



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE BIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA ANIMAL

TESE

A tribo Attini (Formicidae: Myrmicinae) como modelo de guilda bioindicadora e sua relação com fatores de microhabitat na Restinga da Marambaia, Rio de Janeiro, Brasil.

Guilherme Orsolon de Souza

2011



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE BIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA ANIMAL

A tribo Attini (Formicidae: Myrmicinae) como modelo de guilda bioindicadora e sua relação com fatores de microhabitat na Restinga da Marambaia, Rio de Janeiro, Brasil.

GUILHERME ORSOLON DE SOUZA

Prof. Dr. Antonio José Mayhé Nunes
Orientador

Prof. Dr. Carlos Eduardo Lustosa Esbérard
Co-Orientador

Tese submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Ciências, no Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, área de concentração Zoologia.

Seropédica, RJ

Maior de 2011

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE BIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA ANIMAL

GUILHERME ORSOLON DE SOUZA

Tese submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Ciências, no Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, área de concentração em Zoologia.

APROVADA EM 13/05/2011.

Prof. Dr. Antonio José Mayhé Nunes - UFRRJ
Orientador

Prof^a Dr^a Ana Cláudia dos Santos Brasil – UFRRJ

Prof. Dr. Carlos Roberto Ferreira Brandão – MZUSP

Prof. Dr. Jacques Hubert Charles Delabie – CEPEC/CEPLAC

Prof^a Dr^a Sonia Barbosa dos Santos - UERJ

AGRADECIMENTOS

Amizade é assim mesmo, não tem muita explicação. Somos! Simplesmente somos. E isto significa que somos profundamente. Verdadeiramente. Ininterruptamente. Agradeço a todos por todos os momentos:

Ao amigo e orientador Prof. Dr. Antonio José Mayhé Nunes pela amizade, paciência, competência. Quando tudo parecia naufragar, construímos um barco novinho no meio do oceano!

Ao amigo e também orientador Prof. Dr. Carlos Eduardo Lustosa Esbérard, que da forma mais desprendida possível, aceitou embarcar e emprestar uma vela para chegarmos mais rápido.

Aos membros da banca por terem muito gentilmente aceitado participar dessa empreitada. Prof Dr. Alexandre Bamberg – UFRRJ, Prof^a Dr^a Ana Claudia dos Santos Brasil – UFRRJ, Prof. Dr. Carlos Roberto Ferreira Brandão – MZUSP, Prof^a Dr^a Helena Bergallo – UERJ, Prof. Dr. Jacques Hubert Charles Delabie – CEPEC/CEPLAC, Prof^a Dr^a Sonia Barbosa dos Santos – UERJ.

A minha família por ter suportado o meu mau humor quase freqüente.

Aos novos grandes amigos (que não são tão novos assim!), Fabio Almeida, Daiana Bolzan, Lydia Oliveira, Thiago Amorim.

Aos meus amigos do laboratório de mirmecologia Alexander Luciano, Marcel e Thiago.

Aos grandes amigos Elaine Folly Ramos (amiga internacional, lá de João Pessoa, capital da Nova Zelândia!!) e Sergio Veiga Ferreira (esse é daqui mesmo!).

Aos velhos grandes amigos (que não são tão velhos assim!), Cristine, Kelly, Sid, Renato.

Aos amigos do CEDERJ (por ordem alfabética!): Alexandre, Ana Paula, Andre, Benjamin, Cilene, Dalva, Débora, Dona Dada, Edivaldo, Elcio, Eloy, Helena, Izabel, Lidiane, Luis, Marcela, Márcia, Maria Emilia, Robson, Ronaldo, Rosane, Sávio, S. Tião, Viviane.

Aos amigos do Espaço da Ciência, Vera, Patrícia, Monique, Eridan e Aparecido.

A amiga Ângela que me mostrou a força da egrégora.

Ao Centro de Avaliações do Exército – CAEX e ao Coronel Cardoso pela autorização para coletas, pela atenção e pelo atendimento sempre gentil.

Ao programa de Pós-Graduação em Biologia Animal da UFRRJ, ao Prof. Dr. Gerson Araujo e a Agra Mendonça pela atenção e atendimento.

A CAPES pela bolsa concedida auxiliando-me enormemente na execução da pesquisa.

RESUMO GERAL

Orsolon-Souza, Guilherme. **A tribo Attini (Formicidae: Myrmicinae) como modelo de guilda bioindicadora e sua relação com fatores de microhabitat na Restinga da Marambaia, Rio de Janeiro, Brasil. Seropédica: UFRRJ, 2011. 201p.** (Tese, Doutorado em Biologia Animal).

Sabendo-se das múltiplas funções e da alta diversidade em ambientes neotropicais, percebemos a necessidade de análises que fossem ao mesmo tempo quantitativas e comparativas, mas que também pudessem ser feitas de forma qualitativa, ou seja, que os dados fossem trabalhados de forma a se potencializar as análises extraíndo mais informações relevantes, reduzindo o tempo de processamento em laboratório campo (através da utilização de protocolos de coleta estruturados), sem perder qualidade e confiabilidade dos dados. Dessa forma, desenvolvemos o estudo sobre a formicifauna de restinga sob a óptica de uma escala temporal reduzida, mas ampliando e potencializando as análises sobre os dados. Em Formicidae encontra-se uma tribo que apresenta uma característica peculiar em relação a todas as outras formigas, o hábito de cultivar fungos para alimentação. Contudo, os estudos sobre Attini se apresentam focados em espécies com importância econômica e, por consequência, com baixa eficiência amostral, privilegiando apenas algumas espécies. A relação formiga – fungo é uma característica indissociável desta tribo, permitindo aos estudos que visaram biologia e comportamento de formicideos convergirem para caracterizar claramente Attini como uma guilda. Nesta perspectiva, o presente estudo foi separado em quatro capítulos que visaram desenvolver desde a verificação de padrões e estrutura da comunidade de formigas através de guildas tróficas, uma proposta de coleta e análise específica para a guilda cultivadora de fungos até a relação da comunidade de formicideos com fatores de microhabitat e macronutricionais do solo da Restinga da Marambaia, Rio de Janeiro. Mais especificamente, o Capítulo 1, “A comunidade de formicideos de serapilheira através de guildas e modelos nulos: observações em pequena escala temporal para a Restinga da Marambaia, Rio de Janeiro”, trata da investigação sobre possíveis padrões para a comunidade de formigas de serapilheira de restinga, quando sua classificação é realizada através de guildas. Se a composição de formigas se apresenta através de padrões não aleatórios e as guildas estão estruturadas, seria possível estruturar esta comunidade através das guildas? Ou ainda, as guildas poderiam refletir padrões ecológicos gerais? Para tanto, no Capítulo 2, “Estrutura e composição da comunidade de formigas da Restinga da Marambaia, Rio de Janeiro: as partes (guildas) refletem os padrões encontrados para o todo (comunidade)?”, propusemos analisar a estrutura da comunidade de formigas de serapilheira de restinga a partir da seguinte proposta: as guildas separadamente (principalmente a cultivadora de fungos), associadas a uma escala temporal pequena (possíveis variações nas estações do ano), refletem padrões gerais da comunidade de formicideos? Em outras palavras, uma guilda bem caracterizada como as cultivadoras de fungos seria capaz de responder as estas mesmas análises em ambientes distintos? Assim, seria necessária uma técnica de amostragem eficiente e específica para este grupo e realizada através de protocolos de coleta padronizados para potencializarmos seus registros, sem perder a confiabilidade dos dados. Para este caso, desenvolvemos o Capítulo 3, “A tribo Attini (Formicidae: Myrmicinae) reflete parâmetros ecológicos como riqueza, abundância e diversidade de espécies encontradas para comunidades de formigas?”. Neste aspecto, avaliamos a eficiência da armadilha de queda adaptada para captura de formigas Attini em dois ambientes distintos da Restinga da Marambaia (Floresta de Cordão Arenoso – FCA e Herbácea Fechada de Cordão Arenoso

HFCA) e se os registros desta tribo são suficientes para refletirem parâmetros ecológicos como riqueza, abundância e diversidade de espécies encontrados para a comunidade de formigas. Aplicamos uma proposta para armadilhas de queda adaptadas para Attini e comparamos com os dados publicados sobre armadilhas de queda tradicionais. Para complementar a análise, incluímos dados qualitativos verificando comparativamente a estrutura da comunidade de formigas através de três matrizes: toda comunidade registrada, apenas formigas Attini e apenas formigas não Attini capturadas nas armadilhas de queda adaptadas. Uma nova pergunta surgiu a partir desta observação, ou seja, fatores de microhabitat (como a serapilheira) têm influência sobre a abundância das espécies de formigas em ambientes de restinga? E ainda mais, como a serapilheira é um componente ambiental fadado a decomposição e, por conseqüência, diretamente relacionada ao retorno de nutrientes ao solo, existiria relação entre macronutrientes do solo e a abundância de formigas de serapilheira? Estes questionamentos foram verificados no Capítulo 4, “Relação entre a composição de formigas (Hymenoptera: Formicidae) e fatores de microhabitat e macronutriente do solo para Restinga da Marambaia, Rio de Janeiro”, no qual relacionamos a fauna de formigas coletadas por extratores de Winkler a fatores de microhabitat mais comumente utilizados na literatura, e também aos macronutrientes do solo para verificar possíveis relações. Como conclusão, a composição da formicifauna de restinga respondeu a classificação em guildas tróficas apresentando-se de forma estruturada, através de padrões não aleatórios. Esta estrutura pode ser devido à segregação das espécies a cada metro quadrado de serapilheira amostrado, provavelmente quando ao explorar uma fonte alimentar, uma espécie exclui outra deste recurso. A aplicação do modelo de guildas permitiu uma visão mais qualitativa da comunidade de formigas. Se cada uma das nove guildas representa um nicho ecológico diferente, na Restinga da Marambaia eles estão ocupados. Contudo, outros nichos também estão presentes, indicados por espécies arborícolas (representadas pelos gêneros *Chephalotes*, *Crematogaster* e *Pseudomyrmex*). Os padrões gerados pela comunidade de formicideos de serapilheira de restinga foram refletidos por pelo menos três guildas, sendo uma delas a cultivadora de fungos. Possivelmente, isto ocorreu devido à grande diversidade taxonômica e ecológica das formigas de restinga, mesmo em uma escala temporal pequena. Tanto a composição de Attini quanto as não Attini refletiram o padrão encontrado para a comunidade total. Attini pode ser uma guilda utilizável quando se dispuser de pouco tempo para o processamento de dados, ou para estudos que sejam específicos para esta tribo. Aparentemente, fatores de microhabitat, como a serapilheira, podem influenciar a ocorrência e a abundância das formigas de serapilheira de restinga. A disponibilidade de macronutrientes no solo de restinga também pode estar relacionada à composição e a abundância de formigas.

Palavras chave: estrutura de comunidade, serapilheira, Floresta de Cordão Arenoso.

GENERAL ABSTRACT

Orsolon-Souza, Guilherme. **Attini tribe (Formicidae: Myrmicinae) as bioindicator guild model and its relationship with microhabitat factors in Restinga da Marambaia, Rio de Janeiro, Brazil**. Seropédica: UFRRJ, 2011. 201p. (Thesis, Doctor Science in Animal Biology).

Knowing the multiple functions and high diversity in neotropical environment, we realized the necessity of analysis that were both quantitative and comparative, but also could be made in a qualitative way, where data were studied in order to enhance the analysis by extracting more relevant information, reducing samples processment in the laboratory (through the use of structured collecting protocols) without losing quality and reliability of data. Thus, we developed a study about formicifauna at restinga's environment under a perspective of a time small-scale, but expanding and enhancing analysis of data. Formicidae is a tribe that has a unique feature compared to all other ants, the habit of cultivating fungi for food. However, studies about Attini ants have focused on species with economic importance and, consequently, low sampling efficiency, favoring only a few species. The relationship between ant-fungus is inseparable feature of this tribe, which allowed some studies that aimed biology and behavior of ants, converged to clearly characterize Attini as a guild. In this perspective, the present study was divided into four chapters that aim to develop since the verification of patterns and structure of ant community through trophic guilds, a proposal of a specific collecting methodology and analysis for fungus-growers guild and the relationship of the ant community with factors of microhabitat and soil macronutrients at Restinga da Marambaia, Rio de Janeiro state. More specifically, Chapter 1, "Leaf-litter ant community through guilds and null models: comments on a small time scale for Restinga da Marambaia, Rio de Janeiro", proposed investigation about possible patterns for restinga leaf-litter ant community, where your classification were performed by guilds. If the composition of ants is presented through non-random patterns and the guilds are structured, it would be possible to structure this community through guilds? Or, guilds could reflect general patterns? To this end, in Chapter 2, "Structure and composition of the ant community of Restinga da Marambaia, Rio de Janeiro: Parties (guild) reflect the patterns found for the whole (community)?" We proposed to analyze the structure of restinga leaf-litter ant community from the following proposal: if the guilds separately (mainly fungus-growers) and in a small time scale (possible variations in the seasons) reflect general patterns of ant community? Thus, if a guild well characterized as fungus-growers, could respond to these same tests in different environments? So, it would require an efficient and specific sampling technique for this group and executed through standardized collecting protocols to enhance their records without losing data reliability. For this case, we developed the Chapter 3, "Attini tribe (Formicidae, Myrmicinae) reflects ecological parameters such as richness, abundance and diversity of species found for communities of ants?". In this aspect, and evaluate efficiency of adapted pitfall trap to capture Attini in two different environments of Restinga da Marambaia (Floresta de Cordão Arenoso – FCA e Herbácea Fechada de Cordão Arenoso HFCA) and if records of this tribe are sufficient to reflect ecological parameters as richness, abundance and diversity of species found for the ant community. We applied a proposal for adapted pitfall traps to Attini and compared with published data on traditional pitfall traps in those two areas of Restinga da Marambaia. To complement the analysis were included qualitative data checking comparatively the structure of ant community through three matrices: the whole community recorded, only Attini and only non-Attini captured by adapted pitfall traps. A new question

arose from this observation, ie, microhabitat factors (such as leaf-litter) have influence on the abundance of ant species in restinga environments? And further, if there is that relationship, as leaf-litter is an environmental component destined to decomposition and, therefore, directly related to return of nutrients to the soil, there would be a relationship between soil nutrients and the abundance of leaf-litter ants? These questions were verified in Chapter 4, "Relationship between ants composition (Hymenoptera: Formicidae) and microhabitat factors and soil macronutrient for Restinga da Marambaia, Rio de Janeiro", in which we related ant fauna collected by Winkler extractor to microhabitat factors most commonly used in literature, and also to soil macronutrients to verify possible relationships. In conclusion, the composition of restinga formicifauna answered trophic guilds classification presenting itself by a structured way, through non-random patterns. This structure may be due to segregation of species from every square meter of leaf-litter sampled, probably when explore a food source, one specie excludes another one from this resource. Application of guilds model allowed a more qualitative view of ant's community. If each of nine guilds representing a different ecological niche, in Restinga da Marambaia they are filled. However, other niches are also present, indicated by tree species (represented by genera *Chephalotes*, *Crematogaster* and *Pseudomyrmex*). Patterns generated by restinga leaf-litter ants community were reflected by at least three guilds, one of which were fungus-growing ants. Possibly this was due to large ecological and taxonomic diversity of ants at restinga, even in a short time scale. Both specie compositions of Attini and non-Attini reflected pattern found for the whole community. Attini can be usable guild when we has little time for data processing, or for specific studies to that tribe. Apparently, microhabitat factors such as leaf-litter, may influence the occurrence of ants abundance at restinga environments. Availability of restinga soil nutrients can also be related to the composition of ants abundance.

Key words: community structure, leaf-litter, Floresta de Cordão Arenoso.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Esquema comparativo entre grupos funcionais (Andersen, 1997) e guildas (Delabie *et al.*, 2000; Silvestre *et al.*, 2003 e Silva & Brandão, 2010); Fonte: Fotos disponíveis em ww.antweb.org, acesso em 05/09/2010. Fotógrafo: April Nobile, Direitos autorais: Copyright AntWeb.org, 2000-2009. Licença: Attribution-ShareAlike 3.0 (cc-by-sa-3.0) Creative Commons License. 14
- Figura 2.** Exemplificação dos gêneros que compõem a tribo Attini: 1 – Vista frontal; 2 – Vista lateral. A - *Acromyrmex crassispinus* Forel, 1909; B - *Apterostigma* sp Mayr, 1865; C - *Atta laevigata* (Linnaeus, 1758); D - *Cyphomyrmex rimosus* (Spinola, 1851). Fonte: Fotos disponíveis em www.antweb.org acesso em 08/09/2010. Fotógrafo: April Nobile, Direitos autorais: Copyright AntWeb.org, 2000-2009. Licença: Attribution-ShareAlike 3.0 (cc-by-sa-3.0) Creative Commons License. 20
- Figura 3.** Continuação. 1 – Vista frontal; 2 – Vista lateral. E - *Mycetagroicus cerradensis* Brandão e Mayhé-Nunes, 2001; F - *Mycetarotes* sp .; G - *Mycetophylax emery* (Forel, 1907); H - *Mycetosoritis hartmanni* (Wheeler, 1907). Fonte: Fotos disponíveis em www.antweb.org acesso em 08/09/2010. Fotógrafo: April Nobile, Direitos autorais: Copyright AntWeb.org, 2000-2009. Licença: Attribution-ShareAlike 3.0 (cc-by-sa-3.0) Creative Commons License. 21
- Figura 4.** Continuação. 1 – Vista frontal; 2 – Vista lateral. I - *Mycocepurus smithii* (Forel, 1893); J - *Myrmicocrypta squamosa* (F. Smith, 1860); K - *Sericomyrmex* sp. Mayr, 1865; L - *Trachymyrmex* sp . Fonte: Fotos disponíveis em www.antweb.org; acesso em 08/09/2010. Fotógrafo: April Nobile, Direitos autorais: Copyright AntWeb.org, 2000-2009. Licença: Attribution-ShareAlike 3.0 (cc-by-sa-3.0) Creative Commons License. 22
- Figura 5** Continuação. 1 – Vista frontal; 2 – Vista lateral. M - *Kalathomyrmex emery* (Forel, 1907); Fonte: fotos disponíveis em www.antweb.org; acesso em 08/09/2010. Fotógrafo: April Nobile, Direitos autorais: Copyright AntWeb.org, 2000-2009. Licença: Attribution-ShareAlike 3.0 (cc-by-sa-3.0) Creative Commons License. N - *Paramycetophylax bruchi* (Santschi, 1916). Fonte: foto adaptada de Klingenberg & Brandão (2009). 23
- Figura 6.** Demonstração da sinapomorfia para fêmeas adultas de Attini. As setas amarelas mostram seta mediana que surge do flange ou muito próximo ao limite do clipeo e do anticlipeo. Fotos retiradas e adaptadas a partir de Brandão & Mayhé-Nunes (2001): A- *Mycetagroicus urbanus* Brandão & Mayhé-Nunes 2001; B- *M. triangularis* Brandão & Mayhé-Nunes 2001; C- *M. cerradensis* Brandão & Mayhé-Nunes 2001. 23
- Figura 7.** Mapa esquemático do conjunto Ilha e Restinga da Marambaia. Adaptado a partir de Menezes, Peixoto e Araujo (2005). 27
- Figura 8.** Mapas demonstrativos da área de coleta na Restinga da Marambaia (A, B e C). Visão interna da fisionomia vegetal arbustiva “Floresta de Cordão Arenoso” evidenciando a serapilheira (D) e bromélias no extrato inferior (E). 45
- Figura 9.** Esquema da grade para distribuição dos pontos (parcelas) para peneiração da serapilheira no campo. A grade totaliza 15m² de serapilheira peneirada. 46

- Figura 10.** Processo de coleta de serapilheira: A- Demarcação e coleta de 1m² de serapilheira; B- Serapilheira sendo preparada para peneiração; C- Serapilheira sendo peneirada; D- Serapilheira transferida para o saco de filó; E- Saco de filo contendo a serapilheira sendo introduzido no extrator de Winkler; F- Extratores instalados e ativados. 48
- Figura 11.** Distribuição das frequências dos Índices C (*C-scores*) (A) e das Variâncias (B), obtidas a partir de 10.000 simulações produzidas para uma comunidade de formigas aleatória a partir de todas as estações juntas. A seta indica a média observada; p é a probabilidade de a média observada ser maior que a média esperada. 57
- Figura 12.** Distribuição das frequências dos Índices C (*C-scores*) (C) e das Variâncias (D) obtidas a partir de 10.000 simulações produzidas para uma comunidade de formigas aleatória no verão. As setas indicam as médias observadas; p é a probabilidade de a média observada ser significativamente maior que a média esperada. 58
- Figura 13.** Distribuição das frequências dos Índices C (*C-scores*) (E) e das Variâncias (F) obtidas a partir de 10.000 simulações produzidas para uma comunidade de formigas aleatória no outono. As setas indicam as médias observadas; p é a probabilidade de a média observada ser significativamente maior que a média esperada. 59
- Figura 14.** Distribuição das frequências dos Índices C (*C-scores*) (G) e das Variâncias (H) obtidas a partir de 10.000 simulações produzidas para uma comunidade de formigas aleatória no inverno. As setas indicam as médias observadas; p é a probabilidade de a média observada ser significativamente maior que a média esperada. 60
- Figura 15.** Distribuição das frequências dos Índices C (*C-scores*) (I) e das Variâncias (J) obtidas a partir de 10.000 simulações produzidas para uma comunidade de formigas aleatória na primavera. As setas indicam as médias observadas; p é a probabilidade de a média observada ser significativamente maior que a média esperada. 61
- Figura 16.** Visão interna da fisionomia vegetal Floresta de Cordão Arenoso. Alta densidade de bromélias no extrato inferior (A); alta densidade de plantas e serapilheira (B). Restinga da Marambaia, 2006. 80
- Figura 17.** Ordenação por Escalonamento Multidimensional (MDS) da comunidade de formigas coletada em floresta de cordão Arenoso da Restinga da Marambaia nas quatro estações de 2006. Δ = Inverno; □ = Primavera; ○ = Outono; ◆ = Verão. Cada símbolo representa o agrupamento de cinco unidades amostrais. 85
- Figura 18.** Ordenação por Escalonamento Multidimensional (MDS) para as guildas de formigas coletadas em Floresta de Cordão Arenoso da Restinga da Marambaia nas quatro estações de 2006. Δ = Inverno; □ = Primavera; ○ = Outono; ◆ = Verão. Cada símbolo representa o agrupamento de cinco unidades amostrais. 92
- Figura 19.** Distribuição da média das dissimilaridades geradas pelo SIMPER para cada guilda em cada par de estações. Restinga da Marambaia/2006. V = Verão; O = Outono; I = Inverno; P = Primavera. 93
- Figura 20.** Relações entre os níveis de significância gerados pelo ANOSIM e o número de espécies de formigas com contribuição nos pares de estações para a Floresta de Cordão Arenoso na Restinga da Marambaia/2006. 95

- Figura 21 .** Relações entre os níveis de significância gerados pelo ANOSIM e as distâncias das ocorrências das formigas entre os pares de estações para a Floresta de Cordão Arenoso na Restinga da Marambaia/2006. 95
- Figura 22.** Áreas de coleta na Restinga da Marambaia (A e B). Setas a esquerda indica a fisionomia “Herbácea Fechada de Cordão Arenoso”; seta a direita indica a fisionomia “Floresta de Cordão Arenoso” (C). 112
- Figura 23.** Aspectos das fisionomias vegetais estudadas. Floresta de Cordão Arenoso (A e B). Herbácea Fechada de Cordão Arenoso (C e D). Restinga da Marambaia, setembro/2006 e outubro/2009. 113
- Figura 24.** Construção das armadilhas de queda adaptadas: Recipiente maior (a); Talco inodoro (b); Recipiente menor (c); Haste de sustentação (d); Isca de casca laranja (e) (1). Conjunto montado (2). 114
- Figura 25.** Esquema da grade para distribuição das armadilhas de queda no campo. A grade totaliza 20 armadilhas com ou sem isca atrativa. 115
- Figura 26.** Armadilhas de queda no campo. Instalação do recipiente maior paralelo à superfície do solo no ponto marcado pelo transecto (A); Recipiente maior preparado para receber o recipiente menor com a isca (B); Recipiente menor instalado ao maior (C); Detalhe da armadilha de queda adaptada e ativada no campo (D). 116
- Figura 27.** Distribuição das abundâncias de formigas registradas pelos três tratamentos para armadilha de queda. Armadilha com isca (CI); armadilha sem isca (SI); armadilha tradicional (T); Herbácea Fechada de Cordão Arenoso (HFCA); Floresta de Cordão Arenoso (FCA). Restinga da Marambaia, outubro/2009. 127
- Figura 28.** Ordenação por Escalonamento Multidimensional (MDS) para a comunidade de formigas (A), as Attini (B) e as não Attini (C) coletadas em duas fisionomias vegetais da Restinga da Marambaia, outubro/2009. Δ - Floresta de Cordão Arenoso; \circ = Herbácea Fechada de Cordão Arenoso. 131
- Figura 29.** Diagrama de Ordenação de Análise de Correspondência Canônica, incluindo as espécies de formigas e variáveis de microhabitat (representadas por vetores) em Floresta de Cordão Arenoso da Restinga da Marambaia/2006. Umidade: Umidade da serapilheira, Temper: Temperatura do solo, Lumin: Luminosidade, Profund: Profundidade da serapilheira. Espécies codificadas: Anosp1: *Anochetus* sp 1; Aptsp1: *Apterostigma* sp 1; Aptsp2: *Apterostigma* sp 2; Brasp1: *Brachymyrmex* sp 1; Carbic: *Carebarella bicolor*; Cysp1R: *Cyphomyrmex* sp 1 (gr. *Rimosus*); Cysp1S: *Cyphomyrmex* sp 1 (gr. *Strigatus*); Cysp2R: *Cyphomyrmex* sp 2 (gr. *Rimosus*); Dissp1: *Discothyrea* sp 1; Eurbru: *Eurhopalothrix bruchi*; Gnasp1: *Gnamptogenys* sp 1; Hylbal: *Hylomyrma balzani*; Hylrei: *Hylomyrma reitteri*; Hypfor: *Hypoconerops foreli*; Hypsp1: *Hypoconerops* sp 1; Hypsp2: *Hypoconerops* sp 2; Meggoe: *Megalomyrmex goeldii*; Megspa: *Megalomyrmex* sp 1; Nylsp1: *Nylanderia* sp 1; Octrug: *Octostruma rugifera*; Odomei: *Odontomachus meinerti*; Phesp1: *Pheidole* sp 1; Phesp11: *Pheidole* sp 11; Phesp2: *Pheidole* sp 2; Phesp3: *Pheidole* sp 3; Phesp4: *Pheidole* sp 4; Phesp5: *Pheidole* sp 5; Phesp6: *Pheidole* sp 6; Phesp8: *Pheidole* sp 8; Pyrden: *Pyramica denticulata*; Pyrfri: *Pyramica fridericimuelleri*; Rogsp1: *Rogeria* sp 1; Solsp1: *Solenopsis* sp 1; Strelo: *Strumigenys elongata*; Strsp1: *Strumigenys* sp 1; Strsp2: *Strumigenys* sp 2; Strsp3: *Strumigenys* sp 3; Trsp1C: *Trachymyrmex* sp 1 (gr. *Cornetzi*); Wasaur: *Wasmannia auropunctata*; Waslut: *Wasmannia lutzi*. 154

- Figura 30.** Diagrama de Ordenação de Análise de Correspondência Canônica (CCA), com amostras codificadas por estação do ano e as variáveis de microhabitat (representadas por vetores) em Floresta de Cordão Arenoso da Restinga da Marambaia/2006. Umidad: Umidade da serapilheira, Temper: Temperatura do solo, Lumin: Luminosidade, Profund: Profundidade da serapilheira. ver: Verão, outon: Outono, inv: Inverno e prim: Primavera. 155
- Figura 31.** Diagrama de Ordenação de Análise de Correspondência Canônica (CCA), incluindo as espécies de formigas e os macronutrientes do solo (representados por vetores) em Floresta de Cordão Arenoso da Restinga da Marambaia/2006. Ca: Cálcio; C: Carbono; K: Potássio; Mg: Magnésio; N: Nitrogênio; P: Fósforo. Espécies codificadas: Anosp1: *Anochetus* sp 1; Aptsp1: *Apterostigma* sp 1; Aptsp2: *Apterostigma* sp 2; Brasp1: *Brachymyrmex* sp 1; Carbic: *Carebarella bicolor*; Cysp1R: *Cyphomyrmex* sp 1 (gr. Rimosus); Cysp1S: *Cyphomyrmex* sp 1 (gr. Strigatus); Dissp1: *Discothyrea* sp 1; Gnasp1: *Gnamptogenys* sp 1; Hylbal: *Hylomyrma balzani*; Hypfor: *Hypoponera foreli*; Hypsp1: *Hypoconera* sp 1; Hypsp2: *Hypoconera* sp 2; Meggoe: *Megalomyrmex goeldii*; Megspa: *Megalomyrmex* sp A; Nylsp1: *Nylanderia* sp 1; Octrug: *Octostruma rugifera*; Phesp1: *Pheidole* sp 1; Phesp11: *Pheidole* sp 11; Phesp2: *Pheidole* sp 2; Phesp3: *Pheidole* sp 3; Phesp4: *Pheidole* sp 4; Phesp5: *Pheidole* sp 5; Phesp6: *Pheidole* sp 6; Phesp8: *Pheidole* sp 8; Pyrden: *Pyramica denticulata*; Pyrfri: *Pyramica fridericimuelleri*; Rogsp1: *Rogeria* sp 1; Solsp1: *Solenopsis* sp 1; Strelo: *Strumigenys elongata*; Strsp1: *Strumigenys* sp 1; Strsp3: *Strumigenys* sp 3; Trsp1C: *Trachymyrmex* sp 1 (gr. Cornetzi); Wasaur: *Wasmannia auropunctata*; Waslut: *Wasmannia lutzii*. 158
- Figura 32.** Diagrama de Ordenação de Análise de Correspondência Canônica (CCA), com amostras codificadas por estação do ano e os macronutrientes do solo (representados por vetores) em Floresta de Cordão Arenoso da Restinga da Marambaia, para o verão e inverno/2006. Ca: Cálcio, C: Carbono, P: Fósforo, Mg: Magnésio, N: Nitrogênio e K: Potássio. ver: Verão e inv: Inverno. 159

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Proposta da classificação em grupos funcionais de formigas Australianas. Adaptado a partir de Andersen (1997). 15
- Tabela 2.** Proposta de classificação para guildas de formigas de Mata Atlântica, conforme Delabie *et al.* (2000). 16
- Tabela 3.** Proposta de classificação para guildas de formigas do Cerrado, conforme Silvestre *et al.* (2003). 17
- Tabela 4.** Descrição das guildas de formigas da Mata Atlântica, conforme Silva & Brandão (2010). 18
- Tabela 5.** Quadro demonstrativo dos remanescentes de restingas no Estado do Rio de Janeiro, adaptado a partir de Rocha *et al.* (2007). 29
- Tabela 6.** Distribuição do número de espécies agrupadas e separadas por estação, coletadas pelo extrator de Winkler em Floresta de Cordão Arenoso da Restinga da Marambaia, Rio de Janeiro/2006. 52
- Tabela 7.** Lista geral das espécies coletadas pelo extrator de Winkler na área de Floresta de Cordão Arenoso na Restinga da Marambaia, setembro/2006. VA – valores absolutos; Oc – Ocorrência amostral (total de vezes que a espécie foi registrada pelas 120 amostras) e Ab – Total de indivíduos coletados. O e A – “Ranking” da ocorrência e da abundância, respectivamente (classificação ordinal das espécies); na – espécies arbóricolas que eventualmente forrageiam na serapilheira. * - Espécies que não estavam na lista de Silva & Brandão (2010). Continua. 53
- Tabela 8** Comparação por duplas (*pairwise*) do ANOSIM e os respectivos valores do R estatístico derivados da composição das espécies de formigas nas quatro estações de 2006 na Floresta de Cordão Arenoso da Restinga da Marambaia. Valores significativos em negrito ($p < 5\%$). 85
- Tabela 9.** Maiores contribuições das espécies de formigas para a média de dissimilaridade entre as estações de 2006. Valores determinados pelo SIMPER para ambiente de Floresta de Cordão Arenoso da Restinga da Marambaia. V = Verão; O = Outono; I = Inverno; P = Primavera. Os números em negrito representam o quanto dissimilar é cada par de estações em relação à composição de espécies. 86
- Tabela 10.** Distribuição por subfamília dos totais de gêneros coletados por extratores de Winkler em Floresta de Cordão Arenoso da Restinga da Marambaia. T = total registrado; E = gêneros exclusivos da estação; C = gêneros não exclusivos. Letras sobrescritas identificam gêneros exclusivos; asteriscos identificam gêneros coletados, mas não utilizadas na análise. 88
- Tabela 11.** Distribuição por subfamília dos totais de espécies coletadas pelos extratores de Winkler em Floresta de Cordão Arenoso da Restinga da Marambaia. T = total registrado; E = espécies exclusivas da estação; C = espécies não exclusivas; letras sobrescritas identificam as espécies exclusivas; asteriscos identificam espécies coletadas, mas não utilizadas na análise. 88
- Tabela 12.** Comparação por duplas (*pairwise*) do ANOSIM e os respectivos valores do R estatístico e respectivos níveis de significância (quando $p < 5\%$), derivados da composição das espécies de formigas por Guilda nas quatro estações de 2006 na Floresta de Cordão Arenoso da Restinga da Marambaia. V = Verão; O = Outono; I = Inverno; P = Primavera. Valores significativos em negrito. 89

Tabela 13.	Maiores contribuições das espécies de formigas por Guilda para a média de dissimilaridade entre as estações de 2006. Valores determinados pelo SIMPER para ambiente de Floresta de Cordão Arenoso da Restinga da Marambaia. V = Verão; O = Outono; I = Inverno; P = Primavera. Os números em negrito representam o quanto dissimilar é cada para de estações em relação à composição de espécies. (Continua).	89
Tabela 14.	Resultados da Análise de Aninhamento. T°_{obs} = Temperatura (medida de desordem física); Pr = Percentual de preenchimento da matriz; T°_{rand} = Temperatura Média gerada pelo modelo nulo; SD $^{\circ}$ = Desvio Padrão gerado pelo modelo nulo; p = nível de significância.	94
Tabela 15.	Lista geral das espécies coletadas pela armadilha de queda adaptada na Restinga da Marambaia, outubro/2009. FCA – Floresta de Cordão Arenoso; HFCA – Herbácea Fechada de Cordão Arenoso; VA – valores absolutos; Oc – Ocorrência amostral (total de vezes que a espécie foi registrada pelas 120 amostras) e Ab – Total de indivíduos coletados. O e A – “Ranking” da ocorrência e da abundância, respectivamente (classificação ordinal das espécies); na – espécies arbóricolas que eventualmente forrageiam na serapilheira. * - Espécies que não contavam na lista de Silva & Brandão (2010). Continua	121
Tabela 16.	Totais de gêneros e espécies coletadas pelas armadilhas de queda adaptadas com e sem isca atrativa para Attini em duas fisionomias vegetais da Restinga da Marambaia, outubro 2009. (FCA) Floresta de Cordão Arenoso; (HFCA) Herbácea Fechada de Cordão Arenoso; (G) gêneros e (E) espécies. Entre parênteses gêneros e espécies exclusivas.	125
Tabela 17.	Distribuição do número de espécies, de indivíduos e da proporção percentual de formigas coletadas pela armadilha de queda adaptada na Restinga de Marambaia, outubro/2009. T - armadilha tradicional; CI - armadilha com isca; SI - armadilha sem isca.	125
Tabela 18.	Análise comparativa da abundância de formigas entre os tratamentos das armadilhas de queda adaptadas para Attini em cada fisionomia na Restinga da Marambaia, outubro/2009. (D_{max}) Teste Kolmogorov-Smirnov para duas amostras, (p) nível de significância; (CI) armadilha com isca; (SI) armadilha sem isca; (T) armadilha tradicional; (*) valor de p significativo; (**) valor de p marginalmente significativo.	125
Tabela 19.	Análise comparativa da abundância de formigas entre as fisionomias vegetais a partir do agrupamento dos dois tratamentos da armadilha de queda (com + sem isca) para captura de Attini. (D_{max}) Teste Kolmogorov-Smirnov para duas amostras, (p) nível de significância; (*) valor de p significativo; (**) valor de p marginalmente significativo.	126
Tabela 20.	Índices de Diversidade de espécies de formigas entre os três formatos de armadilhas de queda nas duas fisionomias da Restinga da Marambaia. T - armadilha tradicional; CI - armadilha com isca; SI - armadilha sem isca; Os valores dos Índices de Diversidade para as armadilhas de queda tradicionais foram calculados a partir dos dados publicados em Vargas <i>et al.</i> (2007).	126
Tabela 21.	Contribuição das espécies para a média da dissimilaridade entre as fisionomias FCA (Floresta de Cordão Arenoso) e HFCA (Herbácea Fechada de Cordão Arenoso) para a composição de formigas coletadas por armadilhas de queda adaptadas, calculadas pelo SIMPER. * espécies da Tribo Attini. Restinga da Marambaia, outubro/2009.	129

Tabela 22.	Contribuição das espécies para a média da dissimilaridade entre as fisionomias FCA (Floresta de Cordão Arenoso) e HFCA (Herbácea Fechada de Cordão Arenoso) para Attini e Não Attini, calculadas pelo SIMPER. Restinga da Marambaia, outubro/2009.	130
Tabela 23.	Sumário dos resultados da Análise de Correlação Canônica (CCA) sobre a abundância relativa das espécies de formigas e variáveis de microhabitat em Floresta de Cordão Arenoso da Restinga da Marambaia, janeiro e setembro/2006.	153
Tabela 24.	Sumário dos resultados da Análise de Correlação Canônica (CCA) sobre a abundância das espécies de formigas e dos macronutrientes do solo em Floresta de Cordão Arenoso da Restinga da Marambaia, janeiro e setembro/2006.	157

LISTA DE ANEXOS

- Anexo 1.** Lista geral das espécies coletadas na Restinga da Marambaia, setembro/2006 e outubro/2009. FCA – Floresta de Cordão Arenoso; HFCA – Herbácea Fechada de Cordão Arenoso; VA – valores absolutos; Oc – Ocorrência amostral (total de vezes que a espécie foi registrada pelas amostras) e Ab – Total de indivíduos coletados. O e A – Ranking da ocorrência e da abundância, respectivamente (classificação ordinal das espécies por técnica de coleta e fisionomia vegetal); nc – espécies coletadas apenas pelas armadilhas de queda e não utilizadas nas análises de guildas; na – espécies arbóricolas que eventualmente forrageiam na serapilheira. Continua. 176
- Anexo 2.** Densidade, Mínimo e Máximo números de espécies de formigas coletadas por extratores de Winkler e armadilhas de queda adaptadas com isca atrativa em duas fisionomias da Restinga da Marambaia, Rio de Janeiro, em setembro de 2006 e outubro de 2009. FCA – Floresta de Cordão Arenoso; HFCA – Herbácea Fechada de Cordão Arenoso. Os valores referem-se à densidade média de espécies de formigas coletadas por metro quadrado. Mín – Número mínimo de espécie coletadas e Máx – Número máximo de espécies coletadas por unidade amostral. 181

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	6
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
2.1 Comunidade hiperdiversa: o caso da biodiversidade para formigas (Hymenoptera: Formicidae)	9
2.2 Estrutura de comunidades através de grupos funcionais e guildas: evidências para formigas	10
2.3 A Tribo Attini: o caso da guilda cultivadora de fungos	19
2.4 As Restingas: as formações quaternárias	24
2.5 A Restinga da Marambaia: o “cerco do mar”	26
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30
CAPÍTULO 1: A COMUNIDADE DE FORMICIDEOS DE SERAPILHEIRA ATRAVÉS DE GUILDAS E MODELOS NULOS: OBSERVAÇÕES EM PEQUENA ESCALA TEMPORAL PARA A RESTINGA DA MARAMBAIA, RIO DE JANEIRO	39
RESUMO	40
ABSTRACT	41
1 INTRODUÇÃO	42
2 MATERIAL E MÉTODOS	44
2.1 Área de Estudo	44
2.1.1 Fisionomia vegetal	44
2.2 Transecção	46
2.3 Extratores de Winkler	47
2.4 Identificação da Fauna de Formigas	47
2.5 Classificação das Formigas em Guildas	49
2.6 Análise de Dados	49

2.6.1 Representatividade das guildas de formigas através dos pontos de coleta	49
3 RESULTADOS	51
4 DISCUSSÃO	62
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
CAPÍTULO 2: ESTRUTURA E COMPOSIÇÃO DA COMUNIDADE DE FORMIGAS DA RESTINGA DA MARAMBAIA, RJ: AS PARTES (GUILDAS) REFLETEM OS PADRÕES ENCONTRADOS PARA O TODO (COMUNIDADE)?	74
RESUMO	75
ABSTRACT	76
1 INTRODUÇÃO	77
2 MATERIAL E MÉTODOS	79
2.1 Área de Estudo	79
2.2 Fisionomia Vegetal	79
2.3 Transecção e Extratores de Winkler	79
2.4 Identificação da Fauna de Formigas	80
2.5 Classificação das Formigas em Guildas	81
2.6 Análise de Dados	81
2.6.1 Análise da estrutura e composição da comunidade de formigas da Restinga da Marambaia	81
3 RESULTADOS	84
3.1 Formicifauna Coletada na Restinga da Marambaia	84
3.2 As Guildas de Formigas da Restinga da Marambaia	87
3.3 Aninhamento das comunidades de formicídeos	93
3.4 Relações na Estruturação da Comunidade de Formicídeos	94
4 DISCUSSÃO	96
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	100

CAPÍTULO 3: A TRIBO ATTINI REFLETE PARÂMETROS ECOLÓGICOS COMO RIQUEZA, ABUNDANCIA E DIVERSIDADE DE ESPÉCIES ENCONTRADAS PARA COMUNIDADES DE FORMIGAS?	106
RESUMO	107
ABSTRACT	108
1 INTRODUÇÃO	109
2 MATERIAL E MÉTODOS	111
2.1 Área de Estudo	111
2.2 Armadilhas de Queda Adaptadas	113
2.3 Transecção	114
2.4 Identificação e Tombamento	115
2.5 Análise de Dados	117
2.5.1 Riqueza e abundancia de formigas coletadas por armadilha de queda adaptada	117
2.5.2 Estrutura da comunidade de formigas coletadas por armadilha de queda adaptada	117
3 RESULTADOS	119
3.1 Riqueza, Abundância e Diversidade	119
2.5.2 Estrutura da comunidade de formigas coletadas por armadilha de queda adaptada	128
4 DISCUSSÃO	132
4.1 Riqueza, Abundância e Diversidade amostrada pelas armadilhas de queda adaptadas	132
4.2 Estrutura da comunidade de formigas coletadas por armadilha de queda adaptada	134
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	137
CAPÍTULO 4: RELAÇÃO ENTRE A ASSEMBLÉIA DE FORMIGAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE), MICROHABITAT E MACRONUTRIENTE DO SOLO PARA RESTINGA NA MARAMBAIA, RIO DE JANEIRO	144
RESUMO	145
ABSTRACT	146
1 INTRODUÇÃO	147

2 MATERIAL E MÉTODOS	149
2.1 Área de Estudo	149
2.2 Coleta da formicifauna	149
2.3 Fatores de micro habitat e macro-nutrientes do solo	150
2.4 Identificação da Fauna de Formigas	151
2.5 Análise de dados	151
3 RESULTADOS	152
3.1 Relações das formigas com variáveis de micro habitat	152
3.2 Relações das formigas com macro nutrientes do solo	156
4 DISCUSSÃO	160
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	164
CONCLUSÕES	174

INTRODUÇÃO GERAL

A biodiversidade tem sido o foco de diversos estudos onde a formicifauna é bastante utilizada, por causa de seu papel estruturador da comunidade de artrópodes (Hölldobler & Wilson, 1990). As formigas apresentam características que as elegem como boas bioindicadoras: podem ser facilmente amostradas e identificadas, sua diversidade poder relacionar-se com outros parâmetros como, a complexidade da vegetação (Leal, 2003), o grau de perturbação (Vasconcelos, 1998), o fluxo de energia e de materiais nos ecossistemas (Silva & Brandão, 1999) e pelas múltiplas interações interespecíficas (Oliveira & Freitas, 2004). Além disso, devido à execução de várias funções nos ecossistemas onde vivem, as formigas são consideradas como o grupo de invertebrados com melhor desempenho para a avaliação e monitoramento ambiental (Brown, 1997; Agosti *et al.*, 2000).

Por outro lado, a maior parte dos trabalhos sobre formicifauna limitam-se a análises comparativas através de dados quantitativos. Apesar de relevante, mas sabendo-se das múltiplas funções e da alta diversidade em ambientes neotropicais, percebemos a necessidade de análises que fossem ao mesmo tempo quantitativas e comparativas, mas que também pudessem ser feitas de forma qualitativa, ou seja, que os dados fossem trabalhados de forma a se potencializar as análises extraindo mais informações relevantes, reduzindo o tempo de campo (através da utilização de protocolos de coleta estruturados) e do processamento em laboratório, sem perder qualidade e confiabilidade dos dados. Dessa forma, desenvolvemos o estudo sobre a formicifauna da Restinga da Marambaia sob a óptica de uma escala espaço temporal reduzida, mas ampliando e potencializando as análises sobre os dados.

Encontra-se em Formicidae uma tribo que apresenta uma característica peculiar em relação a todas as outras formigas, o hábito de cultivar fungos para alimentação (Mayhé-Nunes, 1995). Contudo, os estudos sobre Attini se apresentam focados em espécies com importância econômica e, por consequência, com baixa eficiência amostral, privilegiando apenas algumas espécies (Araujo *et al.*, 1997). A relação formiga – fungo é uma característica indissociável desta tribo de formigas, o que permitiu aos trabalhos de Delabie *et al.* (2000), Silvestre *et al.* (2003) e Silva & Brandão (2010) que visaram biologia e comportamento de formicideos, convergissem para caracterizar claramente Attini como uma guilda, mesmo tendo os autores utilizado critérios distintos em suas classificações.

Nesta perspectiva, o presente estudo foi separado em quatro capítulos que visaram desenvolver desde a verificação de padrões e estrutura da comunidade de formigas através de guildas tróficas, passando por uma proposta de coleta e análise específica para a guilda cultivadora de fungos até a relação da comunidade de formicideos com fatores de microhabitat e macronutricionais do solo da Restinga da Marambaia, Rio de Janeiro.

Mais especificamente, o Capítulo 1, “A comunidade de formicideos de serapilheira através de guildas e modelos nulos: observações em pequena escala espacial para a Restinga da Marambaia, Rio de Janeiro”, trata da investigação sobre possíveis padrões para a comunidade de formigas de serapilheira de restinga, quando sua classificação é realizada através de guildas (ver proposta de Silva & Brandão, 2010). Neste caso, a aplicação de modelos nulos, comunidades geradas a partir de aleatorizações dos dados originais, tornou-se uma importante ferramenta para investigar a estrutura de comunidade de grupos animais (Sanders *et al.*, 2003; 2007; Suárez & Petre-Junio, 2003; Recorder & Nogueira, 2007) e vegetais (Zhang *et al.*, 2009). De acordo com Delabie *et al.* (2000), a fauna de formigas apresenta altos níveis de diversidade taxonômica, morfológica e ecológica, dando a este grupo de insetos “status” de bom exemplo para a utilização de modelos nulos para se investigar a estruturação de comunidades megadiversas em ambientes neotropicais.

A partir da análise acima foi possível a inferência sobre a possibilidade de se estruturar a comunidade de formigas sob uma perspectiva mais qualitativa. Se a composição de formigas se apresenta através de padrões não aleatórios e as guildas estão estruturadas, seria possível estruturar esta comunidade através das guildas? Em outras palavras, as guildas poderiam refletir padrões gerais?

Para tanto, no Capítulo 2, “Estrutura e composição da comunidade de formigas da Restinga da Marambaia, Rio de Janeiro: as partes (guildas) refletem os padrões encontrados para o todo (comunidade)?”, propusemos analisar a estrutura da comunidade de formigas de serapilheira de restinga a partir da proposta de Silva & Brandão (2010) da seguinte forma: as guildas separadamente (principalmente a cultivadora de fungos) e em pequena escala espacial (1,0 m² de serapilheira), associadas a uma escala temporal também pequena (possíveis variações nas estações do ano), refletem padrões gerais da comunidade de formicideos? Assim, seria possível aplicar procedimentos e metodologia de coletas padronizadas, mas reduzindo o tempo de

processamento dos dados sem perder as características gerais da comunidade, a confiabilidade e consistência dos dados.

Contudo, nova possibilidade de análise surgiu, ou seja, uma guilda bem caracterizada como as cultivadoras de fungos, seria capaz de responder a análise de estrutura de comunidade em ambientes distintos? Para tanto, seria necessária uma técnica de amostragem eficiente e específica para este grupo e realizada através de protocolos de coleta padronizados para potencializarmos seus registros sem perder a confiabilidade dos dados. Para este caso, desenvolvemos o Capítulo 3, “A tribo Attini (Formicidae, Myrmicinae) reflete parâmetros ecológicos como riqueza, abundância e diversidade de espécies encontradas para comunidades de formigas?”.

Neste aspecto, avaliamos a eficiência da armadilha de queda adaptada para captura de formigas Attini em dois ambientes distintos da Restinga da Marambaia (Floresta de Cordão Arenoso – FCA e Herbácea Fechada de Cordão Arenoso HFCA) e se os registros desta tribo são suficientes para refletirem parâmetros ecológicos como riqueza, abundância e diversidade de espécies encontrados para a comunidade de formigas. Aplicamos a proposta de Sanhudo *et al.* (2009) para armadilhas de queda adaptadas para Attini e comparamos com os dados publicados por Vargas *et al.* (2007) sobre armadilhas de queda tradicionais em duas áreas da Restinga da Marambaia. Para complementar a análise, incluímos dados qualitativos verificando comparativamente a estrutura da comunidade de formigas através de três matrizes: toda comunidade, apenas Attini e apenas não Attini capturadas nas armadilhas de queda adaptadas.

