gl = 118$; $F = 7,1076$; $p = 0,0087$) e (b.) entre a elevação e a espessura da serapilheira ($r^2_{\text{ajustado}} = 0,0561$; $gl = 118$; $F = 8,075$; $p = 0,005$). A linha contínua representa a regressão linear entre os dados e a linha pontilhada representa a regressão linear ideal ($r^2 = 1$).

Tabela 2. Resultado do teste de Kruskal-Wallis comparando a diversidade e a riqueza de formigas de serapilheira entre pares de faixas elevacionais estudadas, no Núcleo Picinguaba do Parque Estadual da Serra do Mar, SP, Brasil ($\chi^2 = 32,287$, gl = 5). Diferenças significativas para $P < 0,05$ *.

Elevações (m)	Diversidade de Shannon-Wiener (H')		Riqueza de espécies	
	diferença observada	significância	diferença observada	significância
50-200	2,15	> 0,05	2,15	> 0,05
50-400	15,725	> 0,05	15,725	> 0,05
50-600	13,3	> 0,05	13,3	> 0,05
50-800	19,55	> 0,05	19,55	> 0,05
50-1000	21,075	> 0,05	21,075	> 0,05
200-400	13,575	> 0,05	13,575	> 0,05
200-600	11,15	> 0,05	11,15	> 0,05
200-800	21,7	> 0,05	21,7	> 0,05
200-1000	23,225	> 0,05	23,225	> 0,05
400-600	2,425	> 0,05	2,425	> 0,05
400-800	35,275	$\leq 0,05$ *	35,275	$\leq 0,05$ *
400-1000	36,8	$\leq 0,05$ *	36,8	$\leq 0,05$ *
600-800	32,85	$\leq 0,05$ *	32,85	$\leq 0,05$ *
600-1000	34,375	$\leq 0,05$ *	34,375	$\leq 0,05$ *
800-1000	1,525	> 0,05	1,525	> 0,05

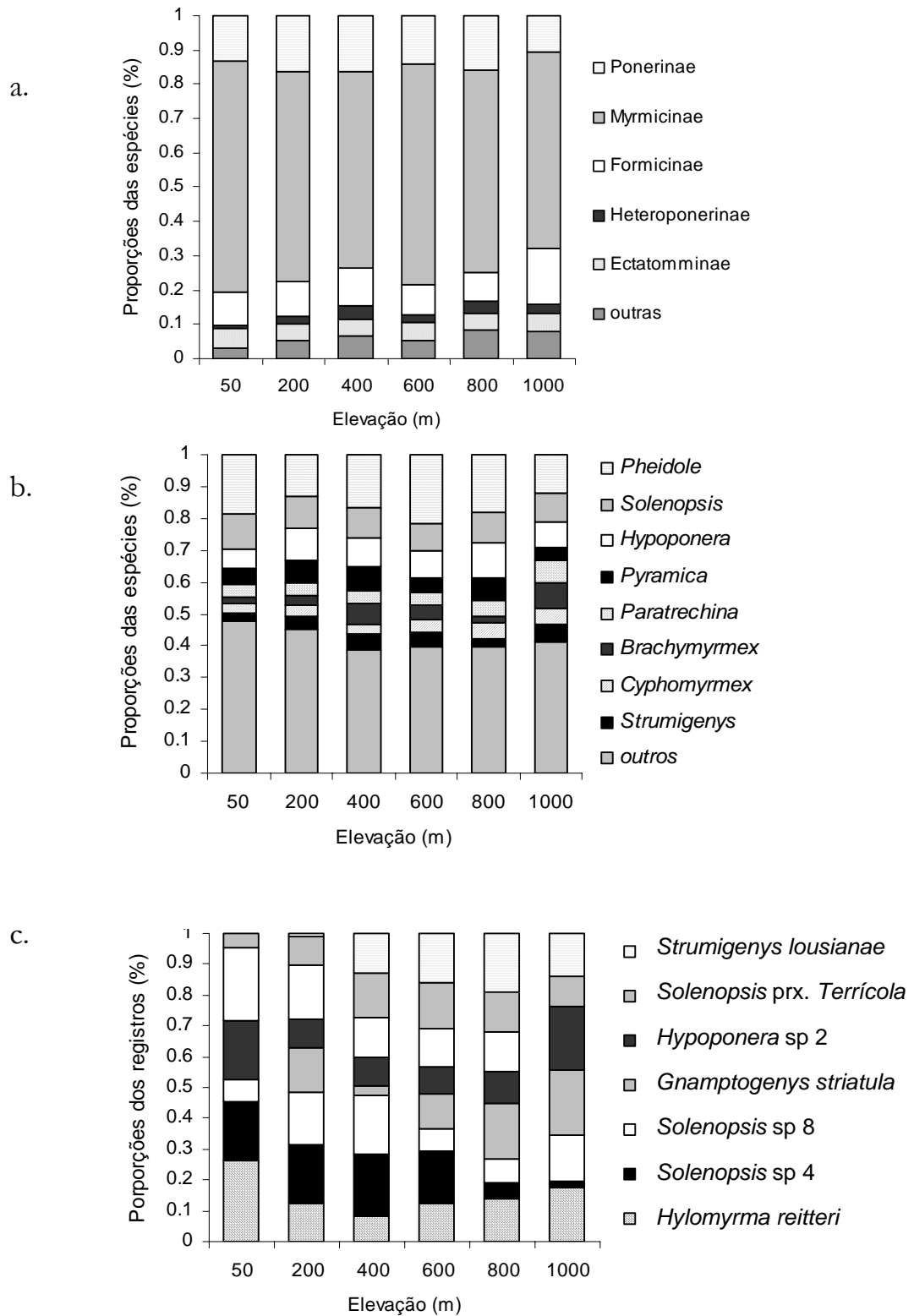


Figura 5. (a.) Distribuição percentual das espécies de formigas de serapilheira por subfamílias, (b.) por gêneros e (c.) por espécies mais ricas obtidas em 20 amostras de 1m² de serapilheira a cada uma das seis cotas elevacionais do gradiente estudado no Núcleo Picinguaba do Parque Estadual da Serra do Mar, SP, Brasil.

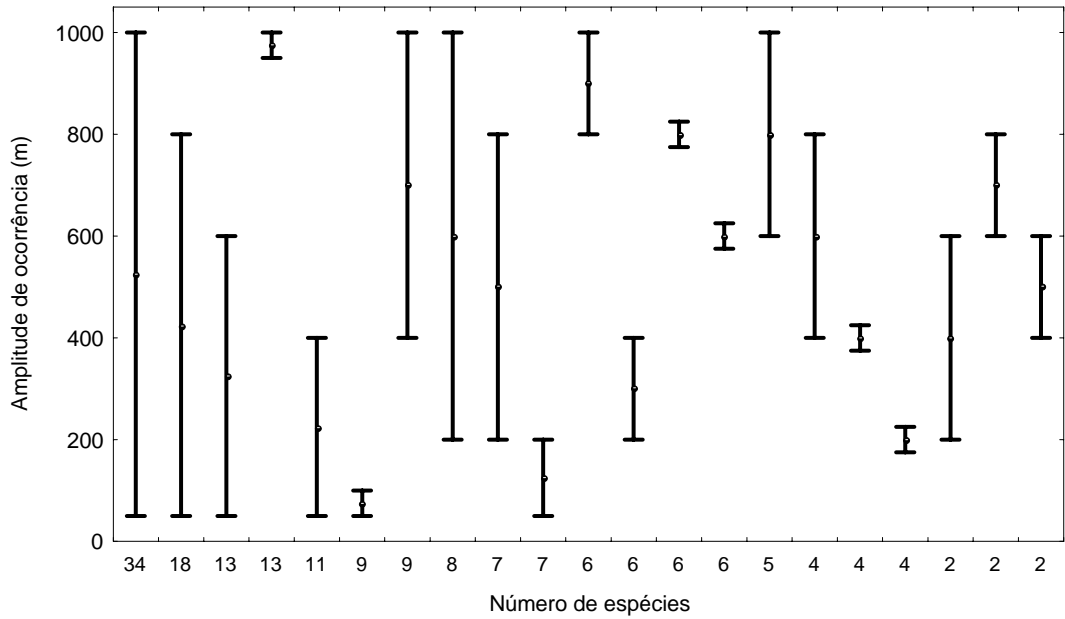


Figura 6. Extensões elevacionais (amplitude de ocorrência) das espécies de formigas de serapilheira quanto ao número de espécies que apresentam tal distribuição. As diferentes extensões foram ordenadas do maior número de espécies para o menor, considerando as seis faixas elevacionais investigadas no Núcleo Picinguaba do Parque Estadual da Serra do Mar, SP, Brasil.

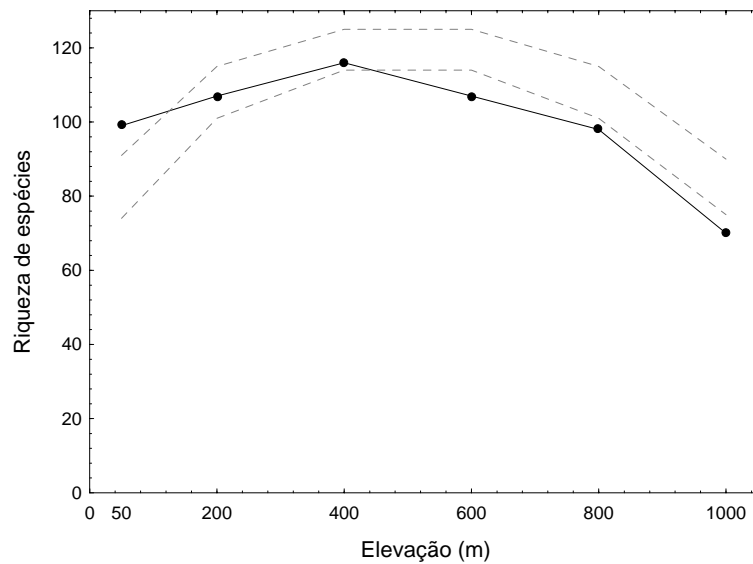


Figura 7. Riqueza de espécies de formigas de serapilheira (linha contínua) amostradas nas seis faixas elevacionais no Núcleo Picinguaba do Parque Estadual da Serra do Mar, SP, Brasil e intervalo de confiança (linhas tracejada) sem reamostragem, usando o tamanho das extensões empíricas e simulação com ponto médio do programa Mid-Domin Null (3,000 permutações).

Tabela 3. Matrizes simétricas de valores de distância obtidos através dos índices de Morisita na diagonal superior e de Jaccard na diagonal inferior, aplicados a uma matriz de registro de espécies de formigas de serapilheira nas seis faixas elevacionais do gradiente estudado no Núcleo Picinguaba do Parque Estadual da Serra do Mar, SP, Brasil.

Elevação (m)	50	200	400	600	800	1000
50	-	0,1282	0,3265	0,4997	0,5065	0,5975
200	0,5291	-	0,1511	0,3211	0,3377	0,4401
400	0,6419	0,5213	-	0,1101	0,3315	0,43
600	0,7477	0,6656	0,5382	-	0,1422	0,2913
800	0,7585	0,684	0,6758	0,5466	-	0,16
1000	0,8274	0,7668	0,7476	0,6695	0,6033	-

Tabela 4. Resultados dos testes de Mantel. Mantel 1 = valores obtidos a partir de matrizes simétricas de distâncias euclidianas das elevações e Mantel 2 = valores obtidos a partir de matrizes de distâncias euclidianas do espaço entre as seis faixas elevacionais no Núcleo Picinguaba do Parque Estadual da Serra do Mar, SP, Brasil (r = fator de correlação de Spearman, * indica significância).

	Jaccard		Morisita	
	r	P	r	P
Mantel 1	0,5886	< 0,001*	0,934	0,002*
Mantel 2	0,5674	<0,001*	0,8321	0,001*

* $P \leq 0,05$

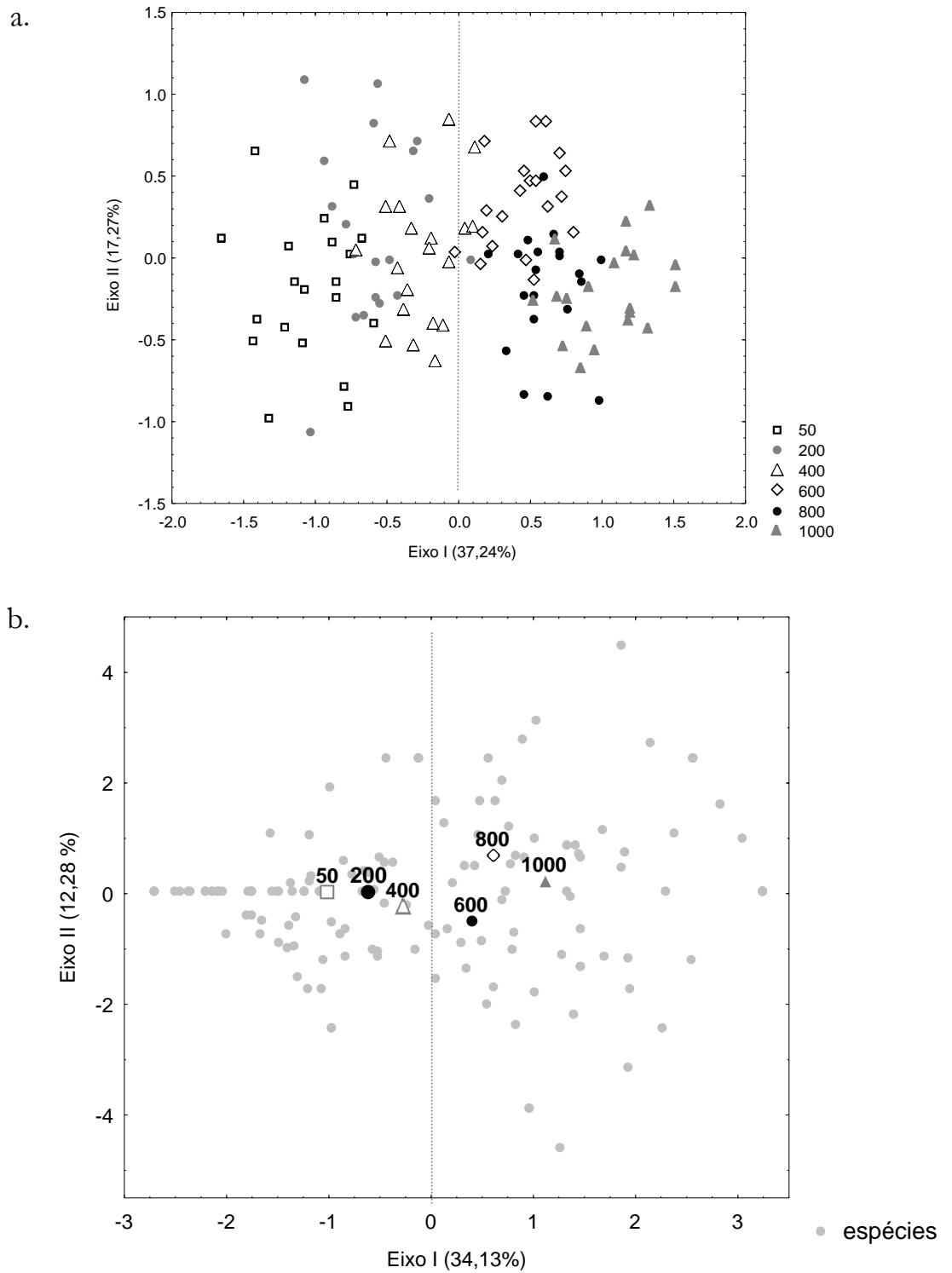
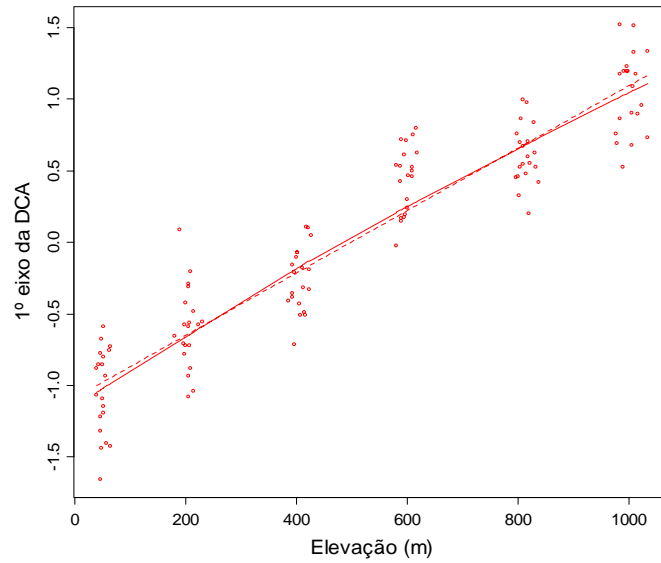


Figura 8. Projeção dos escores entre os dois primeiros eixos da análise de DCA, (a.) que considerou a heterogeneidade amostral nas seis faixas elevacionais e (b.) que considerou o número de ocorrência de cada espécie obtidas em 20 amostras de 1m² de serapilheira a cada uma das seis faixas elevacionais estudadas no Núcleo Picinguaba do Parque Estadual da Serra do Mar, SP, Brasil.

a.



b.

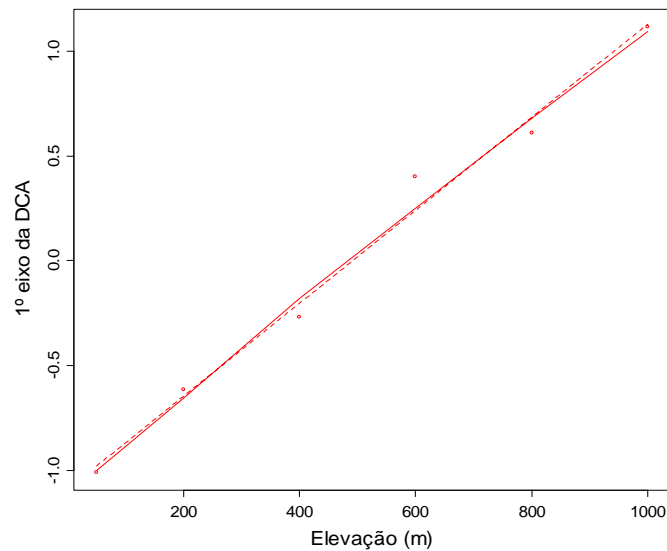


Figura 9. Relação entre o 1º eixo resultante da análise de DCA e a elevação altitudinal (a) de cada cota estudada com as 20 unidades amostrais em cada uma das seis faixas elevacionais ($r^2 = 0,8744$; $gl = 118$; $F = 829,7$; $p < 0,001$) e (b) para as seis cotas elevacionais ($r^2 = 0,9859$; $gl = 4$; $F = 349,6$; $p < 0,001$) no Núcleo Picinguaba do Parque Estadual da Serra do Mar, SP, Brasil. A linha contínua representa a regressão linear entre os dados e a linha pontilhada representa a regressão linear ideal ($r^2 = 1$).