De modo consensual, alguns estudos sugeriram a influência de fatores abióticos, principalmente a profundidade da serapilheira, como preponderante para a composição e estruturação da comunidade de formicídeos, podendo ser um fator relacionado com os padrões encontrados nos três capítulos anteriores. Outro ponto relevante refere-se a composição edáfica das restingas, que apresentam solos predominantemente arenosos e pobres em nutrientes e em argila (Soares, 1984; Araújo & Lacerda, 1987). A retirada da fauna e flora afeta diretamente os mecanismos de ciclagem de nutrientes e, por consequência, negativamente a manutenção dos equilíbrios ecológicos e biológicos nestes ambientes (Giller, 1996). A diferença entre os ecossistemas está na eficiência de utilização dos nutrientes para a produção de biomassa vegetal e a relação entre ciclagem de nutrientes e o fluxo de energia no compartimento da serapilheira é condicionante da capacidade de produção dos ecossistemas (Delitti, 1984).

Uma nova pergunta surgiu a partir desta observação, ou seja, fatores de microhabitat (como a serapilheira) têm influencia sobre a abundância das espécies de formigas em ambientes de restinga? E ainda mais, se há relação, como a serapilheira é um componente ambiental fadado à decomposição e, por conseqüência, diretamente relacionada ao retorno de nutrientes ao solo, existiria relação entre macronutrientes do solo e a abundancia de formigas de serapilheira? Estes questionamentos foram verificados no Capítulo 4, “Relação entre a composição de formigas (Hymenoptera: Formicidae) e fatores de microhabitat e macronutriente do solo para Restinga da Marambaia, Rio de Janeiro”.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOSTI, D.; MAJER, J. D.; ALONSO, L. E. & SCHULTZ, T. R., *Ants: standard (Hymenoptera: Formicidae) methods for measuring and monitoring biodiversity*. Smithsonian Institution Press, Washington. 280p. 2000.

ARAÚJO, D. S. D. & LACERDA, L. D. A natureza das Restingas. *Ciência Hoje*, v. 6, n. 33, p. 42-48. 1987.

ARAUJO, M. S., DELLA LUCIA, T. M. C. & MAYHÉ-NUNES, A. J. Levantamento de Attini (Hymenoptera, Formicidae) em povoamento de *Eucalyptus* na região de Paraopeba, Minas Gerais, Brasil, *Revista Brasileira de Zoologia*, v. 22, n. 2, p. 323-328. 1997.

BROWN, K. S. Diversity, disturbance and sustainable use of Neotropical forests: insects as indicators for conservation monitoring. *Journal of Insect Conservation*, v. 1, p. 1-18. 1997.

DELABIE, J. H. C., AGOSTI, D. & NACIMEJNTO, I. C., Litter ant communities of the Brazilian Atlantic rain forest region. p. 1-17. *In: AGOSTI, D.; MAJER, J. D.; ALONSO, L. T. & SCHULTZ, T. R. (eds). Sampling ground-dwelling ants: case studies from the world's rain forests*. Perth, Australia, Curtin University School of Environmental Biology. Bulletin, v. 18, 2000.

DELITTI, W. B. C. Aspectos comparativos da ciclagem de nutrientes minerais na mata ciliar, no campo cerrado e na floresta implantada de *Pinus elliotii* Engelm. var. *elliotii* (Mogi-Guaçu, SP). Tese de Doutorado. Instituto de Biociências. Departamento de Ecologia Vegetal. Universidade de São Paulo, São Paulo. 298p. 1984.

GILLER, P. The diversity of soil communities, the "poor man's tropical rainforest". *Biodiversity and Conservation*, v. 5, p. 135-168. 1996.

HÖLLDOBLER, B. & WILSON, E.O. *The ants*. Cambridge: Harvard University Press, 732p. 1990.

LEAL, I. R. Dispersão de Sementes por Formigas, p. 593-624. *In*: LEAL, I. R.; TABARELLI, M. & SILVA, J. M. C. Ecologia e Conservação da Caatinga. Recife, Ed. Univ. UFPE, 822p. 2003.

MAYHÉ-NUNES, A. J. Filogenia de los Attini (Hym-Formicidae): um aporte al conocimiento de las Hormigas Fungívoras. Tese apresentada à Universidad Simón Bolívar para obtenção de título de Doctor em Ciências Biológicas. Caracas, Venezuela. 274p. 1995.

OLIVEIRA, P. S. & FREITAS, A. V. L. Ant-plant-herbivore interactions in the neotropical cerrado savana. *Naturwissenschaften*, v. 91, p. 557-570. 2004.

RECODER, R. & NOGUEIRA, C. Composição e diversidade de répteis na região sul do Parque Nacional Grande Sertão Veredas, Brasil Central. *Biota Neotropica*, v. 7, n. 3, p. 267-278. 2007.

SANDERS, N. J., GOTELLI, N. J., HELLER, N. E., GORDON, D. M. Community disassembly by an invasive species. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America - PNAS*, v. 100, n. 5, p. 2474–2477. 2003.

SANDERS, N. J., CRUTSINGER, G. M., DUNN R. R., MAJER, J. D., DELABIE, J. H. C. An Ant Mosaic Revisited: Dominant Ant Species Disassemble Arboreal Ant Communities but Co-Occur Randomly. *Biotropica*, v. 39, n. 3, p. 422–427. 2007.

SANHUNDO, C. E. D.; MAYÉ-NUNES, A. J. & HENRIQUES, A. L. Influência da topografia na distribuição de formigas Attini (Hymenoptera: Formicidae) com a utilização de armadilha de solo adaptada em Caxiuanã. p. 505 – 524. *In*: LISBOA, P. L. B. (Org.). Caxiuanã: desafios para a conservação de uma Floresta Nacional na Amazônia. MPEG, 672p. 2009.

SILVA, R. R. & BRANDÃO, C. R. F. Formigas (Hymenoptera: Formicidae) como indicadores da qualidade ambiental e da biodiversidade de outros invertebrados terrestres. *Biotemas*, v. 12, n. 2, p. 55-73. 1999.

SILVA, R. R. & BRANDAO, C. R. F. Morphological patterns and community organization in leaf-litter ant assemblages. *Ecological Monographs*, v. 80, n. 1, p. 107–124. 2010.

SILVESTRE, R., BRANDÃO, C. R. F. & SILVA, R. R. Grupos funcionales de hormigas: el caso de los gremios del Cerrado, p. 13-148. In: Fernández F. (ed.). *Introducción a las Hormigas de La región Neotropical*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia. 398p. 2003.

SOARES, J. J. Levantamento fitossociológico de uma faixa litorânea do Rio Grande do Sul, entre Tramandaí e Praia do Barco. *In: LACERDA, L. D.; ARAÚJO, D. S. D. & TURCQ, B. (org.) Restingas: Origens, estrutura, processos*. Niterói: CEUFF, p.381-394. 1984.

SÚAREZ, Y. R. & PETRERE-JUNIOR, M. Associações de espécies de peixes em ambientes lóticos da bacia do rio Iguatemi, Estado do Mato Grosso do Sul. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, v. 25, n. 2, p. 361-367. 2003.

VARGAS, A. B.; MAYHÉ-NUNES, A. J; QUEIROZ, J. M; ORSOLON, G. S. & FOLLY-RAMOS, E. Efeitos de Fatores Ambientais sobre a Mirmecofauna em Comunidade de Restinga no Rio de Janeiro, RJ. *Neotropical Entomology*, v. 36, n.1, p. 28-37. 2007.

VASCONCELOS, H. L. Respostas das formigas à fragmentação florestal. *Série Técnica IPEF*, v. 12, n. 32, p. 95-98. 1998.

ZHANG, J., HAO, Z., SONG, B., LI, B., WANG, X.V & YE, J. Fine-scale species co-occurrence patterns in an old-growth temperate Forest. *Forest Ecology and Management*, v. 257, n. 10, p. 2115-2120. 2009.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Comunidade megadiversa: o caso da biodiversidade para formigas (Hymenoptera: Formicidae)

Uma comunidade vem sendo definida como conjuntos ou grupos de populações de espécies que ocorrem juntas tanto no espaço quanto no tempo e suas formações e estruturas se dão por interações bióticas e abióticas entre os seus componentes (Pianka, 1973; Begon *et al.*, 2006). Para ambientes neotropicais, caracteristicamente mais heterogêneos, a diversidade biológica ou biodiversidade é mais um fator relevante para os estudos sobre ecologia de comunidades. Para Silva & Brandão (2010), grupos considerados megadiversos constituem um novo passo para estudos sobre a biodiversidade, pois estes grupos apresentam altos níveis de diversidade taxonômica, morfológica e ecológica por unidade de área observada.

Se por um lado a biodiversidade pode revelar informações relevantes sobre os ecossistemas mundiais, por outro, o estudo da diversidade biológica não é muito simples. São necessários de um ou de conjuntos de organismos que se apresentem aos componentes da biodiversidade, como a riqueza e abundância relativa, associado a um ou mais protocolos de coleta bem estruturados, para que estes componentes sejam bem avaliados (Romero & Jaffé, 1989; Parr & Chown, 2001). Então, quais são os organismos mais representativos ou apropriados para estudos sobre biodiversidade? Sem dúvida, as formigas enquadram-se facilmente nestas características. Nas últimas décadas a biodiversidade tem sido o foco de diversos estudos onde a mirmecofauna é bastante utilizada, por causa de seu papel estruturador da comunidade de artrópodes (Hölldobler & Wilson, 1990).

As formigas apresentam características que as elegem como boas representantes, pois apresentam vários aspectos positivos, desde os taxonômicos até os ecológicos. Neste caso, este grupo de organismos é facilmente amostrado e identificado (Silva & Brandão, 1999). Devido à execução de várias funções no ecossistema onde estão inseridas, as formigas vem sendo consideradas como o grupo de invertebrados com melhor desempenho para a avaliação ambiental (Brown, 1997). Sua diversidade já foi relacionada a outros parâmetros como: o grau de perturbação ambiental, o fluxo de energia e de matéria, monitoramento ambiental, a complexidade e heterogeneidade da vegetação, e pela realização de interações multi troficas (Vasconcelos, 1998; Silva & Brandão, 1999; Agosti *et al.*, 2000; Leal, 2003; Del-Claro, 2004; Oliveira & Freitas, 2004).

Vale ressaltar, contudo, que os estudos sobre a diversidade da fauna de formigas, sejam de serapilheira ou não, vem sendo acompanhados de desenhos amostrais bem estruturados para que nosso conhecimento sobre a fauna de formigas dos biomas brasileiros seja bem avaliado e ampliado. A sistematização e a associação das técnicas de coleta podem permitir comparações entre habitats, regiões, inferências sobre a estrutura da comunidade, além de novos registros que modificam e ampliam a distribuição geográfica de gêneros e espécies (Veiga-Ferreira *et al.*, 2010).

As propostas de classificação das formigas de serapilheira em guildas caracterizaram mais um passo no entendimento de como a formicifauna, através de suas características de forrageamento, alimentação e nidificação, associadas a características morfológicas, pode se apresentar no ambiente (Delabie *et al.*, 2000; Silvestre *et al.*, 2003; Silva & Brandão, 2010). Este novo passo avalia as informações oriundas dos organismos, principalmente da comunidade de formigas, sob uma perspectiva de associar quem, o quanto e como estão as comunidades em um ambiente. Segundo Silva & Brandão (2010), o estudo de organismos megadiversos através de características funcionais, como as guildas por exemplo, permitem revelar padrões gerais da estrutura de comunidade além de inferências sobre seus aspectos históricos, estrutura filogenética e características evolutivas.

2.2 Estrutura de comunidades através de grupos funcionais e guildas: evidências para formigas

As propriedades de comunidades podem ser entendidas como “a soma das propriedades dos indivíduos presentes com as suas interações e estas, por sua vez, são o que fazem a comunidade ser mais do que a soma de suas partes (Begon *et al.*, 2006, p. 469)”. Para este autor, o interesse maior está em entender como as espécies estão distribuídas e agrupadas e os meios como estes agrupamentos podem ser influenciados por fatores bióticos e abióticos. Isto se deve ao fato de a matéria (para construção) e a energia (para atividade) criarem uma rede de interação que promove um fluxo destes elementos por todas as entidades biológicas existentes em uma comunidade.

Este princípio da ecologia de comunidades é a base para estudos sobre como os organismos estão distribuídos pelos ecossistemas. Algumas comunidades de organismos vêm sendo estruturadas principalmente através de características ecológicas do que apenas taxonômica.

Estas características tem sugerido a comunidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) como ferramenta biológica adequada para estudos ecológicos. Isto se deve principalmente, por este grupo de insetos apresentar parâmetros taxonômicos, ecológicos e biológicos que permitem tais estudos como, por exemplo: serem diversificados, facilmente amostrados e identificados, comuns durante todas as estações do ano e responderem rapidamente a alterações ambientais (Silva & Brandão, 1999; Freitas *et al.*, 2006). Para Andersen (1997) e Silvestre *et al.* (2003), estes parâmetros permitem que as comunidades de formigas descrevam um ambiente com razoável fidelidade.

Inicialmente, a classificação em grupos funcionais reduz a complexidade, permitindo a identificação de padrões gerais da estrutura da comunidade estudada, inclusive entre ecossistemas e regiões biogeográficas distintas (Andersen, 1997). Isto acontece pela possibilidade de coexistência de espécies em uma determinada comunidade. O compartilhamento dos recursos disponíveis, em parte determinado tanto por fatores ecológicos quanto históricos, pode permitir às espécies, quando filogeneticamente relacionadas, apresentar conservação de seus nichos (Ricklefs, 1987; Pianka, 1994).

Andersen (1997) dividiu as formigas australianas em grupos funcionais onde os gêneros foram separados pela preferência de microclima, habitat, posição na escala de dominância competitiva interespecífica, tolerância a perturbações ambientais e estratégias de forrageamento adotadas (*vide* Tabela 1 para descrição dos grupos funcionais e classificação de alguns gêneros de formigas australianas). Este trabalho permitiu inferências sobre as comunidades de formigas em diferentes contextos ambientais, desde os mais preservados ou em recuperação, até aqueles com fortes perturbações antrópicas.

Devido a grande variedade de hábitos, habitats, riqueza e abundância de espécies encontradas na maioria dos biomas mundiais, tornou-se necessária uma classificação mais refinada. A Ecologia adotou o termo guilda para se referir a grupos de espécies que obtêm sua subsistência dos mesmos tipos de recursos e que utilizam a mesma estratégia na ocupação de seus nichos (Silvestre *et al.*, 2003). O termo guilda¹ surgiu inicialmente na literatura ecológica a partir dos trabalhos de Root (1967), como tradução da palavra “Genossenschaften” para a

¹ No final da Idade Média (entre os séculos XIII e XV), a Europa passou por transformações sociais, econômicas e políticas de grande importância. O fortalecimento do comércio e o surgimento da burguesia favoreceram o desenvolvimento e surgimento de muitas cidades. Com mais pessoas morando nas cidades européias, começaram a surgir novas profissões e oportunidades de trabalho. O dinheiro começou a circular com maior intensidade. Neste contexto, o termo guilda surgiu para caracterizar uma organização econômica coletiva. Também conhecidas como **corporações artesanais** ou **corporações de ofício**, as guildas representavam associações de trabalhadores de um mesmo ramo (artesãos, carpinteiros, tecelões, etc), ou seja, pessoas que desenvolviam a mesma atividade profissional e que procuravam garantir os interesses de classe ou do produto (HAUSER, 1954).

língua inglesa. Este termo foi utilizado para se referir a plantas que dependem de outras para sua existência como lianas, epífitas saprófitas e parasitas, sendo assim descrito:

“Uma guilda é definida com um grupo de espécies que exploram a mesma classe de recursos ambientais de forma similar. Esse termo agrupa espécies sem considerar suas posições taxonômicas, que coincidem significativamente com as necessidades de seus nichos (Root, 1967, p. 335)”.

Para a Mata Atlântica, por exemplo, Delabie *et al.* (2000) apresentaram uma das primeiras propostas para a comunidade de formicideos em ambientes brasileiros. Sua classificação em nove guildas permitiu observações mais qualitativas sobre a comunidade de formigas de serapilheira no sul da Bahia, ampliando assim as possibilidades de novas propostas de estudos sobre a comunidade de formicideos (Tabela 2). Posteriormente, Silvestre *et al.* (2003) sugeriram uma classificação para guildas de formigas do Cerrado a partir de atributos ecológicos e biológicos das espécies, associados a informações de campo e levantamentos faunísticos (Tabela 3).

Recentemente, Silva & Brandão (2010) também desenvolveram uma classificação em nove guildas utilizando características morfológicas (medidas morfométricas) associadas às ecológicas (Tabela 4). Para estes autores, “a estrutura de comunidade de animais hiperdiversos pode ser revelada usando características morfológicas que tem relação conhecida com o desempenho ecológico de uma dada espécie (Silva & Brandão, 2010, p. 108)”.

A classificação da comunidade de formigas em guildas, de acordo com Silva & Brandão (2010), objetivou representar sua estrutura, permitindo usar essa informação para fazer previsões a um nível mais prático, geral e mais informativo do que o nível de espécies taxonômicas. Ainda segundo estes autores, semelhantemente aos grupos funcionais, as guildas permitem estudos comparativos entre comunidades, além de avaliar agrupamentos de espécies que pode compartilhar síndromes comportamentais e ecológicas.

A vantagem de se utilizar guildas para estudos e análises ambientais está relacionada à capacidade das espécies em utilizarem de formas diferenciadas, trófica, espacial e temporalmente, seus nichos. Segundo Silvestre *et al.* (2003), os recursos disponíveis nos ambientes neotropicais permitem a coexistência de muitas espécies, inclusive daqueles grupos que sobrepõem porções de nichos. Ainda segundo estes autores, “há uma redução da competição dentro das guildas pela oferta de recursos e pela plasticidade de estratégias

comportamentais adotadas com cada espécie evitando encontros agonísticos (Silvestre *et al.* 2003, p. 133)”.

Exceto para o caso da tribo Attini (formigas cultivadoras de fungos), nota-se, entretanto, que as classificações das espécies nem sempre convergem à mesma guilda, provavelmente devido às características escolhidas para a análise e, no caso do Cerrado, devido à particularidade deste habitat comparativamente bem distinto a Mata Atlântica, tanto em estrutura vegetacional quanto em comunidade de formigas.

Entretanto, a classificação em grupos funcionais parece ser mais abrangente pois agrupa espécies que usam estratégias similares na exploração de recursos, somado a algumas propriedades ecológicas (Delabie *et al.*, 2000; Silvestre *et al.*, 2003). Sendo assim, existe uma forte crítica aos grupos funcionais, pois estes se referem basicamente à possibilidade de agrupamento de guildas distintas em um mesmo grupo funcional. Segundo Silvestre *et al.* (2003), grupos funcionais podem ser constituídos por representantes de mais de uma guilda, entretanto, uma guilda não pode ser constituída por mais de um grupo funcional. O esquema apresentado na Figura 1 exemplifica esta condição.

O presente estudo adotou a descrição e a classificação em guildas realizada por Silva & Brandão (2010), por se tratar de um trabalho sobre a Mata Atlântica (bioma ao qual pertencem os ambientes de restinga) e apresentar em sua proposta medidas morfométricas associadas a uma lista de espécies e/ou morfoespécies, permitindo classificar em uma dada guilda, espécies/morfoespécies coletadas no presente estudo, mas que, a princípio, não foram listadas pelos autores citados. O ecossistema conhecido como restinga, apesar de possuir características edáficas, florísticas e faunísticas particulares, encontra-se dentro do bioma Mata Atlântica.

Grupos Funcionais

Andersen (1997) Austrália

Espécies Crípticas



Solenopsis invicta Buren, 1972

Hypoponera foreli (Mayr, 1887)

Guildas

Silva & Brandão (2010)

Predadoras generalistas epigeicas médias
ou
Forrageadoras hipogeicas pequenas

Predadoras generalistas hipogeicas com olhos vestigiais
ou
Predadoras generalistas hipogeicas médias

Delabie *et al.* (2000)

Mata Atlântica

Onívoras de serapilheira e forrageadoras
ou
Dominantes de solo ou serapilheira (Onívoras verdadeiras)

Predadores generalistas de serapilheira:

Silvestre *et al.* (2003)

Cerrado

Dominantes onívoras de solo

Ponerineos crípticos predadores especialistas

Figura 1. Esquema comparativo entre grupos funcionais (Andersen, 1997) e guildas (Delabie *et al.*, 2000; Silvestre *et al.*, 2003 e Silva & Brandão, 2010); Fonte: Fotos disponíveis em www.antweb.org, acesso em 05/09/2010. Fotografia: April Nobile, Direitos autorais: Copyright AntWeb.org, 2000-2009. Licença: Attribution-ShareAlike 3.0 (cc-by-sa-3.0) Creative Commons License.

Tabela 1. Proposta da classificação em grupos funcionais de formigas australianas. Adaptado a partir de Andersen (1997).

Grupos funcionais	Gêneros
<u>Dolichoderinae dominantes:</u> Espécies muito abundantes e agressivas; influenciam a distribuição e atividade de outras espécies de formigas.	<i>Iridomyrmex</i> , <i>Anonychomyrma</i> .
<u>Camponotini subordinada:</u> Podem coexistir com as dominantes devido ao tamanho do corpo relativamente maior; sem sobreposição do período de atividade e comportamento de submissão quando confrontadas com as Dolichoderinae dominantes.	<i>Camponotus</i> , <i>Polyrhachis</i> , <i>Opisthopsis</i> .
<u>Especialistas de clima quente:</u> Espécies especializadas morfológica, fisiológica e comportamentalmente a regiões áridas que reduz sua interação com as dominantes.	<i>Melophorus</i> , <i>Meranoplus</i> , <i>Monomorium</i> (parte).
<u>Especialistas de clima frio:</u> Espécies com distribuição restrita a regiões frias onde as dominantes não são abundantes.	<i>Prolasius</i> , <i>Notoncus</i> , <i>Monomorium</i> (parte).
<u>Especialistas de clima tropical:</u> Espécies com distribuição restrita a regiões tropicais úmidas onde as dominantes não são abundantes.	<i>Oecophylla</i> , <i>Tetraponera</i> , e outros de táxons tropicais.
<u>Espécies crípticas:</u> Espécies pequenas que forrageiam e nidificam no solo e serapilheira; tem pouca interação com espécies epigéicas	<i>Solenopsis</i> , <i>Hypoponera</i> , e outras ponerines pequenas.
<u>Oportunistas:</u> Espécies não especializadas e pouco competitivas, muito freqüentes em habitats perturbados.	<i>Rhytidoponera</i> , <i>Paratrechina</i> , <i>Aphaenogaster</i> , <i>Tetramorium</i> .
<u>Myrmicinae generalistas:</u> Espécies cosmopolitas de rápido recrutamento, não especialistas, mas altamente especialistas.	<i>Pheidole</i> , <i>Monomorium</i> (parte), <i>Crematogaster</i> .
<u>Predadoras especialistas:</u> Predadoras solitárias; pouca interação com outras formigas devido à dieta especializada.	<i>Myrmecia</i> , <i>Cerapachys</i> , e ponerines grandes.

Tabela 2. Proposta de classificação para guildas de formigas epigéas e de solo de Mata Atlântica, conforme Delabie *et al.* (2000).

Guildas	Gêneros
<u>Onívoras de serapilheira e forrageadoras:</u> Inclui os gêneros de maior número de espécies e/ou com maior densidade populacional.	<i>Adelomyrmex</i> , <i>Basiceros</i> , <i>Blepharidatta</i> , <i>Hylomyrma</i> , <i>Lachnomyrmex</i> , <i>Megalomyrmex</i> , <i>Pheidole</i> ; <i>Solenopsis?</i> , <i>Rogeria</i> .
<u>Predadoras especialistas de serapilheira:</u> Gêneros com hábitos alimentares específicos, por exemplo: <i>Amblyopone</i> (presa: térmitas), <i>Thaumatomyrmex</i> (presa: miriápodes), <i>Strumigenys</i> (presa: colêmbolas).	<i>Amblyopone</i> , <i>Cerapachys</i> , <i>Carebara</i> <i>Discothyrea</i> , <i>Eurhopalothrix</i> , <i>Gnamptogenys</i> (grupo <i>alfaria</i>), <i>Leptogenys</i> , <i>Octostruma</i> , <i>Prionopelta</i> , <i>Proceratium</i> , <i>Rhopalothrix</i> , <i>Stegomyrmex</i> , <i>Thaumatomyrmex</i> , <i>Typhlomyrmex</i> , <i>Dacetoniini</i> (<i>Glamyromyrmex</i> , <i>Gymnomyrmex</i> , <i>Neostruma</i> , <i>Smithistruma</i> , <i>Strumigenys</i>).
<u>Predadores generalistas de serapilheira:</u> Gêneros sem especificidade de presas.	<i>Anochetus</i> , <i>Gnamptogenys</i> , <i>Hypoconerina</i> .
<u>Formigas legionárias e semelhantes:</u> Gêneros de correição podendo ter hábitos generalistas ou especialistas.	Ecitoninae (<i>Eciton</i> , <i>Labidus</i> , <i>Neivamyrmex</i> , <i>Nomamyrmex</i>), Ponerinae (<i>Simopelta</i>), <i>Acanthostichus</i> .
<u>Predadores crípticos de solo:</u> Gêneros de hábito críptico e raramente amostrado.	<i>Tranopelta?</i> , <i>Pachycondyla holmgreni</i> ,
<u>Espécies subterrâneas dependentes de exudados de insetos:</u> Gêneros que se alimentam de secreções açucaradas de outros insetos.	<i>Acropyga</i> , <i>Tranopelta?</i>
<u>Onívoros dominantes de nidificação arborícola que forrageiam no solo:</u> Gêneros onívoros que nidificam em árvores e ocasionalmente ou temporariamente forrageiam no solo/serapilheira. Agressivas e competitivas sobre outras espécies.	<i>Azteca</i> (alguns), <i>Crematogaster</i> .
<u>Dominantes de solo ou serapilheira:</u> Podem forragear na vegetação, no solo ou na serapilheira. Estão divididas em 2 grupos: Predadores generalistas grandes e Onívoras verdadeiras:	a) <u>Predadores generalistas grandes:</u> <i>Odontomachus</i> , <i>Ectatomma</i> b) <u>Onívoras verdadeiras:</u> <i>Brachyomyrmex</i> , <i>Camponotus</i> , <i>Monomorium</i> , <i>Paratrechina</i> , <i>Solenopsis?</i> , <i>Wasmannia</i> .
<u>Cultivadores de fungos que nidificam no solo ou serapilheira:</u> Alimentam-se do seu fungo simbiótico. Utilizam carcaças de artrópodes, material vegetal vivo ou morto para cultivá-lo.	<i>Acromyrmex</i> , <i>Apterostigma</i> , <i>Atta</i> , <i>Cyphomyrmex</i> , <i>Mycocepurus</i> , <i>Myrmicocrypta</i> , <i>Sericomyrmex</i> , <i>Trachymyrmex</i>

Tabela 3. Proposta de classificação para guildas de formigas do Cerrado, conforme Silvestre *et al.* (2003).

Guildas	Gêneros
Predadoras grandes epigeicas	<i>Dinoponera</i> , <i>Ectatomma</i> , <i>Odontomachus</i> , <i>Pachycondyla</i> , <i>Acanthoponera</i> e <i>Gnamptogenys</i> .
Pseudomirmecíneos ágeis	<i>Pseudomyrmex</i> .
Espécies nômades	<i>Neivamyrmex</i> , <i>Leptogenys</i> , Ecitonini.
Cortadeiras (atines com colônias grandes)	<i>Acromyrmex</i> , <i>Atta</i> .
Atines crípticas, cultivadoras de fungos sobre material em decomposição.	<i>Mycocepurus</i> , <i>Sericomyrmex</i> , <i>Apterostigma</i> , <i>Myrmicocrypta</i> , <i>Cyphomyrmex</i> . <i>Blepharidatta conops</i> , <i>Hylomyrma balzani</i> e <i>Trachymyrmex</i> .
Dominantes onívoras de solo	<i>Pheidole</i> , <i>Solenopsis</i> (a maioria), <i>Megalomyrmex</i> , algumas <i>Crematogaster</i> de solo e algumas espécies de <i>Camponotus</i> e <i>Solenopsis saevissima</i> .
Oportunistas de solo e vegetação	<i>Camponotus</i> , <i>Pheidole</i> , <i>Paratrechina</i> e <i>Brachymyrmex</i> .
Camponotíneos patrulheiros generalistas	<i>Camponotus</i> .
Arbóreas pequenas de recrutamento massivo	<i>Azteca</i> , <i>Linepithema</i> , <i>Wasmannia</i> e <i>Crematogaster</i> .
Especialistas mínimas de vegetação	<i>Xenomyrmex</i> sp., <i>Myrmelachista</i> sp, <i>Monomorium floricola</i> e <i>Brachymyrmex</i> .
Especialistas mínimas de solo	<i>Carebara</i> , <i>Pheidole</i> (parte), <i>Acropyga</i> , <i>Carebara</i> e <i>Tranopelta</i> .
Cephalotíneos	<i>Cephalotes</i> , Cephalotini (todas), <i>Procryptocerus</i> .
Dolichoderíneos arborícolas grandes e coletores de exudados	<i>Dolichoderus</i>
Mirmicíneos crípticos predadoras especialistas	<i>Pyramica</i> , <i>Strumigenys</i> , <i>Tyngimyrmex</i> , <i>Basiceros</i> , <i>Eurhopalothrix</i> e <i>Chelystruma</i> .
Poneríneos crípticos predadores especialistas	<i>Anochetus</i> , <i>Hypoponera</i> , <i>Prionopelta</i> , <i>Typhlomyrmex</i> e <i>Gnamptogenys mordax</i> .

Tabela 4. Descrição das guildas de formigas da Mata Atlântica, adaptado de Silva & Brandão (2010).

GUILDAS	DESCRIÇÃO
1 Predadoras generalistas epigeicas grandes	Tamanho grande, mandíbulas triangulares ou lineares longas; olhos largamente separados com grande número de omatídeos.
2 Predadoras generalistas epigeicas médias	Tamanho médio, mandíbulas triangulares, olhos desenvolvidos posicionados na borda da cabeça (grande); olhos localizados relativamente no alto da cabeça longe das mandíbulas.
3 Predadoras generalistas hipogeicas médias	Tamanho médio; olhos reduzidos posicionados muito próximos a inserção da mandíbula.
4 Predadoras generalistas hipogeicas com olhos vestigiais	<i>Hypoponera</i> pequena, com mandíbulas triangulares; olhos reduzidos a um omatídeo e muito próximos a inserção da mandíbula.
5 Predadoras especialistas que vivem em camadas superficiais do solo	Tamanho de médio a pequeno; mandíbulas grandes com abertura larga, sem ou olhos reduzidos localizados próximos a inserção da mandíbula e largamente separados.
6 Espécies generalistas: dolichoderines, formicines e mirmicines	De tamanho pequeno a médio; mandíbulas curtas, triangulares, olhos desenvolvidos e largamente separados, apêndice de ferrão ausente ou reduzido (exceto em Myrmicinae), pernas e escapos longos.
7 Dacetini predadoras	De tamanho pequeno a médio; 2 grupos: 1- mandíbulas de pressão estática muito pequenas ou mandíbulas triangulares a triangulares - alongadas, dente serial, abertura máxima de 60-90°, olhos reduzidos posicionados muito próximos a inserção da mandíbula; 2- mandíbulas estreitas, de sublinear a linear ou longas, pequeno número de um conjunto de dentes distal, dente apical alargado, abertura máxima de no mínimo 170°, olhos desenvolvidos.
8 Forrageadoras hipogeicas pequenas	Tamanho e mandíbulas muito pequenas (as menores formigas), olhos muito pequenos ou vestigiais posicionados próximos a inserção da mandíbula.
9 Cultivadoras de fungos nidificadoras de serapilheira	Cultivadores de fungos simbióticos a partir de restos ou carcaças de artrópodes e/ou material vegetal vivo ou morto, próximas as mirmicines em um espaço morfológico.

Nota dos autores: classes dos tamanhos do corpo (mm): muito pequeno (<2), pequeno (2-5), médio (5-10), grande (>10). Classes do tamanho dos olhos (número de omatídeos): reduzidos (0-1), pequenos (2-5), médios (5-10), grandes (>10). Mandíbulas (mm): muito pequenas (0.1-0.3), pequenas (0.4-0.5), médias (0.6-1.0), grandes (>1.0).

2.3 A Tribo Attini: o caso da guilda cultivadora de fungos

As formigas cultivadoras de fungos vêm fascinando muitos pesquisadores até hoje. Trata-se de uma tribo composta por 14 gêneros (*Acromyrmex*, *Apterostigma*, *Atta*, *Cyphomyrmex*, *Mycetagroicus*, *Mycetarotes*, *Mycetophylax*, *Mycetosoritis*, *Mycocepurus*, *Myrmicocrypta*, *Sericomyrmex*, *Trachymyrmex*, considerando *Pseudoatta* como sinônimo de *Acromyrmex*) (Brandão & Mayhé-Nunes, 2001), e mais recentemente *Kalathomyrmex* e *Paramycetophylax* (Klingenberg & Brandão, 2009) estando limitadas à distribuição latitudinal entre 44° S e 40° N (Weber, 1982) (Figuras 2 A-D, 3 E-H, 4 I-L e 5 M-N).

Schultz & Meier (1995), com base em caracteres das formas imaturas, demonstraram a monofilia da tribo, além de proporem que os gêneros *Wasmannia* e *Blepharidatta* são gêneros muito próximos aos Attini (grupo externo ou “out group”). Por outro lado, Brandão & Mayhé-Nunes, (2001) propuseram a primeira sinapomorfia para fêmeas adultas de Attini que consiste em uma seta mediana que surge do flange ou muito próximo ao limite do clipeo e do anticlipeo, e que não aparece em nenhum outro gênero de mirmicíneos (*vide* Figura 6 para sinapomorfia do grupo).

O hábito de cultivar o micélio de fungos que utilizam como alimento, é compartilhado por todos os representantes de Attini (Sanchez-Peña, 2005) e considerada como relação mutualística (Hölldobler & Wilson, 1990). Alguns gêneros são seletivos na escolha do substrato para o fungo como *Atta capiguara* Gonçalves, 1944, *A. vollenweideri* Forel, 1893, *Acromyrmex landolti* (Forel, 1885), conforme relatado por Hölldobler & Wilson (1990). Contudo, a tribo Attini foi, por muito tempo, estudada sob o viés de suas atividades sobre a agricultura, uma vez que os gêneros *Atta* e *Acromyrmex* são considerados pragas agrícolas. Entretanto, Weber (1972) propôs que a atividade de formigas cortadeiras pode influenciar a recuperação vegetal, visto que o corte promove a rápida produção de novas folhas e raízes aumentando, assim a biomassa vegetal.

Para Diehl-Fleig (1995), as Attini podem ser consideradas as principais indutoras de material orgânico no solo. A autora citou *Atta* e *Acromyrmex* como capazes de escavações profundas de canais e câmaras, através dos quais o material vegetal pode ser transportado e depositado, influenciando positivamente a fertilidade do solo nesses locais através da ciclagem de nutrientes.



Figura 2. Exemplificação dos gêneros que compõem a tribo Attini: 1 – Vista frontal; 2 – Vista lateral. A - *Acromyrmex crassispinus* Forel, 1909; B - *Apterostigma* sp Mayr, 1865; C - *Atta laevigata* (Linnaeus, 1758); D - *Cyphomyrmex rimosus* (Spinola, 1851). Fonte: Fotos disponíveis em www.antweb.org; acesso em 08/09/2010. Fotógrafo: April Nobile, Direitos autorais: Copyright AntWeb.org, 2000-2009. Licença: Attribution-ShareAlike 3.0 (cc-by-sa-3.0) Creative Commons License.

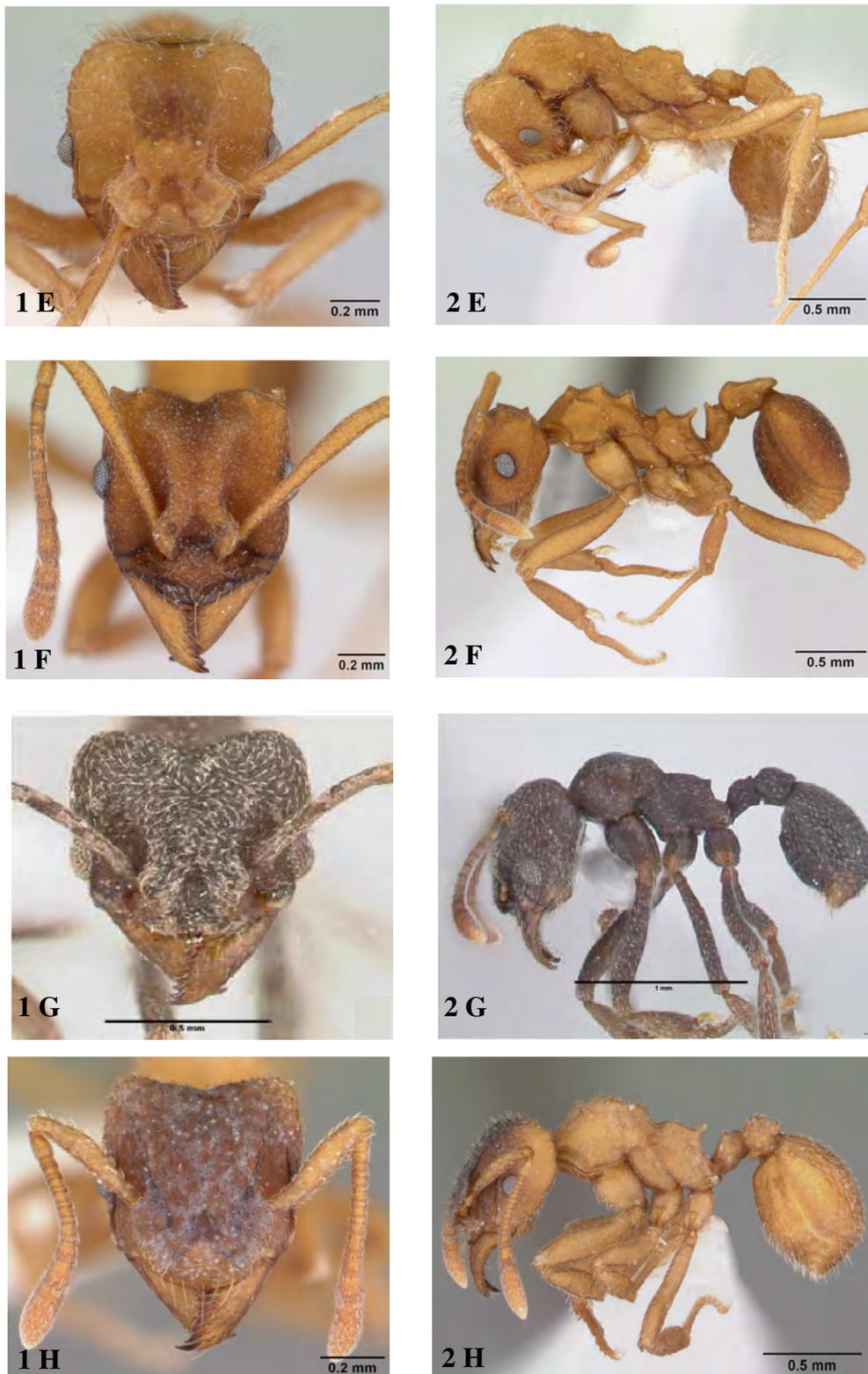


Figura 3. Continuação. 1 – Vista frontal; 2 – Vista lateral. E - *Mycetagroicus cerradensis* Brandão e Mayhé-Nunes, 2001; F - *Mycetarotes* sp. ; G - *Mycetophylax conformis* (Mayr, 1884); H - *Mycetosoritis hartmanni* (Wheeler, 1907). Fontes: Fotos E, F e H disponíveis em www.antweb.org; acesso em 08/09/2010. Fotógrafo: April Nobile, Direitos autorais: Copyright AntWeb.org, 2000-2009. Licença: Attribution-ShareAlike 3.0 (cc-by-sa-3.0) Creative Commons License. Foto G adaptada de Klingenberg & Brandão (2009).

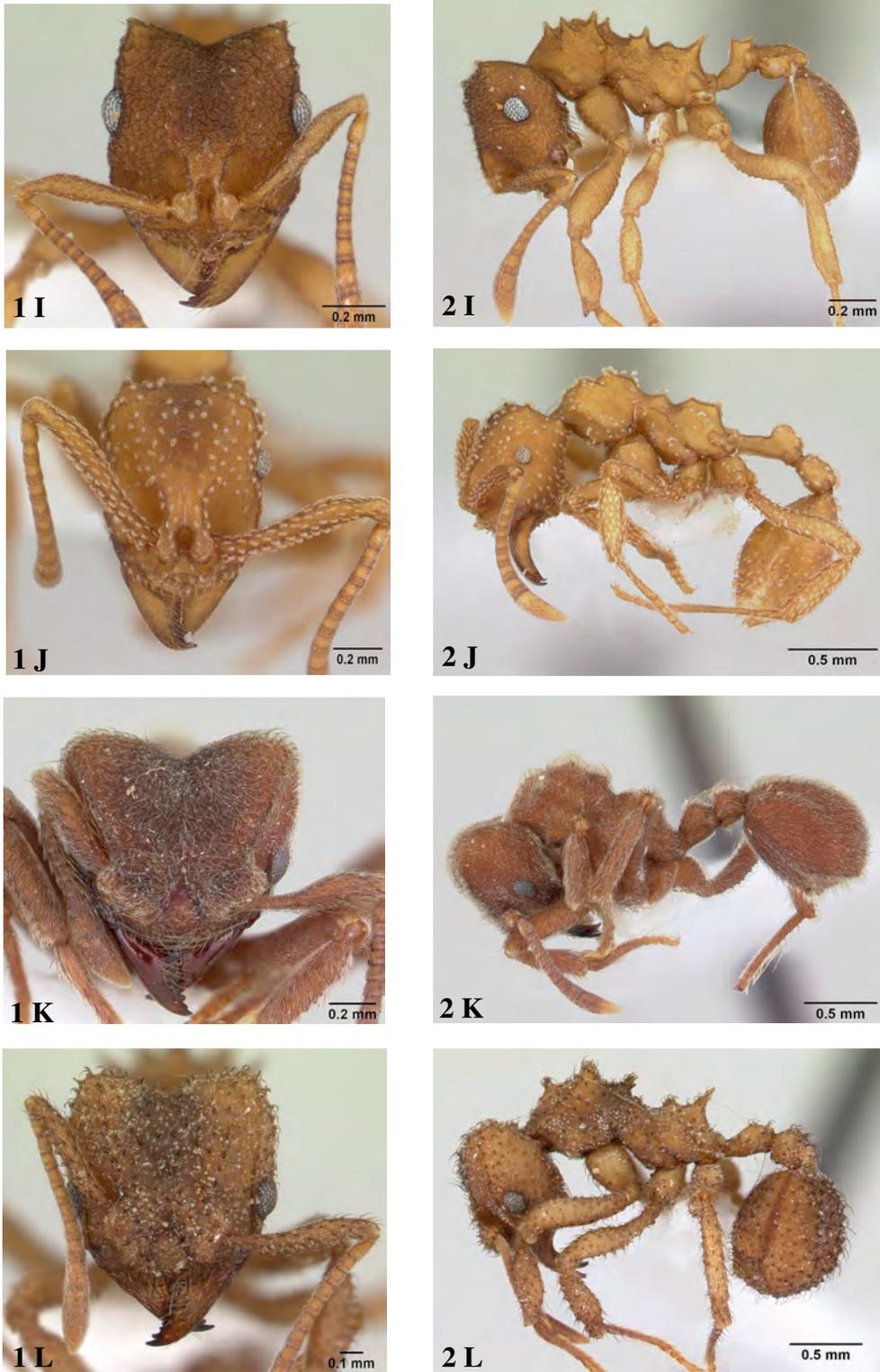


Figura 4. Continuação. 1 – Vista frontal; 2 – Vista lateral. I - *Mycocepurus smithii* (Forel, 1893); J - *Myrmicocrypta squamosa* (F. Smith, 1860); K - *Sericomyrmex* sp. Mayr, 1865; L - *Trachymyrmex* sp. Fonte: Fotos disponíveis em www.antweb.org; acesso em 08/09/2010. Fotógrafo: April Nobile, Direitos autorais: Copyright AntWeb.org, 2000-2009. Licença: Attribution-ShareAlike 3.0 (cc-by-sa-3.0) Creative Commons License.



Figura 5. Continuação. 1 – Vista frontal; 2 – Vista lateral. M - *Kalathomyrmex emery* (Forel, 1907); Fonte: fotos disponíveis em www.antweb.org; acesso em 08/09/2010. Fotógrafo: April Nobile, Direitos autorais: Copyright AntWeb.org, 2000-2009. Licença: Attribution-ShareAlike 3.0 (cc-by-sa-3.0) Creative Commons License. N - *Paramyctophylax bruchi* (Santschi, 1916). Fonte: foto adaptada de Klingenberg & Brandão (2009).

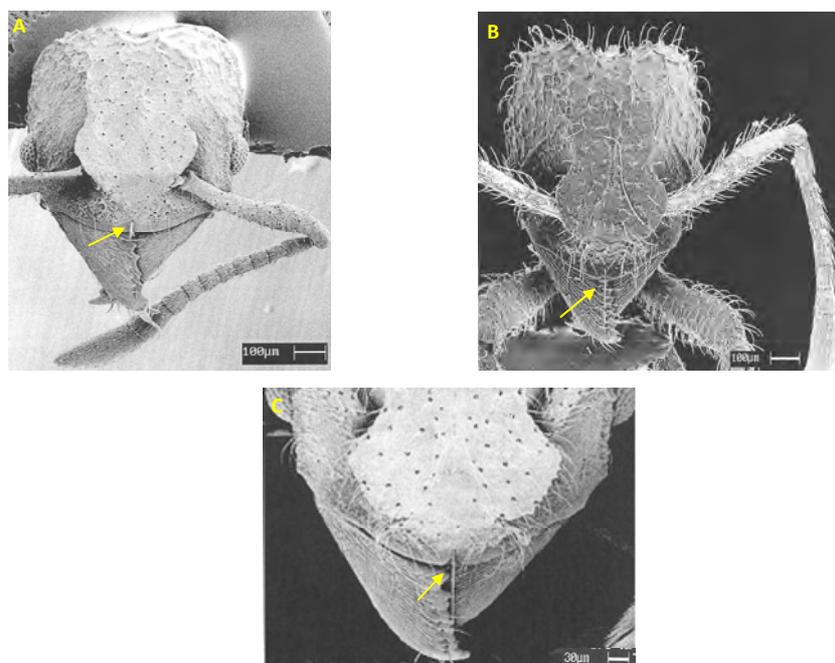


Figura 6. Demonstração da sinapomorfia para fêmeas adultas de Attini. As setas mostram seta mediana que surge do flange ou muito próximo ao limite do clipeo e do anticlipeo. Fotos retiradas e adaptadas a partir de Brandão & Mayhé-Nunes (2001): A- *Mycetagroicus urbanus* Brandão & Mayhé-Nunes 2001; B- *M. triangularis* Brandão & Mayhé-Nunes 2001; C- *M. cerradensis* Brandão & Mayhé-Nunes 2001.

Com base na relação formiga – fungo, característica indissociável desta tribo de formigas, os trabalhos de Delabie *et al.* (2000), Silvestre *et al.* (2003) e Silva & Brandão, (2010) que visaram biologia e comportamento de formicídeos, convergem para caracterizar claramente Attini como uma guilda. Por outro lado, os estudos sobre Attini se apresentam focados em espécies com importância econômica e, por consequência, com baixa eficiência amostral, privilegiando apenas algumas espécies (Araujo *et al.*, 1997; Pereira, 1999). Os trabalhos realizados não verificaram os Attini como modelo para análise de diversidade de espécies, isoladamente da comunidade de formicídeos.

2.4 As Restingas: as formações quaternárias

O bioma Mata Atlântica cobria inicialmente cerca de cem milhões de hectares, mas devido à intensa ocupação humana e industrial hoje restam somente 7,5% (Myers *et al.*, 2000). Caracteristicamente, as restingas encontram-se dentro deste bioma e têm sido destacadas com grande representatividade em termos de biodiversidade (Araujo & Maciel, 1998). Entretanto, para melhor compreensão, é importante estabelecermos a definição do ambiente de restinga.

A partir do século XV, encontra-se na literatura científica o termo restinga. Neste caso, uma definição basicamente geológica que se refere a “uma barra ou barreira arenosa de origem marinha que aprisiona corpos aquosos costeiros” (Suguio & Tessler, 1984, p. 17). Por volta do final dos anos 90, restinga foi caracterizada sob dois pontos vista distintos: um geológico e outro fitogeográfico. Para a geologia, restingas designam formações sedimentares arenosas costeiras de origem recente apresentando planícies, esporões e barras (Souza, 2004). Para a fitogeografia, este termo designa formações que recobrem as areias holocênicas, desde o oceano, ou apenas a vegetação lenhosa, arbustiva ou arbórea mais interna (Rizzini, 1979; Souza, 2004).

Atualmente, as restingas podem ser entendidas sob uma visão ecológica. Dessa maneira, elas são sistemas costeiros de origem sedimentar iniciadas no Quaternário (em torno de dois milhões de anos) e definidos pelas características do solo e pela influência marítima. As espécies são capazes de suportar fatores abióticos intensos como: alta salinidade, extremos de temperatura, insolação intensa e direta e forte presença de ventos (Souza, 2004; Rocha *et al.*, 2004).