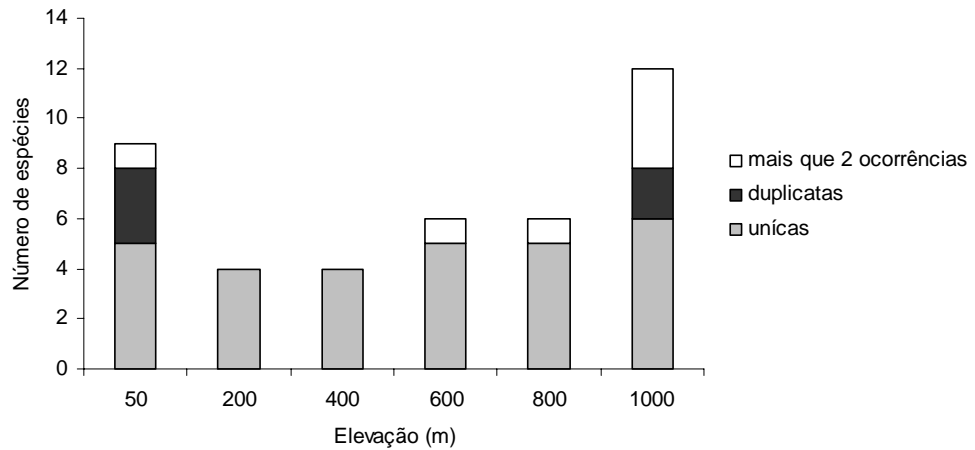


Figura 10. Número total de espécies exclusivas de formigas obtidas em 20 amostras de 1m² de serapilheira a cada uma das seis faixas elevacionais estudadas no Núcleo Picinguaba do Parque Estadual da Serra do Mar, SP, Brasil.

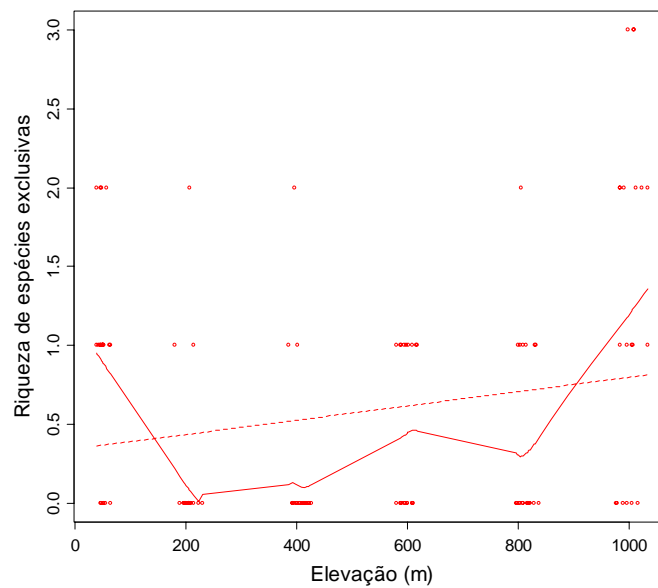


Figura 11. Regressões entre as espécies exclusivas de cada faixa e a elevação altitudinal (a) de cada uma das seis faixas elevacionais ($r^2_{\text{ajustado}} = 0,02$; $gl = 118$; $F = 4,465$; $p = 0,036$) do Núcleo Picinguaba do Parque Estadual da Serra do Mar, SP, Brasil. A linha contínua representa a regressão linear entre os dados e a linha pontilhada representa a regressão linear ideal ($r^2 = 1$).

Discussão

A fauna de formigas da serapilheira amostrada pelo presente estudo acrescentou 51 espécies à lista de formigas conhecidas para o Núcleo Picinguaba do PESHM, que era de 125 - número levantado pelo projeto temático “Riqueza de Hymenoptera e Isoptera ao longo de um gradiente latitudinal de Floresta Atlântica – a floresta pluvial do leste do Brasil” do Programa Biota/Fapesp, nas áreas baixas do trecho da Serra do Mar localizado no mesmo Núcleo. Esta diferença deve estar relacionada tanto à maior heterogeneidade espacial acessada por este trabalho, uma vez que 24 espécies ocorreram somente nas faixas mais altas, 800 e 1000 metros, quanto a diferença no esforço amostral, representado pelo menor número de amostras estudadas pelo Projeto Biota; é sabido que o número de espécies coletadas depende do esforço amostral aplicado (Longino & Colwell, 1997).

Em relação a outras áreas de floresta ombrófila densa, os valores de riqueza de espécies por metro quadrado, expressos na figura 2, são semelhantes aos apresentados por Silva (2007), que registrou em três localidades da região Sul e numa no sul da região Sudeste do Brasil médias entre 16,76 e 20,78 espécies/m² e um pouco superiores àqueles obtidos por Tavares (2002) que registrou, em quatro localidades do Sudeste brasileiro - duas delas acima dos 600 metros de altitude e duas próximas ao nível do mar - médias entre 10,52 e 15,26 espécies/m² respectivamente. A média menor apresentada por Tavares (2002) deve-se, possivelmente, às constantes chuvas no período em que ele fez as coletas. Ward (2000), considerando 49 trabalhos para a região Neotropical, apresenta uma média um pouco maior que a registrada no presente estudo, de 26,8 espécies/m² com um desvio padrão, entretanto, bastante amplo, de 17,3

espécies/m², o que torna a diferença entre o valor médio obtido por ele e o do presente trabalho pouco significativa.

Pela análise das curvas de acumulação (Figura 1), notamos que a fauna mirmecológica de serapilheira pode ser considerada bem amostrada em todas as faixas altitudinais, uma vez que tenderam à estabilização. As formigas formam um grupo hiperdiverso, com um número relativamente grande de espécies raras (espécies únicas e duplicatas), o que dificulta a geração de curvas de acumulação com assíntota evidente (Longino *et al.*, 2002; Leponce *et al.*, 2004). Portanto, mesmo que as curvas não tenham atingido a assíntota, pode-se considerar que as tendências registradas indicam que a metodologia aplicada foi suficiente para a comparação da comunidade entre as faixas.

Através da figura 5, nota-se que as proporções das subfamílias e dos gêneros mais ricos variaram pouco ao longo do gradiente. Estas subfamílias e gêneros também se apresentam como os de maior riqueza em outras áreas da Mata Atlântica (Delabie, 2000; Tavares, 2002; Silva, 2007) e da região tropical (Fisher, 1998, 1999; Ward, 2000). A predominância das Myrmicinae pode ser atribuída à dieta onívora que proporciona hábitos generalistas e à alta capacidade adaptativa do grupo (Hölldobler & Wilson, 1990). Já as Ponerinae, que compõem o segundo grupo mais rico, são predominantemente predadoras (Hölldobler & Wilson, 1990).

Os dois gêneros com maior número de espécies, *Pheidole* e *Hypoponera*, são os mesmos apresentados pela grande maioria dos estudos de comunidades mirmecológicas em florestas tropicais (Fisher, 1996, 1998; Ward, 2000; Tavares, 2002; Silva, 2007). Segundo Ward (2000), a hiperdiversidade de *Pheidole* (Myrmicinae) na serapilheira é típica da região neotropical e deve estar associada a uma combinação vantajosa do tamanho relativamente pequeno dos indivíduos, dos curtos períodos reprodutivos e do

emprego de mecanismos de defesa química (soldados e operárias) e física (soldados), aliados aos grandes efetivos das colônias (Wilson, 2003).

Na figura 5c, verifica-se a variação de ocorrência das espécies mais comuns. Os dados obtidos pelo presente estudo e por Tavares (2002) sugerem que *Strumigenys lousianae* é uma espécie típica de áreas mais altas da Floresta Ombrófila Densa, pois foi comum nas faixas entre 600 e 1000 metros de altitude.

Analisando a amplitude de ocorrência das 176 espécies registradas ao longo do gradiente (Figura 6), 23% ocorreram em apenas uma faixa, enquanto o restante apresentou extensão elevacional média de aproximadamente 650 metros. Estes resultados são, relativamente, próximos àqueles registrados por Olson (1994) e Almeida-Neto *et al.* (2006) que obtiveram, respectivamente, 27 e 22 % de espécies exclusivas de uma única faixa e amplitude média, para as demais espécies, de aproximadamente 500 e 570 metros. O primeiro considerou toda a fauna de invertebrados de serapilheira ao longo de um gradiente elevacional no Panamá e, o segundo, a fauna de opiliões em três gradientes elevacionais na Floresta Atlântica, sendo um deles o mesmo que o do presente estudo.

As estimativas de riqueza obtidas com o Jackknife de 1ª ordem e as de diversidade, com o índice de Shannon-Wiener (H'), foram maiores na faixa dos 400 metros e variaram de forma similar ao longo do gradiente (Tabela 1). As curvas de rarefação com base no número de registros (Figura 3) apresentam resultados equivalentes aos obtidos com as estimativas de riqueza e de diversidade, confirmando a cota de 400 metros de altitude como a mais rica do gradiente.

De acordo com os modelos regressivos gerados, a variação no número de espécies ao longo do gradiente é explicada essencialmente pela variação elevacional. A espessura da serapilheira, que pode ser um fator que afeta significativamente os valores

de riqueza pois a sua diminuição disponibilizaria menor número de recursos (Hölldobler e Wilson, 1990; Brühl *et al.*, 1999; Campos *et al.*, 2003), variou significativamente ao longo do gradiente, mas de acordo com o modelo de regressão múltipla, não explica a variação da riqueza (Figura 4). Dunn (2000) e Corrêa *et al.* (2006) também não encontraram relação significativa entre a riqueza de formigas e a espessura ou o volume da serapilheira. Já Carvalho e Vasconcelos (1999) constataram uma relação positiva e significativa.

Os resultados apresentados pelos testes de Kruskal-Wallis indicam que os valores de riqueza e de diversidade variaram significativamente apenas entre as faixas intermediárias e altas. Esta variação pode ser acompanhada através da figura 2, onde se nota que os valores medianos de riqueza, nos 400 e 600 metros de altitude, são maiores que nas demais faixas, principalmente, em relação a 800 e 1.000 metros. A diferença na variação dos valores entre as demais faixas não foi significativa, possivelmente porque apresentaram alta variância, como ocorreu nos 50 e 200 metros, ou então por uma equivalência no intervalo dos valores, como aconteceu entre as faixas altas e baixas.

O padrão de riqueza encontrado pode ser descrito, portanto, por um número maior de espécies nas elevações intermediárias (400 metros de altitude), como observado por vários pesquisadores em diversos ecossistemas e para outros grupos taxonômicos (Olson, 1994; Rahbek, 1995; Samson *et al.*, 1997; Fisher 1998, 1999, 2000; Ward, 2000; Sanders, 2002). Na Floresta Tropical Atlântica, diversos táxons de animais apresentam o mesmo padrão (Sawaya, 1999; Lopes *et al.*, 2005; Rajão & Cerqueira, 2006).

Entretanto, outro padrão comum de riqueza tem sido registrado para diferentes grupos animais. Fernandes *et al.*, (1997) e Soares (2003), considerando, respectivamente, a fauna de formigas em área de cerrado e em campos rupestres no Estado de Minas

Gerais, observaram diminuição gradual no número de espécies com o aumento da altitude, como registrado por Fisher (1996) e Brühl *et al.* (1999) em outras regiões tropicais. Na Mata Atlântica, Almeida-Neto *et al.* (2006) também observaram um padrão monotônico para a riqueza de opiliões em três gradientes elevacionais, incluindo o selecionado para o presente estudo. Há, ainda, trabalhos que não encontraram um padrão definido de riqueza (Geraldes, 2005; Lazzari e Lazzarotto, 2005).

Segundo Soares (2003), o padrão com pico médio de riqueza, são registrados em gradientes elevacionais que envolvem áreas próximas ao nível do mar. Quando o gradiente em estudo tem por base elevações maiores, como aquelas estudadas por Fernandes *et al.* (1997) e Soares (2003), o padrão de riqueza observado é o decréscimo monotônico da riqueza com o aumento elevacional. É possível que estes padrões estejam diretamente relacionados à variação climática, pois o decréscimo monotônico pode ser decorrente de condições climáticas muito diferentes entre as extremidades.

Segundo Fisher (1998), o pico de riqueza em elevações intermediárias se deve à presença de espécies tanto da fauna do topo da montanha como das regiões mais baixas do gradiente, caracterizando um ecótono. Entretanto, de acordo com Colwell e Hurr (1994) e Colwell e Lees (2000), o pico médio de riqueza pode ser explicado pela distribuição estocástica das espécies que estariam restritas ao limite geográfico imposto pelo topo e a base da montanha. Esta distribuição resultaria em um aumento na sobreposição das distribuições das espécies no centro do gradiente, devido à ausência de fatores ambientais e históricos influenciadores. Esta hipótese é chamada de efeito do domínio médio (EDM) (Cowell & Lees, 2000). O teste do EDM indica que a distribuição das espécies de formigas ao longo do gradiente ocorre, em parte, de forma estocástica, já que os valores empíricos de riqueza estão parcialmente relacionados aos valores preditos ($r^2_{\text{ajustado}} = 0,501$), sendo esta relação marginalmente significativa ($p =$

0,0701). De acordo com Grytnes e McCain (2008), o EDM pode operar como um papel de ajuste entre fatores bióticos ou abióticos, mas provavelmente não é o principal gerador de padrões de riqueza em gradientes elevacionais. Assim, os desvios apresentados entre a riqueza predita e estimada pelo modelo nulo indicam a influência de fatores abióticos e/ou bióticos na determinação do padrão encontrado (Whittaker *et al.*, 2001; Colwell *et al.*, 2004b; McCain, 2004; Grytnes & McCain, 2008).

Os fatores ambientais que podem influenciar a distribuição das espécies de formigas ao longo de gradientes elevacionais, junto à costa litorânea, são, de acordo com Fisher (1996) e Brühl e col (1999), o aumento da umidade, a diminuição da temperatura e a diminuição da radiação solar devido à presença constante de nuvens nas elevações mais altas, o que reduz a produtividade primária nelas (Rosenzweig & Abramsky, 1993). Tais fatores interfeririam na atividade de forrageamento das operárias, podendo afetar o desenvolvimento larval (Brown, 1973). Embora o presente estudo não tenha atingido as elevações estudadas por estes autores, pude constatar que a presença de nevoeiros é bastante freqüente nas elevações mais altas. Geraldine (2005), estudando o mesmo gradiente que adotei, encontrou diferenças significativas de precipitação entre as áreas baixa, média e alta do gradiente. Contudo, tanto ele quanto Almeida-Neto *et al.* (2006) não encontraram diferenças significativas de temperatura ao longo do mesmo gradiente.

Os resultados obtidos das análises de dissimilaridade (Tabela 3) mostraram que esta aumenta com a distância entre as faixas, o que significa que a composição da fauna de formigas varia ao longo do gradiente. De acordo com os testes de Mantel, tal variação foi significativa tanto para as distâncias entre as faixas quanto para a altitude (Tabela 4).

A variação na composição faunística é mais bem entendida a partir das análises das DCAs (análise de correspondência destentenciada), pois mostram como a comunidade está estruturada ao longo do gradiente. Através da figura 8b, nota-se que houve uma substituição gradual das espécies entre as áreas baixas e altas. Esta substituição, segundo os testes de Mantel, está significativamente relacionada à variação elevacional e acontece de maneira que a fauna mirmecológica possa ser dividida em duas assembléias, uma das áreas baixas e a outra das áreas altas (Figura 8). Lacerda (2001) encontrou duas comunidades no caso de espécies vegetais, no mesmo gradiente do presente estudo. As duas assembléias são, ainda, coincidentes aos agrupamentos sugeridos por Veloso *et al.* (1991).

Fisher (1998, 2000) encontrou duas comunidades mirmecológicas em gradientes elevacionais em florestas densas sempre-verdes de Madagascar, sugerindo a presença de um écotono entre as duas comunidades, pois encontrou uma queda na similaridade entre as áreas intermediárias adjacentes. De acordo com os resultados de similaridade obtidos aqui, não há queda semelhante nas faixas medianas. Além disso, quando se analisa quantas espécies são comuns a estas duas comunidades, nota-se que mais de 50% delas ocorrem na área de transição entre elas, o que não caracteriza duas comunidades fechadas com uma zona de substituição súbita das espécies (ecótono), mas sim um *continuum* (Ricklefs, 1996).

Quando consideramos as duas assembléias e o número de espécies exclusivas de cada faixa elevacional adotada, nota-se que o número de espécies variou de forma significativa (Figura 11) e bastante interessante, uma vez que foi menor nas faixas que tiveram a maior estimativa de riqueza (200 e 400) e maior nas extremidades do gradiente, principalmente na cota 1000, onde a área é menor (Figura 10). Isso pode ser uma consequência da substituição de espécies ao longo do gradiente, pois nas

extremidades, onde as duas comunidades estão mais bem estruturadas, as espécies raras ocupam nichos específicos, enquanto na faixa de transição, onde possivelmente a competição é maior, os nichos específicos são ocupados, em parte, por espécies da comunidade da base do gradiente e, em parte, por espécies da comunidade do topo da montanha.

Os resultados permitiram também verificar se a estratégia adotada pelo projeto temático “Riqueza de Hymenoptera e Isoptera ao longo de um gradiente latitudinal de Floresta Atlântica – a floresta pluvial do leste do Brasil”, de privilegiar duas faixas altitudinais (entre 0 e 100 m e entre 800 e 900 m do nível do mar) permitiu amostrar a fauna de formigas de serapilheira de forma representativa, avaliando ainda o efeito da variação altitudinal em estudos faunísticos de gradientes latitudinais. Os resultados aqui obtidos indicam perda de número significativo de espécies pela estratégia do projeto, pois a faixa mais rica (cota de 400 m) não foi amostrada e pela existência de espécies exclusivas em todas as faixas. Entretanto, para os objetivos do projeto, a fauna das faixas extremas representa parte preponderante da fauna de formigas que ocupa a serapilheira da Floresta Atlântica, permitindo a comparação pretendidas entre os pontos do gradiente, naquele caso, latitudinal.

Conclusões

Os resultados do levantamento mostraram-se bastante representativos da fauna mirmecológica esperada para a faixa de elevação entre 50 e 1000 m de altitude em relação ao nível do mar, no Núcleo Picinguaba, Ubatuba, SP, Brasil, uma vez que os valores de riqueza de espécies foram, em média, bastante semelhantes àqueles encontrados por inventários mais extensos (Ward, 2000; Tavares, 2002; Silva, 2007) e pelas estimativas de riqueza estarem relativamente próximas aos números obtidos. Como tem sido relatado em outros levantamentos, Myrmicinae foi a subfamília mais rica, apresentando *Pheidole* (26 espécies) como o gênero mais rico.

A riqueza varia de forma significativa ao longo do gradiente e apresenta-se, de acordo com todas as estimativas calculadas, maior na faixa dos 400 metros, ou seja, na região intermediária do gradiente, caracterizando o padrão de riqueza conhecido como pico médio. De acordo com os modelos regressivos, isto deve-se possivelmente às variações bióticas e/ou abióticas, intrínsecas ao gradiente elevacional estudado, uma vez que a relação com este foi baixa, mas significativa. Como a riqueza não apresentou relação com a espessura da serapilheira, apesar desta ter variado significativamente ao longo do gradiente, é possível que a variação dela esteja ligada a outros fatores abióticos.

Já quanto ao padrão de riqueza, pode-se concluir, através dos resultados obtidos com as análises de domínio médio, que ele é influenciado por processos estocásticos, uma vez que a relação entre os valores empíricos e preditos apresentaram-se conforme o esperado se o padrão fosse o mais adequado para explicar os resultados, é altas e apenas marginalmente significativas. Assim, os desvios apresentados por este teste

sugerem que o padrão deve ter influência de diversos fatores além dos estocásticos, como aqueles bióticos e/ou abióticos relacionados à variação da riqueza.

A composição das espécies também variou de forma significativa ao longo do gradiente, ocorrendo quase que uma substituição completa da fauna entre os extremos, pois, segundo o índice de Jaccard, menos que 20% da fauna é comum às duas extremidades do gradiente. Esta substituição ocorre de maneira que caracteriza um *continuum* ao longo do gradiente, definindo uma comunidade com duas assembléias, uma para as elevações mais altas (600, 800 e 1000 metros de altitude) e uma para as mais baixas (50, 200 e 400 metros).