Geograficamente as restingas estão localizadas ao longo do litoral brasileiro, desde 4° N até 34° S de latitude tendo suas maiores extensões no litoral do Rio Grande do Sul e nos deltas dos maiores rios das regiões sudeste e nordeste (Lacerda *et al.*, 1993). Esta localização vem permitindo sua utilização para fins de exploração da madeira e lenha (Araújo & Lacerda, 1987), comercialização da fauna, mas sua degradação foi acelerada devido aos aterros para construção e especulação imobiliária, estradas e por deposição de rejeitos humanos (Soares, 1984).

Este cenário não é diferente para as regiões de restinga do Estado do Rio de Janeiro. De acordo com Rocha *et al.* (2007), devido a sua localização privilegiada na costa fluminense (vale ressaltar que são pontos estratégicos e de forte interesse imobiliário), a degradação das restingas levam à perda e à alteração do habitat e promovem, ainda, considerável alteração da paisagem e perda do ecossistema propriamente dito, devido principalmente ao desmatamento.

Isto leva a percepção da fragilidade deste ecossistema, uma vez que as restingas apresentam solos predominantemente arenosos e pobres em nutrientes e em argila (Soares, 1984; Araújo & Lacerda, 1987). Neste caso, a retirada da fauna e flora afeta diretamente os mecanismos de ciclagem de nutrientes e, por conseqüência, negativamente a manutenção dos equilíbrios ecológicos e biológicos nestes ambientes (Giller, 1996).

De acordo com Rocha *et al.* (2007), restam somente 58,2% das áreas originais de restinga (*vide* Tabela 5) e por cobrirem extensas regiões da costa brasileira, as áreas de restinga apresentam comparativamente maior densidade humana contrastando com os poucos estudos ecológicos e biológicos realizados. Ainda segundo estes autores, a maior parte dos estudos científicos realizados está na região sudeste do Brasil e contemplam em maior parte a geomorfologia, a limnologia e a vegetação.

Somente nas duas últimas décadas, as restingas tem sido alvo de estudos mais sistematizados, sobretudo em levantamentos faunísticos e florísticos. Para fauna: Almeida & Araújo (1997) para flutuação populacional de insetos; Macedo *et al.*, (2004) para besouros fitófagos; Monteiro *et al.* (2004a,b) para levantamento de mariposas e borboletas e diversidade de galhas; Carvalho-e-Silva *et al.* (2000) para ecologia de anfíbios; Sluys *et al.* (2004) para composição e história natural de anfíbios; Reis & Gonzaga (2000) e Alves *et al.* (2004) para levantamento de avifauna; Rocha *et al.* (2001; 2004) para biogeografia e comunidade de répteis; Bergallo *et al.* (2004) e Cerqueira (2000) para ecologia de mamíferos.

Para a flora de restinga, Dias (2005) propuseram uma estrutura de estrato lenhoso de comunidades arbustivas. Daniel-Bertlin (2006) estudaram a florística e fitossociologia de

vegetação herbáceo-arbustiva fechada de cordão arenoso. Pimentel *et al.* (2007) verificaram a variação espacial e estrutura florística. Souza *et al.* (2007) realizaram levantamentos de Myrtaceas e Sommer *et al.* (2009) de Sapindaceas.

É nesta perspectiva que alguns trabalhos fizeram referência às áreas de restinga que ainda permanecem com características originais (Lacerda & Esteves, 2000), porém pouco protegidas em unidades de conservação, como o Parque Estadual de Sepetiba (Espírito Santo), Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e Reserva Biológica da Praia do Sul (Rio de Janeiro) e recentemente a Restinga de Maricá como área de relevante interesse ecológico (Rocha *et al.*, 2004). A Restinga da Marambaia, também no Rio de Janeiro, ainda possui características naturais preservada sendo uma área relevante para o conhecimento faunístico, florístico, para manutenção da biodiversidade e como um possível fonte de estoque para futuros repovoamentos.

2.5 A Restinga da Marambaia: o “cerco do mar”

No Estado do Rio de Janeiro, a formação das restingas foi descrita por Cerqueira (2000) como depósitos costeiros submersos várias vezes. A maior parte das regiões mais altas, como morros do continente, ficou sujeita à erosão, e nas regressões seguintes, foi possível a conexão das restingas que apresentavam características de semi-aridez, mas tendo sua área aumentada para algumas espécies pioneiras, permitindo mudanças na composição da vegetação (Ferreira & Oliveira, 1995). Os autores sugeriram que os períodos de regressões marítimas foram curtos em relação à duração total do Pleistoceno.

Este processo de formação geomorfológico inclui também a Restinga da Marambaia. Localiza-se no município de Rio de Janeiro, mas estende-se também aos municípios de Itaguaí e Mangaratiba, através de seu cordão arenoso com cerca de 40 km no sentido Leste-Oeste e 49,4 km² de área que, na extremidade Oeste, se liga à Ilha da Marambaia; pela extremidade Leste, quase se conecta ao continente, o que não ocorre devido a uma descontinuidade ocasionada pelo Canal do Bacalhau, por onde passam águas que circulam nos manguezais de Guaratiba, na Baía de Sepetiba (Roncarati & Menezes, 2005; Souza *et al.*, 2008) (Figura 7).

Sua área encontra-se entre os paralelos 23° 01' e 23° 06' S e os meridianos 43° 33' e 44° 01' W e o seu macroclima enquadra-se no tipo Aw – Clima Tropical Chuvoso, segundo classificação de Köppen (Mattos 2005). A temperatura média anual atinge 23,6°C, sendo

fevereiro o mês mais quente, com temperatura média de 26,7°C, e julho, o mais frio, com média de 21°C. O total médio anual de precipitação é de 1.027,2 mm, sendo agosto o mês mais seco, com média de 47,4 mm, e março o mais chuvoso, com média de 140,6 mm (Menezes, 1996).



Figura 7. Mapa esquemático do conjunto Ilha e Restinga da Marambaia. Adaptado a partir de Menezes *et al.* (2005).

De acordo com Nobrega (2004), a palavra Marambaia tem origem tupi-guarani, e significa “cerco do mar”: “Mbara-mbai”, este nome foi dado pelos primeiros habitantes da região à baía, hoje conhecida como Baía de Sepetiba, devido ao contraste de seu mar calmo com o mar revolto do restante da costa. Por outro lado, somente no início da década de 1990 que os estudos na Restinga da Marambaia começaram. Embora muitos trabalhos estejam sendo desenvolvidos, a maior compilação de informações sobre estruturação vegetal da Restinga da Marambaia encontra-se na obra “História Natural da Marambaia” (Menezes *et al.*, 2005).

Assim, devido à variedade geológica, a sua composição florística e a saturação do solo, podem ser encontradas na Restinga da Marambaia 11 fisionomias vegetais distintas: sendo quatro caracterizadas como formações herbáceas (1- herbácea fechada inundável; 2- herbácea fechada inundada, 3- herbácea aberta de praia e 4- herbácea fechada de cordão

arenoso), quatro formações arbustivas (5- arbustiva aberta não inundável, 6- arbustiva aberta inundável, 7- arbustiva fechada de duna e 8- arbustiva fechada de pós-praia) e três formações florestais (9- floresta inundada, 10- floresta inundável e 11- floresta de cordão arenoso) (Menezes & Araujo, 2005).

Os trabalhos sobre a fauna da Restinga da Marambaia também se encontram em expansão. A diversidade faunística vem sendo avaliada através dos estudos de Costa & Oldrini (2005) para fauna de libélulas (Odonata), Perachii & Costa (2005) para morcegos (Chiroptera), Vargas *et al.* (2007) e Schütte *et al.* (2007) para comunidade formigas (Hymenoptera).

Os autores citados sugeriram que a Restinga da Marambaia ainda é um dos poucos refúgios para flora e fauna de restinga, devido, principalmente, a sua posição geográfica e pela restrição do acesso a esta região imposto pelas forças armadas. A presença da Marinha na região da Ilha da Marambaia (Centro de Avaliação da Ilha da Marambaia - CADIM) e do Exército Brasileiro (Centro de Avaliações do Exército - CAEX) na Restinga da Marambaia vem coibindo a caça, extração de madeira e areia, mas, principalmente, a especulação imobiliária. E mesmo sendo estas áreas locais das instalações e das práticas militares, a preservação florística e faunística ainda é significativa. Devido a este fato, tornam-se de extrema relevância os estudos científicos realizados nestas áreas ainda preservadas.

Tabela 5. Quadro demonstrativo dos remanescentes de restingas no Estado do Rio de Janeiro, adaptado a partir de Rocha *et al.* (2007).

Restingas fluminenses	Município	Remanescentes estimados por imagens de satélites (ha)	Áreas degradadas estimadas no campo (ha)	Remanescentes após subtração das áreas degradadas (ha)
Praia do Sul + Praia do Leste (Ilha Grande)	Angra dos Reis	397,48	-	397,48
Lopes Mendes (Ilha Grande)	Angra dos Reis	78,34	-	78,34
<u>Marambaia</u>	<u>Rio de Janeiro</u>	<u>4.484,81</u>	-	<u>4.484,81</u>
Grumari	Rio de Janeiro	157,99	14,80	143,19
Prainha	Rio de Janeiro	1,26	-	1,26
Marapendi	Rio de Janeiro	620,80	23,00	597,80
Parque Chico Mendes	Rio de Janeiro	57,31	3,40	53,91
Itaipu (porções oeste e leste)	Niteroi	22,71	2,80	19,91
Itaipuaçu	Maricá	1.020,15	470,00	550,15
Maricá	Maricá	272,15	37,00	235,00
Ponta Negra	Maricá	125,56	62,50	63,06
Jaconé	Maricá	43,00	3,00	40,00
Saquarema/Itaúna/ Jacarepiá	Saquarema	508,10	25,40	482,70
Massambaba/ Pr. Grande	Araruama/ Arraial do Cabo	3.277,14	443,60	2.833,54
Cabo Frio/ remanescentes Porção norte	Cabo Frio	1.678,84	96,00	1.582,84
Peró/Conchas (APA Pau Brasil)	Cabo Frio	427,42	3,70	423,72
Jurubatiba	Macaé, Quissamã e Carapebus	25.141,77	1.257,00	23.884,80
Quissamã	Quissamã	2.723,28	1.089,30	1.633,98
Grussaí	Campos dos Goytacazes	302,00	52,00	250,00
Restingas do Delta do Paraíba (porção sul)	Campos dos Goytacazes	42.882,16	27.444,58	15.437,58
Restingas do Delta do Paraíba (porção norte)	Campos dos Goytacazes	19.304,24	12.354,71	6.949,53
Restingas da Foz do Rio Itabapoana	São Francisco do Itabapoana	569,00	196,40	372,60
	Área total	104.095,51	43.579,19	60.516,20

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOSTI, D.; MAJER, J. D.; ALONSO, L. E. & SCHULTZ, T. R. Ants: standard (Hymenoptera: Formicidae) methods for measuring and monitoring biodiversity. Smithsonian Institution Press, Washington. 280p. 2000.

ANDERSEN, A. N. Functional groups and patterns of organization in North American ant communities: a comparison with Australia. *Journal of Biogeography*, v. 24, p. 433-460. 1997.

ALMEIDA, A. L. & ARAUJO, D. S. D. Comunidades vegetais do cordão arenoso externo da Reserva Ecológica Estadual de Jacarepiá, Saquarema, RJ. p. 47-63. *In*: ABSALÃO, R. S. & ESTEVES, A.M. (eds.). *Ecologia de praias arenosas do litoral brasileiro*. Oecologia Brasiliensis, v. 3 PPGE-UFRJ. Rio de Janeiro. 1997.

ALVES, M. A. S.; STORNI, A.; ALMEIDA, E. M.; GOMES, V. S. M.; OLIVEIRA, C. H. P.; MARQUES, R. V. & VECCHI, M. B. A comunidade de aves na Restinga de Jurubatiba, pp. 199-214. *In*: ROCHA, C. F. D.; ESTEVES, F. A. & SCARANO, F. R. (orgs.), *Pesquisas de longa duração na Restinga de Jurubatiba; Ecologia, história natural e conservação*, 376p. 2004.

ARAÚJO, D. S. D. & LACERDA, L. D. A natureza das Restingas. *Ciência Hoje*, v. 6, n. 33, p. 42-48. 1987.

ARAUJO, M. S., DELLA LUCIA, T. M. C.; MAYHÉ-NUNES, A. J. Levantamento de Attini (Hymenoptera, Formicidae) em povoamento de *Eucalyptus* na região de Paraopeba, Minas Gerais, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, v.14, n.2, p. 323-328. 1997.

ARAÚJO, D. S. D. & MACIEL, N. C. Restingas fluminenses: biodiversidade e preservação. *Boletim da FBCN*, v. 25, p. 27-51. 1998.

BEGON, M., TOWNSEND, C. R. & HARPER. J. L. *Ecology: from individuals to ecosystems*. 4th ed. Blackwell Publishing: Oxford. 759p. 2006.

BERGALLO, H. G.; MARTINS-HATANO, F.; RAÍCES, D. S. RIBEIRO, T. T. L.; ALVES, A. G.; LUZ, J. L.; MANGOLIN, R. & MELLO, M. A. R. Os mamíferos da restinga de Jurubatiba, pp. 215-230. *In*: ROCHA, C. F. D.; ESTEVES, F. A. & SCARANO, F. R. (orgs.), Pesquisas de Longa Duração na Restinga de Jurubatiba; Ecologia, História Natural e Conservação. 376p. 2004.

BRANDÃO, C. R. F. & A. J. MAYHÉ-NUNES. A new fungus-growing ant genus, *Mycetagroicus* gen. n., with the description of three new species and comments on the monophyly of the Attini (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology* v. 38, n. 3B, p. 639-665. 2001.

BROWN, K. S. Diversity, disturbance and sustainable use of Neotropical forests: insects as indicators for conservation monitoring. *Journal of Insect Conservation*, v. 1, p. 1-18. 1997.

CARVALHO-E-SILVA, S. P.; IZECKSOHN, E. & CARVALHO-E-SILVA, A. M. P. T. Diversidade e ecologia de anfíbios em restingas do sudeste brasileiro, p. 89-97. *In*: ESTEVES, F. A. & LACERDA, L. D. (eds.), Ecologia de restingas e lagoas costeiras. v. 1, Núcleo de Pesquisas Ecológicas de Macaé (NUPEM/UFRJ), 446p. 2000.

CERQUEIRA, R. Biogeografia das restingas, p.65-75. *In*: Esteves, F. A. & Lacerda, L. D. (eds.), Ecologia de Restingas e Lagoas Costeiras. Núcleo de Pesquisas Ecológicas de Macaé (NUPEM/UFRJ), 446p. 2000.

COSTA, M. J. & OLDRINI, B. B.. Odonatas da Marambaia. p. 195-230. *In*: MENEZES, L.F.T., A.L. PEIXOTO & ARAÚJO D.S.D. (orgs.), História natural da marambaia, Seropédica, Editora ADUR, 288p. 2005

DANIEL-BERTLIN, R. Florística e fitossociologia da restinga herbáceo-arbustiva do morro dos conventos, Araranguá. Dissertação de Mestrado, Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC. 67p. 2006.

DELABIE, J. H. C., AGOSTI, D. & NACIMEJNTO, I. C. Litter ant communities of the Brazilian Atlantic rain forest region. *In*: AGOSTI, D., MAJER, J. D., ALONSO, L. T., SCHULTZ, T. R. (eds). Sampling ground-dwelling ants: case studies from the world's rain forests. Perth, Australia, Curtin University School of Environmental Biology. Bulletin, v. 18, p. 01-17. 2000.

DEL-CLARO, K. Multitrophic Relationships, Conditional Mutualisms, and the Study of Interaction Biodiversity in Tropical Savannas. *Neotropical Entomology*, v. 33, n. 6, p. 665-672. 2004.

DIAS, H. M. Estrutura do estrato lenhoso de uma comunidade arbustiva fechada sobre cordão arenoso na Restinga da Marambaia, RJ. Dissertação de Mestrado. Escola Nacional de Botânica Tropical – JBRJ. 33p. 2005.

DIEHL-FLEIG, E. Formigas: organização social e ecologia comportamental. São Leopoldo. Ed. UNISINOS. 168p. 1995.

FERREIRA, A. M. M. & OLIVEIRA, M. V. Contribuição ao estudo arqueológico do Quaternário superior da baixada de Guaratiba-Sepetiba, p. 31-46. *In*: KNEIP, L. M.(org). Coletores e pescadores pré-históricos de Guaratiba, Rio de Janeiro, UFRJ. 257p. 1995.

FREITAS, A. V. L.; LEAL, I. R.; PRADO, M. H. & IANNUZZI, L. Insetos como indicadores de conservação de paisagem, p. 357-384. *In*: ROCHA C. F. D.; BERGALLO H. G.; VAN SLUYS M. & ALVES, M. A. S. (Org.). *Biologia da conservação: essências*. Rima, São Carlos. 592p. 2006.

GILLER, P. The diversity of soil communities, the “poor man’s tropical rainforest”. *Biodiversity and Conservation*, v. 5, p. 135-168. 1996.

HAUSER, A. História Social da Arte e da Cultura. Vol.I. *Jornal do Fôro*. Lisboa, 606p. 1954.

HÖLLDOBLER, B. & WILSON, E.O. The ants. Cambridge: Harvard University Press, 732p. 1990.

KLINGENBERG, C.; BRANDÃO, C.R.F. Revision of the fungus growing ant genera *Mycetophylax* Emery and *Paramycetophylax* Kusnezov rev. stat., and description of *Kalathomyrmex* n. gen. (Formicidae: Myrmicinae: Attini). *Zootaxa*. 2052, p. 1 – 31, 2009.

LACERDA, L. D., ARAUJO, D. S. D. & MACIEL, N. C. Dry coastal ecosystems of the tropical Brazilian coast, p. 477-493. *In*: VAN DER MAAREL, E. (ed.). Dry coastal ecosystems: Africa, Asia and Oceania. Amsterdam: Elsevier, 616p. 1993.

LACERDA, L. D. & ESTEVES, F. A. Apresentação - Restingas brasileiras: Quinze anos de estudos, p. 2-7. *In*: ESTEVES, F. A. & LACERDA, L. D. (eds.). Ecologia de restingas e lagoas costeiras. Macaé, NUPEM / UFRJ. 2000.

LEAL, I. R. Dispersão de Sementes por Formigas, p. 593-624. *In*: Leal, I. R.; Tabarelli, M. & Silva, J. M. C. Ecologia e Conservação da Caatinga. Recife, Ed. Univ. UFPE, 822p. 2003.

MACEDO, M. V.; GREHA, V.; FLINTE, V. & RABELLO, T. S. Besouros Fitófagos da Restinga de Jurubatiba, p. 117-126. *In*: ROCHA, C. F. D.; ESTEVES, F. A. & SCARANO, F. R. (orgs.), Pesquisas de longa duração na Restinga de Jurubatiba; Ecologia, história natural e conservação, 376p. 2004.

MATTOS, C. L. V. Caracterização climática da Restinga da Marambaia. p. 55-66. *In*: MENEZES, L. F. T.; PEIXOTO, A. L.; ARAÚJO, D. S. D. (ed.). História natural da Marambaia. Seropédica: EDUR, RJ. 288p. 2005.

MENEZES, L. F. T. Caracterização de comunidades vegetais praianas da Restinga de Marambaia – RJ. Dissertação de Mestrado. UFRJ. 89p. 1996.

MENEZES, L. F. T. & ARAÚJO, D. S. D. Formações vegetais da restinga de Marambaia - RJ. p. 67-120. *In*: MENEZES, L. F. T., PEIXOTO, A. L.; ARAÚJO, D. S. D. (ed.). História natural da Marambaia. Seropédica: EDUR. 288p. 2005.

MONTEIRO, R. F.; ODA, R. A. M.; NARAHARA, K. L. & CONSTANTINO, P. A. L. Galhas: Diversidade, especificidade e distribuição, p. 127-142. *In*: ROCHA, C. F. D.; ESTEVES, F. A. & SCARANO, F. R. (orgs.), Pesquisas de longa duração na Restinga de Jurubatiba; Ecologia, história natural e conservação, 376p. 2004a.

MONTEIRO, R. F.; ESPERANÇO, A. P.; BECKER, V. O.; OTERO, L. S.; HERKENHOFF, E. V. & SOARES, A. Mariposas e borboletas na Restinga de Jurubatiba, p. 143-164. *In*: ROCHA, C. F. D.; ESTEVES, F. A. & SCARANO, F. R. (orgs.), Pesquisas de longa duração na Restinga de Jurubatiba; Ecologia, história natural e conservação, 376p. 2004b.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. & KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, v. 403, n. 24, p. 853-858. 2000.

NÓBREGA, L. A. MARAMBAIA: IMAGINÁRIO E HISTÓRIA. *Revista Universidade Rural, Série Ciências Humanas*. Seropédica, RJ, EDUR, v. 26, n. 1-2, p. 115-123. 2004.

OLIVEIRA, P. S. & FREITAS, A. V. L. Ant-plant-herbivore interactions in the neotropical cerrado savana. *Naturwissenschaften*. v. 91, p. 557-570. 2004.

PARR, C. L. & CHOWN, S. L. Inventory and bioindicator sampling: testing pitfall and Winkler methods with ants in a South African savanna. *Journal of Insect Conservation*. v. 5, p. 27-36. 2001.

PERACHII, A. L. & COSTA, B. N. Morcegos da Ilha da Marambaia, p. 169-194. *In*: MENEZES, L. F. T.; PEIXOTO, A. L. & ARAÚJO, D. S. D. (orgs.), História Natural da Marambaia, Seropédica, Editora ADUR, 288p. 2005.

PEREIRA, C. R. Levantamento de Attini (Hymenoptera, Formicidae) em povoamento de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden em Minas Gerais. Revista *Árvore*, Viçosa – MG, v. 23, n.3, p. 341-349. 1999.

PIANKA, E. R. The structure of lizard communities. *Annual Review of Ecology and Systematics*, Stanford, v. 4, p. 53-74. 1973.

PIANKA, E. R. *Evolutionary ecology*. 5th ed. New York: Harper Collins. 486p. 1994.

PIMENTEL, M. C. P.; BARROS, M. J.; CIRNE, P. MATTOS, E. A. M., OLIVEIRA, R. C.; PEREIRA, M. C. A.; SCARANO, F. R.; ZALUAR, H. L. T. & ARAUJO, D. S. D. Spatial variation in the structure and floristic composition of “restinga” vegetation in southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 30, n. 3, p. 543-551. 2007.

REIS, H. B. R. & GONZAGA, L. P. Análise da distribuição geográfica das aves das restingas do Estado do Rio de Janeiro, pp. 165-178. *In*: ESTEVES, F. A. & LACERDA, L. D. (eds.), *Ecologia de restingas e lagoas costeiras*. v. 1, Núcleo de Pesquisas Ecológicas de Macaé (NUPEM/UFRJ). 446p. 2000.

RICKLEFS, R. E. Community diversity: relative rules of local and regional processes. *Science*, v. 235, p. 167-171. 1987.

RIZZINI, C. T. *Tratado de Fitogeografia do Brasil – Aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos*. São Paulo: HUCITEC-EDUSP. 374p. 1979.

ROCHA, C. F. D.; VANSLUYS, M.; ALVES, M. A. S. & BERGALLO, H. G. Corredores de vegetação e sua importância em propostas de reflorestamento no Estado do Rio de Janeiro. IQM-Verde, Fundação Cide, Centro de Informações e dados do Rio de Janeiro. CD-ROM. 2001.

ROCHA, C. F. D.; VAN SLUYS, M.; VRCIBRADIC, D.; HATANO, F. H.; GALDINO, C. A. C.; CUNHA-BARROS, M. & KIEFER, M. C. A comunidade dos répteis da Restinga de Jurubatiba, pp179-198. *In*: ROCHA, C. F. D.; ESTEVES, F. A.

& SCARANO, F. R. (orgs.). Pesquisas de longa duração na Restinga de Jurubatiba; Ecologia, história natural e conservação, 376p. 2004.

ROCHA, C. F. D.; ESTEVES, F. A. & SCARANO, F. R. Pesquisa de longa duração na restinga de Jurubatiba: ecologia, história natural e conservação. Rio de Janeiro: Rima. 376p. 2004.

ROCHA, C. F. D.; BERGALLO, H. G.; VAN SLUYS, M.; ALVES, M. A. S. & JAMEL, C. E. The remnants of restinga habitats in the Brazilian Atlantic Forest of Rio de Janeiro state, Brazil: Habitat loss and risk of disappearance. *Brazilian Journal of Biology*, v. 67, n. 2, p. 263-273. 2007.

ROMERO, H. & JAFFE, K. A comparison of methods for sampling ants (Hymenoptera: Formicidae) in savannas. *Biotropica*, v. 21, n. 4, p. 348 - 352. 1989.

RONCARATI, H.; MENEZES, L. F. T. Marambaia, Rio de Janeiro: origem e evolução, p. 15-38. *In*: MENEZES, L. F. T.; PEIXOTO, A. L. & ARAÚJO, D. S. D. (ed.). História natural da Marambaia. Seropédica: EDUR, RJ. 288p. 2005.

ROOT, R. B. The niche exploitation pattern of the blue-gray gnatcatcher. *Ecology Monographs*, v. 37, p. 317-350. 1967.

SANCHEZ-PEÑA, S. R. New View on Origin of Attine Ant-Fungus Mutualism: Exploitation of a Preexisting Insect-Fungus Symbiosis (Hymenoptera: Formicidae). *Annals of the Entomological Society of America*. v. 98, n. 2, p. 151-164. 2005.

SCHULTZ, T. R. & MEIER, R. A phylogenetic analysis of the fungus-growing ants (Hymenoptera: Formicidae: Attini) based on morphological characters of the larvae. *Systematic Entomology* v. 20, n. 3, p. 337-370. 1995.

SCHÜTTE, M. S.; QUEIROZ, J. M.; MAYHÉ-NUNES, A. J.; PEREIRA, M. P. Inventários estruturado de formigas (Hymenoptera, Formicidae) em floresta ombrófila de encosta na Ilha da Marambaia, RJ. *Iheringia Série Zoológica*, v. 97, supl. 1, p. 103-110. 2007.

SILVA, R. R. & BRANDÃO, C. R. F. Formigas (Hymenoptera: Formicidae) como indicadores da qualidade ambiental e da biodiversidade de outros invertebrados terrestres. *Biotemas*, v. 12, n. 2, p. 55-73. 1999.

SILVA, R. R. & BRANDÃO, C. R. F. Morphological patterns and community organization in leaf-litter ant assemblages. *Ecological Monographs*, v. 80, n. 1, p. 107–124. 2010.

SILVESTRE, R.; BRANDÃO, C. R. F. & SILVA, R. R. Grupos funcionales de hormigas: el caso de los gremios del Cerrado, p. 13-148. *In: FERNÁNDEZ, F. (ed.). 2003. Introducción a las Hormigas de La región Neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia. 398p. 2003.*

SLUYS, V. M.; ROCHA, C. F. D.; HATANO, F. H.; BOQUIMPANI-REITAS, L. & MARRA, R. R. Anfíbios da Restinga de Jurubatiba: Composição e história natural, p. 1165-178. *In: ROCHA, C. F. D.; ESTEVES, F. A. & SCARANO, F. R. (orgs.), Pesquisas de longa duração na Restinga de Jurubatiba; Ecologia, história natural e conservação, 376p. 2004.*

SOARES, J. J. Levantamento fitossociológico de uma faixa litorânea do Rio Grande do Sul, entre Tramandaí e Praia do Barco, p. 381-394. *In: LACERDA, L. D.; ARAÚJO, D. S. D.; TURCQ, B. (org.) Restingas: Origens, estrutura, processos. Niterói: CEUFF. 477p. 1984.*

SOMMER, G. V.; CARVALHO, A. L. G. & SIQUEIRA, C. T. SAPINDACEAE DA RESTINGA DA MARAMBAIA, RIO DE JANEIRO, BRASIL. *Rodriguésia*, v. 60, n. 3, p. 485-507. 2009.

SOUZA, M. T. R. O Litoral Brasileiro. *Cultura R. IMAE, São Paulo*, v.5, n. 11, p. 63-67. 2004.

SOUZA, M. C.; MORIM, M. P.; CONDE, M. M. S. & MENEZES, L. F. T. Subtribo *Myrciinae* O. Berg (Myrtaceae) na Restinga da Marambaia, RJ, Brasil. *Acta Botânica Brasílica*, v. 21, n. 1, p. 49-63. 2007.

SOUZA, R. C.; CORREIA, M. E. F.; PEREIRA, M. G.; SILVA, E. M. R.; PAULA, R. R. & MENEZES, L. F. T. Estrutura da comunidade da fauna edáfica em fragmentos florestais na Restinga da Marambaia, RJ. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 3, n. 1, p. 49-57. 2008.

SUGUIO, K. & TESSLER, M. G. Planícies de cordões litorâneos quaternários do Brasil: origem e nomenclatura, p. 15-25. *In: LACERDA, L. D.; ARAÚJO, D. S. D.; TURCQ, B. (org.) Restingas: origens, estrutura, processos*. Niterói: CEUFF, 477p. 1984.

VARGAS, A. B.; MAYHÉ-NUNES, A. J.; QUEIROZ, J. M.; ORSOLON, G. S.; FOLLY-RAMOS, E. Efeitos de Fatores Ambientais sobre a Mirmecofauna em Comunidade de Restinga no Rio de Janeiro, RJ. *Neotropical Entomology*, v. 36, n. 1, p. 28-37. 2007.

VASCONCELOS, H. L. Respostas das formigas à fragmentação florestal. *Série Técnica IPEF*, v. 12, n. 32, p. 95-98. 1998.

VEIGA-FERREIRA, S.; ORSOLON-SOUZA, G. & MAYHÉ-NUNES, A. J. Hymenoptera, Formicidae Latreille, 1809: New records for Atlantic Forest in the state of Rio de Janeiro. *Check List*, v. 6, n. 3, p. 442-444. 2010.

WEBER, N. A. Ants fungus, p. 225-363. *In.: HERMANN, H. R. (Ed) Social Insect*. v. 4. Academia Press, New Cork. 385p. 1982.

CAPÍTULO 1

**A COMUNIDADE DE FORMICIDEOS DE SERAPILHEIRA
ATRAVÉS DE GILDAS E MODELOS NULOS: OBSERVAÇÕES
EM PEQUENA ESCALA TEMPORAL PARA A RESTINGA DA
MARAMBAIA, RIO DE JANEIRO**

RESUMO

Investigações sobre os padrões estruturadores vêm sendo realizadas através de modelos nulos (comunidades geradas a partir de aleatorizações dos dados originais) como uma importante ferramenta para se registrar a estrutura de comunidade de grupos zoológicos em ambientes neotropicais. Nesta perspectiva, investigamos a estrutura da comunidade de formigas de serapilheira de restinga, quando a comunidade está classificada em guildas. Aplicamos à nossa comunidade o Índice C, que é um índice de co-ocorrência de espécies para modelos nulos, no intuito de verificarmos a existência de padrões de agregação, de segregação ou aleatórios para as espécies de formigas que compuseram cinco matrizes (estações agrupadas, verão, outono, inverno e primavera). A análise do índice C apresentou um padrão não aleatório para a comunidade de formigas na Floresta de Cordão Arenoso da Restinga da Marambaia, e a variância do índice sugeriu que as guildas apresentam espécies com diferentes níveis de co-ocorrência. Em outras palavras, algumas espécies que compuseram as guildas apresentaram altos níveis enquanto outras apresentam baixos níveis de co-ocorrência dentre as unidades amostrais das cinco matrizes estudadas. Este padrão sugere que a presença de uma espécie pode interferir na presença de outra. Em cada guilda a competição por recursos dentro das unidades amostrais poderia estar segregando as espécies. Do ponto de vista ambiental, nove nichos ecológicos, representando pelas nove guildas, estão ocupados na Floresta de Cordão Arenoso da Restinga da Marambaia. O registro dos gêneros *Cephalotes* e *Crematogaster* (espécies arborícolas) sugeriram que outros nichos também estão presentes e ocupados. Entretanto, é pouco provável que apenas um fator esteja influenciando a comunidade, mas, ao contrário, um conjunto de fatores bióticos (interações positivas e negativas) e abióticos (heterogeneidade ambiental, histórias evolutivas diferentes) devem ter contribuído para esta estruturação, como já foi verificado em outros ambientes de restinga. A comunidade de formigas quando observada sobre o viés das guildas tróficas, tanto em ambiente conservados, como a Restinga da Marambaia, quanto para outros ambientes da Mata Atlântica, pode permitir a compreensão e comparação de padrões ecológicos e contribuir para a conservação e preservação de “hotspots”, ecossistemas que como a Mata Atlântica, estão sob forte pressão antrópica.

Palavras-chave: Formicidae, Floresta de Cordão Arenoso, Índice C, estrutura de guildas.

ABSTRACT

Investigations about structural patterns have been performed through null models (communities generated from randomizations of original data) as an important tool to register community structure of zoological groups in Neotropical environments. In this perspective, we investigate leaf-litter ant community when this community is classified into guilds. It was applied C Index (that is an index of co-occurring species for null models) to ants' community in order to verify the existence of aggregation, segregation or random patterns to ant species that composed five matrices (seasons grouped, summer, autumn, winter and spring). Thus, the analysis of the C index showed a nonrandom pattern for ant community at Floresta de Cordão Arenoso of Restinga da Marambaia, and variance of the index suggested that guilds have species with different levels of co-occurrence. In other words, some species that composed guilds showed high levels while others have low levels of co-occurrence among sampling units of five matrices studied. This pattern suggests that presence of one species can interfere in presence of another one. At each guild competition for resources within the sampling units could be segregating species. From the environmental point of view, nine niches, represented by nine guilds, are occupied at Floresta de Cordão Arenoso of Restinga da Marambaia. The register of genera *Cephalotes* and *Crematogaster* (arboreal species) suggested that other niches are also occupied. However, it is unlikely that only one factor should be influencing ant community, but rather a set of biotic factors (positive and negative interactions) and abiotic (environmental heterogeneity, different evolutionary histories) should contribute to this structure, as has been observed in other restinga environments. Ant community when observed over the bias of trophic guilds, both preserved environments (like Restinga da Marambaia), as other environments of Atlantic Forests, can facilitate comprehension and comparison of ecological patterns and contribute to the conservation and preservation of "hotspots", ecosystems as Atlantic Forest, are under strong anthropic pressure.

Keywords: Formicidae, Floresta de Cordão Arenoso, Index C, guild structure.

1 INTRODUÇÃO

Um dos pontos centrais em estudos ecológicos trata da compreensão dos padrões que estruturam conjuntos de espécies, seja ao nível micro ou macroecológico (Horner-Devine *et al.*, 2007). Um trabalho clássico sobre composição e estruturação de comunidade foi realizado para espécies de aves por Jared Diamond, em 1975, onde o autor sugeriu que a comunidade era caracterizada por “regras” as quais refletiriam a composição das espécies, fatores abióticos e interações interespecíficas, e indicou o tempo como fator relevante para tal estruturação (Chase, 2003).

Quando se trata de grupos de invertebrados o cenário não é muito diferente. Há algumas décadas, vários trabalhos vêm demonstrando a importância e o desempenho que grupos denominados “megadiversos”, sendo Coleoptera, Lepidoptera e Hymenoptera os mais estudados (Martín-Piera *et al.*, 2000), podem apresentar em estudos ecológicos que investigaram padrões estruturadores das comunidades destes insetos (Wolda, 1978; Darrault & Schlindwein, 2002; Linzmeier & Ribeiro-Costa, 2008; Vasconcellos *et al.*, 2010).

Mais especificamente, a fauna de formigas apresenta parâmetros ecológicos bem característicos, como alta riqueza e equitabilidade de espécies, altos níveis de diversidade taxonômica, morfológica e ecológica, dando a estes insetos “status” de bom modelo para inferências sobre os padrões que podem estruturar a comunidade deste grupo em ambientes neotropicais (Levings, 1983; Silva & Brandão, 1999; Delabie *et al.*, 2000; Ribas & Schoereder, 2002; Lassau & Hochuli, 2004; Campos *et al.* 2007).

A partir destas características, a comunidade de formicídeos foi classificada em guildas tróficas para se demonstrar a importância da diversidade funcional, que representa uma associação de características morfológicas e ecológicas, como condição para modelos mais preditivos e quantitativos das “regras” para a estrutura de comunidades de formigas. (e.g. Silvestre *et al.* 2003, para o Cerrado e Delabie *et al.* 2000 e Silva & Brandão, 2010 para a Mata Atlântica). O agrupamento das espécies de uma comunidade em guildas reduz a complexidade, facilitando a quantificação dos atributos estruturais da comunidade e seus processos de organização (Silva & Brandão, 2010).

Outra forma de investigação dos padrões estruturadores vem sendo realizada através de modelos nulos, comunidades geradas a partir de aleatorizações dos dados originais, como uma importante ferramenta para se registrar a estrutura de comunidade

de grupos animais (Sanders *et al.*, 2003; 2007; Suárez & Petrere-Junio, 2003; Recorder & Nogueira, 2007) e também de grupos vegetais (Zhang *et al.*, 2009). Para as comunidades de formicídeos estas “regras” assumem, principalmente, a competição interespecífica como fator preponderante para os padrões locais de co-ocorrência, gerados pela aplicação de modelos nulos, entre espécies que apresentam morfologia e função similares (Soares *et al.*, 2001; Ward & Beggs, 2007; França & Araujo, 2007; Silva & Brandão, 2010).

Nesta perspectiva, este trabalho objetivou investigar a estrutura da comunidade de formigas de serapilheira de restinga, quando a comunidade está classificada em guildas. Aplicamos à comunidade de formicídeos o Índice C que é um índice de co-ocorrência de espécies para modelos nulos (Gotelli, 2000), no intuito de verificarmos a existência de padrões de agregação, de segregação ou aleatórios para as espécies de formigas de restinga que compõem as guildas propostas por Silva & Brandão (2010).

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

Localizada no estado do Rio de Janeiro, a Restinga da Marambaia (23° 01' S e 23° 06' S; 43° 33' W e 44° 01' W) estende-se pelos municípios de Itaguaí e Mangaratiba (Figura 8 A, B e C). Seu clima enquadra-se segundo a classificação de Köppen como macroclima do tipo AW- clima tropical chuvoso, tendo temperatura média anual de 23,6°C, sendo fevereiro o mês mais quente, com temperatura média de 26,7°C, e julho o mais frio, com média de 21°C. A média anual de precipitação acumulada é de 1.227,2 mm, sendo agosto o mês mais seco, com média de 47,4 mm, e março o mais chuvoso, com média de 140,6 mm (Menezes, 1996).

2.1.1 Fisionomia vegetal

Optamos pela fisionomia vegetal denominada Floresta de Cordão Arenoso (Figura 8 D e E), segundo classificação de Menezes & Araújo (2005). De acordo com estes autores, caracteristicamente, esta fisionomia arbórea é heterogênea e apresenta dossel variando de 20 a 30 m de altura e alta densidade de bromélias em seu estrato inferior e maior riqueza de espécies vegetais quando comparada às outras fisionomias encontradas na Restinga da Marambaia.

Devido ao modelo matemático escolhido, foi necessária uma fisionomia vegetal que apresentasse maior número de espécies de formigas, aumentando as possibilidades de todas as guildas serem representadas. Neste caso, a escolha da fisionomia Floresta de Cordão Arenoso se deve, principalmente, ao levantamento inicial da formicifauna publicado por Vargas *et al.* (2007), que demonstrou maior riqueza de espécies nesta área quando comparada a outras duas fisionomias da Restinga da Marambaia (Formação Arbustiva Fechada de Cordão Arenoso e Formação Herbácea Fechada de Cordão Arenoso).



Figura 8. Área de coleta na Restinga da Marambaia (A, B e C). Aspecto interno da fisionomia vegetal arbustiva “Floresta de Cordão Arenoso”, evidenciando a serapilheira (D) e bromélias no estrato inferior (E).

2.2 Transecção

Foram demarcadas duas grades para a coleta da fauna de formigas de serapilheira. Cada grade apresentava três transectos paralelos com cerca de 40 m cada, a intervalos de 10 m, os quais foram esticados aleatoriamente na fisionomia vegetal. Em cada transecto foram delimitados cinco pontos de 1,0 m² de serapilheira, também a intervalos de 10 m (Figura 9), totalizando 30 m² de serapilheira peneirada.

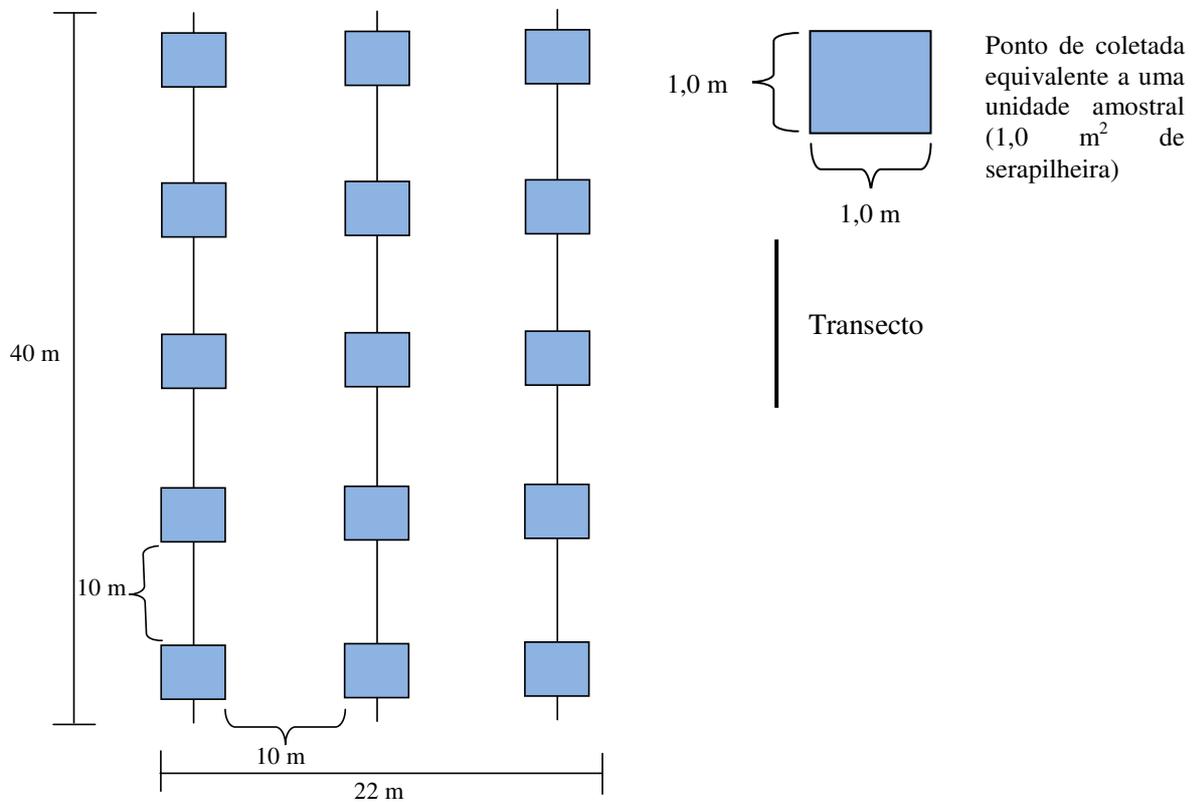


Figura 9. Esquema da grade para distribuição dos pontos (parcelas) para peneiração da serapilheira no campo. A grade totaliza 15m² de serapilheira peneirada.

2.3 Extratores de Winkler

Esta técnica de coleta vem sendo utilizada em vários ambientes e tem se mostrado eficiente na amostragem da abundância e da riqueza da comunidade de formigas de serapilheira (Delabie *et al.*, 2000; Parr & Chown, 2001; Wang *et al.*, 2001). Consistiu na demarcação de 30 pontos de 1,0 m² de serapilheira cada (Figura 10 A). O peneiramento foi realizado com ajuda de um peneirador com malha de cinco milímetros de espaçamento (Figura 10 B e C). Na sequência, houve a individualização das parcelas em sacolas de transporte para serem levadas ao laboratório, onde foram transferidas para sacos de “filó” com malha de quatro milímetros (Figura 10 D) e inseridas nos extratores de Winkler propriamente ditos (Figura 10 E). Os extratores permaneceram ativados no laboratório por 48 h para extração e captura dos espécimes pelos potes coletores, que continham álcool 70% como solução fixadora e rótulos de identificação (Figura 10 F).

2.4 Identificação da Fauna de Formigas

Os gêneros foram identificados com base em Bolton (1994) e Palacio & Fernández (2003), as subfamílias de acordo com a proposta de Bolton (2003). Quando possível, as identificações ao nível de espécies foram feitas com auxílio de chaves contidas em revisões taxonômicas e por meio de comparações com exemplares identificados da Coleção Entomológica Ângelo Moreira da Costa Lima (CECL), Instituto de Biologia, UFRuralRJ. Espécimes testemunhas foram tombados nesta Coleção.



Figura10. Protocolo de coleta de serapilheira: Demarcação e coleta de 1m² de serapilheira (A); Serapilheira sendo preparada para peneiração (B); Serapilheira sendo peneirada (C); Serapilheira transferida para o saco de filó (D); Saco de filo contendo a serapilheira sendo introduzido no extrator de Winkler (E); Extratores instalados e ativados (F).

2.5 Classificação das Formigas em Guildas

Foi seguida a proposta de Silva & Brandão (2010) para classificação da formicifauna da Restinga da Marambaia por se tratar de um trabalho sobre a Mata Atlântica (bioma ao qual pertencem os ambientes de restinga), e apresentar em sua proposta medidas morfométricas associadas a uma lista de espécies e/ou morfoespécies, permitindo classificar em uma dada guilda, espécies/morfoespécies coletadas no presente estudo, mas que a princípio não foram listadas pelos autores citados (*vide* medidas morfométricas e lista de espécies/morfoespécies em Silva & Brandão, 2010).

As nove guildas propostas pelos autores citados são: **Guilda 1** - Predadoras Generalistas Epigeicas Grandes; **Guilda 2** - Predadoras Generalistas Epigeicas Médias; **Guilda 3** - Predadoras Generalistas Hipogeicas Médias; **Guilda 4** - Predadoras Generalistas Hipogeicas com Olhos Vestigiais; **Guilda 5** - Predadoras Especialistas que Vivem em Camadas Superficiais do Solo; **Guilda 6** - Espécies Generalistas; **Guilda 7** - Dacetini Predadoras; **Guilda 8** - Forrageadoras Hipogeicas Pequenas; **Guilda 9** - Cultivadoras de Fungos Nidificadoras de Serapilheira.

2.6 Análise de Dados

2.6.1 Representatividade das guildas de formigas através dos pontos de coleta

Investigamos a presença de padrões não aleatórios na co-ocorrência das espécies nas guildas através dos pontos de coleta (1,0 m² de serapilheira). Para tanto, utilizamos o Módulo de Estrutura de Guildas do programa EcoSim 7.0[®] (Gotelli & Entsminger, 2001). Este módulo testa “a priori” hipóteses a respeito de guildas de acordo com critérios biologicamente reais, tais como: grupos taxonômicos (todas as espécies de um gênero); grupos baseados no recurso (todas as espécies que usam um recurso alimentar específico); grupos funcionais (todas as espécies com morfologia semelhante que exploram e compartilham um recurso) (Simberloff & Dayan, 1991). Neste caso, todas as espécies em uma comunidade de formigas devem estar classificadas, porém, cada espécie só pode estar classificada em uma guilda.

Foi escolhido o Índice C (“C-score”), pois é um dos que são menos suscetíveis a erros Tipo I (poucas chances de rejeitar a hipótese nula quando ela é verdadeira) e Tipo II (poucas chances de aceitar a hipótese nula quando ela é falsa) conforme Gotelli

(2000). Este índice também tem apresentado melhor desempenho para detectar padrões de co-ocorrência em comunidade de formigas (Sander *et al.*, 2003; 2007; Ward & Beggs, 2007).

Índice C (“C-score”): em nossa análise foram medidos padrões de significância dos índices de co-ocorrência dentre as diferentes guildas. Proposto por Stone & Roberts (1990 *apud* Gotelli, 2000), o Índice C mantém fixo a soma das linhas (espécies) e das colunas (unidades amostrais) através de um algoritmo de troca sequencial (“Sequential Swap”) para as matrizes aleatórias que foram criadas através de 10.000 simulações.

Este índice utiliza matrizes de presença-ausência de espécies e testa padrões não aleatórios de co-ocorrência de espécies. A hipótese nula é de que a presença de uma espécie não interfere na co-ocorrência de outra. O modelo cria pares de espécies e contabiliza os casos em que uma espécie do par ocorre na ausência da outra. O Índice C mede o número médio de pares de espécies excludentes (“checkboard units”) entre o total de pares possíveis de espécies da comunidade amostrada (Gotelli, 2000).

Se o Índice C observado (C_{obs}) é maior que o simulado (C_{sim}), há menos pares de espécies que co-ocorrem do que o esperado por acaso, podendo ser consideradas interações negativas (segregação). Se o Índice observado é menor que o simulado, há mais espécies que co-ocorrem do que o esperado por acaso, o que tende a interações positivas (agregação). Em outras palavras, em uma comunidade estruturada principalmente por competição, espera-se que o Índice C seja alto.

Este Módulo testa também a variância dos índices de co-ocorrência dentre as guildas. Neste caso, valores de variância observada (Var_{obs}) significativamente maiores que o da variância simulada (Var_{sim}) demonstra que as guildas são significativamente diferentes em níveis de co-ocorrência: algumas guildas têm espécies com altos níveis de co-ocorrência, enquanto outras têm espécies com baixos níveis. Valores significativamente pequenos de variância demonstram que as guildas são similares em níveis de co-ocorrência. Resultados aleatórios para a variância são esperados quando as espécies estiverem aleatoriamente relacionadas a diferentes guildas (Gotelli & Entsminger, 2001).