Concluí-se, ainda, que o número de espécies exclusivas em cada faixa pode estar diretamente relacionado à estrutura do *continuum*. Acredita-se que nas faixas intermediárias, onde a riqueza é maior, há menos nichos específicos a serem ocupados, pois há uma sobreposição faunística das duas comunidades encontradas. Isso indica que os fatores bióticos podem ser um dos principais determinantes para o pico de riqueza de espécies na região intermediária do gradiente, como foi discutido acima. Entretanto, esta conclusão só poderá ser confirmada com o estudo da estrutura de guildas.

Este estudo mostrou a importância de se incluir variações elevacionais em estudos de distribuição de espécies de formigas, pois revelaram a existência de um número expressivo de espécies exclusivas de altitudes intermediárias, influenciando as listas faunísticas apresentadas pelo Projeto “Diversidade de Hymenoptera e Isoptera ao longo de um gradiente latitudinal de Floresta Atlântica – a floresta pluvial do leste do Brasil”, do programa BIOTA e na formulação de estratégias de conservação da riquíssima Mata Atlântica.

Referências Bibliográficas

- ACIESP-Academia de Ciências do Estado de São Paulo. 1997. **Glossário de Ecologia**. São Paulo, Publicações ACIESP nº 103, 2ª ed. 352p.
- Agosti, D. & Alonso, L.E. 2000. The All Protocol: a standard protocol for the collection of ground-dwelling ants. *In*: Agosti, D.; Majer, J.D.; Alonso, L.E. & Schultz, T.R. **Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Washington, Smithsonian Institution Press. p. 99-121.
- Almeida, F.F.M. de & Carneiro, C.D.R. 1998. Origem e evolução da Serra do Mar. **Revista Brasileira de Geociências**, **28**: 135-150
- Almeida-Neto, M.; Machado, G.; Pinto-da-Rocha, R. & Giaretta, A.A. 2006. Harvestman (Arachnida: Opiliones) species distribution along three Neotropical elevational gradients: an alternative rescue effect to explain Rapoport's rule? **Journal of Biogeography**, **33**: 2: 361-375.
- Alonso, L.E., & Agosti, D. 2000. Biodiversity Studies, Monitoring, and Ants: An Overview. *In*: Agosti, D.; Majer, J.D.; Alonso, L.E. & Schultz, T.R. 2000. **Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Washington, Smithsonian Institution Press. p. 1-8.
- Araújo, L.M. & Fernandes, G.W. 2003. Altitudinal patterns in a tropical ant assemblage and variation in species richness between habitats. **Lundiana**, **4**:103-109.
- Begon, M.; Harper, J.L. & Townsend, C.R. 1996. **Ecology: individuals, populations and communities**. 3rd ed. Oxford, Blackwell Science. 1068 p.
- Bestelmeyer, B.T.; Agosti, D.; Alonso, L.E.; Brandão, C.R.F.; Brown Jr. W.L; Delabie, J.C.H. & Silvestre, R. 2000. Field techniques for the study of ground dwelling ants.

- In*: Agosti, D.; Majer, J. D.; Alonso, L.A. & Schultz, T. (eds). **Ants: standard methods for measuring and monitoring biological diversity**. Washington, Smithsonian Institution Press. p. 122-144.
- Bolton, B. 1994. **Identification guide to the ant genera of the world**. Cambridge, Harvard University Press. 222 p.
- Bolton, B.; Alpert, G.; Ward, P.S. & Naskrecki, P. 2006. **Bolton's Catalogue of Ants of the World 1758 – 2005**. Cambridge, Harvard University Press. CD-ROM.
- Brandão, C.R.F.; Silva, R.R. & Scott-Santos, C.P. 2005. Estratégias para avaliação da riqueza e diversidade de Hymenoptera e Isoptera ao longo de um gradiente latitudinal na Mata Atlântica: a floresta pluvial do leste do Brasil. *In*: Bousquets, J.L. & Morrone, J.J. (eds). **Regionalización biogeográfica en Iberoamérica y tópicos afines**. México, CYTED / UNAM / CONABIO. p. 469-483. (Jornadas Biogeográficas de la Red Iberoamericana de Biogeografía y Entomología Sistemática, 1).
- Brown, J.H. 1995. *Macroecology*. Chicago, The University of Chicago Press. 269 p.
- Brown, W.L. 1973. A comparison of the Hylean and Congo-West African rain forest ant faunas. *In*: Meggers, B.J.; Ayensu, E. S. & Duckworth, W.D. (eds). **Tropical forest ecosystems in Africa and South American: a comparative review**. Washington, Smithsonian Institute Press. p. 161-185.
- Brühl, C.; Mohamed, M. & Linsenmair, K.E. 1999. Altitudinal distribution of leaf litter ants along a transect in primary forests on Mount Knimabalu, Sabah, Malaysia. **Journal of Tropical Ecology**, 15: 265-277.
- Câmara, I.G. 2005. Breve história da conservação da Mata Atlântica. *In*: Galindo-Leal, C. & Câmara, I.G. (orgs). **Mata Atlântica: biodiversidade, ameaças e**

- perspectivas.** São Paulo, Fundação SOS Mata Atlântica. Belo Horizonte, Conservação Internacional. p. 31-65.
- Campos, R.B.F.; Schoereder, J. H. & Sperber, F.C. 2003. Local determinants of species richness in litter ant communities (Hymenoptera: Formicidae). **Sociobiology**, **41**: 357 – 367.
- Carvalho, K.S. & H.L. Vasconcelos. 1999. Forest fragmentation in central Amazonia and its effects on litter-dwelling ants. **Biological Conservation** **91**: 151-157.
- Colwell, R.K. 2006. **EstimateS: statistical estimation of species richness and shared species from samples.** Version 7. User's guide and application. (Disponível em: <http://viceroy.eeb.uconn.edu/EstimatesS>, acesso em 15/06/2007).
- Colwell, R.K. & Coddington, J.A. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. **Philosophical Transactions of the Royal Society (Series B)**, **345**: 101-118
- Colwell, R.K. & Hurtt, G.C. 1994. Nonbiological gradients in species richness and a spurious Rapoport effect. **The American Naturalist**, **144**: 570-595.
- Colwell, R.K. & Lees, D.C. 2000. The mid-domain effect: geometric constraints on the geography of species richness. **Trends in Ecology & Evolution**, **15**: 70-76.
- Colwell, R.K.; Mão, C.X. & Chang, J. 2004a. Interpolating, extrapolating and comparing incidence-based species accumulation curves. **Ecology**, **85**: 2717-2727
- Colwell, R.K.; Rahbek, C. & Gotelli, N. 2004b. The Mid-Domain Effect and species richness patterns: what have we learned so far? **The American Naturalist**, **163**: E1-23.
- Conti, J.B. & Furlan, S.A. 2001. Geocologia: O clima, os solos e a biota. *In*: Ross, J.L.Sanches (org.). **Geografia do Brasil.** São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo. p. 67-208.

- Corrêa, M.M.; Fernandes, W.D. & Leal, I.R. 2006. Diversidade de formigas epigéicas (Hymenoptera: Formicidae) em capões do Pantanal sul matogrossense: relações entre riqueza de espécies e complexidade estrutural da área. **Neotropical Entomology**, **35**: 724 - 730
- Cruz, O. 1974. **A Serra do Mar e o litoral na área de Caraguatatuba: contribuição à geomorfologia tropical litorânea**. Tese (Doutorado). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. 181 p. (Publicação IG, Série Teses e Monografias, n. 11).
- Cunha, H.F.; Diniz Filho, J.A.F. & Brandão, D. 2003. Distribuição de abundância e tamanho do corpo de invertebrados do folhicho em uma floresta de terra firme na Amazônia Central, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, **47**: 59-62.
- Delabie, J.H.C., Agosti, D. & Nascimento, I.C. 2000. Litter ant communities of the Brazilian Atlantic rain forest region. *In*: Agosti, D.; Majer, J.; Alonso, L. & Schultz, T. (eds). **Sampling ground-dwelling ants: case studies from de worlds' rain forests**. Bulletin 18. Curtin University School of Environmental Biology, Perth, Australia, p.59-70.
- Dunn, R.R. 2000. Isolated trees as foci of diversity in active and fallow fields. **Biological Conservation**, **95**: 317-321.
- Fernandes, G.W.; Araújo, L.M.; Carneiro, M.A.; Cornelissen, T.G.; Barcelos-Greco, M.C.; Lara, A.C.F. & Ribeiro, S.P. 1997. Padrões de riqueza de insetos em gradientes altitudinais na Serra do Cipó, Minas Gerais. *In*: Leite, L. L. & Saito, C. H. (eds). **Contribuição ao conhecimento ecológico do cerrado**. Brasília, Universidade Federal de Brasília, p.191-195.
- Fernández, F. 2003. **Introducción a las hormigas de la región neotropical**. Bogotá, Instituto Humboldt. p.424.