3 RESULTADOS

Obtivemos o total de 80 espécies para o conjunto de dados. A partir destes registros foi possível a classificação destas espécies nas nove guildas propostas por Silva & Brandão (2010). Contudo, a Guilda 5 não foi representada no outono nem no inverno (Tabela 6), sendo coletado no verão 90% deste valor (72 espécies), no outono 73,5% (59), no inverno 55% (45) e na primavera 80% (64). A subfamília Myrmicinae foi a mais representada com 61,2% do total coletado (49 espécies), seguida por Ponerinae com 16,2% (13), Ectatomminae com 6,2% (5), Formicinae com 5% (4), Proceratiinae e Pseudomyrmecinae com 3,8% cada (3 e 3), Amblyoponinae com 2,5% (2) e Heteroponerinae com 1,2% (1) (Tabela 7).

Os Índices C e as Variâncias referentes tanto às matrizes das estações agrupadas quanto das separadas, exceto pela matriz do outono que foi marginalmente significativa, indicaram que as comunidades têm padrões não aleatórios e as espécies que compõem as guildas apresentam diferentes níveis de co-ocorrência, conforme mostrado abaixo.

Para as quatro estações de 2006 juntas, o Índice C variou em cada guilda de $C = 157,16$ (Guilda 7) a $C = 160,86$ (Guilda 5). O Índice C observado foi significativamente maior ($C = 389,0$; $p < 0,001$) que a média do Índice C simulado ($C = 158,0$) entre todas as guildas da comunidade de formigas. A Variância observada deste Índice de co-ocorrência ($Var = 393.474,7$; $p < 0,001$) diferiu significativamente da Variância simulada ao acaso ($Var = 13.063,7$) (Figura 11).

Na análise das comunidades coletadas separadamente em cada estação de 2006, obtivemos os seguintes resultados para o Índice C e para as Variâncias:

Verão: O Índice C variou de $C = 17,11$ (Guilda 4) a $C = 17,37$ (Guilda 2). O Índice e a Variância observados dentre as guildas foram significativamente maiores ($C = 30,5$; $Var = 1.675,4$; $p < 0,001$) que a média do Índice e da Variância simulados ao acaso ($C = 17,3$; $Var = 98,2$) (Figura 12).

Outono: o Índice C variou de $C = 14,40$ (Guilda 1) a $C = 14,65$ (Guilda 4) e o Índice e a Variância observados foram marginalmente significativos ($C = 18,7$; $p = 0,07$; $221,2$; $p = 0,08$) em relação a média do Índice e da Variância simulados ($C = 14,5$; $Var = 94,2$) (Figura 13).

Inverno: o Índice C variou de $C = 15,01$ (Guilda 9) a $C = 15,29$ (Guilda 3) e o Índice e a Variância observados se apresentaram significativamente maiores ($C = 31,4$;

Var = 2.099,6; $p < 0,001$) comparados a média do Índice e da Variância simulados (C = 15,1; Var = 101,1) (Figura 14).

Primavera: o Índice C variou de C = 18,75 (Guilda 5) a C = 19,10 (Guilda 1). O Índice e a Variância observados nesta estação também foram significativamente maiores (C = 38,2; Var = 3.074,7; $p < 0,001$) em relação ao Índice e a Variância simulados (C = 18,9; Var = 154,7) (Figura 15).

Tabela 6. Distribuição do número de espécies agrupadas e separadas por estação, coletadas pelo extrator de Winkler em Floresta de Cordão Arenoso da Restinga da Marambaia, Rio de Janeiro/2006.

	Número de espécies registradas				
	Estações agrupadas	Verão	Outono	Inverno	Primavera
Guilda 1	8	7	2	5	5
Guilda 2	12	12	12	6	9
Guilda 3	5	5	5	5	5
Guilda 4	2	2	2	2	2
Guilda 5	3	3	-	-	2
Guilda 6	24	18	15	14	18
Guilda 7	12	11	10	4	10
Guilda 8	4	4	4	4	4
Guilda 9	10	10	9	6	9
Total	80	72	59	45	64

Tabela 7. Lista geral das espécies coletadas pelo extrator de Winkler na área de Floresta de Cordão Arenoso na Restinga da Marambaia, setembro/2006. VA – valores absolutos; Oc – Ocorrência amostral (total de vezes que a espécie foi registrada pelas 120 amostras) e Ab – Total de indivíduos coletados. O e A – “Ranking” da ocorrência e da abundância, respectivamente (classificação ordinal das espécies); na – espécies arbóricolas que eventualmente forrageiam na serapilheira. * - Espécies que não contavam na lista de Silva & Brandão (2010). Continua.

Subfamília	Espécies/Morfoespécies	Guilda	VA		“Ranking”	
			Oc	Ab	O	A
Amblyoponinae	<i>Amblyopone armigera</i> Mayr, 1887	5	7	26	49	48
	<i>Amblyopone elongata</i> (Santschi, 1912)	5	2	6	72	61
Ectatomminae	<i>Ectatomma permagnum</i> Forel, 1908*	1	3	1	68	74
	<i>Gnamptogenys</i> sp 1*	2	46	145	6	23
	<i>Gnamptogenys</i> sp 2 *	2	4	3	62	68
	<i>Gnamptogenys</i> sp 4*	2	3	2	69	73
	<i>Gnamptogenys</i> sp 5 *	2	3	1	70	75
Formicinae	<i>Brachymyrmex</i> sp 1*	6	80	3200	2	2
	<i>Camponotus crassus</i> Mayr, 1862*	6	1	1	74	76
	<i>Camponotus novogranadensis</i> Mayr, 1870*	6	29	54	21	39
	<i>Nylanderia</i> sp 1*	6	25	404	26	10
Heteroponerinae	<i>Heteroponera</i> sp 1*	2	6	12	51	53
Myrmicinae	<i>Apterostigma</i> sp 1*	9	40	69	8	34
Attini	<i>Apterostigma</i> sp 2*	9	34	81	13	32
	<i>Apterostigma</i> sp 3*	9	5	3	53	67
	<i>Apterostigma</i> sp 4*	9	5	2	54	82
	<i>Cyphomyrmex</i> sp 1 (gr. Rimosus)*	9	40	124	9	27
	<i>Cyphomyrmex</i> sp 1 (gr. Strigatus)*	9	35	168	11	19
	<i>Cyphomyrmex</i> sp 2 (gr. Rimosus)*	9	16	34	36	46
	<i>Trachymyrmex atlanticus</i> Mayhé-Nunes & Brandão, 2007*	9	16	7	37	58
	<i>Trachymyrmex</i> sp 1 (gr. Cornetzi)*	9	22	57	30	38
	<i>Trachymyrmex</i> sp 2 (gr. Cornetzi)*	9	5	2	61	71

Tabela 7. Continuação.

Subfamília	Espécies/Morfoespécies	Guilda	VA		“Ranking”	
			Oc	Ab	O	A
Myrmicinae	<i>Basiceros disciger</i> Mayr, 1887	2	12	18	40	49
não Attini	<i>Eurhopalothrix bruchi</i> (Santschi, 1922)	7	11	38	42	45
	<i>Carebarella bicolor</i> Emery, 1906*	8	33	886	14	7
	<i>Cephalotes</i> sp1	na	1	1	75	77
	<i>Crematogaster nigropilosa</i> (Mayr, 1870)	na	1	1	76	78
	<i>Crematogaster</i> sp 1	na	6	10	50	54
	<i>Crematogaster</i> sp 2	na	5	7	55	59
	<i>Crematogaster</i> sp 3	na	1	1	77	79
	<i>Hylomyrma balzani</i> (Emery, 1894)*	2	60	167	4	20
	<i>Hylomyrma reitteri</i> (Mayr, 1887)	2	20	61	33	37
	<i>Hylomyrma</i> sp 1 (gr. Longiscarpa)*	2	5	15	56	52
	<i>Megalomyrmex goeldii</i> Forel, 1912	2	31	152	18	22
	<i>Megalomyrmex</i> sp 1*	2	25	199	25	18
	<i>Megalomyrmex</i> sp 2*	2	6	5	52	63
	<i>Monomorium</i> sp 1*	6	1	8	79	57
	<i>Octostruma iheringi</i> (Emery, 1888)*	7	5	8	58	56
	<i>Octostruma rugifera</i> Mayr, 1887	7	31	218	19	16
	<i>Pheidole</i> sp 1*	6	35	409	12	9
	<i>Pheidole</i> sp 2*	6	29	224	22	15
	<i>Pheidole</i> sp 3*	6	24	607	27	8
	<i>Pheidole</i> sp 4*	6	17	264	35	14
	<i>Pheidole</i> sp 5*	6	11	271	43	13
	<i>Pheidole</i> sp 6*	6	12	145	41	24
	<i>Pheidole</i> sp 7*	6	2	62	73	36

Tabela 7. Continuação.

Subfamília	Espécies/Morfoespécies	Guilda	VA			
			Oc	Ab	"Ranking"	
			Oc	Ab	O	A
Myrmicinae	<i>Pheidole</i> sp 8*	6	4	54	63	41
não Attini	<i>Pheidole</i> sp 9*	6	8	32	48	47
	<i>Pheidole</i> sp 10*	6	22	106	29	28
	<i>Pyramica denticulata</i> (Mayr, 1887)	7	30	362	20	12
	<i>Pyramica eggersi</i> (Emery, 1890)*	7	4	2	65	72
	<i>Pyramica fridericimuelleri</i> (Forel, 1886)*	7	5	52	60	43
	<i>Pyramica</i> sp 1*	7	11	54	44	40
	<i>Pyramica</i> sp 2*	7	4	10	66	55
	<i>Rogeria</i> sp 1*	3	39	130	10	26
	<i>Solenopsis</i> sp 1*	8	89	3528	1	1
	<i>Strumigenys elongata</i> Roger, 1863	7	13	104	38	29
	<i>Strumigenys</i> sp 2*	7	23	160	28	21
	<i>Strumigenys</i> sp 3*	7	13	101	39	31
	<i>Wasmannia auropunctata</i> Roger, 1863	6	32	3162	16	3
	<i>Wasmannia lutzi</i> Forel, 1908*	6	43	922	7	6
Ponerinae	<i>Anochetus</i> sp 1*	1	32	101	15	30
	<i>Hypoponera foreli</i> (Mayr, 1887)8	3	31	131	17	25
	<i>Hypoponera</i> sp 1*	4	73	1306	3	5
	<i>Hypoponera</i> sp 2*	4	50	1404	5	4
	<i>Hypoponera</i> sp 3*	3	17	206	34	17
	<i>Hypoponera</i> sp 5 *	3	9	17	46	50
	<i>Leptogenys</i> sp 1*	1	1	6	78	62
	<i>Odontomachus chelifer</i> (Latreille, 1802)	1	1	3	80	70
	<i>Odontomachus meinerti</i> Forel, 1905	1	21	75	31	33

Tabela 7. Continuação.

Subfamília	Espécies/Morfoespécies	Guilda	VA		“Ranking”	
			Oc	Ab	O	A
Ponerinae	<i>Pachycondyla bucki</i> (Borgmeier, 1927)	1	3	3	71	69
	<i>Pachycondyla ferruginea</i> (Smith, 1858)	3	26	51	23	44
	<i>Pachycondyla harpax</i> (Fabricius, 1804)	1	10	15	45	51
	<i>Thaumatomyrmex mutilatus</i> Mayr, 1887*	1	4	4	67	66
Proceratiinae	<i>Discothyrea sexarticulata</i> Borgmeier, 1954	8	8	4	47	64
	<i>Discothyrea</i> sp 1*	8	20	66	32	35
	<i>Proceratium brasiliense</i> Bogmeier, 1959	5	4	4	64	65
Pseudomyrmecinae	<i>Pseudomyrmex</i> sp 1	na	5	6	59	60
	<i>Pseudomyrmex</i> sp 2	na	1	1	81	80
	<i>Pseudomyrmex</i> sp 3	na	1	1	82	81

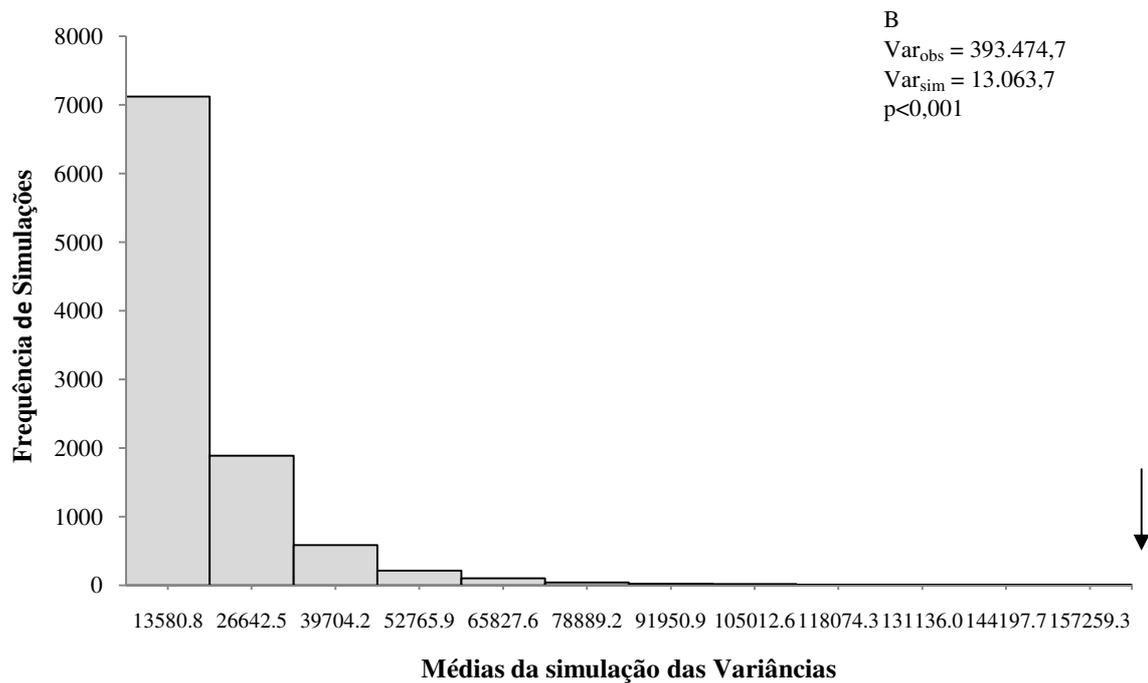
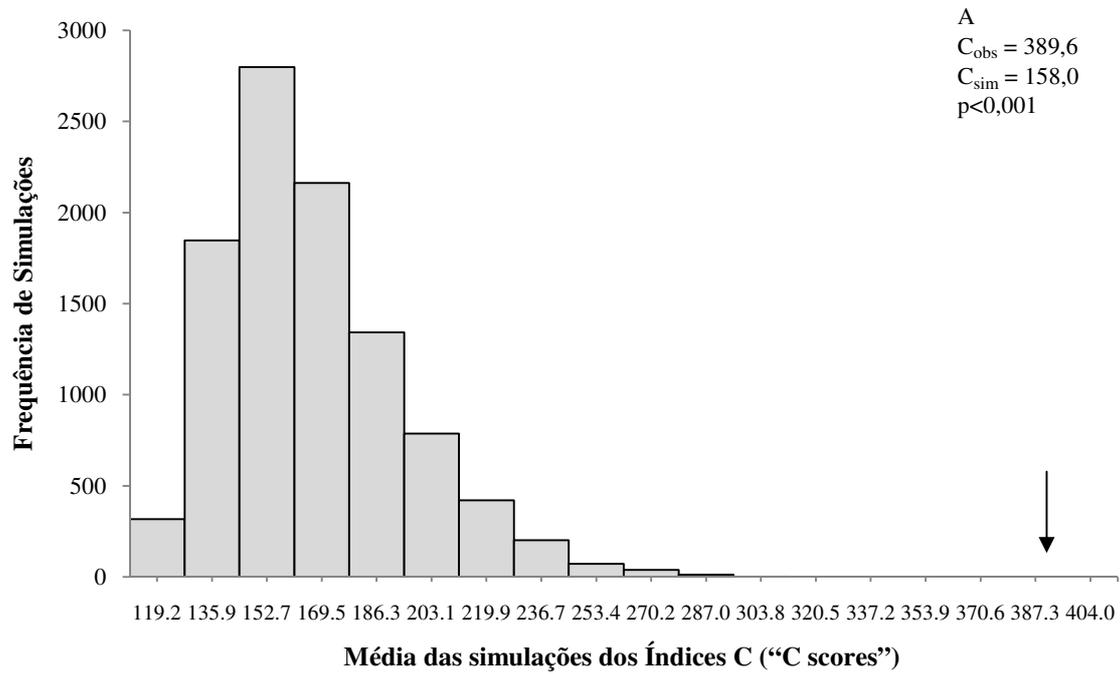


Figura 11. Distribuição das frequências dos Índices C (“C-scores”) (A) e das Variâncias (B), obtidas a partir de 10.000 simulações produzidas para uma comunidade de formigas aleatória a partir de todas as estações juntas. A seta indica a média observada; p é a probabilidade de a média observada ser maior que a média esperada.

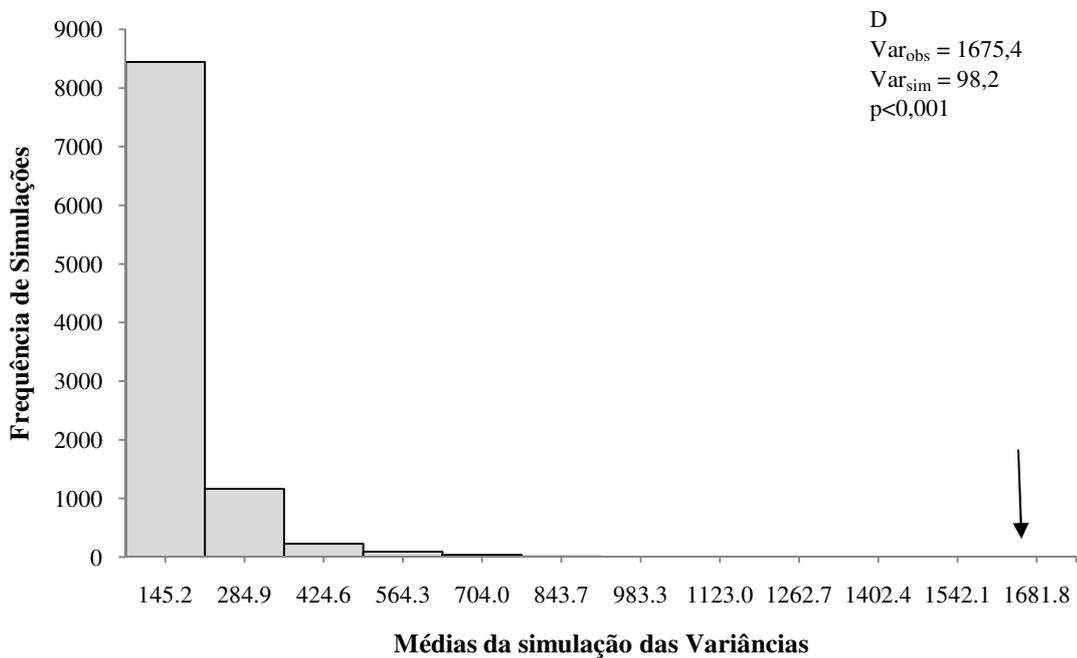
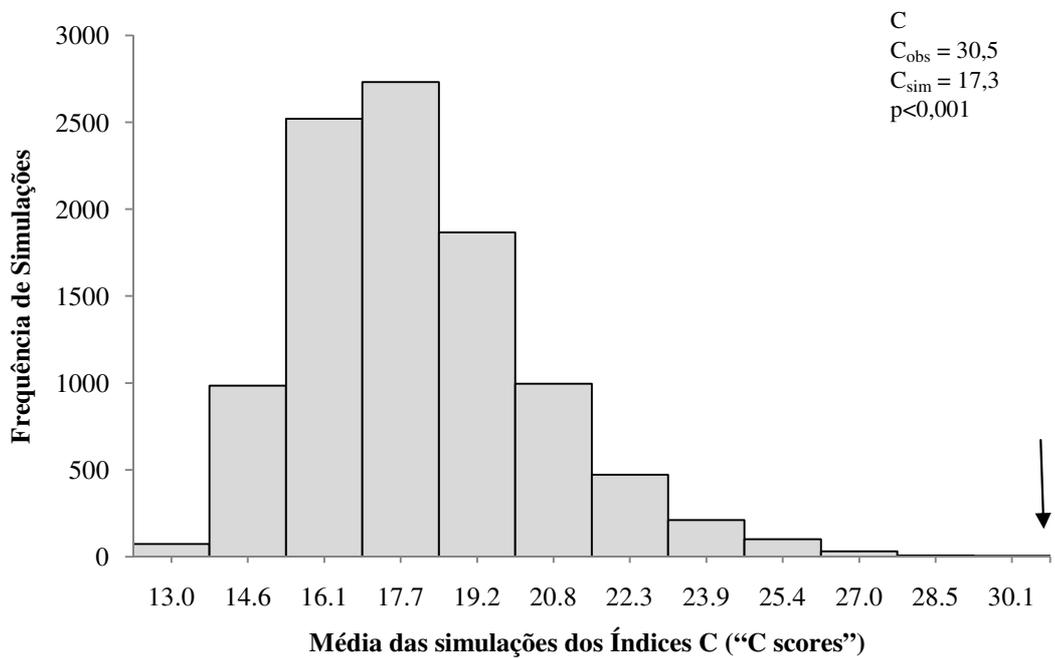


Figura 12. Distribuição das frequências dos Índices C (“C-scores”) (C) e das Variâncias (D) obtidas a partir de 10.000 simulações produzidas para uma comunidade de formigas aleatória no verão. As setas indicam as médias observadas; p é a probabilidade de a média observada ser significativamente maior que a média esperada.

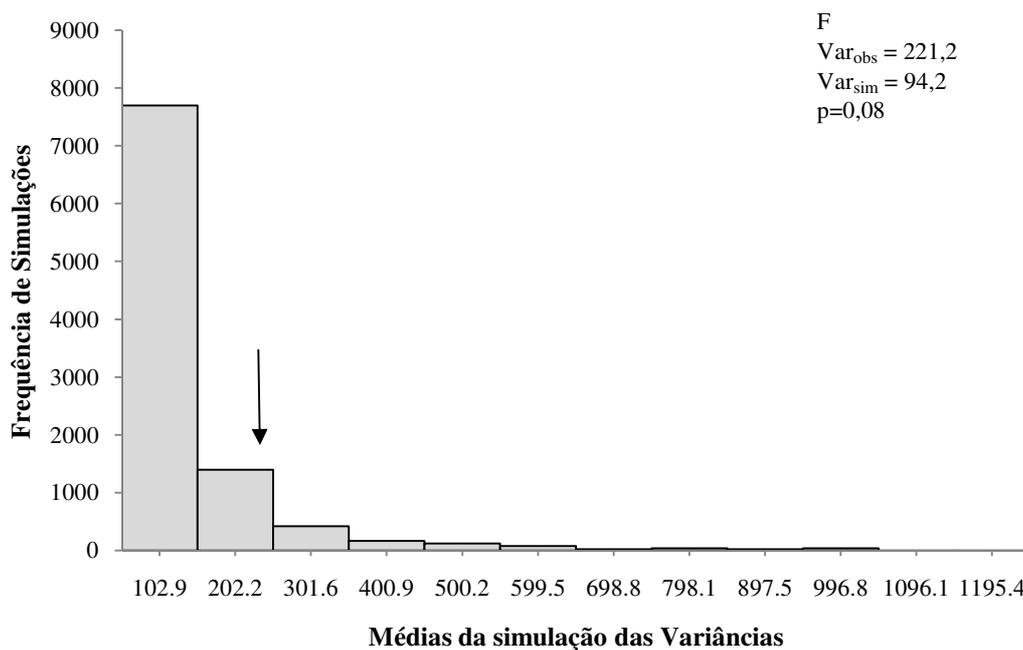
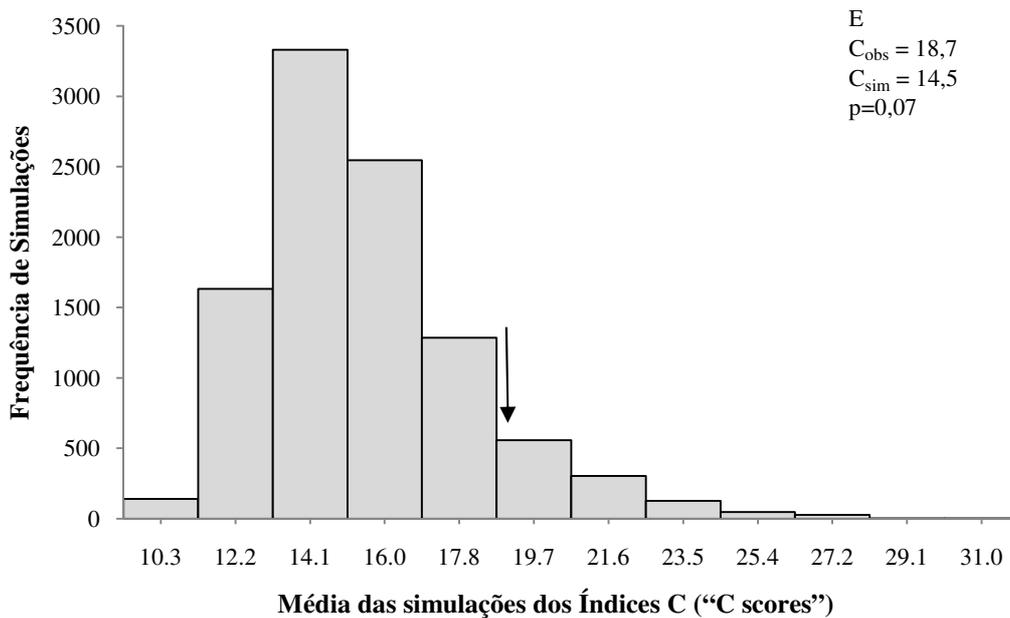


Figura 13. Distribuição das frequências dos Índices C (“C-scores”) (E) e das Variâncias (F) obtidas a partir de 10.000 simulações produzidas para uma comunidade de formigas aleatória no outono. As setas indicam as médias observadas; p é a probabilidade de a média observada ser significativamente maior que a média esperada.

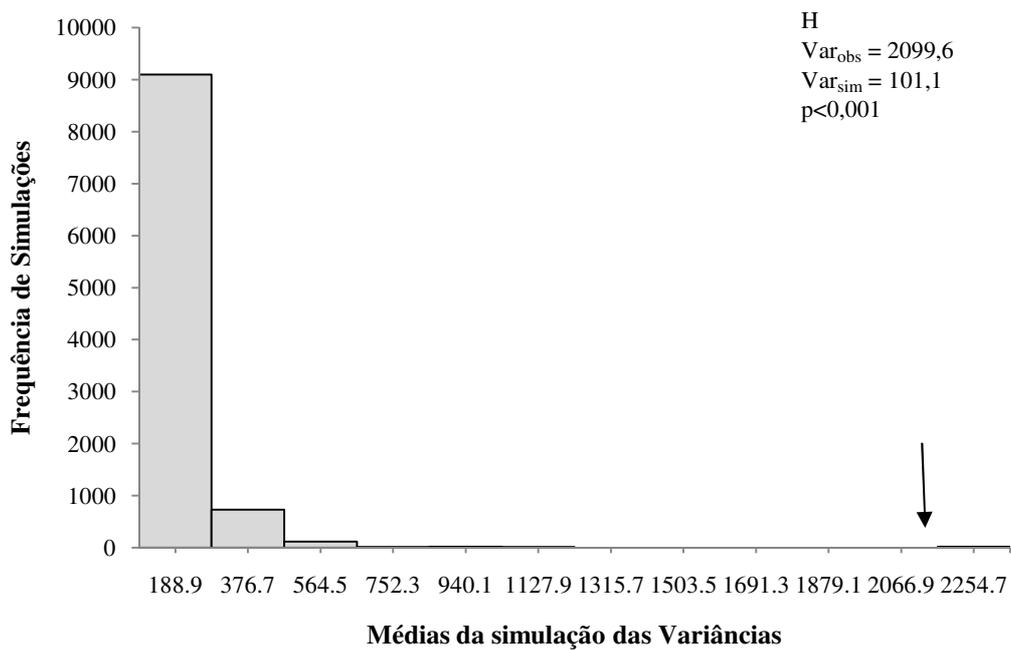
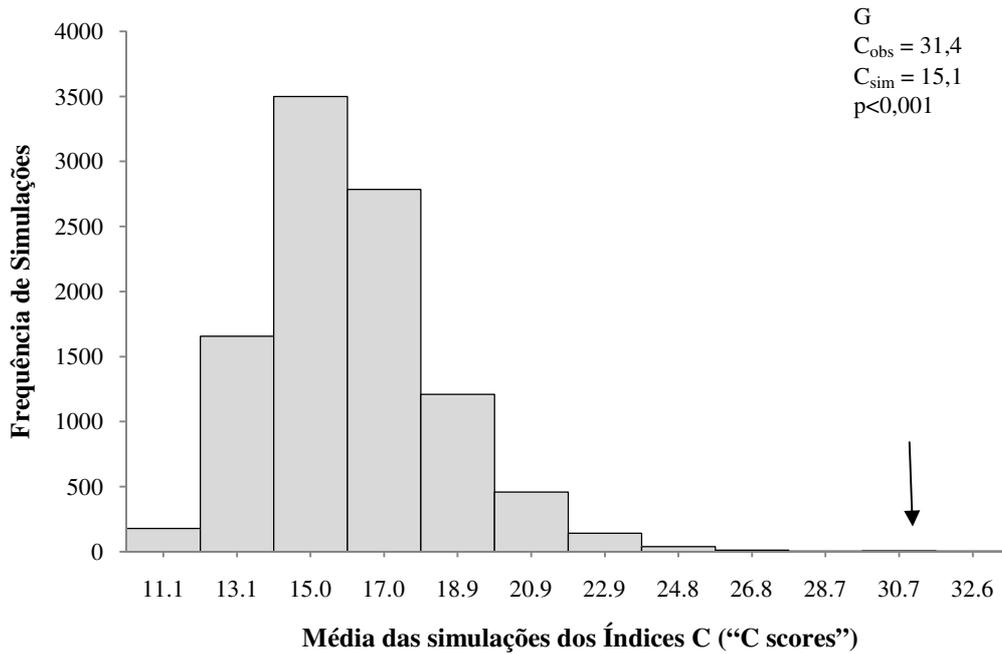


Figura 14. Distribuição das frequências dos Índices C (“C-scores”) (G) e das Variâncias (H) obtidas a partir de 10.000 simulações produzidas para uma comunidade de formigas aleatória no inverno. As setas indicam as médias observadas; p é a probabilidade de a média observada ser significativamente maior que a média esperada.

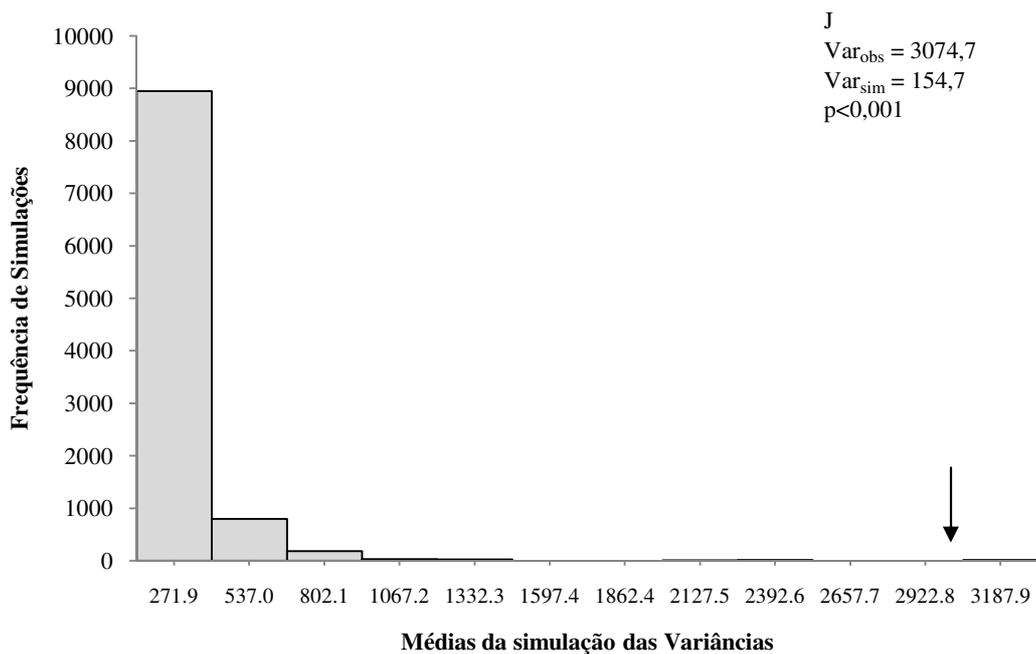
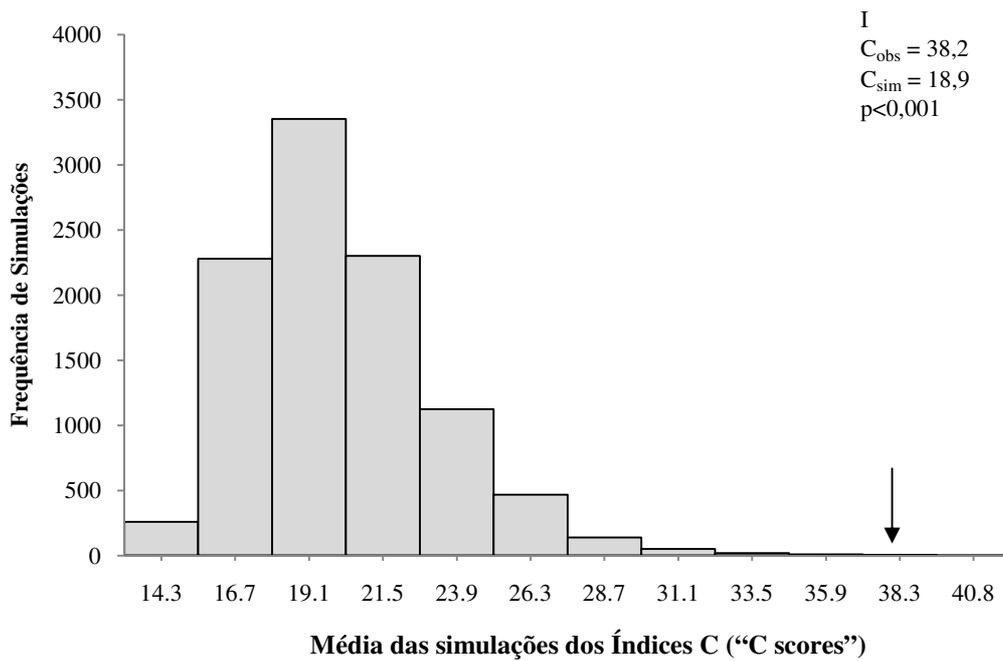


Figura 15. Distribuição das frequências dos Índices C (“C-scores”) (I) e das Variâncias (J) obtidas a partir de 10.000 simulações produzidas para uma comunidade de formigas aleatória na primavera. As setas indicam as médias observadas; p é a probabilidade de a média observada ser significativamente maior que a média esperada.

4 DISCUSSÃO

A riqueza de espécies (80 no total geral) encontrado na Restinga da Marambaia apresentou maior proporção para aquelas pertencentes à subfamília Myrmicinae. Em relação às outras sete subfamílias também registradas (Amblyoponinae, Ectatomminae, Formicinae, Heteroponerinae, Ponerinae, Proceratiinae e Pseudomyrmecinae), ela atingiu 61% do total de espécies.

É característico do estrato da serapilheira de ambientes tropicais um maior número de registros de espécies para Myrmicinae e Ponerinae do que para as outras subfamílias (Bruhl *et al.*, 1998). Este resultado é recorrente na literatura e, em parte, é devido à própria característica de Myrmicinae em se apresentar com grande riqueza e abundância de espécies na formicifauna de serapilheira e ocuparem os mais diversos nichos ecológicos na Região Neotropical (Fowler *et al.*, 1991; Silva & Brandão, 1999; Veiga-Ferreira *et al.*, 2005). Por outro lado, provavelmente a eficiência dos extratores de Winkler (Parr & Chown, 2001) em registrar maior número de espécies quando comparado a outras técnicas de coleta, podendo ser até 74% mais eficiente que armadilhas de queda (Orsolon-Souza *et al.*, no prelo), devem ter influenciado no registro das espécies e, por consequência, na representatividade respectiva das guildas propostas por Silva & Brandão (2010).

Apesar da Guilda 5 não ter sido representada no outono ou no inverno, no conjunto de dados, no verão e na primavera, foi possível o registro das nove guildas propostas, além de guildas arborícolas representadas pelos gêneros *Cephalotes*, *Crematogaster* e *Pseudomyrmex* que não foram utilizadas para análise deste estudo. Segundo Lassau & Hochuli (2004) a complexidade estrutural do ambiente está diretamente relacionada com a riqueza de espécies. A formação de micro habitats, como a serapilheira, pode criar condições (como mais locais para nidificação e disponibilidade de alimento) que interferem na frequência dos registros das espécies (Hölldobler & Wilson, 1990; Nakamura *et al.*, 2003). Segundo Andersen (2000), em seus estudos na Austrália semelhantes aos realizados na Mata Atlântica, serapilheira mais heterogênea disponibiliza maiores quantidades de nichos possíveis, os quais influenciam fortemente a estrutura da comunidade de formigas.

A análise do índice de co-ocorrência apresentou um padrão não aleatório para a comunidade de formigas na Floresta de Cordão Arenoso da Restinga da Marambaia, e a variância do índice sugeriu que as guildas apresentam espécies com diferentes níveis de

co-ocorrência. Em outras palavras, algumas espécies que compuseram as guildas apresentaram altos níveis de co-ocorrência enquanto outras apresentam baixos níveis dentre as unidades amostrais das cinco matrizes estudadas. Este padrão sugere que a presença de uma espécie pode interferir na presença de outra. Em cada guilda a competição entre as espécies por recursos dentro das unidades amostrais poderia estar segregando as espécies.

Estudos sobre estrutura de comunidade de formigas sugeriram que a competição interespecífica poderia ser a força preponderante que estrutura a comunidade destes insetos e o padrão de co-ocorrência poderia sugerir uma história evolutiva compartilhada, resultante da competição entre espécies (Hölldobler & Wilson, 1990; Andersen, 1992). Entretanto, Sanders *et al.* (2003, 2007) e Ward & Beggs (2007) mostraram evidências de que quando espécies dominantes estão presentes ou espécies invasoras são introduzidas em um ambiente, a competição por recursos influencia fortemente uma comunidade de formigas a ponto de desestruturá-la. Neste caso, a comunidade tenderia a uma estrutura aleatória ou agregada das espécies, diferentemente ao encontrado em nossos resultados, por Soares *et al.* (2001) e por Silva & Brandão (2010).

De acordo com Soares *et al.* (2001), a hipótese centrada em processos interativos era baseada na suposição de que competição interespecífica seria o fator limitante para as espécies. Contudo, estes autores mostraram que outros fatores como espécies especialistas de habitat (aquelas que são incapazes de explorar todos os locais em uma dada região) e o equilíbrio estocástico (balanço entre a proporção de colonização e extinção locais que independem de relações interespecíficas), podem determinar mais a estrutura da comunidade de formigas de serapilheira do que a competição interespecífica.

A diferença nos ritmos de forrageamento entre espécies simpátricas pode promover divisão temporal de recursos e partição dos nichos disponíveis (Hölldobler & Wilson, 1990). Tavares *et al.* (2008) investigaram a dimensão temporal como fator em ambientes mais homogêneos para co-ocorrência de espécies na comunidade de formigas do Cerrado, e exemplificaram com *Cephalotes pusillus* (Klug, 1824) e *Camponotus rufipes* (Fabricius, 1775) forrageando sobre o mesmo recurso preferencialmente durante o dia, enquanto *Camponotus renggeri* Emery, 1894 e *Camponotus melanoticus* Emery, 1894 preferencialmente à noite.

Para Moutinho (1991) em seus estudos sobre a relação entre o forrageamento e a temperatura do solo, são as diferenças nos horários de forrageamento e na composição relativa dos itens das dietas de duas espécies de *Pheidole* que possibilitam a sua coexistência. Por outro lado, duas formas de utilização do mesmo recurso foi demonstrado por Brandão *et al.* (2000) entre formigas grandes, *Pachycondyla obscuricornis* (Emery, 1890) e *Odontomachus chelifer* (Latreille, 1802), e a pequena *Solenopsis saevissima* (Smith, 1855). As duas primeiras, embora agressivas, normalmente não dominaram o recurso alimentar quando confrontadas com espécies que utilizaram recrutamento para ataque em grupo (neste caso, *S. saevissima*). Em contrapartida conseguiram retirar pedaços grandes do alimento a cada investida e, segundo os autores citados, o custo-benefício pode se equiparar ao das espécies pequenas que necessitaram de um maior número de indivíduos e tempo para retirarem a mesma quantidade de alimento.

Embora as descrições acima sugiram comportamentos alimentares distintos, vale ressaltar que se trata de estudos experimentais. Para Ribas & Schoederer (2002) a maioria dos estudos sobre mosaicos de formigas apresentam o conceito de dominância se referindo a habilidade de uma espécie em monopolizar território e recursos, com impacto evidente sobre outras espécies da comunidade, e a competição seria derivada desta idéia. Mas, segundo estes autores, são poucos os estudos que efetivamente testaram a ação da competição na estrutura da comunidade de formigas, sendo as maiores críticas aos trabalhos sobre mosaicos de formigas referentes à característica experimental dos estudos, pois normalmente os experimentos são realizados com iscas o que leva inevitavelmente a exclusão de uma espécie pela mais agressiva, não significando que essa exclusão ocorra em condições naturais. Contudo, Dejean *et al.* (2007) já haviam indicado que o uso de iscas pode funcionar como uma observação complementar, até porque nenhuma técnica de coleta é perfeita, mas é na combinação de técnicas que se encontrará uma melhor caracterização da distribuição das espécies.

Contrastando com o cenário acima, em seu trabalho sobre mosaico de formigas em condições naturais e sem uso de iscas atrativas, Fagundes *et al.* (2010) investigaram bambus (Bambusoideae: Bambuseae) como locais de nidificação em Floresta Tropical Montana por espécies dos gêneros *Linepithema*, *Tapinoma* (Dolichoderinae); *Brachymyrmex*, *Camponotus* e *Mymelachista* (Formicinae); *Pheidole*, *Crematogaster* e *Solenopsis* (Myrmicinae) e *Pachycondyla* (Ponerinae) e, evidenciaram uma divisão de recursos que resultou em um “ajuste” (divisão de nichos) destas espécies no espaço. Os

autores registraram também que duas espécies altamente dominantes na floresta, *Myrmelachista catharinae* Mayr 1887 e *Camponotus rufipes*, não exerciam grande pressão sobre estas espécies que nidificavam dentro dos bambus.

Para Silva & Brandão (2010), apesar de haver diferenças na composição das espécies de uma guilda entre ambientes distintos, a ocorrência de uma determinada espécie de formiga em 1,0 m² dependerá de qual guilda ela pertence, o que sugere limitações específicas de uma determinada guilda para a coexistência das espécies. Para estes autores, em escalas espaciais menores, a distribuição de espécies de formigas pode refletir a influência de fatores bióticos (tanto competição interespecífica como interações positivas) e de filtros abióticos (complexidade ambiental, por exemplo).

Como exemplo das especificidades de uma dada espécie de uma guilda, Lopes (2007) estudou o forrageamento de *Mycetophylax morschi* Emery, 1887 (Guilda 9: Cultivadoras de Fungos) e verificou que esta espécie não apresentava grandes variações sazonais na utilização preferencial de folíolos e flores secas de *Stylosanthes viscosa* (Leguminosae) em ambientes de restinga, corroborando os registros dos itens de forrageamento destes vegetais por espécies do gênero *Cyphomyrmex* em ambientes de Cerrado (Leal & Oliveira, 2000 *apud* Lopes, 2007). Segundo o autor, aparentemente Attini basais (*Cyphomyrmex*, *Mycetarotes*, *Mycocepurus*, *Myrmicocrypta*, sendo as três últimas não representadas no presente estudo) têm preferência por espécies deste grupo vegetal devido às características químicas e nutricionais, mas também pela facilidade de transporte dos pequenos folíolos e foliólulos caídos no chão da floresta.

Do ponto de vista ambiental, nove nichos ecológicos, representados pelas nove guildas (Silva & Brandão, 2010), estão ocupados na Floresta de Cordão Arenoso da Restinga da Marambaia. Nossos resultados corroboraram o que haviam preconizado os autores citados para a estrutura de guildas em escala espacial pequena, apontando para uma estrutura de comunidade de formicídeos que se forma a partir da segregação das espécies a cada metro quadrado de serapilheira amostrado.

Esta segregação pode acontecer quando uma espécie, ao explorar uma fonte alimentar, exclui outra espécie deste recurso. Entretanto, é pouco provável que apenas um fator esteja influenciando a comunidade, mas, ao contrário, um conjunto de fatores bióticos (interações positivas e negativas) e abióticos (heterogeneidade ambiental, histórias evolutivas diferentes) deve contribuir para esta estruturação, como mostrado por Cardoso *et al.* (2010) em diferentes ambientes de restinga. Neste aspecto, torna-se relevante a investigação sobre as possibilidades de se estruturar a comunidade de

formigas sob uma perspectiva mais qualitativa, ou ainda, levando em consideração que a composição de formigas se apresenta através de padrões não aleatórios e as guildas estão estruturadas, seria possível que as guildas refletiram padrões gerais da comunidade.

Como sugerido por Silva & Brandão (2010), as guildas de formigas parecem ser um caminho viável para estudos sobre comunidades de formigas, independentemente de escala espacial. A comunidade de formigas quando observada sobre o viés das guildas tróficas, tanto em ambientes conservados, como a Restinga da Marambaia, quanto para outros ambientes da Mata Atlântica, pode permitir a compreensão e comparação de padrões ecológicos e contribuir para a conservação e preservação de “hotspots” (Myers *et al.*, 2000), ecossistemas que, como a Mata Atlântica, estão sob forte pressão antrópica.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSEN, A. N. Regulation of 'momentary' diversity by dominant species in exceptionally rich ant communities of the Australian tropics. *American Naturalist*, v. 140, p. 401-420. 1992.

ANDERSEN, A. N. A global ecology of rain forest ants: Functional groups in relation to environmental stress and disturbance, p.25 - 34. *In* AGOSTI, D.; MAJER, J. D.; ALONSO, L. E. & SCHULTZ, T. R. (eds.), *Ants: Standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Smithsonian Institutions Press, Washington, 280p. 2000.

BOLTON, B. *Identification Guide to the Ant Genera of the World*. Harvard University Press, London. 222 p. 1994.

BOLTON, B. Synopsis and classification of Formicidae. *Memoirs of the American Entomological Institute*. v. 71, p. 1 - 370. 2003.

BRANDÃO, C. R. F., SILVESTRE, R. & REIS-MENEZES, A. Influência das interações comportamentais entre espécies de formigas em levantamentos faunísticos em comunidades de cerrado, p 371-404. *In*: Martins, R. P.; Lewinsohn, T. M.; BARBEITOS, M. S. (Eds). *Ecologia e comportamento de insetos. Série Oecologia Brasiliensis*. Rio de Janeiro, PPGE-UFRJ, 436p. 2000.

BRUHL, C. A.; MOHAMED, M. & LINSÉNMAISR, K. E. Altitudinal distribution of leaf litter ants along a transect in primary forest in Mount Kinabalu, Sabah, Maysia. *Journal of Tropical Ecology*, v. 15, n. 3, p. 265-277. 1998.

CAMPOS, R. B. F., SCHOEREDER, J. H. & SPERBER, C. F. Small-scale patch dynamics after disturbance in litter ant communities. *Basic and Applied Ecology*, v. 8, p. 36 – 43. 2007.

CARDOSO, D. C., SOBRINHO, T. G. & SCHOEREDER, J. H. Ant community composition and its relationship with phytophysionomies in a Brazilian Restinga. *Insectes Sociaux*, v. 57, n. 3, p. 293-301. 2010.

CHASE, J. M. Community assembly: when should history matter? *Oecologia*, v. 136, p. 489–498. 2003.

DARRAULT, R. O. & SCHLINDWEIN, C. Esfingídeos (Lepidoptera, Sphingidae) no Tabuleiro Paraibano, nordeste do Brasil: abundância, riqueza e relação com plantas esfingófilas. *Revista Brasileira de Zoologia*, v. 19, n. 2, p. 429-443. 2002.

DEJEAN, A.; CORBARA, B.; ORIVEL, J. & LOPONCE, M. Rainforest canopy ants: the implications of territoriality and predatory behavior. *Functional Ecosystems and Communities*, v. 1, n. 2, p. 105 – 120. 2007.

DELABIE, J. H. C., AGOSTI, D. & NACIMEJNTO, I. C. Litter ant communities of the Brazilian Atlantic rain forest region. *In*: AGOSTI, D., MAJER, J. D., ALONSO, L. T., SCHULTZ, T. R. (eds). *Sampling ground-dwelling ants: case studies from the world's rain forests*. Perth, Australia, Curtin University School of Environmental Biology. *Bulletin*, v. 18, p. 1 - 17. 2000.

FAGUNDES, R.; TERRA, G.; RIBEIRO, S. P. & MAJER, J. D. O Bambu *Merostachys fischeriana* (Bambusoideae: Bambuseae) como Habitat para Formigas de Floresta Tropical Montana. *Neotropical Entomology*, v. 39, n. 6, p. 906-911. 2010.

FOWLER, H. G.; FORTI, L. C.; BRANDÃO, C. R. F; DELABIE, J. H. C. & VASCONCELOS, H. L. Ecologia nutricional de formigas. p. 131-209. *In*: PANIZZII, A. R. & PARRA, J. R. P. (eds.) *Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas*. Rio de Janeiro, Manole/CNPQ. 359p. 1991.

FRANÇA, F. G. R. & ARAÚJO, A. F. B. Are there co-occurrence patterns that structure snake communities in Central Brazil? *Brazilian Journal of Biology*. v. 67, n. 1, p. 33-40. 2007.

GOTELLI, N. J. Null model analysis of species co-occurrence patterns. *Ecology*, v. 81, n. 9, p. 2606-2621. 2000.

GOTELLI, N. J. & ENTSMINGER, G. L. EcoSim: Null Models Software for Ecology. Acquired Intelligence Inc. and Kesey-Bear. Jericho, VT 05465. <http://garyentsminger.com/ecosim>. 2001.

HÖLLDOBLER, B. & WILSON E. O. The Ants. The Belknap Press of Harvard University, Cambridge. 733p. 1990.

HORNER-DEVINE, M. C., SILVER, J. M., LEIBOLD, M. A., BOHANN, B. J. M., COLWELL, R. K., FUHRMAN, J. A., GRENN, J.L., KUSKE, C. R., MARTINY, J. B. H., MUYZER, G., ØVREA, L., REYSENBACH, A. L. & SMITH, V. H. A comparison of taxon co-occurrence patterns for macro- and microorganisms. *Ecology*, v. 88, n. 6, p. 1345–1353. 2007.

LASSAU, S. A. & HOCHULI, D. F. Effects of habitat complexity on ant assemblages. *Ecography*, v. 27, p. 157 - 164. 2004.

LEVINGS, S. C. Seasonal, annual and among-site variation in the ground ant community of a deciduous tropical forest: Some causes of patchy distributions. *Ecological Monographs*, v. 53, p. 435-455. 1983.

LINZMEIER, A. M. & RIBEIRO-COSTA, C. S. Seasonality and temporal structuration of Alticini community (Coleoptera, Chrysomelidae, Galerucinae) in the Araucaria Forest of Parana, Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*, v. 52, n. 2, p. 289-295. 2008.

LOPES, B. C. Ecologia do forrageio por *Cyphomyrmex morschei* Emery (Hymenoptera, Formicidae) em vegetação de restinga no Sul do Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, v. 24, n. 1, p. 52-56. 2007.

MARTÍN-PIERA, F., J. J. MORRONE & A. MELIC (eds.). Hacia un Proyecto CYTED para el inventario y estimación de La diversidad entomológica en Iberoamérica: PrIBES 2000. Monografías Tercer Milenio, Sociedad Entomológica Aragonesa (SEA), Zaragoza, v. 1, p. 19-32. 2000.

MENEZES, L. F. T. Caracterização de comunidades vegetais praianas da Restinga de Marambaia – RJ. Dissertação de Mestrado. UFRRJ. 89p. 1996.

MENEZES, L. F. T. & ARAÚJO, D. S. D. Formações vegetais da Restinga da Marambaia. In História Natural da Marambaia (L. F. T. Menezes, A. L. Peixoto & D. S. D. Araujo, orgs.). Editora da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, p.67-120. 2005.

MOUTINHO, P. R. S. Note of foraging activity and diet of two *Pheidole* Westwood species (Hymenoptera, Formicidae) in an area of “shrub canga” vegetation in Amazonian Brazil. *Revista Brasileira de Biologia*, v. 51, p. 403–406. 1991.

MYERS, N, MITTERMEIER, R. A., MITTERMEIER, C. G., FONSECA, G. A. & KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, v. 403, n. 24, p. 853-858. 2000.

NAKAMURA, A., PROCTOR, H. & CATTERALL, C. P. Using soil and litter arthropods to assess the state of rainforest restoration. *Ecological Management & Restoration*. v. 4, p. 20 - 28. 2003.

ORSOLON-SOUZA, G.; ESBÉRARD, C. E. L.; MAYHÉ-NUNES, A. J.; VARGAS, A. B; VEIGA-FERREIRA, S.; E FOLLY-RAMOS, E. “Comparison between Winkler’s extractor and pitfall traps to estimate leaf litter ants richness (Formicidae) at a rainforest site in Southeast Brasil”. *Brazilian Journal of Biology*, v. 71.4 (no prelo).

PALACIO, E. E. & FERNÁNDEZ, F. Claves para las subfamilias y gêneros. pp. 233-260. *In*: Fernández F. (ed.). 2003. Introducción a las Hormigas de La región Neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia. 398 p. 2003.

PARR, C. L. & CHOWN, S. L. Inventory and bioindicator sampling: testing pitfall and Winkler methods with ants in a South African savanna. *Journal of Insect Conservation*. v. 5, p. 27 - 36. 2001.

RECODER, R. & NOGUEIRA, C. Composição e diversidade de répteis na região sul do Parque Nacional Grande Sertão Veredas, Brasil Central. *Biota Neotropica*, v. 7, n. 3, p. 267-278. 2007

RIBAS, C. R. & SCHOEREDER, J. H. Are all ant mosaics caused by competition? *Oecologia*, v. 131, p. 606–611. 2002.

SANDERS, N. J., GOTELLI, N. J., HELLER, N. E., GORDON, D. M. Community disassembly by an invasive species. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America - PNAS*, v. 100, n. 5, p. 2474–2477. 2003.

SANDERS, N. J., CRUTSINGER, G. M., DUNN R. R., MAJER, J. D., DELABIE, J. H. C. An Ant Mosaic Revisited: Dominant Ant Species Disassemble Arboreal Ant Communities but Co-Occur Randomly. *Biotropica*. v. 39, n. 3, p. 422–427. 2007.

SIMBERLOFF, D. & DAYAN, T. The Guild concept and the structure of ecological communities. *Annual Review of Ecology and Systematics*. v. 22, p. 115-143. 1991.

SILVA, R. R. & BRANDÃO, C. R. F. Formigas (Hymenoptera: Formicidae) como indicadores da qualidade ambiental e da biodiversidade de outros invertebrados terrestres. *Biotemas*, v. 12, n. 2, p. 55-73. 1999.

SILVA, R. R. & BRANDÃO, C. R. F. Morphological patterns and community organization in leaf-litter ant assemblages. *Ecological Monographs*, v. 80, n. 1, p. 107–124. 2010.

SILVESTRE, R.; BRANDÃO, C. R. F. & SILVA, R. R. Grupos funcionales de hormigas: el caso de los gremios del Cerrado, p. 13-148. *In: FERNÁNDEZ, F. (ed.). 2003. Introducción a las Hormigas de La región Neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia. 398p. 2003.*

SOARES, S. M., SCHOEREDER, J. H. & DESOUZA, O. G. Processes involved in species saturation of ground-dwelling ant communities (Hymenoptera, Formicidae) *Austral Ecology*, v. 26, p. 187 – 192. 2001.

SÚAREZ, Y. R. & PETRERE-JUNIOR, M. Associações de espécies de peixes em ambientes lóticos da bacia do rio Iguatemi, Estado do Mato Grosso do Sul. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, v. 25, n. 2, p. 361-367. 2003.

TAVARES, A. A.; BISPO, P. C. & ZANZINI, A. C. Efeito do Turno de Coleta sobre Comunidades de Formigas Epigéicas (Hymenoptera: Formicidae) em Áreas de *Eucalyptus cloeziana* e de Cerrado. *Neotropical Entomology*, v. 37, n. 2, p. 126-130. 2008.

VARGAS, A. B.; MAYHÉ-NUNES, A. J.; QUEIROZ, J. M.; ORSOLON, G. S. & FOLLY-RAMOS, E. Efeitos de Fatores Ambientais sobre a Mirmecofauna em Comunidade de Restinga no Rio de Janeiro, RJ. *Neotropical Entomology*, v. 36, n.1, p. 28-37. 2007.

VASCONCELLOS, A., ANDREAZZE, R., ALMEIDA, A. M., ARAUJO, H. F. P., OLIVEIRA, E. S. & OLIVEIRA, U. Seasonality of insects in the semi-arid Caatinga of northeastern Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*, v. 54, n. 3, p. 471–476. 2010.

VEIGA-FERREIRA, S.; A. J. MAYHÉ-NUNES & J. M. QUEIROZ. Formigas de serapilheira na Reserva Biológica do Tinguá, Estado do Rio de Janeiro, Brasil (Hymenoptera: Formicidae). *Revista Universidade Rural, Série Ciências da Vida. Seropédica, RJ, EDUR*, v. 25, p. 49-54. 2005.

WANG, C., STRAZANAC, J. & BUTLER, L. A comparison of Pitfall Traps with Bait Traps for studying leaf litter ant communities. *Journal Economic Entomology*, v. 94, n. 3, p. 761 - 765. 2001.

WARD, D. & BEGGS, J. Coexistence, habitat patterns and the assembly of ant communities in the Yasawa islands, Fiji. *Acta Ecologica*, v. 32, p. 215-223. 2007.

WOLDA, H. Seasonal fluctuations in rainfall, food, and abundance of tropical insects. *Journal Animal Ecology*, v. 47, p. 369-381. 1978.

ZHANG, J., HAO, Z., SONG, B., LI, B., WANG, X.V. & YE, J. Fine-scale species co-occurrence patterns in an old-growth temperate Forest. *Forest Ecology and Management*, v. 257, n. 10, p. 2115-2120. 2009.

CAPÍTULO 2

**ESTRUTURA E COMPOSIÇÃO DA COMUNIDADE DE
FORMIGAS DA RESTINGA DA MARAMBAIA, RIO DE JANEIRO:
AS PARTES (GUILDAS) REFLETEM OS PADRÕES
ENCONTRADOS PARA O TODO (COMUNIDADE)?**

RESUMO

A compreensão dos processos que permitem a estruturação de comunidade de invertebrados e vertebrados terrestres vem sendo tratada como ponto relevante para a ecologia de comunidade. Objetivamos analisar a estrutura da comunidade de formigas de serapilheira de restinga quando classificada em guildas. As guildas separadamente e associadas a uma escala temporal pequena (possíveis variações nas estações do ano), refletem padrões gerais da comunidade de formicídeos? Em caso afirmativo, seria possível aplicar procedimentos e metodologia de coletas padronizadas, mas reduzindo o tempo de processamento dos dados sem perder as características gerais da comunidade, a confiabilidade e a viabilidade dos dados. Para tanto, aplicamos aos dados: Análise de Similaridade (ANOSIM), Escalonamento Multidimensional (MDS), Teste de Similaridade de Percentagens (SIMPER) e também Análise de Aninhamento. Propusemos ainda regressões lineares para possíveis relações explicativas entre os níveis de significância, o número e a ocorrência das espécies entre as estações. Nossos resultados sugeriram que a comunidade de formicídeos pode variar em pequena escala temporal, uma vez que a associação do MDS e do ANOSIM sugeriu que, principalmente, o verão e o inverno apresentam uma composição própria tendendo a uma separação temporal. Semelhantemente, as mesmas análises aplicadas as guildas, também mostraram diferenças significativas (Guildas 6 e 9) e marginalmente significativa (Guilda 7) entre verão e inverno. O aninhamento significativo observado para a maioria das guildas sugere que estas são agrupamentos menores e representam subconjuntos da comunidade maior de formicídeos. Segundo a análise das relações entre possíveis fatores explicativos, o aumento da riqueza de espécies contribuiu com cerca de 25% para variação dos valores de p levando-os a níveis mais significativos (menores que 0,05). O somatório das ocorrências das espécies entre as estações indicou que aproximadamente 33% da variação é explicada pela registro das espécies em cada amostra entre as estações. Concluímos que mesmo lançando mão de uma escala temporal pequena, é possível, desde que se tenha um desenho amostral bem delimitado, o registro da comunidade de formicídeos. A aplicação do modelo de guildas permite uma visão mais qualitativa da comunidade possibilitando ainda, o uso de apenas uma guilda para análises ambientais sem perder o padrão geral que a comunidade pode oferecer, tamanha é a diversidade e funcionalidade destes insetos.

Palavras chave: Formicidae, aninhamento, Análise de Similaridade, Escalonamento Multidimensional, Teste de Similaridade de Percentagens.

ABSTRACT

The comprehension of processes that permit invertebrates and vertebrates communities structuration has been treated as an important point to the ecology of communities. This study aimed to analyze leaf-litter ant community structure at Restinga da Marambaia when it is classified into guilds. Guilds separately and associated to a small time scale (possible variations in the seasons), reflect the general patterns of ant community? In an affirmative way, it would be possible to apply procedures and standardized methodology for sampling, but reducing time of processing data without losing general characteristics of community, feasibility and reliability of data. For that we applied to data: Similarity Analysis (ANOSIM), Multidimensional Scaling (MDS), Similarity Percentages Test (SIMPER) and also Nesting Analysis. We also proposed the application of linear regressions for possible explanatory relationships between the significance levels, number and occurrence of species among seasons. Our results suggested that ant's community may vary on a small time scale, once the association of MDS and ANOSIM suggested that mainly the summer and winter present a own ant species composition that tends to a temporal separation. Similarly, the same analysis applied to guilds also showed significant (Guilds 6 and 9) and marginally significant (Guild 7) between summer and winter. Values of significant nested observed for most guilds suggests that these are smaller groupings, which represent subsets of the larger ant community. According to the analysis of relationships between potential explanatory factors, increase in species richness contributed about 25% to p variation leading them to more significant levels (less than 0.05). The sum of the species occurrences between seasons indicated that approximately 33% of the variation is explained by the register of species in each sample between the seasons. We conclude that even using a small time scale is possible the record of ant community, since it has a well-defined sampling design. The application of guild model allows a more qualitative perception of ant community, enabling use of only one guild for environmental analysis without losing general pattern that the community can offer, such is the diversity and functionality of these insects.

Key words: Formicidae, nesting, similarity analysis, multidimensional scaling, similarity of test percentages.

1 INTRODUÇÃO

A compreensão dos processos que permitem a estruturação de comunidade de invertebrados e vertebrados terrestres vem sendo tratada como ponto relevante para a ecologia de comunidade (Pinto & Santos, 2006; França & Araujo, 2007; Cardoso *et al.*, 2010; Silva & Brandão, 2010). A questão fundamental está em qual processo explica a estruturação de comunidades, se elas são conjuntos aleatórios de espécies ou se são determinadas por processos bióticos ou abióticos (Adams, 2007).

Para comunidades de formigas de serapilheira, o cenário investigativo é semelhante. Há propostas em que as interações bióticas poderiam gerar padrões previsíveis para a estrutura da comunidade tais como, por interações interespecíficas (proposta para competição) (Soares *et al.*, 2001) e/ou por exclusão por espécies dominantes (proposta para o conceito do mosaico) (Ribas & Schoereder, 2002).

Em oposição, outras propostas demonstram que a estruturação é resultado da dominância comportamental (proposta para grupos funcionais) (Andersen, 1997); por semelhança de características ecológicas comportamentais como forrageamento, alimentação e nidificação e/ou associada a caracteres morfológicos (propostas para guildas) (Delabie *et al.*, 2000; Silvestre *et al.*, 2003; Silva & Brandão, 2010); ou por diferenças entre habitats (proposta para heterogeneidade ambiental) (Cardoso *et al.*, 2010).

Contudo, nenhuma das conclusões é decisiva, os autores citados sugeriram que não é apenas um fator, mas o conjunto de fatores bióticos e abióticos que influenciam diferentemente a estrutura da comunidade, como: processos interativos negativos e positivos, especialização de habitat, equilíbrio estocástico, heterogeneidade espacial e temporal (Soares *et al.*, 2001; Ribas & Schoereder, 2002; Cardoso *et al.*, 2010; Silva & Brandão, 2010).

Outro questionamento em estudos sobre comunidades de artrópodes de serapilheira está relacionado às técnicas de coleta empregadas que nem sempre amostram a riqueza total de um ambiente (Agosti *et al.*, 2000; Agosti & Alonso, 2001). A solução proposta para a comunidade de formicídeos é o emprego concomitante de duas ou mais técnicas, principalmente extratores de Winkler e armadilhas de queda (“pitfall traps”), como a melhor maneira de se registrar a composição de formicídeos de um determinado local ou região (Delabie *et al.*, 2000; Longino *et al.*, 2002).

Porém, outro problema é gerado: maior tempo gasto para o processamento do material coletado quando se trabalha com grupos megadiversos (Thompson *et al.*, 2003). Alguns trabalhos mostraram que, apesar de a tendência em coletar numerosos espécimes de menor tamanho, os extratores de Winkler apresentam maior eficiência na amostragem da riqueza de formigas em ambiente tropicais (Parr & Chown, 2001) sendo aproximadamente 74% maior que armadilhas de queda em ambiente de Mata Atlântica (Orsolon-Souza *et al.*, no prelo).

Nesta perspectiva, este trabalho objetivou analisar a estrutura da comunidade de formigas de serapilheira de restinga a partir da proposta de Silva & Brandão (2010), ou seja, se as guildas de formigas associadas a uma escala temporal pequena (possíveis variações nas estações do ano) refletem padrões gerais da comunidade de formicídeos. Assim, seria possível aplicar procedimentos e metodologia de coletas padronizadas, mas reduzindo tempo de processamento dos dados sem perder as características gerais da comunidade, a confiabilidade e viabilidade dos dados.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

Localizada no estado do Rio de Janeiro, a Restinga da Marambaia (23° 01' S e 23° 06' S; 43° 33' W e 44° 01' W) estende-se também pelos municípios de Itaguaí e Mangaratiba. Seu clima enquadra-se segundo a classificação de Köppen como macroclima do tipo AW- clima tropical chuvoso, tendo temperatura média anual de 23,6°C, sendo de fevereiro o mês mais quente, com temperatura média de 26,7°C, e julho o mais frio, com média de 21°C. A média anual de precipitação é de 1.227,2 mm, sendo agosto o mês mais seco, com média de 47,4 mm, e março o mais chuvoso, com média de 140,6 mm (Menezes, 1996).

2.2 Fisionomia Vegetal

Para a análise da fauna de formicídeos de serapilheira de restinga, optamos pela fisionomia vegetal denominada Floresta de Cordão Arenoso. De acordo com Menezes & Araújo (2005), esta fisionomia é heterogênea e apresenta dossel variando de 20 a 30 m de altura com alta densidade de bromélias em seu extrato inferior e maior riqueza de plantas e serapilheira mais profunda comparada às outras fisionomias encontradas na Restinga da Marambaia (Figura 16 A e B).

A escolha da fisionomia Floresta de Cordão Arenoso se deve, principalmente, ao levantamento inicial da formicifauna publicado por Vargas *et al.* (2007) que demonstrou maior riqueza de espécies nesta área quando comparada a outras duas fisionomias da Restinga da Marambaia (Formação Arbustiva Fechada de Cordão Arenoso e Formação Herbácea Fechada de Cordão Arenoso), aumentando as possibilidades de todas as guildas serem representadas.

2.3 Transecção e Extratores de Winkler

Foram demarcadas duas grades para a coleta da fauna de formigas de serapilheira. Cada grade era composta por três transectos paralelos com cerca de 40 m cada e distantes 10 m entre si, os quais foram esticados aleatoriamente na fisionomia vegetal. Em cada transecto foram delimitados cinco pontos de 1,0 m² de serapilheira,

também distantes 10 m entre si. Cada um dos 30 pontos foi peneirado e o material coletado foi levado ao Laboratório de Mirmecologia do Instituto de Biologia da UFRuralRJ, para extração da fauna nos extratores de Winkler, totalizando 30 m² de serapilheira peneirada. Este procedimento foi adaptado a partir de Delabie *et al.* (2000) e realizado em cada estação de 2006.

A escolha pelos extratores de Winkler se deve ao fato de ser uma técnica de coleta utilizada em vários ambientes e tem se mostrado eficiente na amostragem da abundancia e da riqueza da comunidade de formigas de serapilheira (Romero & Jaffé, 1989; Parr & Chown, 2001; Wang *et al.*, 2001), permitindo ainda, quando associado a outras técnicas, novos registros de espécies em diferentes ambientes (Veiga-Ferreira *et al.*, 2010).



Figura 16. Visão interna da fisionomia vegetal Floresta de Cordão Arenoso. Alta densidade de bromélias no extrato inferior (A); alta densidade de plantas e serapilheira (B). Restinga da Marambaia, 2006.

2.4 Identificação da Fauna de Formigas

Os gêneros foram identificados com base em Bolton (1994) e Palacio & Fernández (2003), as subfamílias de acordo com a proposta de Bolton (2003). Quando possível, as identificações ao nível de espécie foram feitas com auxílio de chaves contidas em revisões taxonômicas e por meio de comparações com exemplares identificados da Coleção Entomológica Ângelo Moreira da Costa Lima (CECL), Instituto de Biologia, UFRuralRJ. Espécimes testemunhas foram tombados nesta Coleção.

2.5 Classificação das Formigas em Guildas

Foi seguida a proposta de Silva & Brandão (2010) para classificação da formicifauna da Restinga da Marambaia por se apresentar em sua proposta medidas morfométricas associadas a uma lista de espécies e/ou morfoespécies, permitindo classificar em uma dada guilda, espécies/morfoespécies coletadas no presente estudo, mas que a princípio não foram listadas pelos autores citados.

2.6 Análise de Dados

2.6.1 Análise da estrutura e composição da comunidade de formigas da Restinga da Marambaia

Para estruturar a comunidade de formigas de Floresta de Cordão Arenoso da Restinga da Marambaia utilizamos o programa PRIMER[®] versão 5 (Clarke & Gorley, 2001) para realizar a Análise de Similaridade (ANOSIM), o Escalonamento Multidimensional (MDS) e o Teste de Similaridade de Percentagens (SIMPER) adaptadas a partir de Cardoso *et al.* (2010). Aplicamos também a Análise de Aninhamento (Atmar & Patterson, 1993) para verificarmos se as guildas representariam subconjuntos da matriz de espécies (comunidade total). Todos os cálculos foram aplicados as matrizes referentes à comunidade total e separadas em guildas. Neste último caso, somente aplicamos as análise às guildas que eram compostas por no mínimo cinco espécies para evitar ruídos na análise e uma difícil interpretação dos dados. Propusemos ainda a aplicação de regressões lineares para possíveis relações explicativas entre os níveis de significância, número e a ocorrência das espécies entre as estações para a estrutura da comunidade de formigas. Todos os procedimentos estão descritos abaixo:

Análise de Similaridade (ANOSIM): estabelece se existem diferenças significativas na composição de espécies entre estações climáticas através da comparação de diferenças entre as médias de similaridade dentre as amostras em uma dada estação e entre amostras de estações distintas. Foi adotada para a apresentação dos resultados a seguinte terminologia: essa análise resulta em um R estatístico, que

representa a medida da dissimilaridade entre estações. Valores de R próximos a 0 indicam baixa dissimilaridade enquanto valores de R próximos a 1 indicam alta dissimilaridade (Clarke & Green, 1988). Esta análise foi calculada usando o Índice de Similaridade de Bray-Curtis por ser um Índice que é menos afetado pelas espécies raras nas amostras e cada valor de R apresenta um valor de p (nível de significância) correspondente.

Escalonamento Multidimensional (MDS): técnica multivariada que utiliza uma matriz de similaridade ou dissimilaridade gerada a partir da matriz original de dados. Como resultado, esta técnica de ordenação promove uma boa representação das relações entre parcelas (que representaram o agrupamento de cinco pontos de coleta, ou seja 5,0m² de serapilheira), e são apresentadas em um diagrama onde os símbolos (que representam as parcelas) são colocados num espaço bi ou tridimensional (Clarke & Warwick, 1995).

Teste de Similaridade de Percentagens (SIMPER): utilizado para avaliar os percentuais de dissimilaridade entre os pares de estações. Permite ainda, determinar quais espécies são boas descritoras para as diferenças na composição das espécies (Clarke, 1993), indicando também a similaridade dentre as parcelas de coletas. As planilhas com os dados de abundância foram transformadas para presença/ausência e convertidos em uma matriz triangular de similaridade também utilizando o Índice de similaridade de Bray-Curtis

Análise de Aninhamento: para cada grupo (comunidade total e guildas) foi calculada uma matriz de aninhamento utilizando o software *Nestedness Temperature Calculator Program*[®] (Atmar & Patterson, 1993). Conforme os autores, esta análise permitiu a reordenação das matrizes rearranjando as linhas (unidades amostrais) e colunas (formigas) para reduzir as ocorrências inesperadas. O aninhamento da matriz é testado a partir da comparação da matriz real com aquelas geradas por um modelo nulo através de 1.000 simulações, sendo representado por uma curva (isocлина) de aninhamento perfeito. O aninhamento é calculado pela temperatura da matriz (T° - medida de desordem física), variando de 0° para uma matriz perfeitamente aninhada e 100° para uma matriz totalmente aleatória.

Relações explicativas para a comunidade de formigas: realizada através de regressões lineares entre três possíveis fatores explicativos para a estrutura da comunidade de formigas: os níveis de significância, o número de espécies e o somatório das distâncias das frequências. Os dados foram normalizados a partir de $\text{Log}_{10}(x + 1)$.

As regressões foram realizadas pelo programa SYSTAT 11[®] (SPSS INC., 2000). Abaixo segue a definição dos fatores.

1. Níveis de significância (p): valores gerados pelo ANOSIM para as guildas utilizadas e também para todo o conjunto de dados concomitantemente, ou seja, as quatro estações juntas.

2. Número de espécies: representa o número de espécies dado pelo SIMPER que contribuíram para a dissimilaridade em um dado par de estações.

3. Somatório das ocorrências: consiste no somatório das ocorrências das espécies entre cada par de estações. Entende-se ocorrência como o registro de uma espécie em uma unidade amostral.

3 RESULTADOS

3.1 Formicifauna Coletada na Restinga da Marambaia

Nas quatro estações de 2006 foram registradas 80 espécies de formigas distribuídas em 35 gêneros, e oito subfamílias. No verão coletamos 72 espécies (90% do valor total amostrado), no outono 59 (73,5%), no inverno 44 (55%) e na primavera 64 (80%) (*vide* Tabela 6). Myrmicinae foi a subfamília mais rica (49 espécies do total coletado), seguida por Ponerinae (13), Ectatomminae (5), Formicinae (4), Proceratiinae e Pseudomyrmecinae (3 cada), Amblyoponinae (2) e Heteroponerinae (1) (*vide* Anexo 1). Seguindo a proposta de Silva & Brandão (2010), sete espécies foram registradas, mas não foram utilizadas na análise por se tratarem de espécies estritamente arborícolas que eventualmente são coletadas em serapilheira: *Cephalotes* sp1; *Crematogaster nigropilosa*, *C.* sp2; *C.* sp3, (Myrmicinae) *Pseudomyrmex* sp 1, *P.* sp2 e *P.* sp3 (Pseudomyrmecinae).

De acordo com a análise de similaridade, a composição da formicifauna diferiu significativamente entre as estações, ANOSIM Geral: R estatístico = 0,639; p = 0,1% (Tabela 8). A ordenação por Escalonamento Multidimensional (MDS) sugeriu distinção nas composições das formigas coletadas em cada estação, principalmente, entre o verão e o inverno (Figura 17). Os valores de estresse para a configuração bidimensional do MDS foi 0.19. A análise de percentagens (SIMPER) sugeriu que os pares de estações mais dissimilares são o verão e o inverno (47,67) e as menos são a primavera e o verão (37,08). As espécies que mais contribuíram para a dissimilaridade (SIMPER) entre os pares de estações estão relacionadas aos seus respectivos percentuais (Tabela 9).

Tabela 8. Comparação por duplas (*pairwise*) do ANOSIM e os respectivos valores do R estatístico derivados da composição das espécies de formigas nas quatro estações de 2006 na Floresta de Cordão Arenoso da Restinga da Marambaia. Valores significativos em negrito ($p < 5\%$).

Grupos	R estatístico	Nível de significância (%)
Outono x Inverno	0,768	0,2
Outono x Primavera	0,444	0,2
Outono x Verão	0,658	0,2
Inverno x Primavera	0,775	0,2
Inverno x Verão	0,902	0,2
Primavera x Verão	0,402	0,9
ANOSIM Geral	0,639	0,1

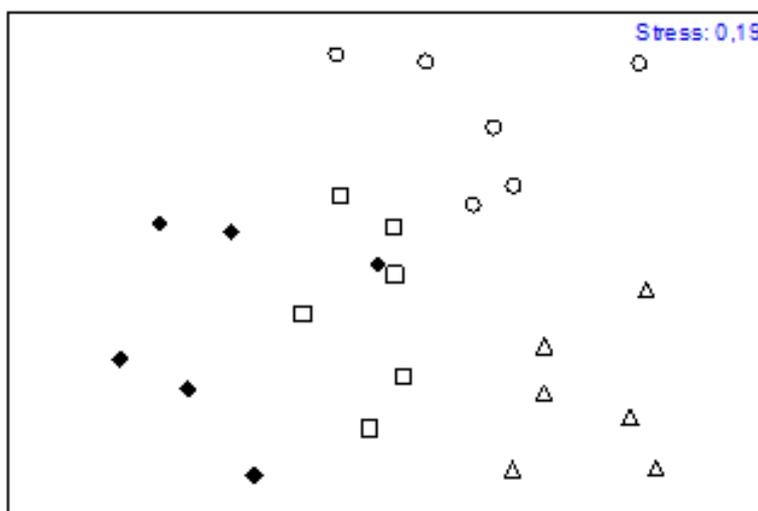


Figura 17. Ordenação por Escalonamento Multidimensional (MDS) da comunidade de formigas coletada em floresta de cordão Arenoso da Restinga da Marambaia nas quatro estações de 2006. Δ = Inverno; \square = Primavera; \circ = Outono; \blacklozenge = Verão. Cada símbolo representa o agrupamento de cinco unidades amostrais.

Tabela 9. Maiores contribuições das espécies de formigas para a média de dissimilaridade entre as estações de 2006. Valores determinados pelo SIMPER para ambiente de Floresta de Cordão Arenoso da Restinga da Marambaia. V = Verão; O = Outono; I = Inverno; P = Primavera. Os números em negrito representam o quanto dissimilar é cada par de estações em relação à composição de espécies.

Espécies/Morfoespécie	Dissimilaridade média entre os grupos (%)					
	O x V = 44,94	O x I = 43,52	O x P = 38,96	I x P = 40,32	I x V = 47,67	P x V = 37,08
<i>Strumigenys</i> sp 1		15,1	2,5		2,67	2,14
<i>Strumigenys</i> sp 2		15,1		2,68	2,14	
<i>Nylanderia</i> sp 1		15,1		2,68		
<i>Pheidole</i> sp 4	3,05		2,46	2,45	2,67	
<i>Apterostigma</i> sp4	2,53				2,66	2,9
<i>Octostruma rugifera</i>		1,39		4,02	2,28	
<i>Pheidole</i> sp 9	2,5				2,62	2,48
<i>Pheidole</i> sp 2	2,06		2,28		2,12	
<i>Amblyopone armigera</i>			2,44	2,63		1,12
<i>Eurhopalothrix bruchi</i>	2,22	1,23	2,69			
<i>Apterostigma</i> sp 2		1,23		2,68	2,13	
<i>Strumigenys elongata</i>		1,23		2,45		2,13
<i>Pyramica</i> sp 1	2,05	1,38	2,08			
<i>Anochetus</i> sp 1	1,88	1,23	2,29			
<i>Wasmannia auropunctata</i>	2,06		2,29			
<i>Wasmannia lutzii</i>	2,02					2,31
<i>Cyphomyrmex</i> sp 2 (gr. Rimosus)				4,02		
<i>Hypoponera</i> sp 3		1,38		2,62		
<i>Basiceros discigera</i>			2,04			1,92
<i>Pheidole</i> sp 10				2,68		
<i>Discothyrea</i> sp 1					2,15	
<i>Discothyrea sexarticulata</i>						1,93
<i>Hypoponera</i> sp 5						1,93
<i>Pheidole</i> sp 5			1,92			
<i>Hylomyrma reitteri</i>	1,88					
<i>Pyramica fridericimuelleri</i>						1,77

3.2 As Guildas de Formigas da Restinga da Marambaia

Do total de 82 espécies registradas, foram coletadas 72 espécies de formigas no verão (equivalente a 90% do total geral), 59 no outono (73,5%), 44 no inverno (55%) e 64 na primavera (80%). A distribuição dos números de espécies, de gêneros e de subfamílias amostrados, assim como o de gêneros e de espécies exclusivas de cada estação, encontra-se nas Tabelas 10 e 11. A partir destes registros foi possível a classificação das espécies nas nove guildas propostas por Silva & Brandão (2010). Contudo, as Guildas 4, 5 e 8 apresentaram menos que cinco espécies cada impossibilitando as análises propostas (*vide* Tabela 7).

A análise de similaridade (ANOSIM Geral) indicou que para as composições das seis guildas de formigas analisadas, apenas as Guildas 6, 7 e 9 diferiram significativamente entre as estações ($p < 0,1\%$) (Tabela 12).

A ordenação por Escalonamento Multidimensional (MDS) sugeriu a distinção das estações apenas para as Guilda 6, 7 e 9 (Figura 18) que apresentaram valores de estresse para a configuração bidimensional do MDS de 0.15, 0.12 e 0.15, respectivamente.

A análise de percentagens (SIMPER) sugeriu que os pares de estações mais dissimilares são o verão e o inverno e os pares menos dissimilares variaram entre as guildas. As espécies de cada Guilda que mais contribuíram para a dissimilaridade (SIMPER) entre os pares de estações estão relacionadas aos seus respectivos percentuais (Tabela 13).

A distribuição da média das dissimilaridades geradas pelo SIMPER para cada guilda em cada par de estações apresentou o inverno e o verão com a maior média e o outono e a primavera com a menor (Figura 19).

Tabela 10. Distribuição por subfamília dos totais de gêneros coletados por extratores de Winkler em Floresta de Cordão Arenoso da Restinga da Marambaia. T = total registrado; E = gêneros exclusivos da estação; C = gêneros não exclusivos. Letras sobrescritas identificam gêneros exclusivos; asteriscos identificam gêneros coletados, mas não utilizadas na análise.

Subfamília	Gêneros								
	Verão		Outono		Inverno		Primavera		C
	T	E	T	E	T	E	T	E	
Amblyoponinae	1	0	0	0	0	0	1	0	1
Ectatominae	2	1 ^a	1	0	1	0	1	0	1
Formicinae	3	0	3	0	2	0	3	0	3
Heteroponerinae	1	0	1	0	0	0	1	0	1
Myrmicinae	17	0	17	1 ^{**}	16	1 ^c	16	0	17
Ponerinae	5	1 ^b	4	0	5	0	5	0	5
Proceratiinae	2	0	1	0	1	0	2	0	2
Pseudomyrmecinae	0	0	1 [*]	0	1 [*]	0	1 [*]	0	1
Total	31	2	28	1	26	1	30	0	31

^a *Ectatomma*; ^b *Leptogenys*; ^c *Monomorium*; ^{*} *Pseudomyrmex*; ^{**} *Cephalotes*;

Tabela 11. Distribuição por subfamília dos totais de espécies coletadas pelos extratores de Winkler em Floresta de Cordão Arenoso da Restinga da Marambaia. T = total registrado; E = espécies exclusivas da estação; C = espécies não exclusivas; letras sobrescritas identificam as espécies exclusivas; asteriscos identificam espécies coletadas, mas não utilizadas na análise.

Subfamília	Espécies								
	Verão		Outono		Inverno		Primavera		C
	T	E	T	E	T	E	T	E	
Amblyoponinae	2	1 ^f	0	0	0	0	1	0	1
Ectatominae	5	1 ^g	4	0	1	0	2	0	4
Formicinae	3	0	3	0	2	0	4	1 ^k	3
Heteroponerinae	1	0	1	0	0	0	1	0	1
Myrmicinae	46	4 ^{h*}	40	3 ^{**}	30	1 ^j	39	0	42
Ponerinae	12	1 ⁱ	8	0	9	0	11	0	12
Proceratiinae	3	0	2	0	1	0	3	0	3
Pseudomyrmecinae	0	0	1	0	1	0	3	0	3 ^{***}
Total	72	7	59	3	44	1	64	1	69

^f *Amblyopone elongata*; ^g *Ectatomma permagnum*; ^h *Apterostigma* sp4, *Pheidole* sp7, *Pyramica fridericimuelleri*; ⁱ *Leptogenys* sp1; ^j *Monomorium* sp1; ^k *Camponotus crassus*; ^{*} *Crematogaster nigropilosa*; ^{**} *Cephalotes* sp1; *Crematogaster* sp2, *C.* sp3; ^{***} *Pseudomyrmex* sp1, *P.* sp2, *P.* sp3.

Tabela 12. Comparação por duplas (*pairwise*) do ANOSIM e os respectivos valores do R estatístico e respectivos níveis de significância (quando $p < 5\%$), derivados da composição das espécies de formigas por Guilda nas quatro estações de 2006 na Floresta de Cordão Arenoso da Restinga da Marambaia. V = Verão; O = Outono; I = Inverno; P = Primavera. Valores significativos em negrito.

		Duplas de Estações						
		ANOSIM Global	O x I	O x P	O x V	I x P	I x V	P x V
Guilda 1	R estatístico	-0,029	0,06	0,061	0,039	-0,183	-0,087	-0,094
	p	58,7	24,7	23,6	27,3	95,5	80,7	83,3
Guilda 2	R estatístico	-0,016	0,013	-0,035	-0,13	0,033	0,119	-0,086
	p	56,6	38,5	54,3	84,2	32,7	12,8	81
Guilda 3	R estatístico	0,009	-0,018	-0,063	-0,063	0,012	0,143	0,048
	p	34,9	56,5	74,2	67,1	40,9	8,7	27,1
Guilda 6	R estatístico	0,401	0,308	0,544	0,585	0,255	0,506	0,178
	p	0,1	1,1	0,2	0,2	1,9	0,2	9,3
Guilda 7	R estatístico	0,187	0,268	0,192	0,183	0,008	0,231	0,264
	p	0,9	4,8	6,9	8,0	39,6	6,1	2,6
Guilda 9	R estatístico	0,236	0,196	-0,161	0,369	0,122	0,565	0,381
	p	0,4	9,1	97,4	2	17,3	0,2	0,2

Guilda 1 - Predadoras Generalistas Epigeicas Grandes; **Guilda 2** - Predadoras Generalistas Epigeicas Médias; **Guilda 3** - Predadoras Generalistas Hipogeicas Médias; **Guilda 6** - Espécies Generalistas; **Guilda 7** - Dacetini Predadoras e **Guilda 9** - Cultivadoras de Fungos Nidificadoras de Serapilheira.

Tabela 13. Maiores contribuições das espécies de formigas por Guilda para a média de dissimilaridade entre as estações de 2006. Valores determinados pelo SIMPER para ambiente de Floresta de Cordão Arenoso da Restinga da Marambaia. V = Verão; O = Outono; I = Inverno; P = Primavera. Os números em negrito representam o quanto dissimilar é cada para de estações em relação à composição de espécies. (Continua).

Dissimilaridade média entre os grupos (%)						
Espécies/Morfoespécie	O x V	O x I	O x P	I x P	I x V	P x V
Guilda 1 - Predadoras Generalistas Epigeicas Grandes	51,38	50,28	51,02	46,48	52,07	50,44
<i>Odontomachus meinerti</i>	29,93	32,6	31,67	28,88	25,52	25,68
<i>Anochetus</i> sp 1	31,99	34,07	33,12	17,83	17,34	16,12
<i>Pachycondyla harpax</i>	5,15	7,73	17,6	19,62	9,66	16,68
<i>Pachycondyla bucki</i>	9,91	7,73	9,98	14,24	12,58	14
<i>Thaumatomyrmex mutilatus</i>	0	17,86	7,62	19,42	14,41	6,56
<i>Odontomachus chelifer</i>	12,72	0	0	0	11,22	0
<i>Leptogenys</i> sp 1	5,15	0	0	0	4,64	4,75
<i>Ectatomma permagnum</i>	5,15	0	0	0	0	0

Tabela 13. Continuação.

Dissimilaridade média entre os grupos (%)						
Espécies/Morfoespécie	O x V	O x I	O x P	I x P	I x V	P x V
Guilda 2 - Predadoras Generalistas	46,24	42,6	40,6	35,68	47,02	38,17
Epigeicas Médias						
<i>Hylomyrma reitteri</i>	13,5	7,21	12,2	16,18	15,66	12,46
<i>Basicerros discigera</i>	9,5	11,28	12,91	17,37	10,51	14,21
<i>Megalomyrmex goeldii</i>	10,71	13,24	11,97	9,08	9,72	10,45
<i>Megalomyrmex</i> sp 1	10,72	12,84	0	16,18	12,45	10,05
<i>Heteroponera</i> sp 1	8,78	7,56	10,24	10,56	6,99	11,19
<i>Gnamptogenys</i> sp 1	8,54	7,76	6,41	9,53	10,15	10,44
<i>Hylomyrma</i> sp 1 (gr. Longiscarpa)	9,74	9,42	9,41	0	8,81	10,26
<i>Megalomyrmex</i> sp 2	8,63	7,56	6,99	0	6,58	7,17
<i>Hylomyrma balzani</i>	0	10,76	4,01	11,53	9,16	0
<i>Gnamptogenys</i> sp 2	5,94	4,42	6,64	5,28	4,01	7,2
<i>Gnamptogenys</i> sp 4	5,15	3,97	3,65	0	2,98	3,29
<i>Gnamptogenys</i> sp 5	5,15	0	0	0	0	0
Guilda 3 - Predadoras Generalistas	38,21	42,48	32,92	31,92	44,69	33,37
Hipogeicas Médias						
<i>Hypoconera</i> sp 5	26,8	17,13	20,05	18,91	24,12	27,7
<i>Pachycondyla ferruginea</i>	20,4	22,4	25,85	22,5	19,24	23,1
<i>Hypoconera</i> sp 3	19,13	27,17	21,5	31,74	27,72	19,17
<i>Hypoconera foreli</i>	19,96	19,51	18,16	11,46	16,64	16,54
<i>Rogeria</i> sp 1	13,71	13,79	14,44	15,39	12,28	13,49
Guilda 6 - Espécies Generalistas	50,63	42,1	38,15	41,23	52,13	35,23
<i>Nylanderia</i> sp 1	5,34	16,12	4,49	9,67	5,28	6,7
<i>Pheidole</i> sp 4	10,17	2,73	9,2	8,83	9,3	4,33
<i>Pheidole</i> sp 2	7,09	6,93	8,61	8,77	7,49	2,26
<i>Pheidole</i> sp 10	5,07	8,09	6,77	9,61	6,12	4,7
<i>Pheidole</i> sp 6	5,09	8,14	6,89	6,29	5,57	6,57
<i>Wasmannia auropunctata</i>	7,01	8,98	8,64	5,69	3,91	2,07
<i>Camponotus novagranadense</i>	5,34	5,34	4,72	6,44	5,71	6,68
<i>Pheidole</i> sp 5	4,92	2,73	6,84	7,19	5,47	6,59
<i>Pheidole</i> sp 1	3,69	8,15	5,61	7,46	5,93	2,26
<i>Pheidole</i> sp 9	8,49	0	2,13	0	9,34	9,62
<i>Wasmannia lutzii</i>	7,03	0	0	0	7,77	9,08
<i>Pheidole</i> sp 3	1,78	5,67	2,36	5,77	0	3,77
<i>Pheidole</i> sp 8	4,89	7,51	6,48	0	0	0
<i>Cardiocondyla</i> sp 1	5,34	0	0	0	5,91	6,89
<i>Pheidole</i> sp 7	3,46	0	0	0	3,82	4,48
<i>Camponotus crassus</i>	0	0	2,36	2,49	0	2,26
<i>Brachymyrmex</i> sp 1	1,88	0	0	0	2,1	2,41
<i>Monomorium</i> sp 1	0	2,55	0	2,29	0	0

Tabela 13. Continuação.

Dissimilaridade média entre os grupos (%)						
Espécies/Morfoespécie	O x V	O x I	O x P	I x P	I x V	P x V
Guilda 7 - Dacetini Predadoras	38,1	53,66	44,25	52,81	55,3	50,49
<i>Eurhopalothrix bruchi</i>	9,83	17,56	20,45	0	12,46	13,11
<i>Strumigenys</i> sp 2	11,25	10,86	12,9	15,12	9,57	11,84
<i>Strumigenys</i> sp 3	10,78	11,2	11,58	16,16	10,66	7,89
<i>Strumigenys</i> sp 1	4,18	11,7	15,02	14,38	10,63	11,89
<i>Strumigenys elongata</i>	11,82	11,65	2,3	16,29	9,46	10,89
<i>Pyramica denticulata</i>	7,86	0	13,24	14,52	10,88	12,01
<i>Pyramica</i> sp 1	15,05	14,14	14,51	6,96	0	5,57
<i>Octostruma rugifera</i>	0	11,7	0	16,57	10,88	0
<i>Pyramica fridericimuelleri</i>	11,83	0	0	0	10,5	11,05
<i>Octostruma iheringi</i>	10,21	0	0	0	8,72	9,19
<i>Pyramica eggersi</i>	4,18	0	0	0	3,74	3,93
<i>Pyramica</i> sp 2	0	0	0	0	0	0
Guilda 9 - Cultivadoras de Fungos Nidificadoras de Serapilheira	36,82	46,46	32,22	46,08	51,91	39,92
<i>Apterostigma</i> sp 1	10,86	13,68	16,56	16,01	7,37	12,97
<i>Trachymyrmex atlanticus</i>	9,8	13,87	17,13	14,39	9,01	10,45
<i>Trachymyrmex</i> sp 1 (gr. Cornetzi)	8,55	14,91	15,1	16,34	10,68	8,05
<i>Cyphomyrmex</i> sp 2 (gr. Rimosus)	13,1	9,04	14,61	8,72	14,81	12,93
<i>Apterostigma</i> sp 2	0	23,18	5,84	21,5	12,77	5,95
<i>Apterostigma</i> sp 4	21,39	0	0	0	17,71	20,57
<i>Cyphomyrmex</i> sp 1 (gr. Strigatus)	10,87	13,77	16,96	0	0,94	8,36
<i>Trachymyrmex</i> sp 2 (gr. Cornetzi)	11,02	0	8,82	5,13	9,26	10,56
<i>Apterostigma</i> sp 3	10,6	3,95	0	0	8,73	10,16
<i>Cyphomyrmex</i> sp 1 (gr. Rimosus)	0	4,05	0	13,57	0	0

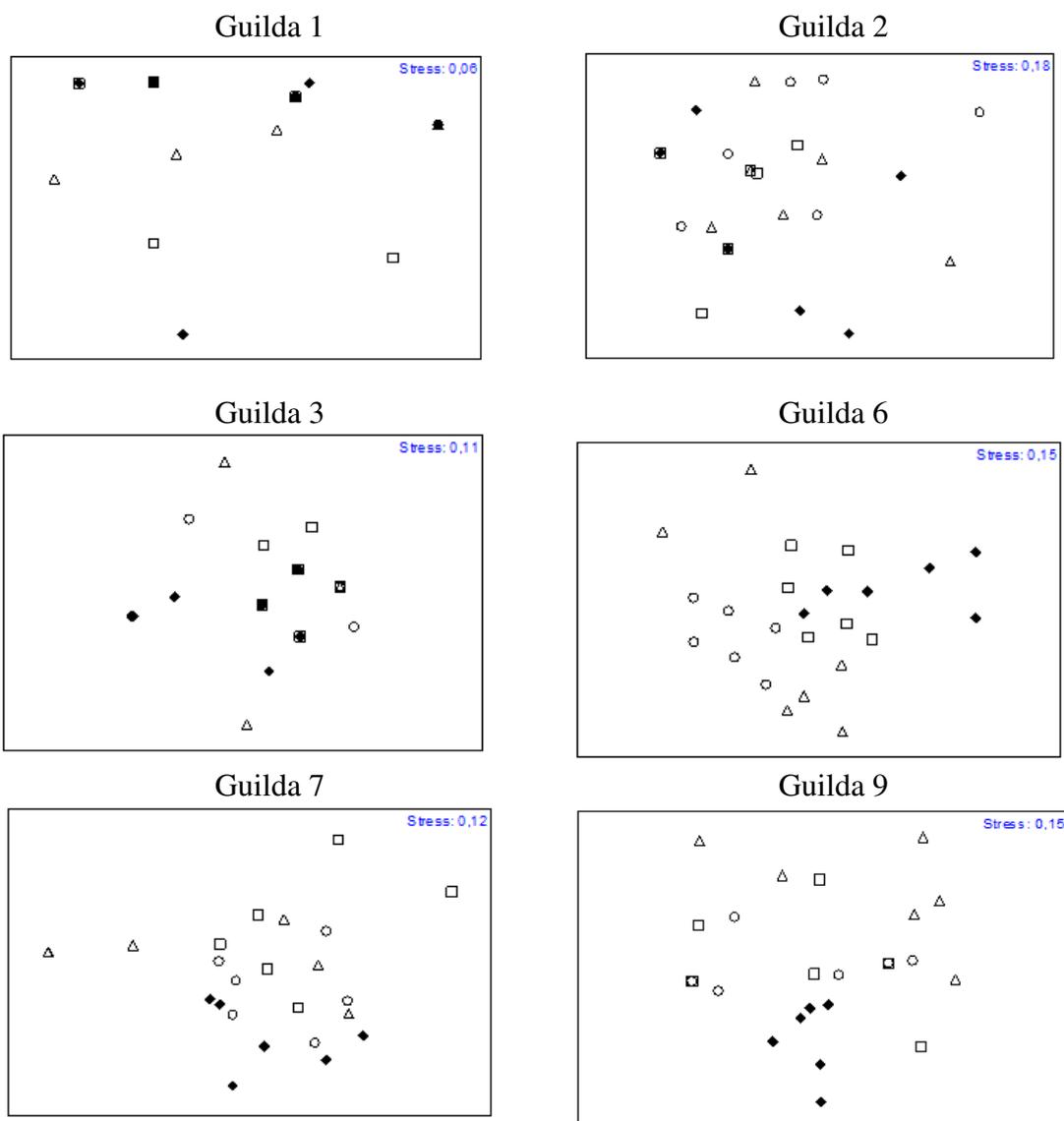


Figura 18. Ordenação por Escalonamento Multidimensional (MDS) para as guildas de formigas coletadas em Floresta de Cordão Arenoso da Restinga da Marambaia nas quatro estações de 2006. Guilda 1: Predadoras Generalistas Epigeicas Grandes; Guilda 2: Predadoras Generalistas Epigeicas Médias; Guilda 3: Predadoras Generalistas Hipogeicas Médias; Guilda 6: Espécies Generalistas; Guilda 7: Dacetini Predadoras e Guilda 9: Cultivadoras de Fungos que nidificam na serapilheira. Δ = Inverno; \square = Primavera; \circ = Outono; \blacklozenge = Verão. Cada símbolo representa o agrupamento de cinco unidades amostrais.