- Fisher, B.L. 1996. Ant community patterns along an elevational gradient in the Réserve Naturelle Intégrale d'Andringitra, Madagascar. **Fieldiana: Zoology**, **85**: 93-108.
- Fisher, B.L. 1998. Ant diversity patterns along an elevational gradient in the Réserve Spéciale d'Anjanaharibe-Sud and on the western Masoala Peninsula, Madagascar. **Fieldiana: Zoology**, **90**: 39-67.
- Fisher, B.L. 1999. Ant diversity patterns along an elevational gradient in the Réserve Naturelle Intégrale d'Andohahela, Madagascar. **Fieldiana: Zoology**, **94**: 129-147.
- Fisher, B.L. 2000. Ant inventories along elevational gradients in tropical wet forest in Eastern Madagascar. *In*: Agosti, D.; Majer, J.; Alonso, L. & Schultz, T. (eds). **Sampling ground-dwelling ants: case studies from the world's rain forests**. Bulletin 18. Curtin University School of Environmental Biology, Perth, Australia, p.41-49.
- Fittkau, E.J. & Klinge, H. 1973. On biomass and trophic structure of the Central Amazonian Rain Forest Ecosystem. **Biotropica**, **5**: 2-14.
- Geraldes, M.P. 2005. **Diversidade e estratificação altitudinal de conjuntos taxonômicos de morcegos na Mata Atlântica da Serra do Mar, São Paulo**. Tese (Doutorado). Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Departamento de Zoologia, 253 p.
- Giaretta, A.A.; Facure, K.G.; Sawaya, J.H. De M. & Chemin, N. 1999. Diversity and Abundance of litter frogs in a Montane forest of Southeastern Brazil: seasonal and altitudinal changes. **Biotropica**, **31**: 669-674
- Giraudoux, P. 2008. **Miscellaneous functions for data analysis in ecology**. Version 1.3.6 [Http://perso.orange.fr/giraudoux/SiteGiraudoux.html](http://perso.orange.fr/giraudoux/SiteGiraudoux.html).

- Grytnes, J.A. & McCain, C.M. 2008. Elevational trends in biodiversity. **Encyclopedia of Biodiversity, 2** (in press).
- Heltsh, J.F. & forrester, N.E. 1983. Estimating species richness using the jackknife procedure. **Biometrics, 39**: 1-11
- Hodkinson, I.D. 2005. Terrestrial insects along elevational gradients: species and community responses to altitude. **Biological Reviews, 80**: 489 - 513
- Hölldobler, B. & Wilson, E.O. 1990. **The ants**. Cambridge, Belknap Press of Harvard University Press, 732 p.
- Hurlbert S.J., 1984. Pseudoreplication and the design of ecological experiments. **Ecological Monographs, 54**: 187-211.
- Huston, M.A. 1998. **Biological diversity: The coexistence of species on changing landscapes**. 1st ed. Cambridge, Cambridge University Press. 681 p.
- IBGE, 1974. **Carta topográfica de Picinguaba**, escala 1: 50 000. 1ª edição
- Janzen, D.H. 1967. Why mountain passes are higher in the tropics. **American Naturalist, 113**: 81-101.
- Kaspari, M. & Majer, J.D. 2000. Using ants to monitor environmental change. *In*: Agosti D., Majer J., Alonso L.E. & Schultz T.R. (eds). **Ants. Standard Methods for Measuring and Monitoring Biodiversity**. Washington, Smithsonian Institution Press. p. 89–98.
- Kronka, F.J.N. 2002. **Inventário florestal da vegetação natural do Estado de São Paulo**. São Paulo, Instituto Florestal. 183 p.
- Lacerda, M.S. 2001. **Composição florística e estrutura da comunidade arbórea em um gradiente altitudinal da Mata Atlântica**. Tese (Doutorado). Instituto de Biologia da Universidade Estadual de Campinas. Departamento de Biologia Vegetal, 123 p.

- Lattke, J.E. 2000. Specimen processing: building and curating an ant collection. *In*: Agosti D, Majer J.D., Alonso L.E., Schultz T.R. (eds). **Ants: Standard Methods for Measuring and Monitoring Biodiversity**. Washington, Smithsonian Institution Press. p.155–171.
- Lazzari, S.M.N & Lazzarotto, C.M. 2005. Distribuição altitudinal e sazonal de afídeos (Hemiptera, Aphididae) na Serra do Mar, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, **22**: 891-897
- Legendre, P. & Legendre, L. 1998. **Numerical Ecology**. 2nd ed. Amsterdam, Elsevier. 853 p.
- Leponce, M.; Theunis, L.; Delabiee, J.H.C. & Roisin, Y. 2004. Scale dependence of diversity measures in a leaf-litter ant assemblages. **Ecography**, **27**:253-267.
- Lewinsohn, T.M. & Prado, P.I. 2002. **Biodiversidade Brasileira: síntese do estado atual do conhecimento**. São Paulo, Contexto. 176 p.
- Lino, C.F. (ed.). 1992. **Reserva da Biosfera da Mata Atlântica**. v. 1. Campinas, Consórcio Mata Atlântica/UNICAMP. 101 p.
- Longino, J.T. & Colwell, R.K. 1997. Biodiversity assessment using structured inventory: capturing the ant fauna of a tropical rain forest. **Ecological Applications**, **7**: 1263-1277.
- Longino, J.T. 2000. What to do with the data. *In*: Agosti, D.; Majer, J.D.; Alonso, L. A. & Schultz, T. (eds). **Ants: standard methods for measuring and monitoring biological diversity**. Washington, Smithsonian Institution. p. 45-79.
- Longino, J.T.; Coddington, J. & Colwell, R.K. 2002. The ant fauna of a tropical rain forest: estimating species richness in three different ways. **Ecology**, **83**: 689-702.
- Lopes, E.R. de C.; Mendonça, M. de S. Jr.; Bond-Buckup, G. & Araujo, P.B. 2005. Oniscidea diversity across three environments in an altitudinal gradient in

- northeastern Rio Grande do Sul, Brazil. **European Journal of Soil Biology**, **41**: 99-107
- MacArthur, R.H. 1972. **Geographical Ecology: patterns in the distribution of species**. New York, Harper & Row. 269 p.
- Maia, M.P. 2005. Políticas ambientais e a conservação da biodiversidade no Brasil. *In*: Franke, C.R.; Rocha, P.L.B da; Klein, W.; Gomes, S.L. (orgs). **Mata Atlântica e biodiversidade**. Salvador, Edufba. p. 379-407.
- Mantel, N. 1967. The detection of disease clustering and a generalized regression approach. **Cancer Research**, **27**: 209-220.
- Mantovani, W. 1993. **Estrutura e dinâmica da Floresta Atlântica na Juréia, Iguape – SP**. Tese de Livre Docência. Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo. 126 p.
- McCain, C.M. 2004. The mid-domain effect applied to elevational gradients: species richness of small mammals in Costa Rica. **Journal of Biogeography**, **31**: 19-31
- McCoy, E.D. 1990. The distribution of insects along elevational gradients. **Oikos**, **58**: 313-322.
- Melo-Neto, J.E. 1992. Implantação e manejo do Núcleo Picinguaba do Parque Estadual da Serra do Mar. *In*: **Congresso Nacional sobre Essências Nativas 2**. São Paulo, SP. Anais: 886-887.
- Myers, N.; Mittermeier, R.A.; Mittermeier, C.G.; Fonseca, G.A. & Kent, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, **403**: 853-858.
- Oksanen, J.; Kindt, R.; Legendre, P.; O'Hara, B. & Stevens, M.H. 2007. **The Vegan package: Community Ecology Package**. version 1.8-8. [Http://r-forge.r-project.org/projects/vegan/](http://r-forge.r-project.org/projects/vegan/).

- Oliveira-Filho, A.T. & Fontes, M.A. 2000. Patterns of floristic differentiation among Atlantic Forest in southeastern Brazil and the influence of climate. **Biotropica**, **32**: 793-810.
- Olson, D.M. 1994. The distribution of leaf litter invertebrates along a Neotropical altitudinal gradient. **Journal of Tropical Ecology**, **10**: 129-150.
- Oster, G. & Wilson, E.O. 1978. **Caste and ecology in the social insects**. Princeton, Princeton University Press. 352 p.
- Pfeiffer, W.J. 1996. Litter Invertebrates. *In*: Reagan, D.P. & Waide, R.B. (eds). **The food web of a tropical rain forest**. London, University of Chicago Press. p. 137-182.
- R Core Team. 2007. **The R Stats Package** version 2.5.1. [Http://cran.r-project.org/](http://cran.r-project.org/)
- Rahbek, C. 1995. The elevational gradient of species richness: A uniform pattern? **Ecography** **18**: 200–205.
- Rahbek, C. 2005. The role of spatial scale and the perception of large-scale species-richness patterns. **Ecology Letters**, **8**: 224–239.
- Rajão, H & Cerqueira, R. 2006. Distribuição altitudinal e simpatria das aves do gênero *Drymophila* Swainson (Passeriformes, Thamnophilidae) na Mata Atlântica. **Revista Brasileira de Zoologia**, **23**: 597-607.
- Rangel, T.F.L.V.B. & Diniz-Filho, J.A.F. 2004. Worldwide patterns in species richness of Falconiformes: Analytical null models, geometric constraints, and the mid-domain effect. **Brazilian Journal of Biology**, **64** (2): 299-308.
- Ricklefs, R.E. 1996. **A economia da natureza: um livro-texto em ecologia básica**. 3ª ed. Rio de Janeiro, Koogan. 470 p.
- Rizzini, C.T. 1976. **Tratado de Fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos**. V. 1. São Paulo, Hucitec/EDUSP. 327 p.

- Robertson, H.G. 2002. Comparison of leaf litter ant communities in woodlands, lowland forests and montane forests of north-eastern Tanzania. **Biodiversity and Conservation**, **9**: 1637-1652.
- Romero, H. & Jaffé, K. 1989. A comparison of methods for sampling ants (Hymenoptera: Formicidae) in Savannas. **Biotropica**, **21**: 348-352.
- Rosenzweig, M.L. & Abramsky, Z. 1993. How are diversity and productivity related? *In*: Ricklefs, R.E. & Schluter, D. (eds). **Species diversity in ecological communities: historical and geographical perspectives**. University of Chicago Press. p. 52 – 65.
- Samson, D.A.; Rickart, E.A. & Gonzalez, P.C. 1997. Ant diversity and abundance along an elevational gradient in Philippines. **Biotropica**, **29**: 349-363.
- Sanders, N.J. 2002. Elevational gradients in ant species richness: area, geometry, and Rapoport's rule. **Ecography**, **25**: 25-32.
- São Paulo, 2001. **Atlas das unidades de conservação ambiental do Estado de São Paulo**. São Paulo, Secretaria de Estado do Meio Ambiente. 64 p.
- Sawaya, R.J. 1999. **Diversidade, densidade e distribuição altitudinal da anurofauna de serapilheira da Ilha de São Sebastião, SP**. Dissertação (Mestrado). Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Departamento de Zoologia, 65 p.
- Silva, R.R. 2007. **Estrutura de guildas de formigas (Hymenoptera: Formicidae) de serapilheira em quatro áreas de Floresta Atlântica do sul e sudeste do Brasil**. Tese (Doutorado). Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Departamento de Zoologia, 179 p.