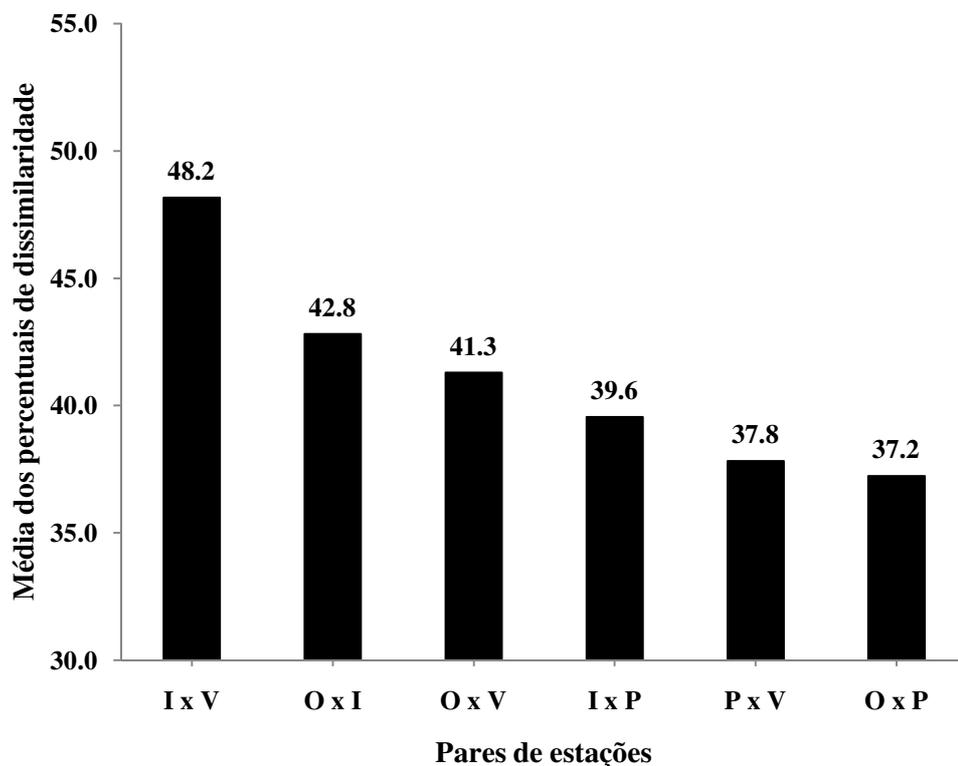


Figura 19. Distribuição da média das dissimilaridades geradas pelo SIMPER para cada guilda em cada par de estações. Restinga da Marambaia/2006. V = Verão; O = Outono; I = Inverno; P = Primavera. Os valores das médias estão apresentados acima das barras.

3.3 Aninhamento das comunidades de formicídeos

Exceto para a Guilda 3, a análise de aninhamento demonstrou que a composição da comunidade total e as composições das guildas de formigas em cada estação estão significativamente aninhadas (Tabela 14). Dentre as 1.000 simulações geradas pelo modelo nulo, o padrão de aninhamento não pode ser formado pelo acaso, sugerindo que as guildas se apresentam como subconjuntos de espécies da comunidade total de formicídeos.

3.4 Relações na Estruturação da Comunidade de Formicideos

A análise das relações entre os três fatores explicativos propostos sugeriu relações negativas significativas. A regressão linear entre p e o número de espécies ($y = -0,320x + 0,405$; $R^2 = 0,248$; $p < 0,05$) (Figura 20) indicou que os níveis de significância tendem a diminuir a medida que o número de espécies aumenta. O mesmo foi indicado para a regressão linear entre p e o somatório das distâncias das ocorrências ($y = -0,112x + 0,232$, $R^2 = 0,329$; $p < 0,05$) (Figura 21), ou seja, os níveis de significância tendem a diminuir a medida que a distância das ocorrências das espécies aumenta entre os pares de estações.

Tabela 14. Resultados da Análise de Aninhamento. T°_{obs} = Temperatura (medida de desordem física); Pr = Percentual de preenchimento da matriz; T°_{rand} = Temperatura Média gerada pelo modelo nulo; SD° = Desvio Padrão gerado pelo modelo nulo; p = nível de significância.

	Pr(%)	T°_{obs}	T°_{rand}	SD°	p
Comunidade Total	15,2	23,86	56,94	1,46	<0,001
Guilda 1	14,8	18,21	33,67	5,32	<0,05
Guilda 2	18	16,6	45,25	3,97	<0,001
Guilda 3	30,1	53,91	48,39	6,46	>0,05
Guilda 6	12,9	14,17	41,12	2,27	<0,001
Guilda 7	15,2	27,44	38,63	3,76	<0,05
Guilda 9	20,1	30,92	46,41	4,07	<0,05

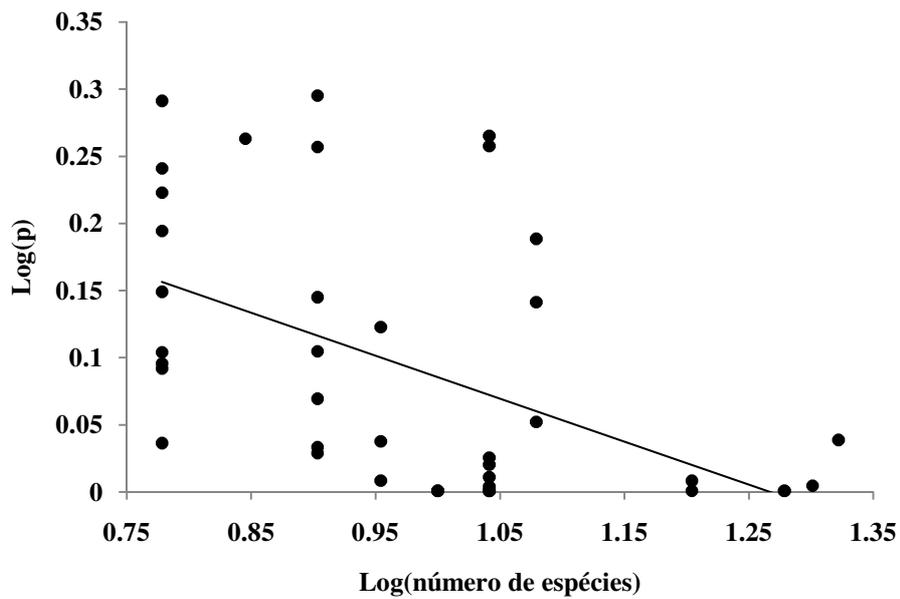


Figura 20. Relações entre os níveis de significância gerados pelo ANOSIM e o número de espécies de formigas com contribuição nos pares de estações para a Floresta de Cordão Arenoso na Restinga da Marambaia/2006.

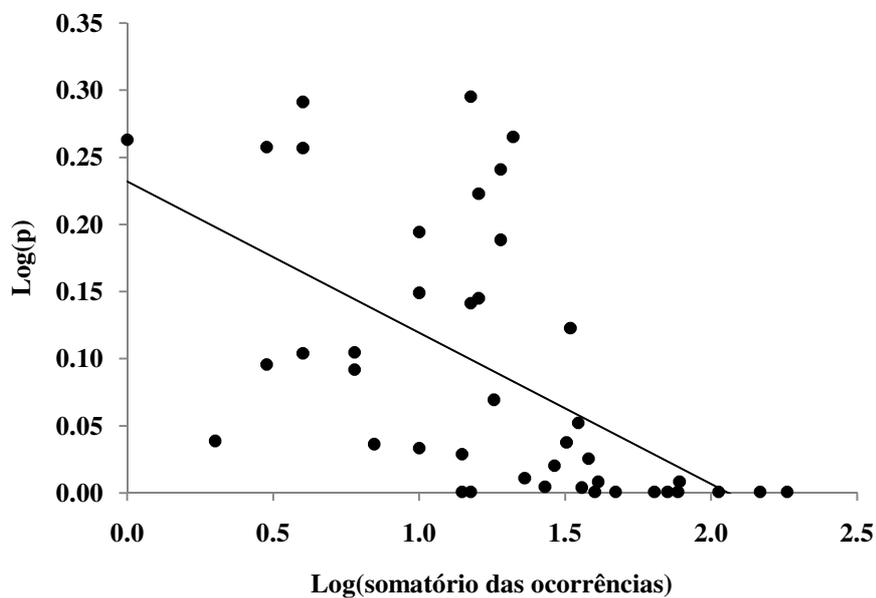


Figura 21. Relações entre os níveis de significância gerados pelo ANOSIM e as distâncias das ocorrências das formigas entre os pares de estações para a Floresta de Cordão Arenoso na Restinga da Marambaia/2006.

4 DISCUSSÃO

A hipótese da competição foi considerada por muito tempo como um dos pontos centrais em estudos ecológicos para explicar a estruturação de comunidades (Horner-Devine *et al.*, 2007). Diferentemente, Ribas & Schoereder (2002) demonstraram que fatores bióticos como, interações interespecíficas e/ou a presença de espécies dominantes de formigas não são os únicos e os principais fatores a explicar a estrutura da comunidade de formigas.

Outros estudos evidenciaram a influência das variações sazonais sobre a dinâmica de populações e, por conseqüência, sobre a estrutura da comunidade de insetos em ambientes tropicais. Para Wolda (1978), mesmo pequenas mudanças nos padrões de pluviosidade promovem efeitos intensos na disponibilidade e quantidade de alimento em florestas tropicais, e esta disponibilidade está intimamente relacionada ao controle da abundância e da sazonalidade de alguns grupos de insetos. Levings (1983) indicou em seus estudos que os ciclos reprodutivos de formigas podem ser afetados pelas variações de temperatura e pluviosidade em ambientes tropicais, refletindo as mudanças na quantidade de recursos requerida pelas colônias e a quantidade de tempo de forrageamento das formigas.

Nossos resultados sugeriram que a comunidade de formicídeos pode variar em pequena escala temporal, uma vez que a associação do MDS e do ANOSIM indicou que o verão e o inverno apresentam uma composição própria tendendo a uma separação temporal. Semelhantemente, as mesmas análises aplicadas as guildas, também mostraram diferenças significativas (Guildas 6 e 9) e marginalmente significativa (Guilda 7) entre verão e inverno. Apesar de os dados terem sido analisados sob a óptica de uma escala espacial local, não seria apenas a competição, como dificilmente apenas um conjunto de fatores abióticos, como variações na temperatura, na umidade e na pluviosidade que estariam determinando a estrutura de uma comunidade de formigas de restinga na escala temporal observada.

Provavelmente uma associação de fatores bióticos e abióticos como, relações positivas e negativas (Cardoso *et al.*, 2010; Silva & Brandão, 2010), variações sazonais, fases de frutificação diversificadas, disponibilidade alternada de recursos alimentares (Nakamura *et al.*, 2003), assim como, estratégias de forrageamento, composição da serapilheira, refúgios contra predadores, locais para nidificação e micro climas apropriados (Andersen, 2000), podem ter sido fatores importantes que, ao variarem em

cada um dos períodos observados, podem ter alterado a composição das comunidades amostradas.

Outros estudos sobre comunidades de invertebrados mostraram que a composição vegetal tem papel fundamental na estruturação de comunidades, principalmente, pela disponibilidade de recursos (Ribas *et al.*, 2003; Leal, 2003). Em ambientes de restinga, Vargas *et al.* (2007) identificaram uma relação positiva entre profundidade de serapilheira e a maior riqueza de espécies. Cardoso *et al.* (2010) mostraram que há uma relação intrínseca entre comunidades de formigas e a composição da vegetação.

Quando consideradas as quatro matrizes agrupadas, grande parte das espécies registradas pertenceu à subfamília Myrmicinae, principalmente, aquelas que mais contribuíram para as dissimilaridades entre as estações (como os gêneros, *Apterostigma*, *Discothyrea*, *Nylanderia*, *Pheidole*, *Pyramica*, *Strumigenys* e *Wasmannia*). Exceto *Apterostigma*, a maior parte das espécies destes gêneros é recorrente em ambientes tropicais, como mostrado por Wilkie *et al.* (2010) em seus estudos sobre estratificação da comunidade de formicídeos em ambientes amazônicos. Segundo Silva & Brandão (2010), o padrão de estrutura de formigas de serapilheira em pequenas escalas também está relacionado ao tamanho corporal médio das espécies, a lentidão e ao forrageamento não superior a 1,0 m de distância dos ninhos. Ainda segundo os autores, estes parâmetros são apropriados para análise de ocorrência de espécies em escalas espaciais pequenas para estruturação da comunidade de formigas a cada 1,0 m² de serapilheira.

A dinâmica entre gêneros com maior e com menor riqueza, mobilidade e formas de forrageamento diversificados pode ter variado na escala temporal em cada guilda, refletindo o padrão encontrado para a comunidade como um todo. Para Silva & Brandão (2010), apesar de haver diferenças na composição das espécies de uma guilda entre ambientes distintos, a presença de uma espécie de formiga dependerá de qual guilda ela pertence, o que sugere limitações específicas de uma determinada guilda para a coexistência das espécies.

Como exemplo dessa dinâmica, *Wasmannia auropunctata* é uma espécie facilmente reconhecida que forma colônias grandes com atividade durante o dia e a noite, forrageando tanto no solo como na vegetação (Vasconcelos *et al.*, 2008). O gênero *Pheidole* apresenta grande variação de espécies e diferenciação de nichos comportamental e ecológico (Mertl *et al.*, 2010), sendo um dos poucos que pode ser

classificado em guildas diferentes (e.g. Guilda 2 – Predadoras Generalistas Epigéias Médias e Guilda 6 – Espécies Generalistas).

Em contrapartida, algumas espécies de Ectatomminae são mais restritas em sua ecologia comportamental. Espécies de *Gnamptogenys* apresentam comportamento predador generalista (predam preferencialmente invertebrados em geral, mas utilizam também nectários extraflorais) ou especializado em besouros e milípedes (Dijkstra & Boomsma, 2003). *Odontomachus* apresentam espécies essencialmente carnívoras e são conhecidas por suas mandíbulas armadilhas, usadas para prender e matar a presa instantaneamente ou para se defender (Raimundo *et al.*, 2009).

A tribo Attini apresenta espécies com maior grau de especialização em relação ao forrageamento e ao hábito alimentar. Como exemplo, estas espécies podem usar preferencialmente partes frescas de plantas (gêneros *Atta* e *Acromyrmex*), ou material vegetal em geral, fezes e carcaças de insetos (gêneros *Apterostigma*, *Cyphomyrmex*, *Mycetarotes*, *Mycetosoritis*, *Mycocepurus*, *Sericomyrmex* e *Trachymyrmex*) para o cultivo do fungo que é sua principal fonte de alimento (Hölldobler & Wilson, 1990). Vale ressaltar que a exploração pelas espécies de formigas tanto em relação aos insetos que podem ser presas em potencial quanto em relação aos recursos derivados de plantas, estará relacionada a componentes sazonais e por consequência, algumas espécies de formigas podem mudar seus padrões de forrageamento e de dieta para suprir a demanda da colônia (Raimundo *et al.*, 2009).

De acordo com Hölldobler & Wilson (1990), o horário das atividades diárias é uma característica que pode distinguir as espécies de formigas. Para Bernstein (1979) divergências interespecíficas em padrões de atividade resultam de traços morfológicos, fisiológicos e comportamentais particulares que definem a tolerância ecológica das espécies e assim determinam seus períodos específicos de forrageamento. Neste caso o aninhamento significativo observado para o conjunto de dados sugere que as guildas são agrupamentos menores e representam subconjuntos da comunidade maior de formicídeos de restinga. Nossos resultados para ambientes de restinga são semelhantes ao que foi demonstrado por Campos *et al.* (2008) para estratificação vertical em ambientes de Cerrado, ou seja, apesar de se encontrar aninhamentos significativos é possível observar gêneros de formigas que nidificam e forrageiam preferencialmente em um dado ambiente, como no caso de *Pheidole* associada ao solo e de *Cephalotes*, *Pseudomyrmex* e *Crematogaster* associadas a vegetação.

Segundo a análise das relações entre possíveis fatores explicativos, o aumento da riqueza de espécies contribuiu com cerca de 25% para variação dos valores de p levando-os a níveis mais significativos (menores que 0,05). O somatório das ocorrências das espécies entre as estações indicou que aproximadamente 33% da variação é explicada pela ocorrência das espécies em cada amostra entre as estações. Maior riqueza associada à maior ou a menor mobilidade das espécies de formigas em escala local interferem nos registros pelas técnicas de coleta, o que pode estar intimamente relacionado com o tamanho corporal (Silva & Brandão, 2010). Os pontos relevantes são, a capacidade de forrageamento e disponibilidade de recursos (Wolda, 1978; Soares & Schoereder, 2001), a temperatura e a umidade (Traniello, 1989), que podem ter influenciado os padrões de distribuição e estruturação das comunidades de formigas de serapilheira observados na Restinga da Marambaia, tanto para as quatro matrizes agrupadas quanto para a observação através das guildas. De acordo com Hölldobler & Wilson (1990), a diferença nos ritmos de forrageamento entre espécies simpátricas pode promover divisão temporal de recursos e partição dos nichos disponíveis, permitindo a coexistência de maior número de espécies.

Mesmo lançando mão de uma escala espaço-temporal pequena, é possível, desde que se tenha um desenho amostral bem delimitado, o registro da comunidade de formicídeos. Os padrões gerados pela comunidade de formicídeos de serapilheira de restinga foram refletidos por pelo menos três guildas, sendo uma delas a cultivadora de fungos. A aplicação do modelo de guildas permitiu uma visão mais qualitativa da comunidade possibilitando ainda, o uso de apenas uma guilda para análises ambientais sem perder o padrão geral que a comunidade pode oferecer, tamanha é a diversidade e funcionalidade destes insetos.

Neste caso, aparentemente, uma guilda bem caracterizada como as cultivadoras de fungos, pode ser capaz de responder as estas mesmas análises em ambientes distintos. Para tanto torna-se necessário uma técnica de amostragem eficiente e específica para este grupo e que seja realizada através de protocolos de coleta padronizados para se potencializar seus registros sem perder a confiabilidade dos dados.

Conforme sugerido por Cardoso *et al.* (2010), ratificamos a relevância da compreensão dos processos que estruturam a comunidade de restinga, pois a composição das espécies está intimamente relacionada às mudanças no ambiente e locais propícios à degradação tais como as restingas fluminenses, devem tornar-se ambientes prioritários para conservação.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, D. C. Organization of *Plethodon* salamander communities: guild-based community assembly. *Ecology*, v. 88, n. 5, p. 1292–1299. 2007.

AGOSTI, D., MAJER, J. D., ALONSO, L. E. & SCHULTZ, T. R. *Ants: standard (Hymenoptera: Formicidae) methods for measuring and monitoring biodiversity*. Smithsonian Institution Press, Washington. 280 p. 2000.

AGOSTI, D. & ALONSO, L. E. The all Protocol: a standard protocol for the collection of ground-dwelling ants. *A net Newsletter*, v. 3, p. 8 - 11. 2001.

ANDERSEN, A. N. Function groups and patterns of organization in North American ant communities: a comparison with Australia. *Journal of Biogeography*, v. 24, p. 433-460. 1997.

ANDERSEN, A. N. A global ecology of rain forest ants: Functional groups in relation to environmental stress and disturbance, p.25 - 34. *In*: AGOSTI, D., MAJER, J. D., ALONSO, L. E. & SCHULTZ, T. R. (eds.), *Ants: Standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Smithsonian Institutions Press, Washington, 280 p. 2000.

ATMAR, W. & PATTERSON, B. D. The nestedness temperature calculator: a visual basic program, including 294 presence-absence matrices. AICS Research, Inc., University Park, NM, and The Field Museum, Chicago, IL. Disponível em: <<http://aicsresearch.com/nestedness/tempcalc.html>> Acesso em: 01.07.2007. 1995.

BERNSTEIN, R. A. Schedules of foraging activity in species of ants. *Journal of Animal Ecology*, v. 48, p. 921-930. 1979.

BOLTON, B. *Identification Guide to the Ant Genera of the World*. Harvard University Press, London. 222 p. 1994.

BOLTON, B. Synopsis and classification of Formicidae. *Memoirs of the American Entomological Institute*. v. 71, p. 1 - 370. 2003.

CAMPOS, R. I.; LOPES, C. T.; MAGALHÃES, W. C. S. & VASCONCELOS, H. L. Estratificação vertical de formigas em Cerrado *strictu sensu* no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas, Goiás, Brasil. *Iheringia, Série Zoológica*, v. 98, n. 3, p. 311-316. 2008.

CARDOSO, D. C., SOBRINHO, T. G. & SCHOEREDER, J. H. Ant community composition and its relationship with phytophysiognomies in a Brazilian Restinga. *Insectes Sociaux*, v. 57, n. 3, p. 293-301. 2010.

CLARKE, K. R. Nonparametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology*, v. 18, p. 117-143. 1993.

CLARKE, K. R. & GREEN, R. H. Statistical design and analysis for a biological effects study. *Marine Ecology Progress Series*, v. 46, p. 213-226. 1988.

CLARKE, K. R. & GORLEY, R. N. Getting started with PRIMER v5: User Manual/Tutorial. *Primer E*. Plymouth. 2001.

CLARKE, K. R., WARWICK, R. M. Change in Marine Communities. An Approach to Statistical Analysis and Interpretation, second ed. Plymouth Marine Laboratory, Plymouth. 2005.

DELABIE, J. H. C., AGOSTI, D. & NACIMEJNTO, I. C. Litter ant communities of the Brazilian Atlantic rain forest region. *In*: AGOSTI, D., MAJER, J. D., ALONSO, L. T., SCHULTZ, T. R. (eds). Sampling ground-dwelling ants: case studies from the world's rain forests. Perth, Australia, Curtin University School of Environmental Biology. Bulletin. v. 18, p. 01 - 17. 2000.

DIJKSTRA, M. B. & BOOMSMA, J. J. *Gnamptogenys hartmani* Wheeler (Ponerinae: Ectatommini): an agro-predator of *Trachymyrmex* and *Sericomyrmex* fungus-growing ants. *Naturwissenschaften*, v. 90, p. 568–571. 2003.

FRANÇA, F. G. R. & ARAÚJO, A. F. B. Are there co-occurrence patterns that structure snake communities in Central Brazil? *Brazilian Journal of Biology*, v. 67, n. 1, p. 33-40. 2007.

HÖLLDOBLER, B. & WILSON E. O. *The Ants*. The Belknap Press of Harvard University, Cambridge. 733p. 1990.

HORNER-DEVINE, M. C., SILVER, J. M., LEIBOLD, M. A., BOHANN, B. J. M., COLWELL, R. K., FUHRMAN, J. A., GRENN, J.L., KUSKE, C. R., MARTINY, J. B. H., MUYZER, G., ØVREA, L., REYSENBACH, A. L. & SMITH, V. H. A comparison of taxon co-occurrence patterns for macro- and microorganisms. *Ecology*, v. 88, n. 6, p. 1345–1353. 2007.

LEAL, I. R. Dispersão de Sementes por Formigas, p. 593-624. In: Leal, I. R.; Tabarelli, M. & Silva, J. M. C. *Ecologia e Conservação da Caatinga*. Recife, Ed. Univ. UFPE, 822 p. 2003.

LEVINGS, S. C. Seasonal, annual and among-site variation in the ground ant community of a deciduous tropical forest: Some causes of patchy distributions. *Ecological Monographs*, v. 53, p. 435-455. 1983.

LONGINO, J. T., CODDINGTON, J., COLWELL, R. K. The ant fauna of a tropical rain forest: estimating species richness tree different ways. *Ecology*, v. 83, n. 3, p. 689-702. 2002.

MENEZES, L. F. T. Caracterização de comunidades vegetais praianas da Restinga de Marambaia – RJ. Dissertação de Mestrado. UFRRJ. 89 p. 1996.

MENEZES, L. F. T. & ARAÚJO, D. S. D. Formações vegetais da Restinga da Marambaia. In *História Natural da Marambaia* (L. F. T. Menezes. A. L. Peixoto & D. S. D. Araujo. orgs.). Editora da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, p.67-120. 2005.

MERTL, L.; SORENSON, M. D. & TRANIELLO, J. F. A. Community-level interactions and functional ecology of major workers in the hyperdiverse ground-foraging *Pheidole* (Hymenoptera, Formicidae) of Amazonian Ecuador. *Insectes Sociaux*, v. 57, p. 441–452. 2010.

NAKAMURA, A., PROCTOR, H. & CATTERALL, C. P. Using soil and litter arthropods to assess the state of rainforest restoration. *Ecological Management & Restoration*. vol. 4, p. 20 - 28. 2003.

ORSOLON-SOUZA, G.; ESBÉRARD, C. E. L.; MAYHÉ-NUNES, A. J.; VARGAS, A. B; VEIGA-FERREIRA, S.; E FOLLY-RAMOS, E. “Comparison between Winkler’s extractor and pitfall traps to estimate leaf litter ants richness (Formicidae) at a rainforest site in Southeast Brasil”. *Brazilian Journal of Biology*, v. 71.4 (no prelo).

PALACIO, E. E. & FERNÁNDEZ, F. Claves para las subfamilias y gêneros. pp. 233-260. *In: Fernández F. (ed.). 2003. Introducción a las Hormigas de La región Neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia. 398 p. 2003.*

PARR, C. L. & CHOWN, S. L. Inventory and bioindicator sampling: testing pitfall and Winkler methods with ants in a South African savanna. *Journal of Insect Conservation*. vol. 5, p. 27 - 36. 2001.

PINTO, T. K. O. & SANTOS, P. J. P. S. Meiofauna community structure variability in a Brazilian tropical sandy beach. *Atlântica*, v. 28, n. 2, p. 117-127. 2006.

RAIMUNDO, R. L. G.; FREITAS, A. V. L. & OLIVEIRA, P. Seasonal Patterns in Activity Rhythm and Foraging Ecology in the Neotropical Forest-Dwelling Ant, *Odontomachus chelifer* (Formicidae: Ponerinae) *Annals of the Entomological Society of America*, v. 102, n. 6, p. 1151-1157. 2009.

RIBAS, C. R. & SCHOEREDER, J. H. Are all ant mosaics caused by competition? *Oecologia*, v. 131, p. 606–611. 2002.

RIBAS, C. R., SCHOEREDER, J. H., PIC, M. & SOARES, S. M. Tree heterogeneity, resource availability, and larger scale processes regulating arboreal ant species richness. *Austral Ecology*, v. 28, n. 3, p. 305-314. 2003.

ROMERO, H. & JAFFE, K. A comparison of methods for sampling ants (Hymenoptera:Formicidae) in savannas. *Biotropica*. v. 21, n. 4, p. 348 - 352. 1989.

SILVESTRE, R., BRANDÃO, C. R. F. & SILVA, R. R. Grupos funcionales de hormigas: el caso de los gremios del Cerrado, p. 13-148. *In*: Fernández F. (ed.). *Introducción a las Hormigas de La región Neotropical*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia. 398 p. 2003.

SILVA, R. R. & BRANDÃO, C. R. F. Morphological patterns and community organization in leaf-litter ant assemblages. *Ecological Monographs*, v. 80, n. 1, p. 107–124. 2010.

SOARES, S. M, SCHOEREDER, J. H. Ant-nest distribution in a remnant of tropical rainforest in Southeastern Brazil. *Insectes Sociaux*, v. 48, p. 280–286. 2001.

SOARES, S. M.; SCHOEREDER, J. H. & DESOUSA, O. G. Processes involved in species saturation of ground-dwelling ant communities (Hymenoptera. Formicidae) *Austral Ecology*, v. 26, p. 187 – 192. 2001.

SPSS INC. *Systat®* version 10.0. Chicago, SPSS Inc. 2000.

THOMPSON, B. W., RIDDLE, M. J., STARK, J. S. Cost-efficient methods for marine pollution monitoring at Casey Station, East Antarctica: the choice of sieve mesh-size and taxonomic resolution. *Marine Pollution Bulletin*, v. 46, p. 232-243. 2003.

TRANIELLO, J. F. A. Foraging strategies of ants. *Annual Review of Entomology*, v. 34, p. 191-210. 1989.

VARGAS, A. B.; MAYHÉ-NUNES, A. J; QUEIROZ, J. M; ORSOLON, G. S. & FOLLY-RAMOS, E. Efeitos de Fatores Ambientais sobre a Mirmecofauna em Comunidade de Restinga no Rio de Janeiro, RJ. *Neotropical Entomology*, v. 36, n.1, p. 28-37. 2007.

VASCONCELOS, H. L.; LEITE, M. F.; VILHENA, J. M. S.; LIMA, A. P. & MAGNUSSON, W. E. Ant diversity in an Amazonian savanna: Relationship with vegetation structure, disturbance by fire, and dominant ants. *Austral Ecology*, v. 33, p. 221–231. 2008.

VEIGA-FERREIRA, S., ORSOLON-SOUZA, G. & MAYHÉ-NUNES, A. J. Hymenoptera, Formicidae Latreille, 1809: New records for Atlantic Forest in the state of Rio de Janeiro. *Check List*, v. 6, n. 3, p. 442-444. 2010.

WANG, C., STRAZANAC, J. & BUTLER, L. A comparison of Pitfall Traps with Bait Traps for studying leaf litter ant communities. *Journal Economic Entomology*. v. 94, n. 3, p. 761 - 765. 2001

WILKIE, K. T. R.; MERTL, A. L. & TRANIELLO, J. F. A. Species Diversity and Distribution Patterns of the Ants of Amazonian Ecuador. *PLoS ONE*, v. 5, n. 10, p. 1-12. 2010.

WOLDA, H. Seasonal fluctuations in rainfall, food, and abundance of tropical insects. *Journal Animal Ecology*, v. 47, p. 369-381. 1978.

CAPÍTULO 3

**A TRIBO ATTINI REFLETE PARÂMETROS ECOLÓGICOS
COMO RIQUEZA, ABUNDANCIA E DIVERSIDADE DE ESPÉCIES
ENCONTRADAS PARA COMUNIDADES DE FORMIGAS?**

RESUMO

A relação formiga – fungo é uma característica indissociável da tribo Attini, contudo, os estudos sobre estas formigas se apresentam mais focados em espécies com importância econômica e, por consequência, com baixa eficiência amostral, privilegiando apenas algumas espécies. Nestas circunstâncias, attini não é utilizada como modelo para análise de diversidade de espécies isoladamente da comunidade de formicideos. Assim, objetivamos avaliar a eficiência da armadilha de queda adaptada para captura de Attini em serapilheira de restinga e se os registros desta tribo são suficientes para refletirem parâmetros ecológicos como riqueza, abundância e diversidade de espécies encontrados para a comunidade de formigas. Como complementação, incluímos dados qualitativos verificando comparativamente a estrutura da comunidade de formigas através de três matrizes: a comunidade total, apenas formigas Attini e apenas formigas não Attini, registradas pelas armadilhas de queda adaptadas. Como resultado, as armadilhas de queda adaptadas com isca foram tão eficientes na amostragem de formigas quanto às tradicionais. Os valores registrados equivaleram a 89% na fisionomia vegetal Herbácea Fechada de Cordão Arenoso e 77% em Floresta de Cordão Arenoso do total geral registrado para armadilhas de queda tradicionais. Por outro lado, nossos registros mostraram que, em relação à abundância total, as armadilhas com isca registraram valores superiores, além de maiores valores para a primeira do que para a segunda área. Em relação aos Attini, as armadilhas adaptadas tanto em relação às armadilhas tradicionais quanto em relação às armadilhas adaptadas sem isca (controle), demonstraram desempenho expressivo no registro da riqueza, mas principalmente no registro da abundância de espécies no ambiente mais homogêneo. Para o grupo não Attini, as armadilhas adaptadas também tiveram melhor desempenho em relação às armadilhas tradicionais, mas não tão expressivo, tendo percentual satisfatório apenas para a riqueza. A estrutura da comunidade também sugeriu que há influência das fisionomias sobre as espécies de formigas. Quando a composição de formigas foi separada em dois grupos menores (Attini e não Attini), as mesmas análises apresentaram valores menores de R mas refletindo o encontrado para a matriz referente à comunidade total. Como conclusão, as armadilhas de queda adaptadas para captura de formigas Attini se mostraram eficientes. Tanto a composição de Attini quanto as não Attini refletiram o padrão encontrado para a comunidade total. A aplicação é possível e os dados obtidos podem ser utilizados para análises ecológicas, mas vale ressaltar que para as armadilhas adaptadas, o custo e o tempo de instalação no campo são maiores quando comparado as tradicionais. Contudo, havendo necessidade de estudos específicos sobre a tribo Attini ou a necessidade de aplicação associada de técnicas de coletas, a armadilha de queda adaptada pode ser uma boa opção para o aumento de novos registros de espécies.

Palavras chave: Formicidae, armadilha de queda, estrutura de comunidade, Restinga da Marambaia.

ABSTRACT

Ant-fungus relationship is an inseparable feature of Attini tribe, however, studies have focused on Attini species with economic importance and, consequently, low sampling efficiency, favoring some species. In this way, Attini is not used as a model for analysis of diversity species isolated from ant community. From this perspective, we evaluated the efficiency of adapted pitfall trap to assess leaf-litter Attini species at restinga environment and if these records are sufficient to reflect ecological parameters such as richness, abundance and diversity species found for ant community. As an addition, qualitative data were included checking comparatively the structure of ant community through three matrices: whole ant community, only Attini and only non-Attini species, recorded by adapted pitfall traps. Values registered were equivalent to 89% at Herbácea Fechada de Cordão Arenoso (HFCA) and 77% at Floresta de Cordão Arenoso (FCA) from the total value registered for traditional pitfall traps. Moreover, our records showed that, in relation to total abundance, pitfall traps with bait recorded higher values and also registered higher values for HFCA than FCA. Regarding Attini group, adapted pitfalls, as much in relation to tradition pitfalls as pitfalls without baits (control), demonstrated impressive performance on record of richness, but mainly record of species abundance at more homogeneous environment. For non-Attini group, adapted pitfalls also had better performance than traditional ones, but not too much impressive, having only satisfactory percentage for specie richness. The structure of ant community also suggested influence of physiognomies on ant species. When ants composition was separated into two smaller groups (Attini and non-Attini), the same analysis showed lower values for R, reflecting what was found for matrix of whole community. In conclusion, adapted pitfalls traps for capture Attini have proven successful. Both composition of Attini and non-Attini reflected patterns found for whole community. The application is possible and data obtained can be used for ecological analysis, but it is noteworthy that adapted pitfall traps, cost and installation time in the field are higher when compared to traditional ones. However, when are necessary specific studies about Attini species or application of associated collecting techniques, adapted pitfall trap may be a good option to increase new species records.

Keywords: Formicidae, community structure, pitfall traps, Restinga Marambaia.

1 INTRODUÇÃO

A biodiversidade pode revelar informações relevantes sobre os ecossistemas mundiais, porém, o estudo da diversidade biológica não é simples. É necessário um conjunto de organismos que se apresentem aos componentes da biodiversidade, como a riqueza e abundância relativa, associado a um ou mais protocolos de coleta bem estruturados, para que estes componentes sejam bem avaliados (Romero & Jaffé, 1989; Parr & Chown, 2001). A biodiversidade em ambientes neotropicais tem sido o foco de diversos estudos (Soares *et al.*, 2001; Ribas & Schoereder, 2002; Vargas *et al.*, 2007; Silva & Brandão, 2010; Cardoso *et al.*, 2010) onde a formicifauna é bastante utilizada, por causa de seu papel estruturador da comunidade de artrópodes (Hölldobler & Wilson, 1990).

As formigas são facilmente amostradas e identificadas (Silva & Brandão, 1999). Devido à execução de várias funções no ecossistema onde estão inseridas, vem sendo consideradas como o grupo de invertebrados com melhor desempenho para a avaliação ambiental (Brown, 1997). Sua diversidade pode ser relacionada a outros parâmetros como: o grau de perturbação ambiental (Vasconcelos, 1998), o fluxo de energia e de materiais nos ecossistemas (Silva & Brandão, 1999), monitoramento ambiental (Agosti *et al.*, 2000), a complexidade da vegetação (Leal, 2003), e pela realização de múltiplas interações interespecíficas (Del-Claro, 2004).

Encontra-se em Formicidae uma tribo que apresenta uma característica peculiar em relação a todas as outras formigas, o hábito de cultivar fungos para alimentação (Mayhé-Nunes, 1995). A relação formiga – fungo é uma característica indissociável desta tribo de formigas, permitindo estudos que visaram biologia e comportamento de formicideos, convergissem para caracterizar claramente Attini como uma guilda (Delabie *et al.*, 2000; Silvestre *et al.*, 2003 e Silva & Brandão, 2010). Contudo, os estudos sobre Attini se apresentam mais focados em espécies com importância econômica e, por consequência, com baixa eficiência amostral, privilegiando apenas algumas espécies (Araujo *et al.*, 1997). Os trabalhos realizados não verificaram os Attini como modelo para análise de diversidade de espécies, isoladamente da comunidade de formicideos.

Por outro lado, os estudos sobre a diversidade da fauna de formigas, sejam de serapilheira ou não, vem sendo acompanhados de desenhos amostrais bem estruturados (Romero & Jaffé, 1989; Olson, 1991; Parr & Chown, 2001) para que nosso

conhecimento sobre a fauna de formigas dos biomas brasileiros seja bem avaliado e ampliado. A sistematização e a associação das técnicas de coleta como extratores de Winkler e armadilhas de queda (“pitfall traps”) (Delabie *et al.*, 2000; Wang *et al.*, 2001; Longino *et al.*, 2002) podem permitir comparações entre habitats, regiões, inferências sobre a estrutura da comunidade, além de novos registros que e ampliam nosso conhecimento sobre a distribuição geográfica de gêneros e espécies (Veiga-Ferreira *et al.*, 2010).

Outra ferramenta utilizada é a adaptação da técnica de coleta para se potencializar os estudos de fauna, como feito às armadilhas de queda tradicionais. Neste caso, a adaptação, associação de iscas específicas no interior das armadilhas, está relacionada principalmente ao grupo taxonômico de interesse específico para aumento do registro de espécies (Milhomem *et al.*, 2003; Matavelli & Louzada, 2008; Silva *et al.*, 2009; Sanhudo *et al.*, 2009), ou associados a protocolo estruturados de coleta (Soares & Schoereder, 2003; Schütte *et al.*, 2007).

Especificamente para formigas, a utilização de iscas atrativas (como por exemplo, mel e sardinha) está relacionada ao hábito alimentar. Fowler *et al.* (1991) sugeriram que de acordo com o hábito e a preferência alimentares, as formigas obtêm proteína a partir da predação ou através de cadáveres de outros insetos; carboidratos são os açúcares e os polissacarídeos obtidos do néctar de plantas e de outros insetos e lipídeos originados de fontes diversas de óleos e gorduras. Para formigas Attini, segundo Sanhudo *et al.* (2009), o hábito de cultivar fungo sobre partes vegetais, fezes, carcaças de insetos, permitiu a adaptação da armadilha de queda com iscas atrativas (neste caso específico farinha de casa de laranja) para este grupo de formigas.

Nesta perspectiva, objetivamos avaliar a eficiência da armadilha de queda adaptada para captura de formigas Attini em serapilheira de restinga e se os registros desta tribo são suficientes para refletirem parâmetros ecológicos como riqueza, abundância e diversidade de espécies encontrados para a comunidade de formigas. Aplicamos a proposta de Sanhudo *et al.* (2009) e comparamos com os dados publicados por Vargas *et al.* (2007) sobre armadilhas de queda tradicionais em duas áreas da Restinga da Marambaia, RJ. Para complementar a análise, incluímos dados qualitativos verificando comparativamente a estrutura da comunidade de formigas através de três matrizes: a comunidade toda registrada, apenas formigas Attini e apenas formigas não Attini, registradas pelas armadilhas de queda adaptadas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

Localizada no estado do Rio de Janeiro, a Restinga da Marambaia (23° 01' S e 23° 06' S; 43° 33' W e 44° 01' W) estende-se também pelos municípios de Itaguaí e Mangaratiba. Seu clima enquadra-se segundo a classificação de Köppen como macroclima do tipo AW- clima tropical chuvoso, tendo temperatura média anual de 23,6°C, sendo de fevereiro o mês mais quente, com temperatura média de 26,7°C, e julho o mais frio, com média de 21°C. A média anual de precipitação é de 1.227,2 mm, sendo agosto o mês mais seco, com média de 47,4 mm, e março o mais chuvoso, com média de 140,6 mm (Menezes, 1996).

Para a análise da fauna de formigas de serapilheira de restinga, optamos por duas fisionomias vegetais distintas (Figura 22):

1- Formação arbórea denominada Floresta de Cordão Arenoso (FCA). De acordo com Menezes & Araújo (2005) esta fisionomia é heterogênea e apresenta dossel variando de 20 a 30 m de altura, com alta densidade de bromélias em seu extrato inferior e maior riqueza de plantas, quando comparada as outras fisionomias encontradas na Restinga da Marambaia (Figura 23 A e B).

2- Formação herbácea denominada Herbácea Fechada de Cordão Arenoso (HFCA). Também segundo Menezes & Araújo (2005), é uma formação homogênea, conhecida também como “*scrub* de Palmae” ou apenas como “formação de Palmae”; apresenta dominância de *Allagoptera arenaria* (Gomes) O. Kuntze (Arecaceae), caracterizada como “uma palmeira geófito rizomatosa cuja parte aérea é constituída de folhas, inflorescências e infrutescência atingindo no máximo 1,5 m de altura” (Figura 23 C e D).

Para fins comparativos, a escolha das fisionomias citadas deve-se, principalmente, ao levantamento inicial da formicifauna publicado por Vargas *et al.* (2007) que demonstraram maior riqueza de espécies na primeira fisionomia e menor na segunda.

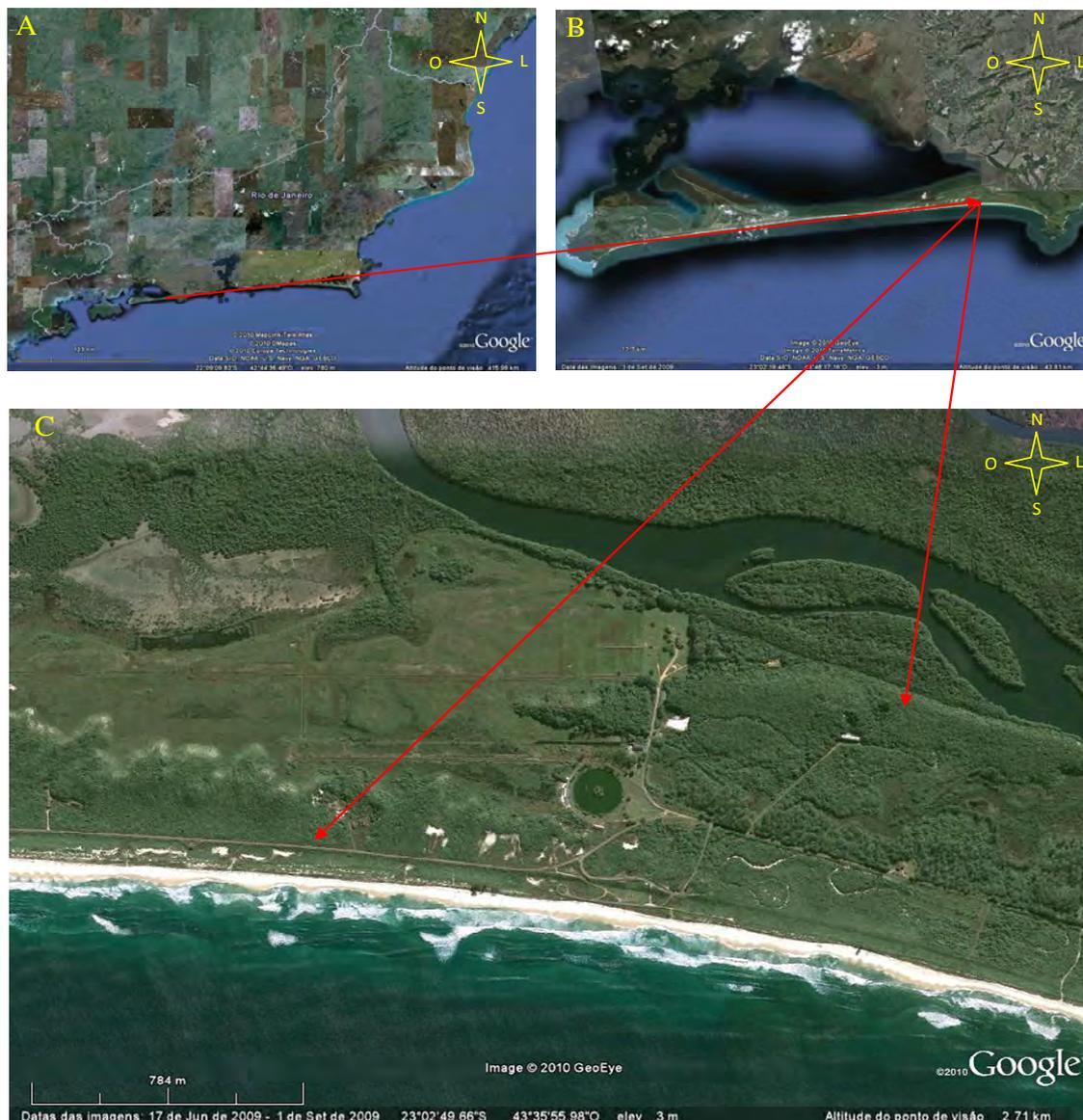


Figura 22. Áreas de coleta na Restinga da Marambaia (A e B). Seta a esquerda indica a fisionomia “Herbácea Fechada de Cordão Arenoso”; seta a direita indica a fisionomia “Floresta de Cordão Arenoso” (C).



Figura 23. Aspectos das fisionomias vegetais estudadas. Floresta de Cordão Arenoso (A e B). Herbácea Fechada de Cordão Arenoso (C e D). Restinga da Marambaia, setembro/2006 e outubro/2009.

2.2 Armadilhas de Queda Adaptadas

Para verificar a eficiência de coleta para Attini em ambientes de restinga do Rio de Janeiro, esta técnica foi modificada partir da proposta de Sanhudo *et al.* (2009), ressaltando que este autor também adaptara a técnica a partir de Barber (1931).

As armadilhas de queda adaptadas consistiam em pontes plásticas com 7,0 cm de diâmetro (Figura 24 – 1 a), que foram enterrados no solo com a borda superior paralela à superfície do solo, contendo 50 g de talco inodoro em seu interior (Figura 24 – 1 b). Um recipiente de plástico menor com 4,0 cm de diâmetro (Figura 24 – 1 c) foi utilizado para colocação de 10g isca atrativa e, então, foi acoplado ao maior através de uma haste maior que o diâmetro do pote maior, apoiada em sua borda (Figura 24 – 1 d e e).

A isca atrativa era composta por uma farinha de casca de laranja desidratada e triturada. A esta foi adicionada farinha de trigo (100 g para cada 1,0 kg de farinha de

casca de laranja) para reduzir a corrosão do recipiente menor pela farinha supracitada, como observado e testado previamente. A escolha por casca de laranja deve-se à utilização desta por indústrias de pesticidas, para aumentar a atratividade das iscas para o controle do grupo de formigas cortadeiras.

Para reduzir o possível efeito entre odores, ao invés de formalina a 3% ou álcool a 70% (líquidos fixadores comumente utilizados nas armadilhas de queda tradicionais) utilizamos 50g talco inerte (inodoro) no fundo do pote maior, para captura dos exemplares que caíssem na armadilha. A princípio, a função do talco é impregnar as garras tarsais impedindo, através da redução do atrito, que as formigas subam pelas laterais do pote maior. O conjunto (pote maior + pote menor + isca (ou sem isca) + talco) ficou ativo no campo por 48 h (Figura 24 - 2).

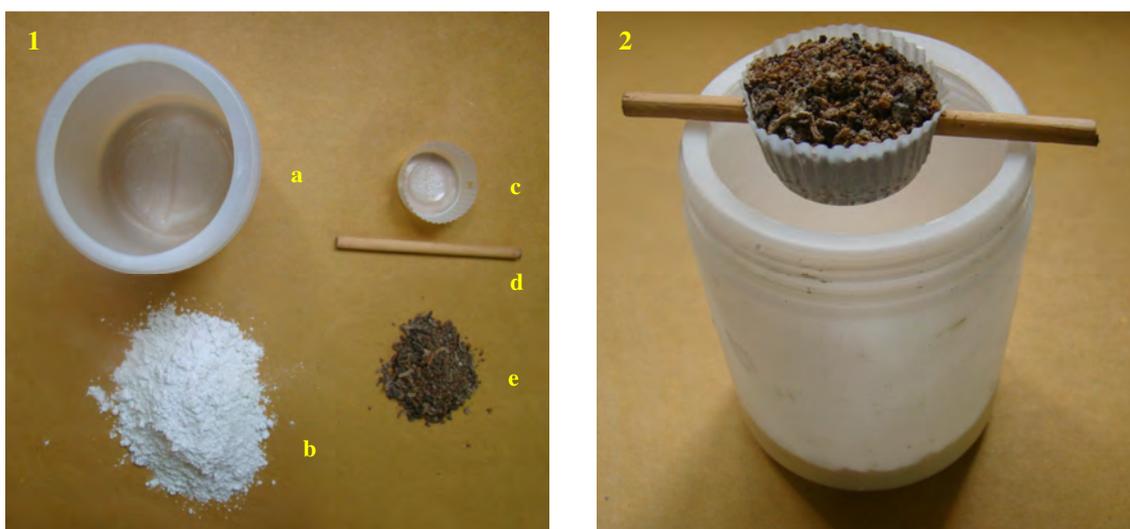


Figura 24. Construção das armadilhas de queda adaptadas: Recipiente maior (a); Talco inodoro (b); Recipiente menor (c); Haste de sustentação (d); Isca de casca laranja (e) (1). Conjunto montado (2).

2.3 Transecção

Foram demarcadas seis grades agrupadas em dois conjuntos de três grades para a coleta da fauna de formigas de serapilheira. Uma grade era composta por quatro transectos paralelos com cerca de 40 m cada e distantes 10 m entre si, que foram esticados aleatoriamente nas duas fisionomias vegetais, totalizando 1.200 m² cada (40 x

30 m) (Figura 25). O conjunto com isca foi distanciados no mínimo 100 m do conjunto sem isca

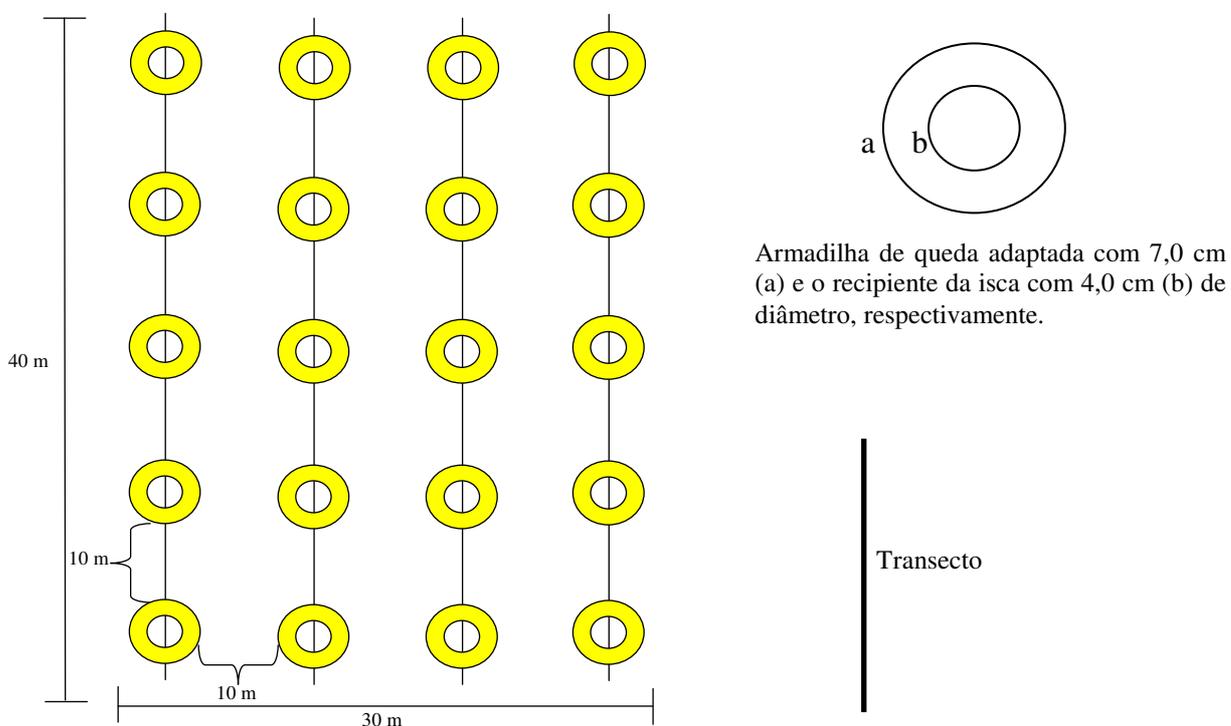


Figura 25. Esquema da grade para distribuição das armadilhas de queda no campo. A grade totaliza 20 armadilhas com ou sem isca atrativa.

Em cada transecto, cinco pontos, também distantes 10 m entre si, foram marcados para perfuração do solo e instalação das armadilhas, totalizando 20 armadilhas. Estas permaneceram ativadas por 48h no campo. O conjunto de três grades totalizou 60 armadilhas com (3.600 m²) e 60 sem isca atrativa (3.600 m²) em cada fisionomia vegetal. O material coletado foi levado ao laboratório para triagem e montagem em via seca.

2.4 Identificação e Tombamento

Os gêneros foram identificados com base em Bolton (1994) e Palacio & Fernández (2003), as subfamílias de acordo com a proposta de Bolton (2003). Quando possível, as identificações em espécies foram feitas com auxílio de chaves contidas em revisões taxonômicas e por meio de comparações com exemplares identificados da

Coleção Entomológica Ângelo Moreira da Costa Lima (CECL), Instituto de Biologia, UFRuralRJ. Espécimes testemunhas foram tombados nesta Coleção.



Figura 26. Armadilhas de queda no campo. Antes da Ativação: Instalação do recipiente maior paralelo à superfície do solo no ponto marcado pelo transecto (A); Recipiente maior preparado para receber o recipiente menor com a isca (B); Após ativação: Recipiente menor instalado ao maior (C); Detalhe da armadilha de queda adaptada no campo (D).

2.5 Análise de Dados

2.5.1 Riqueza e abundância de formigas coletadas por armadilha de queda adaptada

Riqueza e abundância de espécies: referem-se, respectivamente, ao número de espécies (e/ou morfoespécies) e de indivíduos coletados tanto pelas as armadilhas de queda tradicional (os valores utilizados para a análise foram retirados do artigo publicado por Vargas *et al.*, 2007), quanto pelas armadilhas de queda adaptada com e pelas sem iscas atrativas.

Diversidade de espécies: foram calculados três índices para comparar os três formatos das armadilhas de queda: Índice de Diversidade de Margalef ($D_m = (S - 1) / \ln N$, onde S é o número de espécies amostradas; N é o número total de indivíduos em todas as espécies.); Índice de Simpson (1-D, onde $D = \sum p_i^2$ e p_i = proporção de indivíduos da comunidade que pertencem à espécie i); e Índice de Shannon ($H' = - \sum p_i \ln p_i$; onde $p_i = n_i / N$, sendo n_i = número de indivíduos por espécie e N = número de indivíduos total) (Magurran, 1988).

A escolha dos Índices citados deve-se pela característica que cada um deles apresenta, necessitando, portanto, mais de uma representação para que a comparação fosse mais cuidadosa. Foi utilizado o Modelo “Índices de Diversidade” do Programa PAST[®] (Hammer, 2001) para os cálculos dos Índices escolhidos.

Comparações e proporções entre os formatos das armadilhas de queda: foram realizadas comparações percentuais dos valores totais coletados da riqueza e da abundância entre as armadilhas de queda tradicional e as adaptadas.

Gráficos de distribuição de abundância foram construídos e os valores foram comparados a partir do teste Kolmogorov-Smirnov (D_{max}) para os três pares possíveis de tipos de armadilhas de queda (Wilkinson, 1990) para verificar possíveis diferenças entre eles, através do programa SYSTAT 11[®] (SPSS INC., 2000).

2.5.2 Estrutura da comunidade de formigas coletadas por armadilha de queda adaptada

Para estruturar a comunidade de formigas coletadas em Floresta de Cordão Arenoso (FCA) e em Herbácea Fechada de Cordão Arenoso (HFCA) da Restinga da

Marambaia, utilizamos programa PRIMER[®] versão 5 (Clarke & Gorley, 2001) para realizar a Análise de Similaridade (ANOSIM), o Escalonamento Multidimensional (MDS) e o Teste de Similaridade de Percentagens (SIMPER), adaptadas a partir de Cardoso *et al.* (2010).

Para fins de comparação da eficiência de captura e aplicabilidade das formigas Attini, estas análises foram aplicadas a três matrizes de dados oriundos dos registros realizados apenas pelas armadilhas adaptadas: 1- toda a comunidade registrada; 2- Apenas formigas Attini e 3 – Apenas formigas não Attini.

Análise de Similaridade (ANOSIM): estabelece se existem diferenças significativas na composição de espécies entre estações através da comparação de diferenças entre as médias de similaridade dentre as amostras em uma dada estação e entre amostras de estações distintas. Essa análise resulta em um R estatístico, que representa a medida da dissimilaridade entre estações. Valores de R próximos a 0 indicam baixa dissimilaridade enquanto valores de R próximos a 1 indicam alta dissimilaridade (Clarke & Green, 1988). Esta análise também foi calculada usando o Índice de Similaridade de Bray-Curtis e cada valor de R apresenta um valor de p (nível de significância) correspondente.

Escalonamento Multidimensional (MDS): técnica multivariada que utiliza uma matriz de similaridade ou dissimilaridade gerada a partir da matriz original de dados. Como resultado, esta técnica de ordenação promove uma boa representação das relações entre parcelas (que representaram o agrupamento de cinco pontos de coleta, ou seja, cinco armadilhas de queda), e são apresentadas em um diagrama onde os símbolos (que representam as parcelas) são colocados em um espaço bi ou tridimensional (Warwick & Clarke, 1995).

Teste de Similaridade de Percentagens (SIMPER): utilizado para avaliar os percentuais de dissimilaridade entre as fisionomias vegetais (HFCA e FCA). Permite ainda, determinar quais espécies são boas descritoras para as diferenças na composição das espécies (Clarke, 1993). As planilhas com os dados de abundância foram transformadas para presença/ausência e convertidos em uma matriz triangular de similaridade utilizando o Índice de similaridade de Bray-Curtis.

3 RESULTADOS

3.1 Riqueza, Abundância e Diversidade

Foram coletadas representantes de oito subfamílias na FCA e cinco na HFCA, sendo Myrmicinae a que apresentou maior número de espécies, seguida por Ponerinae, Ectatomminae, Formicinae, Pseudomyrmecinae, Dolichoderinae, Proceratiinae e Amblyoponinae (Tabela 15). A distribuição dos números de gêneros e espécies para cada subfamília encontra-se na Tabela 16, a riqueza e a abundancia totais de cada formato de armadilha na Tabela 17.

A Tribo Attini foi representada por quatro gêneros e seis espécies na FCA (*Atta robusta* Borgmeier 1939, *Apterostigma* sp 1, *A.* sp 2, *Cyphomyrmex* sp 1 (gr Rimosus), *Trachymyrmex* sp 1 (gr. Cornetzi) e *T. atlanticus* Mayhé-Nunes & Brandão, 2007), e por três gêneros e cinco espécies na HFCA (*Atta robusta*; *Mycetophylax conformis* Mayr, 1884; *Mycetophylax morschi* Emery, 1887; *Trachymyrmex* sp 1 (gr. Cornetzi) e *T. iheringi* (Emery, 1887)).

Apesar dos dados oriundos do trabalho de Vargas *et al.* (2007) representarem maior esforço amostral (pois equivalem a duas expedições em períodos distintos), os valores encontrados para as armadilhas de queda adaptadas com isca atrativa foram expressivos (Tabela 17). Em apenas uma coleta as armadilhas adaptadas conseguiram amostrar valores de riqueza próximos aos encontrados pelos autores citados em ambas as fisionomias, tanto para Attini (125% para HFCA e 66,7% para FCA) como para as não Attini (75,8% e 91,5%, respectivamente).

Em relação a abundancia, o desempenho para a captura de Attini foi maior que as armadilhas tradicionais nas duas fisionomias (coletaram a mais 5045,8% na HFCA e 87,0% na FCA dos indivíduos). Em relação aos não Attini o desempenho foi menos expressivo, sendo coletados 12,2% (HFCA) e 9,6% (FCA) dos valores coletados pelas armadilhas de queda tradicionais. A distribuição da abundancia de Attini e não Attini nos três tipos de armadilhas de queda está apresentado na Figura 27.

O teste Kolmogorov-Smirnov para duas amostras mostrou diferenças significativas ($p < 0,05$) para o total da abundancia de Attini entre as armadilhas de queda tradicional e adaptada com isca na HFCA, e marginalmente significativa ($p = 0,07$) na FCA. Para as não Attini o mesmo teste mostrou diferença significativa ($p < 0,05$) na FCA entre as armadilhas tradicional e a adaptada com isca. Todos os valores deste Teste e os

níveis de significância comparados entre os três formatos das armadilhas de queda estão apresentados na Tabela 18.

A análise da abundância total coletada (armadilhas com + sem isca atrativa) mostrou diferença significativa ($p < 0,05$) entre as fisionomias para os representantes das formigas Attini e marginalmente significativa ($p = 0,07$) para as não Attini (Tabela 19).

Os Índices de Diversidade de Margalef, de Simpson e de Shannon para as formigas Attini sofreram pequenas diferenças e para as não Attini foram semelhantes em ambas as fisionomias. As diferenças entre os formatos das armadilhas sugeriram que as armadilhas de queda tradicionais tendem a apresentar valores de diversidade maiores que as armadilhas de queda adaptadas e estas apresentaram valores maiores que as sem isca atrativa (Tabela 20).

Tabela 15. Lista geral das espécies coletadas pela armadilha de queda adaptada na Restinga da Marambaia, outubro/2009. FCA – Floresta de Cordão Arenos; HFCA – Herbácea Fechada de Cordão Arenoso; VA – valores absolutos; Oc – Ocorrência amostral (total de vezes que a espécie foi registrada pelas 120 amostras) e Ab – Total de indivíduos coletados. O e A – “Ranking” da ocorrência e da abundância, respectivamente (classificação ordinal das espécies); na – espécies arbóricolas que eventualmente forrageiam na serapilheira. * - Espécies que não contavam na lista de Silva & Brandão (2010). Continua

Subfamília	Espécies/Morfoespécies	FCA		HFCA					
		VA	Ranking	VA	Ranking	VA	Ranking		
		Oc	Ab	O	A	Oc	Ab	O	A
Amblyoponinae	<i>Amblyopone armigera</i> Mayr, 1887	2	2	38	38	-	-	-	-
Dolichoderinae	<i>Dorymyrmex brunneus</i> Forel, 1908	-	-	-	-	1	2	27	21
	<i>Dorymyrmex</i> sp 2	-	-	-	-	6	15	7	8
	<i>Dorymyrmex</i> sp 3	-	-	-	-	2	2	20	22
Ectatomminae	<i>Ectatomma brunneum</i> Smith, 1858	-	-	-	-	10	10	6	9
	<i>Ectatomma edentatum</i> Roger, 1863	-	-	-	-	5	7	10	10
	<i>Ectatomma permagnum</i> Forel, 1908*	4	4	31	31	-	-	-	-
	<i>Gnamptogenys</i> sp 1*	11	16	7	7	-	-	-	-
	<i>Gnamptogenys</i> sp 2 *	8	10	11	11	-	-	-	-
	<i>Gnamptogenys</i> sp 3	4	4	33	33	-	-	-	-
	<i>Gnamptogenys</i> sp 4*	1	1	44	44	-	-	-	-
Formicinae	<i>Gnamptogenys</i> sp 5 *	1	1	45	45	-	-	-	-
	<i>Brachymyrmex</i> sp 1*	9	13	10	9	3	3	13	15
	<i>Brachymyrmex</i> sp 2	-	-	-	-	2	2	16	17
	<i>Camponotus novogranadensis</i> Mayr, 1870*	2	2	39	39	2	2	17	18
	<i>Camponotus</i> sp 1	-	-	-	-	2	2	18	19
	<i>Nylanderia</i> sp 1*	13	19	5	6	-	-	-	-

Tabela 15. Continuação.

Subfamília	Espécies/Morfoespécies	FCA				HFCA			
		VA		Ranking		VA		Ranking	
		Oc	Ab	O	A	Oc	Ab	O	A
Myrmicinae	<i>Apterostigma</i> sp 1*	2	3	37	35	-	-	-	-
Attini	<i>Apterostigma</i> sp 2*	1	1	42	42	-	-	-	-
	<i>Atta robusta</i> Borgmeier, 1939	18	140	3	2	57	2077	1	1
	<i>Cyphomyrmex</i> sp 1 (gr. <i>Rimosus</i>)*	1	1	43	43	-	-	-	-
	<i>Mycetophylax conformis</i> (Mayr, 1884)	-	-	-	-	1	5	26	12
	<i>Mycetophylax morshi</i> Emery, 1887	-	-	-	-	1	1	35	35
	<i>Trachymyrmex atlanticus</i> Mayhé-Nunes & Brandão, 2007*	21	105	2	3	-	-	-	-
	<i>Trachymyrmex iheringi</i> (Emery, 1888)*	-	-	-	-	19	112	3	3
	<i>Trachymyrmex</i> sp 1 (gr. <i>Cornetzi</i>)*	4	10	28	13	3	284	12	2
Myrmicinae	<i>Eurhopalothrix bruchi</i> (Santschi, 1922)	4	4	32	32	-	-	-	-
não Attini	<i>Carebarella bicolor</i> Emery, 1906*	-	-	-	-	2	2	19	20
	<i>Crematogaster</i> sp 2	5	5	21	22	1	1	31	31
	<i>Hylomyrma balzani</i> (Emery, 1894)*	10	11	9	10	1	1	32	32
	<i>Hylomyrma reitteri</i> (Mayr, 1887)	4	4	34	34	-	-	-	-
	<i>Megalomyrmex drifti</i> Kempf, 1961	7	8	14	15	-	-	-	-
	<i>Megalomyrmex silvestrii</i> Wheeler, 1909	3	3	35	36	2	2	21	23
	<i>Megalomyrmex</i> sp3	1	1	48	48	2	2	22	24
	<i>Megalomyrmex</i> sp4	1	1	49	49	1	2	28	25
	<i>Octostruma rugifera</i> Mayr, 1887	6	6	18	19	-	-	-	-
	<i>Pheidole</i> sp 1*	12	33	6	4	10	16	5	7
	<i>Pheidole</i> sp 2*	-	-	-	-	2	2	24	28
	<i>Pheidole</i> sp 3*	7	8	15	16	1	2	30	29
	<i>Pheidole</i> sp 4*	7	9	13	14	-	-	-	-

Tabela 15. Continuação.

Subfamília	Espécies/Morfoespécies	FCA				HFCA			
		VA		Ranking		VA		Ranking	
		Oc	Ab	O	A	Oc	Ab	O	A
Myrmicinae	<i>Pheidole</i> sp 6*	7	10	12	12	21	65	2	4
não Attini	<i>Pheidole</i> sp 9*	-	-	-	-	4	4	11	13
	<i>Pheidole</i> sp 10*	16	33	4	5	-	-	-	-
	<i>Pheidole</i> sp 11	-	-	-	-	5	54	9	5
	<i>Pyramica denticulata</i> (Mayr, 1887)	5	5	26	27	1	1	36	36
	<i>Pyramica fridericimuelleri</i> (Forel, 1886)*	6	6	19	20	-	-	-	-
	<i>Rogeria</i> sp 1*	-	-	-	-	2	4	14	14
	<i>Rogeria</i> sp 2	1	1	54	54	-	-	-	-
	<i>Strumigenys elongata</i> Roger, 1863	2	2	41	41	-	-	-	-
	<i>Wasmannia auropunctata</i> Roger, 1863	7	8	16	17	6	6	8	11
Ponerinae	<i>Anochetus</i> sp 1*	5	5	20	21	2	2	15	16
	<i>Hypoponera foreli</i> (Mayr, 1887)8	7	7	17	18	-	-	-	-
	<i>Hypoponera</i> sp 1*	5	5	22	23	-	-	-	-
	<i>Hypoponera</i> sp 2*	5	5	23	24	-	-	-	-
	<i>Hypoponera</i> sp 3*	5	5	24	25	1	1	33	33
	<i>Hypoponera</i> sp 5 *	1	1	46	46	1	1	34	34
	<i>Leptogenys</i> sp 1*	5	5	25	26	-	-	-	-
	<i>Leptogenys</i> sp 2	1	1	47	47	-	-	-	-
	<i>Odontomachus chelifer</i> (Latreille, 1802)	51	170	1	1	2	2	23	26
	<i>Odontomachus haematodus</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	-	-	1	2	29	27
	<i>Odontomachus meinerti</i> Forel, 1905	1	1	50	50	-	-	-	-
	<i>Pachycondyla bucki</i> (Borgmeier, 1927)	1	1	51	51	-	-	-	-
	<i>Pachycondyla harpax</i> (Fabricius, 1804)	11	14	8	8	10	26	4	6

Tabela 15. Continuação.

Subfamília	Espécies/Morfoespécies	FCA				HFCA			
		VA		Ranking		VA		Ranking	
		Oc	Ab	O	A	Oc	Ab	O	A
Ponerinae	<i>Pachycondyla</i> sp 1	1	1	52	52	-	-	-	-
Proceratiinae	<i>Discothyrea sexarticulata</i> Borgmeier, 1954	4	4	29	29	-	-	-	-
	<i>Discothyrea</i> sp 1*	4	4	30	30	-	-	-	-
Pseudomyrmecinae	<i>Pseudomyrmex</i> sp 1	3	3	36	37	2	2	25	30
	<i>Pseudomyrmex</i> sp 2	1	1	53	53	-	-	-	-
	<i>Pseudomyrmex</i> sp 3	2	2	40	40	-	-	-	-

Tabela 16. Totais de gêneros e espécies coletadas pelas armadilhas de queda adaptadas com e sem isca atrativa para Attini em duas fisionomias vegetais da Restinga da Marambaia, outubro 2009. (FCA) Floresta de Cordão Arenoso; (HFCA) Herbácea Fechada de Cordão Arenoso; (G) gêneros e (E) espécies. Entre parênteses gêneros e espécies exclusivas.

Subfamílias	FCA		HFCA	
	G	E	G	E
Amblyoponinae	1(1)	1(1)	0	0
Dolichoderinae	0	0	1(1)	3(3)
Ectatomminae	2(1)	6(6)	1(0)	2(2)
Formicinae	3(1)	3(1)	2(0)	4(2)
Myrmicinae - Attini	4(1)	6(4)	3(1)	5(3)
Myrmicinae - Não Attini	10(2)	19(9)	8(1)	15(5)
Ponerinae	5(1)	13(8)	4(0)	6(1)
Proceratiinae	1(0)	2(2)	0	0
Pseudomyrmecinae	1(0)	3(2)	1(0)	1(0)
Total	27(7)	53(33)	20(3)	36(16)

Tabela 17. Distribuição do número de espécies, de indivíduos e da proporção percentual de formigas coletadas pela armadilha de queda adaptada na Restinga de Marambaia, outubro/2009. T - armadilha tradicional; CI - armadilha com isca; SI - armadilha sem isca.

		Attini					Não Attini				
		T	CI	%	SI	%	T	CI	%	SI	%
Herbácea Fechada de Cordão Arenoso	Riqueza	4	5	125	2	50	33	25	75,8	19	57,6
	Abundância	48	2470	5145,8	9	18,7	1465	179	12,2	66	4,5
Floresta de Cordão Arenoso	Riqueza	9	6	66,7	3	33,3	47	43	91,5	36	76,6
	Abundância	131	245	187,0	15	11,5	2880	275	9,6	195	6,8

Os valores percentuais foram calculados em relação ao total de espécies e de indivíduos coletados pela armadilha de queda tradicional publicados por Vargas *et al.* (2007).

Tabela 18. Análise comparativa da abundância de formigas entre os tratamentos das armadilhas de queda adaptadas para Attini em cada fisionomia na Restinga da Marambaia, outubro/2009. (D_{max}) Teste Kolmogorov-Smirnov para duas amostras, (p) nível de significância; (CI) armadilha com isca; (SI) armadilha sem isca; (T) armadilha tradicional; (*) valor de p significativo; (**) valor de p marginalmente significativo.

		CI x SI		CI x T		SI x T	
		D_{max}	p	D_{max}	p	D_{max}	p
Herbácea Fechada de Cordão Arenoso	Attini	0,857	0,04*	0,857	0,04*	0,6	0,32
	Não Attini	0,258	0,228	0,304	0,09	0,387	0,01*
Floresta de Cordão Arenoso	Attini	0,667	0,07**	0,333	0,778	0,667	0,07**
	Não Attini	0,378	0,374	0,362	0,001*	0,378	0,001*

Tabela 19. Análise comparativa da abundância de formigas entre as fisionomias vegetais a partir do agrupamento dos dois tratamentos da armadilha de queda (com + sem isca) para captura de Attini. (D_{max}) Teste Kolmogorov-Smirnov para duas amostras, (p) nível de significância; (*) valor de p significativo; (**) valor de p marginalmente significativo.

	Attini		Não Attini	
	D_{max}	p	D_{max}	p
Herbácea Fechada de Cordão Arenoso				
X	0,667	0,07**	0,319	0,04*
Floresta de Cordão Arenoso				

Tabela 20. Índices de Diversidade de espécies de formigas entre os três formatos de armadilhas de queda nas duas fisionomias da Restinga da Marambaia. T - armadilha tradicional; CI - armadilha com isca; SI - armadilha sem isca; Os valores dos Índices de Diversidade para as armadilhas de queda tradicionais foram calculados a partir dos dados publicados em Vargas *et al.* (2007).

	Fisionomia	Índices	T	CI	SI
ATTINI	FCA	Shannon	1,857	0,9102	0,8532
		Simpson	0,8215	0,5411	0,5244
		Margalef	1,641	0,9089	0,7385
	HFCA	Shannon	1,056	0,551	0,5297
		Simpson	0,5955	0,2825	0,3457
		Margalef	0,775	0,512	0,4551
NÃO ATTINI	FCA	Shannon	2,157	2,725	2,764
		Simpson	0,7516	0,8313	0,8688
		Margalef	5,775	7,478	6,638
	HFCA	Shannon	2,363	2,252	2,244
		Simpson	0,8647	0,8301	0,8154
		Margalef	4,39	4,627	4,296

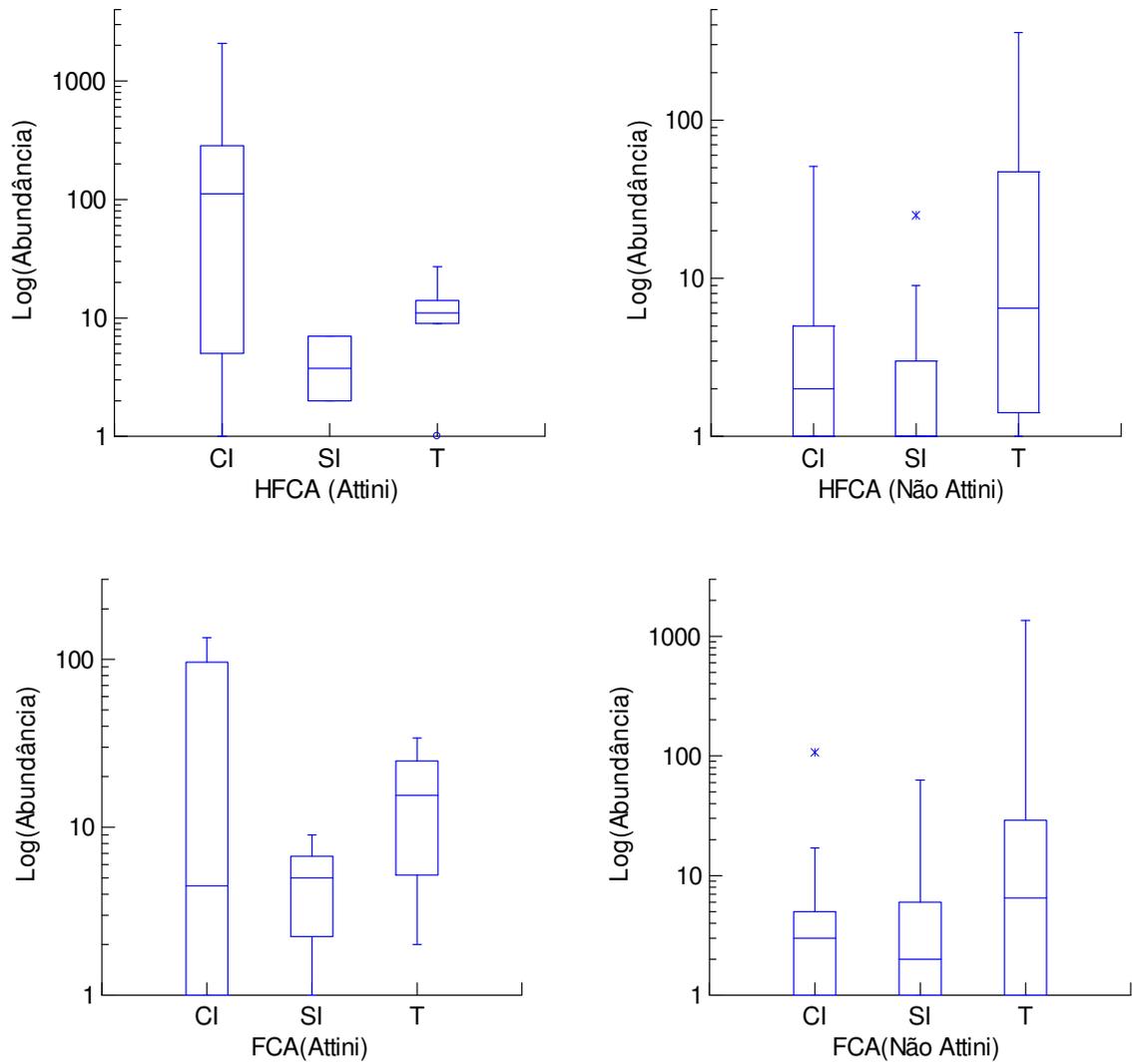


Figura 27. Distribuição das abundâncias de formigas registradas pelos três tratamentos para armadilha de queda. Armadilha com isca (CI); armadilha sem isca (SI); armadilha tradicional (T); Herbácea Fechada de Cordão Arenoso (HFCA); Floresta de Cordão Arenoso (FCA). Restinga da Marambaia, outubro/2009.

2.5.2 Estrutura da comunidade de formigas coletadas por armadilhas de queda adaptadas

A Análise de Similaridade (ANOSIM geral) demonstrou que as espécies de formigas diferem entre as fisionomias nas três matrizes utilizadas: apenas Attini (R estatístico = 0,663; $p = 0,1\%$); apenas não Attini ($R = 0,682$; $p = 0,1\%$) e toda a comunidade ($R = 0,884$; $p = 0,1\%$).

A ordenação por Escalonamento Multidimensional (MDS) corroborou a distinção das composições de formigas coletadas pelas armadilhas de queda adaptadas para a comunidade como um todo, Attini e não Attini. Os valores de estresse para a configuração bidimensional do MDS foi 0.13, 0.01 e 0.12, respectivamente (Figura 28).

O Teste de Similaridade de Percentagens (SIMPER) realizado para toda a comunidade também sugeriu dissimilaridade entre as fisionomias. Um conjunto de 16 espécies contribuiu com 50% da dissimilaridade, sendo *Odontomachus chelifer*, *Trachymyrmex atlanticus* e *T. iheringi*, *Pheidole* sp 6, *Nylanderia* sp 1 as cinco espécies com maiores contribuições (Tabela 21).

Semelhantemente, este mesmo Teste aplicado às matrizes tanto de Attini quanto de não-Attini separadamente foi capaz de mostrar dissimilaridade média significativa entre as duas fisionomias vegetais examinadas (Tabela 22). *Trachymyrmex atlanticus* e *T. iheringi* juntas foram as espécies que contribuíram com mais de 50% da dissimilaridade entre as fisionomias. Para as formigas não Attini um grupo de 15 espécies contribuiu com aproximadamente 52% da dissimilaridade (Tabela 22).

Tabela 21. Contribuição das espécies para a média da dissimilaridade entre as fisionomias FCA (Floresta de Cordão Arenoso) e HFCA (Herbácea Fechada de Cordão Arenoso) para a composição de formigas coletadas por armadilhas de queda adaptadas, calculadas pelo SIMPER. * espécies da Tribo Attini. Restinga da Marambaia, outubro/2009.

Dissimilaridade média entre FCA x HFCA	87,76
Espécies	Contribuição (%)
<i>Odontomachus chelifer</i>	5,22
* <i>Trachymyrmex atlanticus</i>	5,12
* <i>Trachymyrmex iheringi</i>	4,58
<i>Pheidole</i> sp 6	3,67
<i>Nylanderia</i> sp 1	3,36
<i>Megalomyrmex drifti</i>	3,1
<i>Pachycondyla harpax</i>	2,93
<i>Pheidole</i> sp 11	2,93
<i>Pheidole</i> sp 1	2,85
<i>Gnamptogenys</i> sp 2	2,7
<i>Gnamptogenys</i> sp 1	2,69
<i>Hypoponera</i> sp 1	2,48
<i>Hypoponera foreli</i>	2,48
<i>Octostruma rugifera</i>	2,45
* <i>Atta robusta</i>	2,25
<i>Discothyrea sexarticulata</i>	2,17

Tabela 22. Contribuição das espécies para a média da dissimilaridade entre as fisionomias FCA (Floresta de Cordão Arenoso) e HFCA (Herbácea Fechada de Cordão Arenoso) para Attini e Não Attini, calculadas pelo SIMPER. Restinga da Marambaia, outubro/2009.

Dissimilaridade média entre FCA x HFCA		70,10%
	Espécies	Contribuição (%)
Attini	<i>Trachymyrmex atlanticus</i>	28,15
	<i>Trachymyrmex iheringi</i>	25,62
	<i>Atta robusta</i>	16,92
	<i>Mycetophylax conformis</i>	7,76
	<i>Trachymyrmex</i> sp 1 (gr. Cornetzi)	6,96
	<i>Cyphomyrmex</i> sp 1 (gr. Rimosus)	4,99
	<i>Apterostigma</i> sp 1	2,32
Dissimilaridade média entre FCA x HFCA		93,37%
	Espécies	Contribuição (%)
Não Attini	<i>Odontomachus chelifer</i>	6,25
	<i>Pheidole</i> sp 6	4,42
	<i>Nylanderia</i> sp 1	4,02
	<i>Megalomyrmex drifti</i>	3,63
	<i>Pachycondyla harpax</i>	3,56
	<i>Pheidole</i> sp 11	3,51
	<i>Pheidole</i> sp 1	3,39
	<i>Gnamptogenys</i> sp 1	3,32
	<i>Gnamptogenys</i> sp 2	3,17
	<i>Hypoponera foreli</i>	3,13
	<i>Hypoponera</i> sp 1	3,05
	<i>Octostruma rugifera</i>	2,95
	<i>Discothyrea sexarticulata</i>	2,65
	<i>Discothyrea</i> sp 1	2,58
	<i>Ectatomma permagnum</i>	2,48

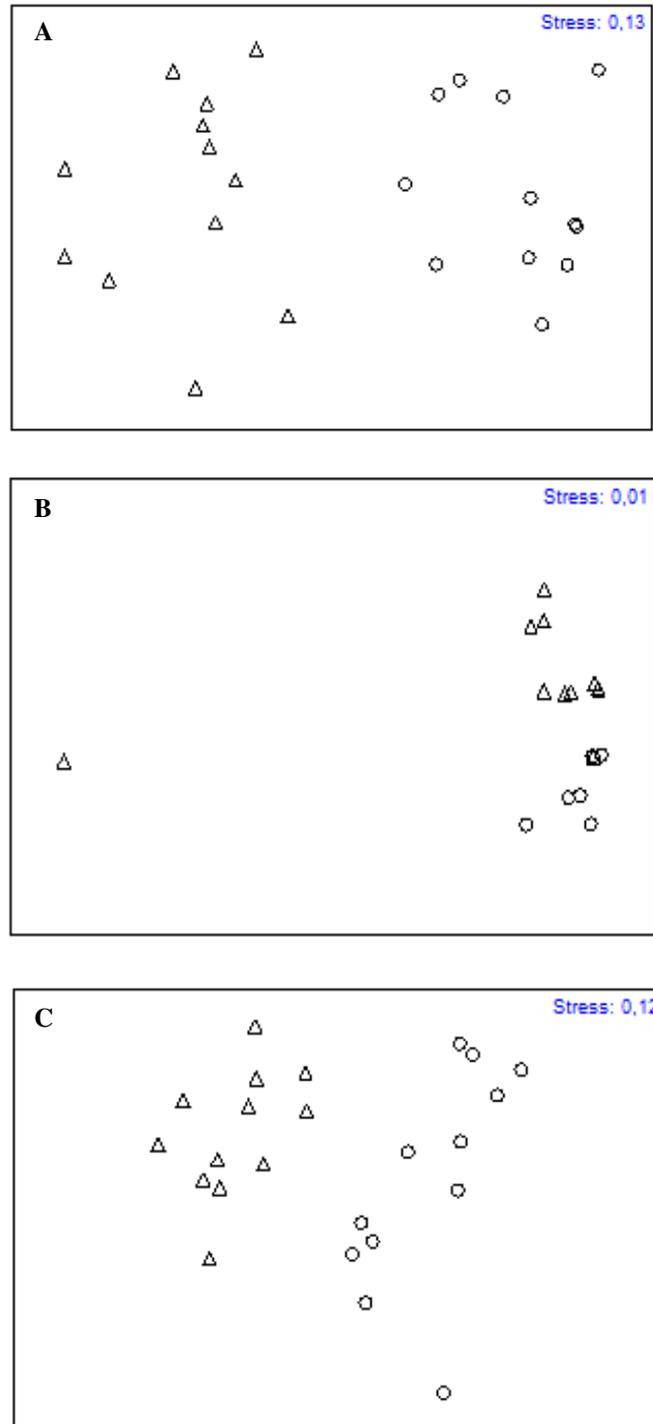


Figura 28. Ordenação por Escalonamento Multidimensional (MDS) para a comunidade de formigas (A), as Attini (B) e as não Attini (C) coletadas em duas fisionomias vegetais da Restinga da Marambaia, outubro/2009. Δ - Floresta de Cordão Arenoso; ○ = Herbácea Fechada de Cordão Arenoso.

4 DISCUSSÃO

4.1 Riqueza, Abundância e Diversidade de espécies amostradas pela armadilha de queda adaptada

No conjunto dos dados (armadilhas com e sem iscas) os resultados encontrados são recorrentes e corroboraram mais uma vez a alta riqueza da subfamília Myrmicinae (Bruhl *et al.*, 1998) e a seqüência dos grupo mais rico, Ponerinae, em ambientes neotropicais (Fowler *et al.*, 1991; Silva & Brandão, 1999; Veiga-Ferreira *et al.*, 2005; Vargas *et al.*, 2007). As armadilhas de queda adaptadas com isca foram tão eficientes na amostragem de formigas quanto às tradicionais. Os valores registrados equivaleram a 89% na HFCA e 77% na FCA do total geral registrado por Vargas *et al.* (2007) nas mesmas fisionomias.

Quando os dois grupos de formigas foram avaliados separadamente, as armadilhas adaptadas mostraram resultados distintos para os parâmetros, riqueza e abundancia. Em relação aos Attini, as armadilhas adaptadas com isca atrativa tanto em relação às armadilhas tradicionais quanto em relação às armadilhas adaptadas sem isca, demonstraram desempenho expressivo no registro da riqueza, mas principalmente no registro da abundancia de espécies no ambiente mais homogêneo (HFCA).

Em relação ao grupo de formigas não Attini, as armadilhas com isca também tiveram melhor desempenho em relação às armadilhas tradicionais, mas não tão expressivo como para os Attini, tendo percentual satisfatório apenas para a riqueza. Pode-se inferir que a isca utilizada (farinha de casca de laranja desidratada e triturada) apresentou eficiência na atratividade, principalmente no registro da abundancia das espécies de Attini e menor influencia sobre formigas não Attini.

A adaptação das armadilhas de queda é recorrente na literatura e vem sendo utilizada com sucesso. Contudo, ela é dependente dos objetivos como, por exemplo, o interesse por um grupo zoológico específico, Milhomem *et al.* (2003), Matavelli & Louzada (2008), Silva *et al.* (2009) utilizaram isca atrativas específicas (como fígado e fezes animais) acopladas as armadilhas de queda para captura de besouros escarabeídeos no intuito de avaliarem, respectivamente, a eficiência de técnicas de coleta em áreas de Cerrado, a invasão destes besouros em Savana intra-amazônica e o levantamento da fauna de escarabeídeos em área com prática pecuária associada aos Campos sulinos.

Para formigas a adaptação de armadilhas de queda com iscas atrativas também é utilizada. Soares & Schoereder (2003) aplicaram armadilhas de queda com iscas de sardinha e mel para avaliação da influência do gradiente altitudinal em área de Mata Atlântica mineira sobre a riqueza de espécies. Fonseca & Diel (2004) adaptaram as armadilhas de queda com iscas de sardinha em seu interior para descrever as comunidades de formigas de solo em povoamento de eucalipto em restingas do Rio Grande do Sul. Em remanescentes florestais atlânticos da região Sul-Fluminense, Schütte *et al.* (2007) utilizaram armadilhas de queda adaptadas com iscas de sardinha instaladas no solo e na copa das árvores para levantamento de fauna de região insular.

Os trabalhos acima, apesar de não apresentarem análises comparativas entre as armadilhas de queda adaptadas e tradicionais, obtiveram resultados interessantes, podendo avaliar tanto o declínio da riqueza com o aumento da altitude, a comunidade em áreas modificadas com monocultura, quanto o registro de espécies arborícolas que raramente são coletadas no solo. Contudo, para formigas, apenas o estudo de Schütte *et al.* (2007) analisou comparativamente o parâmetro diversidade, sugerindo que entre períodos de coleta a diversidade é muito semelhante.

Em cada fisionomia, o parâmetro diversidade de espécies registrada pelas armadilhas de queda adaptadas foi menor que a tradicional para os dois grupos da formicifauna. Vale ressaltar novamente que os valores de diversidade para Vargas *et al.* (2007) estão compostos por dados referentes a duas expedições em campo, influenciando os valores para este parâmetro. Mesmo assim, entre fisionomias, os índices indicaram maior diversidade na área heterogênea (FCA), corroborando os resultados encontrados por Vargas *et al.* (2007).

Neste caso, fatores ecológicos foram relacionados às variações na riqueza e na abundância, influenciando a diversidade de espécies, principalmente quando há diferença na complexidade estrutural do ambiente (Lassau & Hochuli, 2004). A formação diferenciada de serapilheira pode criar micro habitats distintos, permitindo a existência de nichos diversificados e influenciando a composição da comunidade de formigas (Hölldobler & Wilson, 1990; Nakamura *et al.*, 2003; Andersen, 2000).

Para áreas de restinga Vargas *et al.* (2007) observaram que a riqueza, a abundância e a diversidade de espécies estavam relacionadas a ambientes mais heterogêneos e a períodos mais quentes. Segundo estes autores, diferentes graus de termofilia das espécies de formigas e a disponibilidade variada de alimento durante o

ano são fatores que podem afetar positiva ou negativamente as espécies, variando os resultados tanto no tempo quanto no espaço.

Nesta perspectiva, nossos resultados corroboraram a sugestão feita por Sanhudo *et al.* (2009) em seu experimento para captura de formigas Attini em três ambientes amazônicos, também utilizando armadilhas de queda adaptadas com iscas de farinha de casca de laranja. O autor registrou maior frequência de representantes de formigas Attini por armadilha adaptada (gêneros *Acromyrmex*, *Apterostigma*, *Atta*, *Cyphomyrmex*, *Mycetarotes*, *Mycocepurus*, *Myrmicocrypta*, *Sericomyrmex* e *Trachymyrmex*), riqueza e abundância total de espécies.

Contudo, vale ressaltar que ambientes de restinga são estruturalmente diferentes quando comparado a Floresta Amazônica. Apesar disso, foram registrados representantes dos gêneros *Apterostigma*, *Atta*, *Cyphomyrmex* e *Trachymyrmex*, além do gênero *Mycetophylax* o qual corroborara, juntamente com os citados anteriormente, os registros de Cardoso *et al.* (2010) também em ambientes de restinga. Isto se deve provavelmente, pela diferenças no desenho amostral de Sanhudo *et al.* (2009), pois além de serem ambientes totalmente diferentes, propusemos o afastamento para evitar a influências entre os conjuntos de grades com e sem isca atrativa.

4.2 Estrutura da comunidade de formigas coletadas por armadilha de queda adaptada

Os resultados da estrutura da comunidade também sugeriram que há influência das fisionomias sobre a composição das espécies de formigas. A análise gerada pelo ANOSIM e corroborada pelo MDS indicou distinção entre as comunidades de formigas em cada fisionomia. Quando a composição de formigas foi separada em dois grupos menores (Attini e não Attini), as mesmas análises apresentaram valores do R estatístico muito próximos entre estes dois grupos, refletindo o encontrado para a matriz referente à comunidade total.

Este resultados corroboram os estudos de estruturação de comunidade realizado por Cardoso *et al.* (2010) em áreas de restinga catarinense e os registros de Vargas *et al.*, (2007) para restinga fluminense. Para estes autores, fatores bióticos, mas principalmente a heterogeneidade ambiental são os responsáveis pela composição e estruturação da comunidade de insetos, em especial a comunidade de formigas de serapilheira.

A Restinga da Marambaia é formada por composições florísticas diversificadas, variando desde formação herbácea até aquelas com características florestais (Menezes & Araujo, 2005), influenciando diretamente a formação e estruturação da serapilheira. Para Andersen (2000), a variação na composição de espécies de formigas está relacionada à estrutura apresentada pela serapilheira, como refúgios contra predadores, locais para nidificação e micro climas apropriados.

Como exemplo, o gênero *Odontomachus* foi o que mais contribuiu para a dissimilaridade entre as fisionomias estudadas, tanto na matriz da comunidade total quanto na matriz de não Attini. Este gênero também foi um dos que apresentou maior ocorrência nos registros de Vargas *et al.* (2007) e maior contribuição percentual para Cardoso *et al.* (2010) nas áreas mais heterogêneas analisadas por estes autores. Conforme sugerido por Gonçalves & Mayhé-Nunes (1984), formigas desse gênero tem hábito de nidificar próximo a bromélias que são mais frequentes nas áreas florestais da Restinga da Marambaia (Menezes & Araujo, 2005). Em contrapartida, *Trachymyrmex iheringi* e as espécies de *Mycetophylax* ocorreram apenas na fisionomia mais homogênea (HFCA), sendo apenas a primeira espécie registrada por Vargas *et al.* (2007).

Outro registro muito similar ao de Cardoso *et al.* (2010) foram os gêneros *Hypoponera*, *Gnamptogenys*, *Cyphomyrmex* e parte de *Trachymyrmex*. De acordo com os autores, os dois primeiros gêneros têm hábitos especializados de forrageamento, nidificação e colônias pequenas. Os dois últimos utilizam material orgânico, fezes e animais em decomposição para o cultivo de fungo do qual se alimentam, necessitando assim de ambientes com características específicas, como a qualidade da serapilheira para suprirem estas demandas (Perfecto & Vandermeer, 2004).

De modo consensual, as discussões sugerem a associação tanto de fatores bióticos, como competição interespecífica, devido à partição de nichos e/ou competição por recursos (Soares *et al.*, 2001; Ribas & Schoederer, 2002; Andersen, 2008; Silva & Brandão, 2010), como de abióticos, tais como a topografia, a heterogeneidade ambiental e a complexidade vegetacional, mas principalmente a profundidade da serapilheira como preponderante para a composição e estruturação da comunidade de formicídeos (Hölldobler & Wilson, 1990; Andersen, 2000; Nakamura *et al.*, 2003; Vargas *et al.*, 2007).

Sugerimos a verificação da influencia dos fatores de micro habitat (como a serapilheira) sobre a abundância das espécies de formigas. Como a serapilheira é um

componente ambiental fadado a decomposição e, por conseqüência, diretamente relacionada ao retorno de nutrientes ao solo (Coutinho, 1984; Farji-Brener & Silva, 1995), seria relevante verificar também a relação entre macro-nutrientes do solo e a abundancia da formicifauna de serapilheira de restinga.

Como conclusão, as armadilhas de queda adaptadas para captura de formigas Attini se mostraram eficientes, coletando inclusive gêneros que não haviam sido coletados pelas tradicionais. Tanto a composição de Attini quanto as não Attini refletiram o padrão encontrado para a comunidade total. A aplicação é possível e os dados obtidos podem ser utilizados para análises ecológicas, mas vale ressaltar que para as armadilhas adaptadas, o custo e o tempo de instalação no campo são maiores quando comparado as tradicionais. Havendo necessidade de estudos específicos sobre a tribo Attini ou a necessidade de aplicação associada de técnicas de coleta (Parr & Chown, 2001; Olson, 1991), a armadilha de queda adaptada pode ser uma boa opção para o aumento de novos registros de espécies (Veiga-Ferreira *et al.*, 2010), contribuindo ainda para o aumento do acervo e da representatividade de coleções científicas como a Coleção Entomológica Costa Lima (CECL) da UFRuralRJ (Araujo *et al.*, 2009).

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOSTI, D.; MAJER, J. D.; ALONSO, L. E. & SCHULTZ, T. R. Ants: standard (Hymenoptera: Formicidae) methods for measuring and monitoring biodiversity. Smithsonian Institution Press. Washington, 280 p. 2000.

ARAÚJO, M. S.; MAYHÉ-NUNES, A. J. & QUEIROZ, J. M. Diversidade de formigas do estado do Rio de Janeiro (Hymenoptera: Formicidae) *Biológico*, v. 69, suplemento 2, p. 285-287. XVIII Simpósio de Mirmecologia. 2009.

ARAUJO, M. S.; DELLA LUCIA, T. M. C. & MAYHÉ-NUNES, A. J. Levantamento de Attini (Hymenoptera. Formicidae) em povoamento de Eucalyptus na região de Paraopeba. Minas Gerais. Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, v. 22, n. 2, p. 323-328. 1997.

ANDERSEN, A. N. A global ecology of rain forest ants: Functional groups in relation to environmental stress and disturbance. p. 25 - 34. *In*: AGOSTI, D.; MAJER, J. D.; ALONSO, L. E. & SCHULTZ, T. R. (eds.). Ants: Standard methods for measuring and monitoring biodiversity. Smithsonian Institutions Press. Washington, 280 p. 2000.

ANDERSEN, A. N. Not enough niches: non-equilibrial processes promoting species coexistence in diverse ant communities. *Austral Ecology*, v. 33, p. 211-220. 2008.

BARBER, H. Traps for cave inhabiting insects. *Journal of the Elisha Mitchell Scientific Society*, v. 46, p. 259-266. 1931.