- SMA-Secretaria do Meio Ambiente. 1999. **Conhecer para conservar: as unidades de conservação do Estado de São Paulo**. São Paulo, Terra Virgem e Secretaria do Meio Ambiente. 115 p.
- Soares, S.M. 2003. **Gradiente altitudinal de riqueza de espécies de formigas (Hymenoptera, Formicidae)**. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa. 81 p.
- StatSoft, Inc. 2001. **STATISTICA** (data analysis software system), version 6. www.statsoft.com.
- Stevens, G.C. 1989. The latitudinal gradient in geographical range: how so many species coexist in the tropics? **The American Naturalist**, **133**: 240-256.
- Stork, N.E. 2007. Biodiversity: world of insects. **Nature**, **448**: 657-658.
- Tavares, A.A. 2002. **Estimativas da diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) de serapilheira em quatro remanescentes de floresta ombrófila densa e uma restinga no Estado de São Paulo, Brasil**. Tese (Doutorado). Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo. 146 p.
- Ter Braak, C.J.F., 1995. Ordination. *In*: Jongman, R.H.G., Ter Braak, C.J.F. and van Tongeren, O.F.R., (eds). 1995. **Data Analysis in Community and Landscape Ecology**. Cambridge, Cambridge University Press. p. 91–173.
- Tonhasca Junior, A. 2005. **Ecologia e história natural da Mata Atlântica**. Rio de Janeiro, Interciências. 197 p.
- Veloso, H.P.; Rangel Filho, A.L.R. & Lima, J.C.A. 1991. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro, IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 123 p.

- Ward, P.S. 2000. Broad-scale patterns of diversity in leaf litter ant communities. *In*: Agosti, D.; Majer, J.D.; Alonso, L.E. & Schultz, T.R. 2000. **Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Washington, Smithsonian Institution Press. p. 99-121.
- Whittaker, R.J., Willia, K.J. & Field, R. 2001. Scale and species richness: towards a general, hierarchical theory of species diversity. **Journal of Biogeography**, **28**: 453-470.
- Wilson E.O. 2003. ***Pheidole in the New World, a dominant, hyperdiverse ant genus***. Harvard University Press. Cambridge, MA. 794 p.

Anexos

Anexo 1. Espécies e número de registros de formigas coletadas em 20 amostras de 1 m² de serapilheira submetidas ao Winkler por 48 horas a cada uma das seis faixas elevacionais estudadas no P. E. da Serra do Mar, Núcleo Picinguaba, Ubatuba, SP.
(* espécies exclusivas de uma faixa elevacional).

Espécies de formigas	Elevação (m)						Total
	50	200	400	600	800	1000	
Amblyoponinae							
<i>Amblyopone armigera</i>	2	0	2	0	0	4	8
<i>Amblyopone elongata</i>	2	4	2	1	1	0	10
<i>Prionopelta punctulata</i>	0	1	11	3	0	0	15
<i>Prionopelta</i> sp1	0	0	1	0	0	0	1
Cerapachyinae							
<i>Cerapachys splendens</i>	0	2	0	0	2	1	5
<i>Sphinctomyrmex stoli</i> *	0	0	0	1	0	0	1
Dolichoderinae							
<i>Linepithema</i> sp 2 *	0	0	0	0	3	0	3
<i>Linepithema</i> sp 3 *	0	0	0	0	1	0	1
<i>Tapitoma melanocephalum</i>	1	1	6	0	5	3	16
Ectatomminae							
<i>Ectatomma edentatum</i>	0	2	2	0	0	0	4
<i>Gnamptogenys continua</i>	1	2	4	4	2	1	14
<i>Gnamptogenys lucaris</i>	0	1	0	1	1	3	6
<i>Gnamptogenys minuta</i>	1	0	1	0	0	0	2
<i>Gnamptogenys rastrata</i>	2	2	6	10	4	5	29
<i>Gnamptogenys striatula</i>	0	13	3	12	17	19	64
<i>Gnamptogenys</i> sp 10 *	2	0	0	0	0	0	2
<i>Typhlomyrmex</i> sp 1	1	0	0	1	0	0	2
Formicinae							
<i>Acropyga furbrmanni</i>	2	1	0	0	0	0	3
<i>Acropyga goeldi</i>	1	1	0	0	2	0	4
<i>Brachymyrmex admostus</i>	5	8	8	1	0	1	23
<i>Brachymyrmex cordemoyi</i>	0	0	1	0	1	4	6
<i>Brachymyrmex heeri</i>	0	1	1	4	0	3	9
<i>Brachymyrmex</i> sp2	5	1	2	7	3	5	23
<i>Brachymyrmex</i> sp3	0	0	1	0	0	3	4
<i>Brachymyrmex</i> sp4	0	0	1	0	0	1	2
<i>Brachymyrmex</i> sp5	0	0	1	5	0	0	6
<i>Camponotus balçani</i>	3	1	0	0	0	1	5
<i>Paratrechina</i> sp1	4	6	2	1	0	1	14
<i>Paratrechina</i> sp2	9	9	9	6	3	1	37
<i>Paratrechina</i> sp3	0	0	0	0	3	3	6
<i>Paratrechina</i> sp4	3	4	4	10	6	1	28
<i>Paratrechina</i> sp5	1	2	1	7	4	7	22

Espécies	Elevação (m)						Total
	50	200	400	600	800	1000	
Heteroponerinae							
<i>Heteroponera dentinodis</i>	0	0	3	2	0	5	10
<i>Heteroponera flava</i>	0	1	0	0	1	0	2
<i>Heteroponera inermis</i> *	0	0	1	0	0	0	1
<i>Heteroponera mayri</i>	0	2	10	12	2	3	29
<i>Heteroponera microps</i>	4	0	1	0	3	0	8
Myrmicinae							
<i>Acanthognathus brevicornis</i>	2	5	4	3	0	0	14
<i>Acanthognathus rudis</i>	2	1	3	0	0	1	7
<i>Acromyrmex aspersus</i>	0	0	0	0	1	1	2
<i>Adelomyrmex boltoni</i>	3	1	1	2	0	0	7
<i>Adelomyrmex</i> sp 1 *	0	0	0	0	0	5	5
<i>Apterostigma</i> sp 1	1	5	0	1	0	0	7
<i>Apterostigma</i> sp 2	0	1	1	2	1	0	5
<i>Apterostigma</i> sp 3 *	0	0	0	0	0	1	1
<i>Apterostigma</i> sp 4	0	0	0	0	3	7	10
<i>Apterostigma</i> sp 5 *	1	0	0	0	0	0	1
<i>Apterostigma</i> sp 6	0	0	0	0	0	1	1
<i>Apterostigma</i> sp 7	0	0	0	2	0	1	3
<i>Basiceros disciger</i>	1	8	14	12	0	6	41
<i>Carebara brevopilosa</i>	2	3	0	0	0	0	5
<i>Carebara inca</i>	5	1	9	5	4	0	24
<i>Crematogaster</i> sp 1	3	1	0	0	0	0	4
<i>Crematogaster</i> sp 2	1	0	0	0	0	0	1
<i>Cyphomyrmex auritus</i> *	0	0	0	1	0	0	1
<i>Cyphomyrmex minutus</i>	5	6	7	1	1	0	20
<i>Cyphomyrmex olitor</i>	0	0	1	0	1	0	2
<i>Cyphomyrmex plaumanni</i> *	0	0	0	0	0	2	2
<i>Cyphomyrmex rimosus</i>	0	2	0	7	10	5	24
<i>Cyphomyrmex strigatus</i>	2	2	1	0	0	2	7
<i>Cyphomyrmex</i> sp3	3	0	0	11	5	5	24
<i>Eurhopalothrix alopeciosa</i>	0	1	1	0	0	0	2
<i>Hylomyrma reitteri</i>	11	11	8	13	13	16	72
<i>Lachnomyrmex plaumanni</i>	0	1	2	5	1	9	18
<i>Megalomyrmex drifti</i>	6	1	1	1	0	0	9
<i>Megalomyrmex goeldii</i>	6	4	6	3	0	0	19
<i>Megalomyrmex silvestri</i> *	1	0	0	0	0	0	1
<i>Megalomyrmex</i> sp 1	1	0	1	1	2	1	6
<i>Monomorium floricola</i> *	1	0	0	0	0	0	1
<i>Octostruma iberingi</i> *	1	0	0	0	0	0	1
<i>Octostruma petiolata</i> *	2	0	0	0	0	0	2
<i>Octostruma rugifera</i>	3	14	6	1	10	9	43
<i>Octostruma</i> sp. <i>rugifera</i> *	0	0	0	0	1	0	1
<i>Octostruma simoni</i> *	1	0	0	0	0	0	1
<i>Octostruma stenognatha</i>	0	0	0	8	4	0	12
<i>Octostruma</i> sp 1 *	0	0	0	0	0	5	5
<i>Octostruma</i> sp 2	1	1	0	0	0	0	2

Espécies	Elevação (m)						Total
	50	200	400	600	800	1000	
Myrmicinae							
<i>Oxyepoecus myops</i> *	0	0	0	1	0	0	1
<i>Oxyepoecus planmanni</i>	0	0	1	5	0	0	6
<i>Oxyepoecus rastratus</i>	0	1	0	0	1	0	2
<i>Oxyepoecus rosai</i> (in. lit.) *	0	0	0	0	0	3	3
<i>Pheidole</i> sp 1	2	0	4	6	0	3	15
<i>Pheidole</i> sp 2	2	5	5	3	1	0	16
<i>Pheidole</i> sp 3	0	0	1	1	1	0	3
<i>Pheidole</i> sp 4	3	0	0	1	9	1	14
<i>Pheidole</i> sp 5	9	8	16	9	4	0	46
<i>Pheidole</i> sp 6	1	1	0	1	0	0	3
<i>Pheidole</i> sp 7	6	6	4	3	2	5	26
<i>Pheidole</i> sp 8	4	2	7	1	1	0	15
<i>Pheidole</i> sp 9	11	5	7	1	0	0	24
<i>Pheidole</i> sp 10	1	1	1	1	3	0	7
<i>Pheidole</i> sp 11	4	4	7	0	0	0	15
<i>Pheidole</i> sp 12	4	1	2	9	9	4	29
<i>Pheidole</i> sp 13	0	0	4	7	8	3	22
<i>Pheidole</i> sp 14	2	0	0	1	1	0	4
<i>Pheidole</i> sp 15	7	0	0	0	0	0	7
<i>Pheidole</i> sp 16	1	0	1	0	0	0	2
<i>Pheidole</i> sp 17 *	0	0	0	1	0	0	1
<i>Pheidole</i> sp 18	0	0	0	2	2	1	5
<i>Pheidole</i> sp 19	4	2	2	1	0	0	9
<i>Pheidole</i> sp 20	2	3	5	4	3	14	31
<i>Pheidole</i> sp 21	14	14	7	2	9	0	46
<i>Pheidole</i> sp 22	7	3	2	0	0	0	12
<i>Pheidole</i> sp 23	0	0	1	3	0	10	14
<i>Pheidole</i> sp 24	0	0	0	6	3	0	9
<i>Pheidole</i> sp 25 *	0	0	0	0	1	0	1
<i>Pheidole</i> sp 26 *	0	0	0	0	0	2	2
<i>Pyramica comis</i>	0	0	0	0	1	1	2
<i>Pyramica crassicornis</i>	8	1	6	7	7	7	36
<i>Pyramica denticulata</i>	18	18	8	4	1	0	49
<i>Pyramica prx appetiata</i> *	0	1	0	0	0	0	1
<i>Pyramica prx splendens</i> *	0	0	0	0	1	0	1
<i>Pyramica rugithorax</i>	0	1	1	0	0	0	2
<i>Pyramica splendens</i>	1	1	3	0	0	0	5
<i>Pyramica subdentata</i>	10	7	7	1	0	0	25
<i>Pyramica</i> sp 1	0	0	0	0	1	1	2
<i>Pyramica</i> sp 2	0	0	1	0	2	0	3
<i>Pyramica</i> sp 3	0	2	2	1	0	0	5
<i>Pyramica</i> sp 4	1	0	1	0	0	0	2
<i>Rogeria ca ciliosa</i> *	0	0	0	4	0	0	4
<i>Rogeria cf. lirata</i> *	0	0	0	1	0	0	1
<i>Rogeria</i> sp 1	0	4	1	0	0	0	5
<i>Sericomyrmex</i> sp 1	4	1	0	0	0	0	5

Espécies	Elevação (m)						Total
	50	200	400	600	800	1000	
Myrmicinae							
<i>Solenopsis terricola</i>	3	7	2	0	0	0	12
<i>Solenopsis prx terricola</i>	2	8	14	16	12	9	61
<i>Solenopsis</i> sp 1	16	10	5	5	5	7	48
<i>Solenopsis</i> sp 2	8	9	4	4	11	13	49
<i>Solenopsis</i> sp 3	17	4	3	4	6	9	43
<i>Solenopsis</i> sp 4	8	17	19	18	5	2	69
<i>Solenopsis</i> sp 5	3	6	6	8	13	11	47
<i>Solenopsis</i> sp 6	1	3	8	14	5	0	31
<i>Solenopsis</i> sp 7	3	15	18	8	7	14	65
<i>Solenopsis</i> sp 8	17	17	0	0	0	0	34
<i>Solenopsis</i> sp 9 *	0	0	1	0	0	0	1
<i>Stegomyrmex vizzotoi</i> *	0	0	0	0	0	1	1
<i>Strumigenys cordovenssis</i>	0	0	1	2	0	3	6
<i>Strumigenys elongata</i>	10	4	3	0	0	0	17
<i>Strumigenys lousiana</i>	0	1	12	17	18	13	61
<i>Strumigenys precava</i> *	0	1	0	0	0	0	1
<i>Strumigenys schmalzi</i>	2	1	1	2	0	0	6
<i>Strumigenys</i> sp 1	0	0	2	3	3	2	10
<i>Strumigenys</i> sp 3 *	0	0	0	0	0	1	1
<i>Trachymyrmex</i> sp 1 *	0	1	0	0	0	0	1
<i>Trachymyrmex</i> sp 2	0	1	0	0	1	0	2
<i>Wasmannia auropunctata</i> *	2	0	0	0	0	0	2
<i>Wasmannia rochai</i>	4	1	11	7	2	0	25
<i>Wasmannia sigmoidea</i>	0	0	0	2	13	5	20
Ponerinae							
<i>Anochetus altisquamis</i>	0	0	0	1	0	1	2
<i>Anochetus mayri</i>	4	2	6	5	5	0	22
<i>Hypoponera</i> sp 1	1	5	10	3	2	3	24
<i>Hypoponera</i> sp 2	8	8	9	9	10	19	63
<i>Hypoponera</i> sp 3	0	5	0	2	2	0	9
<i>Hypoponera</i> sp 4	0	3	1	2	5	0	11
<i>Hypoponera</i> sp 5	0	1	2	0	0	0	3
<i>Hypoponera</i> sp 6	0	0	0	0	0	1	1
<i>Hypoponera</i> sp 7	10	16	12	13	12	0	63
<i>Hypoponera</i> sp 8	10	3	1	0	0	0	14
<i>Hypoponera</i> sp 9	1	5	3	7	3	0	19
<i>Hypoponera</i> sp 10	4	4	4	7	3	10	32
<i>Hypoponera</i> sp 11	0	0	0	0	1	6	7
<i>Hypoponera</i> sp 12	0	2	4	2	1	1	10
<i>Leptogenys</i> sp 1 *	0	0	1	0	0	0	1
<i>Leptogenys</i> sp 2 *	0	0	0	0	0	1	1
<i>Odontomachus affinis</i>	0	1	2	0	0	0	3
<i>Odontomachus chelifer</i>	2	0	1	0	0	0	3
<i>Odontomachus meinerti</i>	10	5	4	0	0	0	19
<i>Pachycondyla bucki</i>	1	0	0	1	0	0	2
<i>Pachycondyla ferruginea</i>	3	1	1	0	1	0	6
<i>Pachycondyla harpax</i>	0	3	2	1	1	0	7
<i>Pachycondyla</i> sp 1 *	0	0	0	0	1	0	1
<i>Pachycondyla striata</i>	4	3	3	2	0	0	12

Espécies	Elevação (m)						Total
	50	200	400	600	800	1000	
Proceratiinae							
<i>Discothyrea neotropica</i>	0	0	1	3	1	0	5
<i>Discothyrea sexarticulata</i>	0	0	5	9	1	1	16
<i>Discothyrea</i> sp 1 *	0	0	0	0	0	5	5
<i>Proceratium brasiliensis</i> *	0	1	0	0	0	0	1
Pseudomyrmecinae							
<i>Pseudomyrmex</i> sp 1 *	0	0	0	0	0	1	1
Total de registros	394	400	439	431	342	346	2352

Anexo 2. Número de espécies de formigas de serapilheira encontrado em 20 amostras de Winkler para 1 m² de serapilheira em cada uma das seis faixas elevacionais amostradas no P. E. da Serra do Mar, Núcleo Picinguaba, Ubatuba, SP.

Amostras	Elevação (m)					
	50	200	400	600	800	100
01	17	25	13	28	19	13
02	9	15	21	16	21	17
03	14	16	20	23	21	14
04	22	16	15	16	14	14
05	16	14	19	16	13	21
06	20	17	27	27	21	12
07	17	17	25	23	23	17
08	23	25	21	21	11	16
09	22	24	26	18	22	14
10	11	24	19	20	15	16
11	21	17	26	24	16	20
12	19	16	24	23	18	23
13	22	23	22	18	8	15
14	18	25	18	20	16	19
15	27	27	25	28	23	21
16	20	20	28	24	16	16
17	28	18	18	23	15	20
18	18	25	21	19	13	20
19	26	12	30	24	18	24
20	24	24	21	20	19	14

Anexo 3. Espessura da serapilheira em centímetros de cada amostras de 1 m² de serapilheira realizada em seis faixas elevacionais do gradiente estudado no P. E. da Serra do Mar, Núcleo Picinguaba, Ubatuba, SP.

Amostras	Elevação (m)					
	50	200	400	600	800	100
01	3.5	5	2	2.5	2	2
02	2	2.5	1.5	2.5	3	2.5
03	4	3	2	2	2	2.5
04	3	3	3	2.5	1.5	2.5
05	3.5	4	2	2	3	2.5
06	5.5	3	1.5	5.5	3	2
07	3	4.5	3	3	3	4
08	4	5	1.5	4	2	2
09	4	3.5	3	3	2	2
10	3.5	2	3	2.5	4.5	2.5
11	3	4	2	2	3	2.5
12	5	2.5	3.5	3	4	3.5
13	4	3	4	2.5	2.5	3.5
14	2.5	4	2.5	3	1.5	2.5
15	3	5	2.5	2.5	2	4
16	3	1.5	2	4	3.5	1.5
17	2.5	3.5	4	2	4.5	3
18	2	3	3	4.5	4.5	3
19	6	2	2	3	4	2
20	2.5	2	5	1.5	3	2.5
Média	3.5	3.3	2.7	2.9	2.93	2.63
Desvio Padrão	1.1	1.1	0.9	1	0.99	0.69