BOLTON, B. Identification Guide to the Ant Genera of the World. Harvard University Press. London, 222 p. 1994.

BOLTON, B. Synopsis and classification of Formicidae. *Memoirs of the American Entomological Institute*, v. 71, p. 1 - 370. 2003.

BROWN, K. S. Diversity, disturbance and sustainable use of Neotropical forests: insects as indicators for conservation monitoring. *Journal of Insect Conservation*, v. 1, p. 1 - 18. 1997.

BRUHL, C. A.; MOHAMED, M. & LINSENMAISR, K. E. Altitudinal distribution of leaf litter ants along a transect in primary forest in Mount Kinabalu. Sabah. Maysia. *Journal of Tropical Ecology*, v. 15, n. 3, p. 265-277. 1998.

CARDOSO, D. C.; SOBRINHO, T. G. & SCHOEREDER, J. H. Ant community composition and its relationship with phytophysionomies in a Brazilian Restinga. *Insectes Sociaux*, v. 57, n. 3, p. 293-301. 2010.

CLARKE, K. R. Nonparametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology*, v. 18, p. 117-143. 1993.

CLARKE, K. R. & GREEN, R. H. Statistical design and analysis for a biological effects study. *Marine Ecology Progress Series*, v. 46, p. 213-226. 1988.

CLARKE, K. R. & GORLEY, R. N. Getting started with PRIMER v5: User Manual/Tutorial. Primer E. Plymouth. 2001.

CLARKE, K. R.; WARWICK, R. M. Change in Marine Communities. An Approach to Statistical Analysis and Interpretation. Plymouth Marine Laboratory. Plymouth, 859p. 2005

COUTINHO, L. M. Aspectos ecológicos da saúva no cerrado – A saúva, as queimadas e sua possível relação na ciclagem de nutrientes minerais. *Boletim de Zoologia da Universidade de São Paulo*, v. 8, p. 1-9. 1984.

DELABIE, J. H. C.; AGOSTI, D. & NACIMEJNTO, I. C. Litter ant communities of the Brazilian Atlantic rain forest region. *In*: AGOSTI, D., MAJER, J. D., ALONSO, L. T., SCHULTZ, T. R. (eds). Sampling ground-dwelling ants: case studies from the world's rain forests. Perth. Australia. Curtin University School of Environmental Biology. Bulletin, v. 18, p. 01 - 17. 2000.

DEL-CLARO, K. Multitrophic Relationships. Conditional Mutualisms. and the Study of Interaction Biodiversity in Tropical Savannas . *Neotropical Entomology*, v. 33, n. 6, p. 665-672. 2004.

FARJI-BRENER, A. G. & SILVA, J. F. Leaf-cutting ants and forest groves in a tropical parkland savanna of Venezuela: Facilitated succession? *Journal of Tropical Ecology*, v. 11, p. 651-669. 1995.

FONSECA, R. C. & DIEHL, E. Riqueza de formigas (Hymenoptera. Formicidae) epigéicas em povoamentos de *Eucalyptus* spp. (Myrtaceae) de diferentes idades no Rio Grande do Sul. Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia*, v. 48, n. 1, p. 95-100. 2004.

FOWLER, H. G.; FORTI, L. C.; BRANDÃO, C. R. F.; DELABIE, J. H. C.; VASCONCELOS, H. L. Ecologia nutricional de formigas. p. 131-223. *In*: PANIZZU, A.R. & PARRA, J. R. P. (Eds.). *Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas*. São Paulo: Manole, 359p. 1991.

GONÇALVES, C. R. & MAYHÉ-NUNES, A. J. M. Formigas das praias e restingas do Brasil. p.373-378. *In*: L. D. LACERDA; D. S. D. ARAÚJO; R. CERQUEIRA & B. TUREQ (Orgs.). *Restingas: Origem estrutura e processos*. CEUFF. Niterói, 475p. 1984.

HAMMER, Ø., HARPER, D. A. T., & RYAN, P. D. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, v. 4, n. 1, 2001.

HÖLLDOBLER, B. & WILSON, E. O. *The ants*. Cambridge: Harvard University Press, 732p. 1990.

LASSAU, S. A. & HOCHULI, D. F. Effects of habitat complexity on ant assemblages. *Ecography*, v. 27, p. 157 - 164. 2004.

LEAL, I. R. Dispersão de Sementes por Formigas. p. 593-624. *In*: Leal, I. R.; Tabarelli, M. & Silva, J. M. C. Ecologia e Conservação da Caatinga. Recife. Ed. Univ. UFPE, 822p. 2003.

LONGINO, J. T.; CODDINGTON, J.; COLWELL, R. K. The ant fauna of a tropical rain forest: estimating species richness tree different ways. *Ecology*, v. 83, n. 3, p. 689-702. 2002.

MAGURRAN, A. D. Ecological diversity and it's measurement. London: Croom Helm, 179p. 1988.

MATAVELLI, R. A. & LOUZADA, J. N. C. Invasão de áreas de savana intra-amazônicas por *Digitonthophagus gazella* (Fabricius. 1787) (Insecta: Coleoptera: Scarabaeidae). *Acta Amazônica*, v. 38, n. 1, p. 153 – 158. 2008.

MAYHÉ-NUNES, A. J. Filogenia de los Attini (Hym-Formicidae): um aporte al conocimiento de las Hormigas Fungívoras. Tese apresentada à Universidad Simón Bolívar para obtenção de título de Doctor em Ciências Biológicas. Caracas. Venezuela, 274p. 1995.

MENEZES, L. F. T. Caracterização de comunidades vegetais praianas da Restinga de Marambaia – RJ. Dissertação de Mestrado. UFRRJ, 89 p. 1996.

MENEZES, L. F. T. & ARAÚJO, D. S. D. Formações vegetais da Restinga da Marambaia. In *História Natural da Marambaia* (L. F. T. Menezes. A. L. Peixoto & D. S. D. Araujo. orgs.). Editora da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, p.67-120. 2005.

MILHOMEM, M. S.; MELLO, F. Z. V. & DINIZ, I. R. Técnicas de coleta de besouros copronecrófagos no Cerrado. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*. Brasília, v. 38, n. 11, p. 1249-1256. 2003.

NAKAMURA, A.; PROCTOR, H. & CATTERALL, C. P. Using soil and litter arthropods to assess the state of rainforest restoration. *Ecological Management & Restoration*, v. 4, p. 20 - 28. 2003.

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

PALACIO, E. E. & FERNÁNDEZ, F. Claves para las subfamilias y gêneros. pp. 233-260. *In: Fernández F. (ed.). 2003. Introducción a las Hormigas de La región Neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia. 398 p. 2003.*

PARR, C. L. & CHOWN, S. L. Inventory and bioindicator sampling: testing pitfall and Winkler methods with ants in a South African savanna. *Journal of Insect Conservation*, v. 5, p. 27 - 36. 2001.

PERFECTO, I. & VANDERMEER, J. Microclimatic changes and indirect loss of ant diversity in a tropical agroecosystem. *Oecologia*, v. 108, p. 577–582. 1996.

RIBAS, C. R. & SCHOEREDER, J. H. Are all ant mosaics caused by competition? *Oecologia*, v. 131, p. 606–611. 2002.

ROMERO, H. & JAFFE, K. A. comparison of methods for sampling ants (Hymenoptera: Formicidae) in savannas. *Biotropica*, v. 21, n. 4, p. 348 - 352. 1989.

SANHUNDO, C. E. D.; MAYÉ-NUNES, A. J. & HENRIQUES, A. L. Influência da topografia na distribuição de formigas Attini (Hymenoptera: Formicidae) com a utilização de armadilha de solo adaptada em Caxiuanã. p. 505 – 524. *In: LISBOA, P. L. B. (Org.). Caxiuanã: desafios para a conservação de uma Floresta Nacional na Amazônia. MPEG, 672p. 2009.*

SCHÜTTE, M. S.; QUEIROZ, J. M.; MAYHÉ-NUNES, A. J. & PEREIRA, M. P. S. Inventário estruturado de formigas (Hymenoptera. Formicidae) em floresta ombrófila de encosta na ilha da Marambaia. RJ. Iheringia. Série Zoológica. Porto Alegre, v. 97, n. 1, p. 103-110. 2007.

SILVA, R. R. & BRANDÃO, C. R. F. Formigas (Hymenoptera: Formicidae) como indicadores da qualidade ambiental e da biodiversidade de outros invertebrados terrestres. Biotemas, v. 12, n. 2, p. 55-73. 1999.

SILVA, R. R. & BRANDÃO, C. R. F. Morphological patterns and community organization in leaf-litter ant assemblages. Ecological Monographs, v. 80, n. 1, p. 107–124. 2010.

SILVA, P. G.; GARCIA, M. A. R. & VIDAL, M. B. Besouros copro-necrófagos (Coleoptera: Scarabaeidae sensu stricto) do município de Bagé. RS (Bioma Campos Sulinos) Biociências. Porto Alegre, v. 17, n. 1, p. 33-43. 2009.

SILVESTRE, R.; BRANDÃO, C. R. F. & SILVA, R. R. Grupos funcionales de hormigas: el caso de los gremios del Cerrado. p. 13-148. *In*: Fernández F. (ed.). Introducción a las Hormigas de La región Neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá. Colombia, 398 p. 2003.

SOARES, S. M.; SCHOEREDER, J. H. & DESOUZA, O. G. Processes involved in species saturation of ground-dwelling ant communities (Hymenoptera. Formicidae) Austral Ecology, v. 26, p. 187 – 192. 2001.

SOARES, S. M. & SCHOEREDER, J. H. Gradiente Altitudinal de Riqueza de Espécies de Formigas (Hymenoptera. Formicidae). Anais do VI Congresso de Ecologia do Brasil. Fortaleza, p. 281 – 283. 2003.

SPSS. Systat version 10. San Francisco. SPSS Inc., 751p. 2000.

VARGAS, A. B.; MAYHÉ-NUNES, A. J; QUEIROZ, J. M; ORSOLON, G. S. & FOLLY-RAMOS, E. Efeitos de Fatores Ambientais sobre a Mirmecofauna em Comunidade de Restinga no Rio de Janeiro. RJ. Neotropical Entomology, v. 36, n. 1, p. 28-37. 2007.

VASCONCELOS, H. L. Respostas das formigas à fragmentação florestal. Série Técnica IPEF, v. 12, n. 32, p. 95-98. 1998.

VEIGA-FERREIRA, S.; MAYHÉ-NUNES, A. J. & QUEIROZ, J. M. Formigas de serapilheira na Reserva Biológica do Tinguá. Estado do Rio de Janeiro. Brasil (Hymenoptera: Formicidae). Revista Universidade Rural. Série Ciências da Vida. Seropédica. RJ. EDUR, v. 25, p. 49-54. 2005.

VEIGA-FERREIRA, S.; ORSOLON-SOUZA, G. & MAYHÉ-NUNES, A. J. Hymenoptera. Formicidae Latreille. 1809: New records for Atlantic Forest in the state of Rio de Janeiro. Check List, v. 6, n. 3, p. 442-444. 2010.

WANG, C.; STRAZANAC, J. & BUTLER, L. A comparison of Pitfall Traps with Bait Traps for studying leaf litter ant communities. Journal Economic Entomology, v. 94, n. 3, p. 761 - 765. 2001.

WILKINSON, L. SYSTAT: the system for statistics. Evanson: SYSTAT, 676p. 1990.

CAPÍTULO 4

RELAÇÃO ENTRE A COMPOSIÇÃO DE FORMIGAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE), MICROHABITAT E MACRONUTRIENTES DO SOLO NA RESTINGA DA MARAMBAIA, RIO DE JANEIRO

RESUMO

Ambientes de restinga são reconhecidamente frágeis por apresentarem solos predominantemente arenosos, pobres em nutrientes e em argila. A retirada da fauna e flora afeta diretamente os mecanismos de ciclagem de nutrientes e, por consequência, negativamente a manutenção dos equilíbrios ecológicos e biológicos nestes ambientes. Poucos trabalhos verificaram as relações da fauna de invertebrados com fatores de microhabitat ou com macronutrientes do solo de restinga. A utilização de formigas em estudos e análises ambientais está relacionada à capacidade das espécies em utilizarem seus nichos de formas trófica, espacial e temporalmente diferenciadas. A Restinga da Marambaia ainda possui características naturais preservada sendo uma área relevante para o conhecimento faunístico e florístico. Nestas condições, torna-se relevante o estudo das relações das formicifauna com fatores ambientais e nutricionais do solo. Objetivamos relacionar a fauna de formigas coletadas por extratores de Winkler a fatores de microhabitat mais comumente utilizados na literatura, e também aos macronutrientes do solo para verificar possíveis relações através de Análise Canônica. Os quatro fatores incluídos na análise (profundidade de serapilheira, umidade e temperatura do solo e luminosidade), explicaram 70,3% do total da matriz de espécies. Os seis macronutrientes (cálcio, magnésio, fósforo, potássio, nitrogênio e carbono), explicaram 53,7% do total da matriz de espécies. A profundidade de serapilheira e o carbono foram os fatores mais significativos de acordo com a Análise Canônica. Os resultados indicaram relevante interação entre formigas e fatores de microhabitat e macronutrientes do solo. Neste caso, pode-se sugerir o papel essencial das formigas na redistribuição de materiais orgânicos, na síntese e reciclagem biológicas de nutrientes e seus efeitos nas propriedades dos solos, podendo desenvolver regiões de maior fertilidade em diversos ecossistemas neotropicais, incluindo ambientes florestais de restinga como observado na Restinga da Marambaia.

Palavras chave: Análise Canônica, profundidade de serapilheira, carbono, formicifauna.

ABSTRACT

Restingas are recognizable as fragile environments due to present predominantly sandy soils, poor in nutrients and clay. Loss fauna and flora affect directly nutrients cycling mechanism and, consequently, negatively the maintenance of ecological and biological equilibrium on these environments. Few studies verified relations of leaf-litter invertebrate fauna with microhabitat factors and soil macronutrients on restinga. The use of ants in studies and environmental analysis is related to the species' ability to use their niches in trophic, spatial and temporal different ways. Restinga da Marambaia still preserved natural features been a relevant area to faunal and floristic comprehension. Accordingly, it becomes relevant studies of relations of formicifauna with environmental factors and soil nutrient. We aimed to relate ant fauna collected by Winkler extractor to microhabitat factors most commonly used in scientific literature, and also to soil macronutrients to verify possible relationships. Four factors (leaf-litter depth, soil moisture and temperature and luminosity) included in the analysis accounted for 70.3% of total species matrix. The six macronutrients (calcium, magnesium, phosphorus, potassium, nitrogen and carbon) included in the analysis accounted for 53.7% of total species matrix. Leaf-litter depth and carbon were the most significant factors according to the Canonical Analysis. The results indicated significant interaction between ants and microhabitat factors and soil macronutrients. In this case, it can be suggested the essential role of ants in redistribution of organic material, in synthesis and biological recycling of nutrients and their effects on soil properties, developing areas of higher fertility in several Neotropical ecosystems, including forested environment as observed at Restinga da Marambaia.

Keywords: Canonical analysis, carbon, leaf-litter depth, formicifauna.

1 INTRODUÇÃO

Devido à localização privilegiada na costa fluminense, as restingas do Estado do Rio de Janeiro vêm sofrendo degradação, considerável alteração da paisagem e perda do ecossistema propriamente dito, principalmente pelo desmatamento (Rocha *et al.*, 2007). Ainda segundo os autores, restam 58,2% das áreas originais de restinga e, por cobrirem extensas regiões da costa brasileira, apresentam comparativamente maior densidade humana contrastando com os poucos estudos ecológicos e biológicos realizados.

Isto leva a percepção da fragilidade deste ecossistema, uma vez que as restingas apresentam solos predominantemente arenosos, pobres em nutrientes e em argila (Soares, 1984; Araújo & Lacerda, 1987). A retirada da fauna e flora afeta diretamente os mecanismos de ciclagem de nutrientes e, por consequência, negativamente a manutenção dos equilíbrios ecológicos e biológicos nestes ambientes (Giller, 1996). Para Delitti (1984), a diferença entre os ecossistemas está na eficiência de utilização dos nutrientes para a produção de biomassa vegetal e a relação entre ciclagem de nutrientes e o fluxo de energia no compartimento da serapilheira é condicionante da capacidade de produção dos ecossistemas.

Somente nas duas últimas décadas, as restingas tem sido alvo de estudos mais sistematizados, sobretudo em levantamentos faunísticos e florísticos. Alguns exemplos de estudos sobre a fauna de restinga podem ser encontrados em: Almeida & Araújo (1997) para flutuação populacional de insetos; Macedo *et al.* (2004) para besouros fitófagos; Monteiro *et al.* (2004a,b) para levantamento de mariposas e borboletas e diversidade de galhas; Carvalho-e-Silva *et al.* (2000) para ecologia de anfíbios; Sluys *et al.* (2004) para composição e história natural de anfíbios; Reis & Gonzaga (2000) e Alves *et al.* (2004) para levantamento de avifauna; Rocha *et al.*, (2001; 2004) para biogeografia e comunidade de répteis; Bergallo *et al.* (2004) e Cerqueira, (2000) para ecologia de mamíferos. Para a flora de restingas pode ser encontrada em: Dias (2005) para estrutura de estrato lenhoso de comunidades arbustivas. Daniel-Bertlin (2006) para florística e fitossociologia de vegetação herbáceo-arbustiva fechada de cordão arenoso; Pimentel *et al.* (2007) variação espacial e estrutura florística; Souza *et al.* (2007) para Myrtacea e Sommer *et al.* (2009) para levantamento de Sapindacea.

Poucos trabalhos verificaram as relações da fauna de invertebrados com fatores de microhabitat (Vargas *et al.*, 2007; Cardoso *et al.*, 2010), ou entre macronutrientes do solo de restinga. A utilização de formigas em estudos e análises ambientais está

relacionada à capacidade das espécies em utilizarem seus nichos de formas diferenciadas, trófica, espacial e temporalmente (Silvestre *et al.*, 2003, Silva & Brandão, 2010). Mais especificamente, as formigas apresentam alta diversidade de espécies e biomassa, permitindo desempenharem funções importantes nestes diferentes ecossistemas como, dispersão (Leal, 2002; 2003) e predação de sementes (Levey & Byrne, 1993), relações interespecíficas como homópteros (Del-Claro, 2004), fungos simbióticos (Gonçalves & Mayhé-Nunes, 1984), herbivoria (Wirth *et al.*, 2003) e ciclagem de nutrientes (Coutinho, 1984; Farji-Brener & Silva, 1995).

A Restinga da Marambaia, ainda possui características naturais preservada sendo uma área relevante para o conhecimento faunístico, florístico, para manutenção da biodiversidade e como uma possível fonte de estoque para futuros repovoamentos. Nestas condições, torna-se relevante o estudo das relações das formicifauna com fatores ambientais e nutricionais do solo. Neste trabalho objetivamos relacionar a fauna de formigas coletada com extratores de Winkler a fatores de microhabitat mais comumente utilizados na literatura, e também aos macronutrientes do solo para verificar possíveis relações.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

Localizada no estado do Rio de Janeiro, a Restinga da Marambaia (23° 01' S e 23° 06' S; 43° 33' W e 44° 01' W) estende-se também pelos municípios de Itaguaí e Mangaratiba. Seu clima enquadra-se segundo a classificação de Köppen como macroclima do tipo AW- clima tropical chuvoso, tendo temperatura média anual de 23,6°C, sendo de fevereiro o mês mais quente, com temperatura média de 26,7°C, e julho o mais frio, com média de 21°C. A média anual de precipitação é de 1.227,2 mm, sendo agosto o mês mais seco, com média de 47,4 mm, e março o mais chuvoso, com média de 140,6 mm (Menezes, 1996).

Para a análise da fauna de formigas de serapilheira de restinga, optamos pela fisionomia vegetal denominada Floresta de Cordão Arenoso (FCA), segundo Menezes & Araújo (2005). De acordo com estes autores, caracteristicamente, esta fisionomia é heterogênea e apresenta dossel variando de 20 a 30 m de altura com alta densidade de bromélias em seu extrato inferior e maior riqueza de plantas e serapilheira mais profunda quando comparada às outras fisionomias encontradas na Restinga da Marambaia. Neste caso, a escolha da FCA se deve, principalmente, ao levantamento inicial da formicifauna publicado por Vargas *et al.* (2007), que demonstraram maior riqueza de espécies nesta área quando comparada a outras fisionomias da Restinga da Marambaia.

2.2 Coleta da formicifauna

Foram demarcadas duas grades para a coleta da fauna de formigas de serapilheira. Cada grade apresentava três transectos paralelos com cerca de 40 m cada e distantes 10 m entre si, os quais foram esticados aleatoriamente na fisionomia vegetal. Em cada transecto foram delimitados cinco pontos de 1,0 m² de serapilheira, também distantes 10 m entre si, totalizando 30 m² de serapilheira peneirada.

Cada um dos 30 pontos foi peneirado e levado ao Laboratório de Mirmecologia do Instituto de Biologia da UFRuralRJ, para extração da fauna nos extratores de Winkler. Este procedimento foi adaptado a partir de Delabie *et al.* (2000) e realizado no verão e no inverno de 2006.

A escolha pelos extratores de Winkler se deve ao fato de ser uma técnica de coleta utilizada em vários ambientes e tem se mostrado eficiente na amostragem da abundância e da riqueza da comunidade de formigas de serapilheira (Parr & Chown, 2001; Wang *et al.*, 2001), permitindo ainda, novos registros de espécies em diferentes ambientes (Veiga-Ferreira *et al.*, 2010).

2.3 Fatores de microhabitat e macronutrientes do solo

Nos locais demarcados para o peneiramento da serapilheira foram aferidas alguns fatores abióticos para verificarmos uma possível influência sobre a comunidade de formigas da Restinga da Marambaia:

1 - Profundidade de serapilheira (cm) – medida com auxílio de uma régua milimetrada (graduada em centímetros), as medidas foram realizadas em cada canto e no centro da parcela, realizando-se uma média da altura de serapilheira em relação ao solo de cada parcela 1,0 m².

2 – Temperatura (°C) - medida com auxílio de um Termohigrômetro digital, “Termo Meter”. O sensor foi colocado na superfície do solo sempre no meio do ponto de coleta e os valores anotados em planilha de campo.

3 - Umidade do solo (%) – medida com auxílio de um Termohigrômetro digital, “Termo Meter”. O sensor foi colocado na superfície do solo sempre no meio do ponto de coleta e os valores anotados em planilha de campo.

4 – Luminosidade (Lux) - medida com auxílio de luxímetro, marca Mimipa mlm-1010, exposto no solo em cada ponto de coleta de 1,0m² e anotada na planilha de campo.

5 – Macronutrientes do solo – obtidos a partir de amostras de solo coletas em cada um dos 30 pontos marcados após peneiração da serapilheira. A análise foi realizada pela Embrapa-Seropédica e a obtenção dos macronutrientes Cálcio (Ca; cmol Kg⁻¹), Magnésio (Mg; cmol Kg⁻¹), Fósforo (P; mg Kg⁻¹), Potássio (K; mg Kg⁻¹), Nitrogênio (N; %) e Carbono (C; %) encontram-se descritas no “Manual de Métodos de Análise de Solo” (EMBRAPA, 1997).

2.4 Identificação da Fauna de Formigas

Os gêneros foram identificados com base em Bolton (1994) e Palacio & Fernández (2003), as subfamílias de acordo com a proposta de Bolton (2003). Quando possível, as identificações ao nível de espécies foram feitas com auxílio de chaves contidas em revisões taxonômicas e por meio de comparações com exemplares identificados da Coleção Entomológica Ângelo Moreira da Costa Lima (CECL), Instituto de Biologia, UFRuralRJ. Espécimes testemunhas foram tombados nesta Coleção.

2.5 Análise de dados

Análise de Correspondência Canônica (CCA): esta análise foi utilizada para determinar as relações entre fatores abióticos (variáveis de microhabitat e macronutrientes do solo) e as espécies mais abundantes de formigas, através da plotagem destes fatores (bióticos e abióticos) nos dois primeiros eixos de um plano bidimensional.

Para evitar ruídos na análise e uma difícil interpretação dos dados, foram utilizadas somente espécies que contribuíram acima de 0,9% de abundância relativa. Esse método de ordenação é uma técnica multivariada que ajuda a estimar como múltiplas espécies respondem simultaneamente aos fatores ambientais e também podem tornar visíveis algumas sínteses sobre possíveis gradientes ambientais dos dados ecológicos (Ter Braak, 1991).

As variáveis foram ranqueadas pela importância e suas significâncias estatísticas foram testadas usando um teste de permutação de Monte Carlo. As análises foram realizadas usando o software CANOCO 4.5 (Ter Braak, 1994).

Para atender os requisitos de normalidade e homocedasticidade das análises paramétricas, os dados brutos referentes aos fatores abióticos foram convertidos através da transformação logarítmica $\text{Log}_{10}(x + 1)$ e os dados brutos em porcentagens ou proporções foram convertidos através da $\sqrt{x + 1}$, onde x é o valor não transformado.

3 RESULTADOS

3.1 Relações das formigas com variáveis de microhabitat

O fator de microhabitat que teve maior significância com a distribuição das formigas de acordo com a Análise de Correlação Canônica (CCA) foi a profundidade de serapilheira. Correlações entre as espécies e os quatro eixos da ordenação foram mais elevadas para o primeiro (0,64) e segundo eixos (0,56), e menores para o terceiro (0,45) e quarto eixos (0,37). Os quatro fatores (profundidade de serapilheira, umidade e temperatura do solo e luminosidade) incluídos na análise explicaram 70,3% do total da matriz de espécies (Tabela 23).

As ordenações mostrando a distribuição das espécies em relação aos fatores de microhabitat e as quatro estações analisadas estão representadas nas figuras 29 e 30, como determinado pelo CANOCO. Apesar de quatro eixos determinarem as análises, apenas os eixos 1 e 2 foram plotados, pois eles contribuíram cumulativamente com 69,7% da variância explicada.

Anochetus sp 1, *Pheidole* sp 8 e *Wasmannia lutzi* foram as espécies de formigas mais associadas a alta profundidade de serapilheira. *Pyramica denticulata*, *Hypoponera foreli* e *Trachymyrmex* sp 1 (gr. Cornetzi) foram as que mais se associaram a alta luminosidade. *Rogeria* sp 1, *Octostruma rugifera* e *Pheidole* sp 5 apresentaram maior associação a umidade do solo (Figura 29). Em relação às estações do ano, não houve uma separação clara das quatro estações analisadas, contudo, o diagrama sugeriu uma tendência à separação das estações, estando o outono no quadrante superior esquerdo, o inverno no superior direito, o verão no quadrante inferior direito e a primavera no inferior esquerdo (Figura 30).

Tabela 23. Sumário dos resultados da Análise de Correlação Canônica (CCA) sobre a abundância relativa das espécies de formigas e variáveis de microhabitat em Floresta de Cordão Arenoso da Restinga da Marambaia, janeiro e setembro/2006.

	Eixos			
	1	2	3	4
<i>Correlação das variáveis ambientais</i>				
Profundidade de serapilheira	-0,5534	0,0781	-0,1269	0,1496
Temperatura do solo	0,4550	0,1638	-0,2930	-0,0246
Luminosidade	0,0703	-0,3411	-0,1483	0,2677
Umidade do solo	-0,3244	-0,4511	-0,1496	-0,0348
<i>Sumário estatístico para ordenação dos eixos</i>				
Autovalores	0,137	0,104	0,065	0,040
Correlações espécie-ambiente	0,643	0,569	0,457	0,370
<i>Porcentagem cumulativa da variância</i>				
Dos dados das espécies	1,9	3,4	4,3	4,9
Das correlações espécie-ambiente	39,6	69,7	88,5	100,0
Soma dos autovalores				7,037
Soma dos autovalores canônicos				0,345

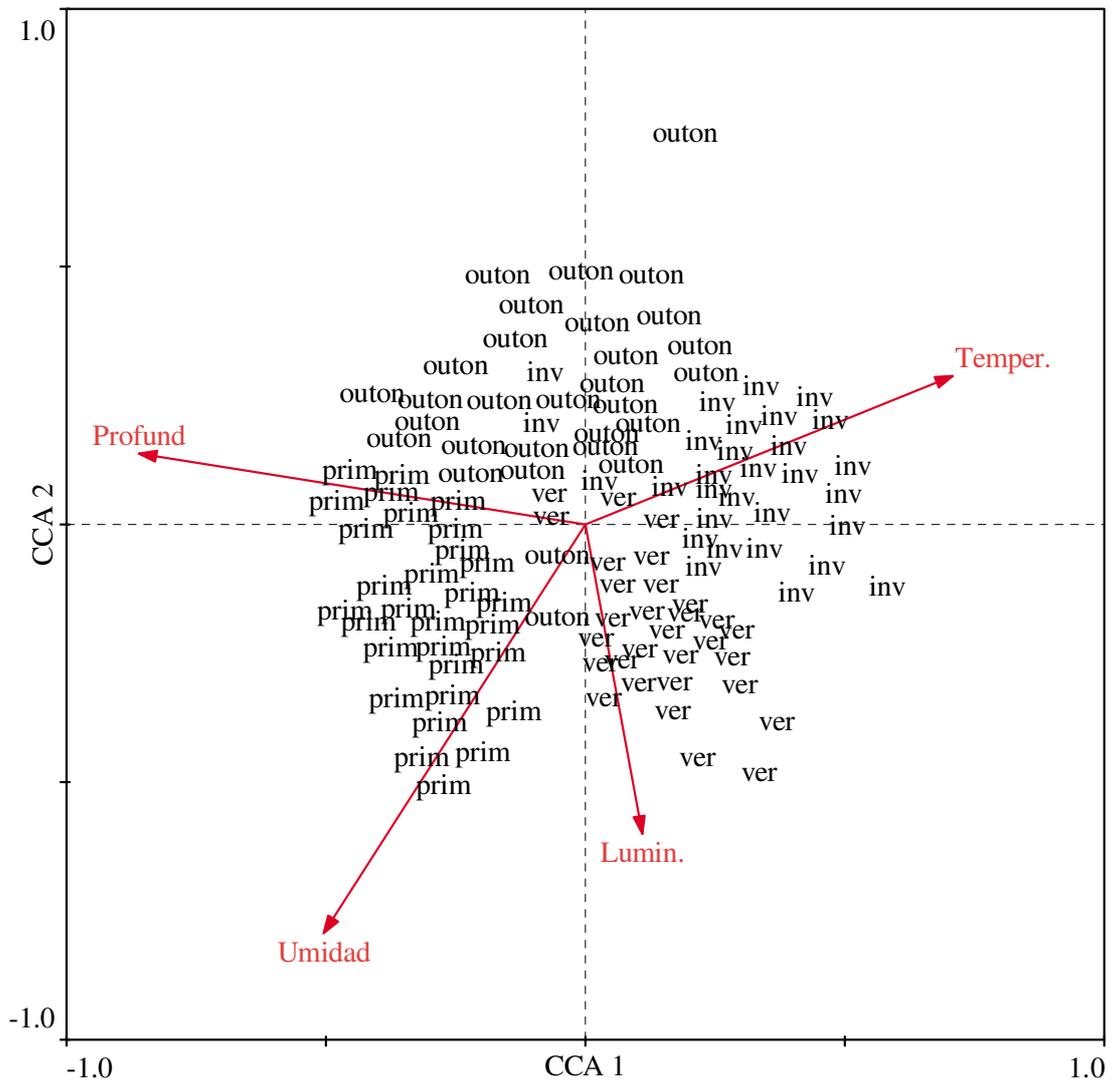


Figura 30. Diagrama de Ordenação de Análise de Correspondência Canônica (CCA), com amostras codificadas por estação do ano e as variáveis de microhabitat (representadas por vetores) em Floresta de Cordão Arenoso da Restinga da Marambaia/2006. Umidade: Umidade da serapilheira, Temper: Temperatura do solo, Lumin: Luminosidade, Profund: Profundidade da serapilheira. ver: Verão, outon: Outono, inv: Inverno e prim: Primavera.

3.2 Relações das formigas com macronutrientes do solo

O macronutriente do solo que tiveram maior significância com a distribuição das formigas, de acordo com a Análise de Correlação Canônica (CCA), foi o Carbono. Correlações entre as espécies e os quatro eixos da ordenação foram mais elevadas para o primeiro (0,68) e segundo eixos (0,61), e menores para o terceiro (0,51) e quarto eixos (0,51). Os seis fatores incluídos na análise explicaram 53,7% do total da matriz de espécies (Tabela 24).

As ordenações mostrando a distribuição das espécies em relação aos macronutrientes do solo e as duas estações analisadas estão representadas nas figuras 31 e 32, como determinado pelo CANOCO. Apesar de quatro eixos determinarem as análises, apenas os eixos 1 e 2 foram plotados, pois eles contribuíram cumulativamente com 65,3% da variância explicada.

Apterostigma sp 2, *Nylanderia* sp 1, *Apterostigma* sp 1, *Gnamptogenys* sp 1, *Pyramica denticulata*, *Hypoponera* sp 1 foram associadas ao Cálcio. *Megalomyrmex goeldii*, *Solenopsis* sp 1 *Hypoponera foreli* ao Fósforo. *Wasmannia lutzii* e *Rogeria* sp 1 ao Potássio. *Carebarella bicolor* e *Cyphomyrmex* sp 1 (gr. *Rimosus*) ao Carbono. *Trachymyrmex* sp 1 (gr. *Cornetzi*), *Hypoconerops* sp 2 e *Octostruma rugifera* foram associadas ao Nitrogênio (Figura 31). Em relação às estações do ano, não houve isolamento das duas estações analisadas, porém a maior parte das amostras de verão se concentrou nos quadrante inferior e superior esquerdo e as do inverno nos quadrantes superior e inferior direito (Figura 32).

Tabela 24. Sumário dos resultados da Análise de Correlação Canônica (CCA) sobre a abundância das espécies de formigas e dos macronutrientes do solo em Floresta de Cordão Arenoso da Restinga da Marambaia, janeiro e setembro/2006.

	Eixos			
	1	2	3	4
<i>Correlação das variáveis do solo</i>				
Cálcio (Ca)	-0,1890	0,1482	0,1442	0,2111
Magnésio (Mg)	-0,0745	-0,0042	0,3073	0,3727
Fósforo (P)	0,0575	0,2182	0,3787	0,1907
Potássio (K)	0,3016	0,2167	0,2175	0,3137
Nitrogênio (N)	0,1549	-0,2204	-0,1850	0,1973
Carbono (C)	0,4638	-0,3143	0,1426	-0,2165
<i>Sumário estatístico para ordenação dos eixos</i>				
Autovalores	0,278	0,192	0,104	0,071
Correlações espécie-ambiente	0,687	0,612	0,510	0,517
<i>Porcentagem cumulativa da variância</i>				
Dos dados das espécies	5,2	8,8	10,7	12,0
Das correlações espécie-ambiente	38,6	65,3	79,7	89,6
Soma dos autovalores				5,371
Soma dos autovalores canônicos				0,720

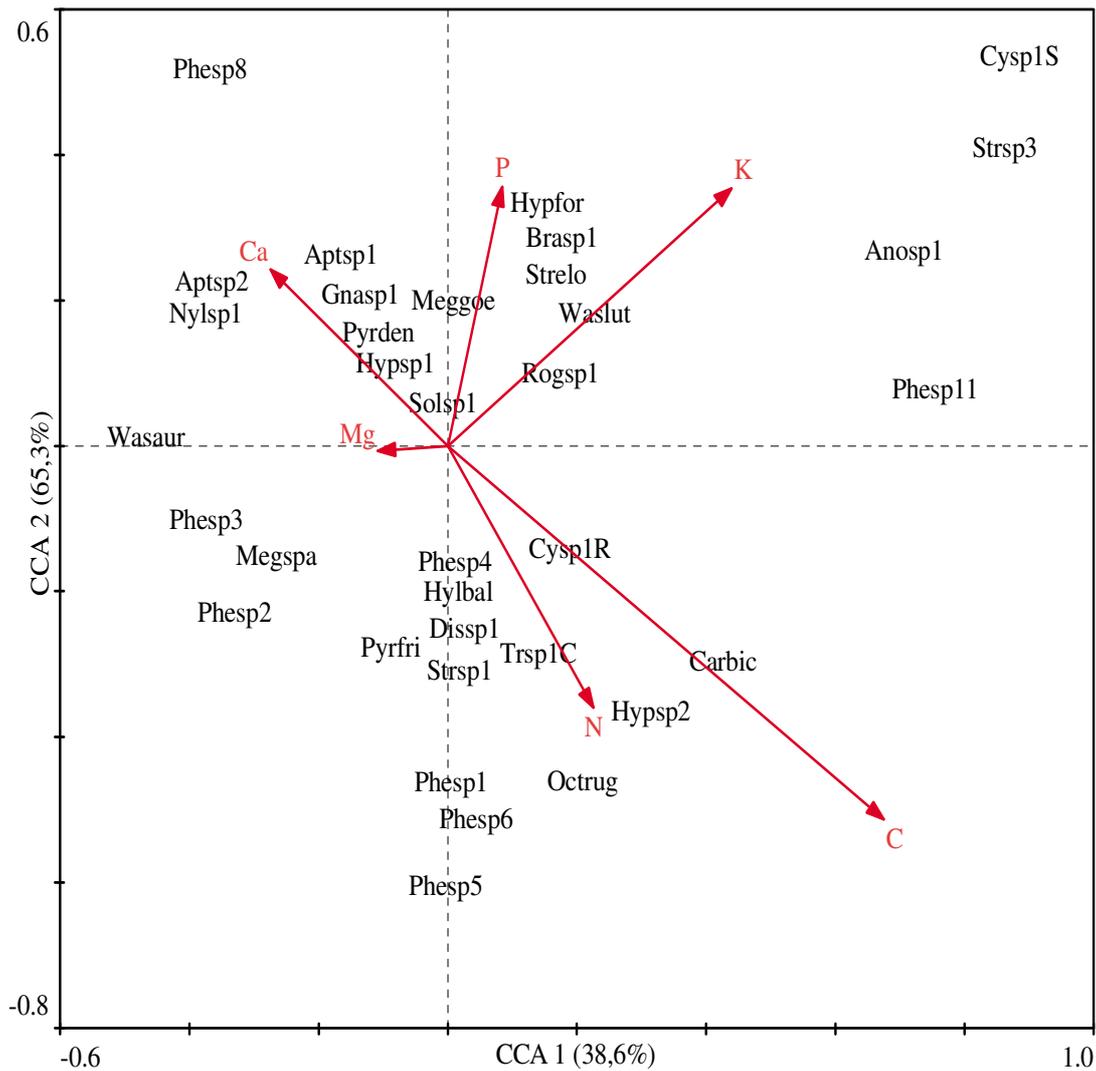


Figura 31. Diagrama de Ordenação de Análise de Correspondência Canônica (CCA), incluindo as espécies de formigas e os macronutrientes do solo (representados por vetores) em Floresta de Cordão Arenoso da Restinga da Marambaia/2006. Ca: Cálcio; C: Carbono; K: Potássio; Mg: Magnésio; N: Nitrogênio; P: Fósforo. Espécies codificadas: Anosp1: *Anochetus* sp 1; Aptsp1: *Apterostigma* sp 1; Aptsp2: *Apterostigma* sp 2; Brasp1: *Brachymyrmex* sp 1; Carbic: *Carebarella bicolor*; Cysp1R: *Cyphomyrmex* sp 1 (gr. *Rimosus*); Cysp1S: *Cyphomyrmex* sp 1 (gr. *Strigatus*); Dissp1: *Discothyrea* sp 1; Gnasp1: *Gnamptogenys* sp 1; Hylbal: *Hylomyrma balzani*; Hypfor: *Hypoconerops foreli*; Hypsp1: *Hypoconerops* sp 1; Hypsp2: *Hypoconerops* sp 2; Meggoe: *Megalomyrmex goeldii*; Megspa: *Megalomyrmex* sp A; Nylsp1: *Nylanderia* sp 1; Octrug: *Octostruma rugifera*; Phesp1: *Pheidole* sp 1; Phesp11: *Pheidole* sp 11; Phesp2: *Pheidole* sp 2; Phesp3: *Pheidole* sp 3; Phesp4: *Pheidole* sp 4; Phesp5: *Pheidole* sp 5; Phesp6: *Pheidole* sp 6; Phesp8: *Pheidole* sp 8; Pyrden: *Pyramica denticulata*; Pyrfri: *Pyramica fridericimuelleri*; Rogsp1: *Rogeria* sp 1; Solsp1: *Solenopsis* sp 1; Strelo: *Strumigenys elongata*; Strsp1: *Strumigenys* sp 1; Strsp3: *Strumigenys* sp 3; Trsp1C: *Trachymyrmex* sp 1 (gr. *Cornetzi*); Wasaur: *Wasmannia auropunctata*; Waslut: *Wasmannia lutzi*.

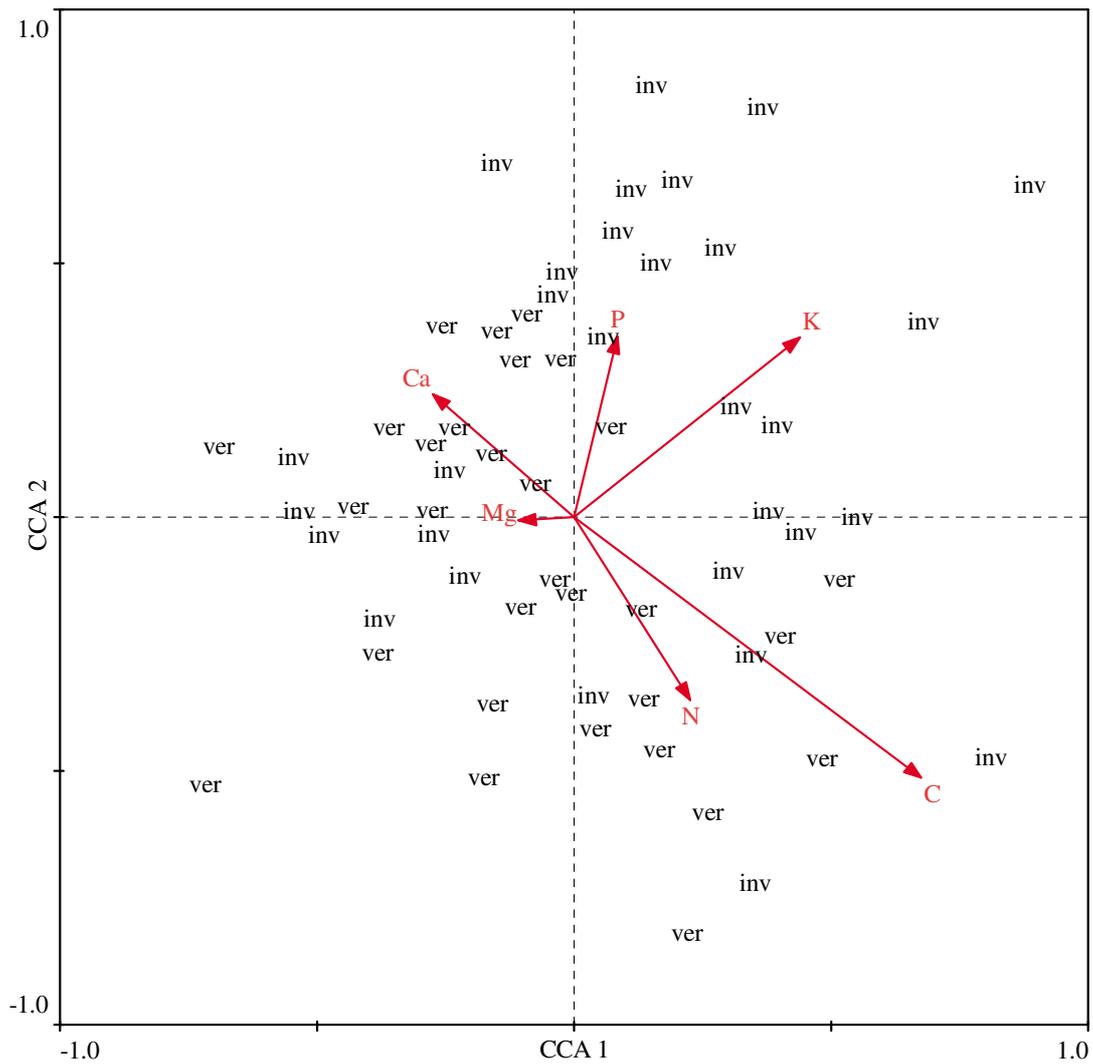


Figura 32. Diagrama de Ordenação de Análise de Correspondência Canônica (CCA), com amostras codificadas por estação do ano e os macronutrientes do solo (representados por vetores) em Floresta de Cordão Arenoso da Restinga da Marambaia, para o verão e inverno/2006. Ca: Cálcio, C: Carbono, P: Fósforo, Mg: Magnésio, N: Nitrogênio e K: Potássio. ver: Verão e inv: Inverno.

4 DISCUSSÃO

A comunidade de formigas e suas relações com fatores de microhabitat vêm sendo estudada por muitos autores em diferentes ecossistemas como Mata Atlântica (Delabie *et al.*, 2000; Silva & Brandão, 2010), Cerrado, (Silvestre *et al.*, 2003), Caatinga (Leal, 2003), Amazônia (Vasconcelos, 1999 a, b; 2003) assim como os estudos de Farji-Brener & Silva (1995) para ambientes venezuelanos e Andersen (2000) e Lassau & Hochuli (2004) para os australianos. Apenas com poucos exemplos, pode-se perceber a plasticidade de adaptação das formigas a diferentes ambientes e as múltiplas funções e interações ecológicas que esses insetos podem desempenhar (Del-Claro, 2004; Corrêa *et al.*, 2006).

Nesta perspectiva, nossos resultados corroboraram investigações prévias sobre a relação positiva entre a composição de formigas e a profundidade de serapilheira em ambiente de restinga (Vargas *et al.*, 2007). A Análise de Correlação Canônica apresentou valores significativos para este fator de microhabitat, que por sua vez, já foi registrado por outros estudos como sendo um fator preponderante para o aumento da riqueza de espécies de formigas (Nakamura *et al.*, 2003; Andersen 2000). Para estes autores, o fato de a serapilheira ser mais profunda pode permitir maior variedade de nichos a serem explorado, ampliando locais para nidificação e oferta de alimentos, além de um micro clima mais apropriado a um maior número de espécies.

Apesar de os outros fatores não terem apresentado valores significativos na Análise de Correlação Canônica, a temperatura e a umidade do solo são mais relevantes para a dinâmica da estrutura das comunidades de formigas quando comparado à luminosidade. De acordo com Hölldobler & Wilson (1990), condições extremas de temperatura e umidade afetam negativamente a maioria das espécies de formigas. Como exemplo, Albuquerque & Diehl (2009) sugeriram que devido à característica termofílica das formigas, baixas temperaturas tendem a limitar o número de espécies, assim um conjunto de temperatura e umidade encontrado em ambientes de grande altitude, determina o baixo número de espécies normalmente registrado nesses ambientes. Para Andersen (2000) e Kaspari *et al.* (2000) o forte efeito estressante das baixas temperaturas sobre a comunidade de formigas e sobre a redução da riqueza das espécies. Por outro lado, a luminosidade pode ser um fator ambiental determinante na diversidade e composição de espécies de alguns grupos de insetos, mas em relação a nossos

resultados não foi um fator preponderante para a abundância da comunidade de formigas analisada (Brown, 1997).

Outro fator relevante para a distribuição das formigas está relacionado a variações temporais. Apesar de não termos analisado a comunidade de formigas da restinga da Marambaia sob uma escala temporal, nossos resultados sugerem, embora não muito explicitamente, uma tendência a separação temporal na abundância das espécies de formigas. Segundo Wolda (1978) e Levings (1983), pequenas variações de pluviosidade podem promover mudanças nos ciclos reprodutivos de insetos tropicais devido a alterações na disponibilidade de recursos.

Contudo, os estudos sobre comunidades de formigas apontam, não apenas para um, mas para a associação de um conjunto de fatores ambientais que refletem a complexidade estrutural do ambiente (Corrêa *et al.*, 2006). Dessa forma, a heterogeneidade do ambiente pode se devido à deposição temporal e espacial diferenciada da serapilheira (Facelli & Pickett, 1991), que levará a condições também diferenciadas de temperatura, umidade e luminosidade.

Mais especificamente, parece haver uma relação inseparável entre fatores de microhabitat e os macronutrientes do solo. A serapilheira é um habitat considerado complexo e efêmero para muitas espécies de artrópodes e microorganismos, (Kaspari *et al.*, 2000). Porém, existe uma relação intrínseca para a dinâmica ambiental, passando desde sua formação até a ciclagem de nutrientes. A serapilheira que apresenta valor baixo de diversidade de espécies está relacionada a pouca heterogeneidade dos seus elementos constituintes e ao baixo aporte de nutrientes, como em florestas de eucaliptos, por exemplo, (Louzada *et al.*, 1997; Majer & Recher, 1999; Marinho *et al.*, 2002). Por outro lado, em ambientes de florestas tropicais, há produção contínua de serapilheira, sendo sua quantidade e qualidade produzida em épocas diferentes do ano, dependente do tipo de vegetação (Leitão-Filho *et al.* 1993) e normalmente onde se registram maiores valores para riqueza e abundância de espécies de formigas (Vargas *et al.*, 2007; Cardoso *et al.* 2010; Silva & Brandão, 2010).

Igualmente relevante, os nutrientes que retornam ao solo oriundo tanto da quantidade quanto da qualidade da serapilheira, podem refletir a capacidade produtiva e o potencial de recuperação ambiental das espécies vegetais devido, principalmente, as modificações que serão geradas nas características químicas e físicas do solo (Shumacher *et al.*, 2004), uma vez que a serapilheira é principal via de transferência

para o solo, dos nutrientes que foram absorvidos pela vegetação, reiniciando o ciclo. (Gomes *et al.*, 2006).

Para o microhabitat de serapilheira da Restinga da Marambaia o cenário para as relações entre formigas e fatores ambientais é semelhante. O gênero *Pheidole* sempre é o gênero mais representado em número de espécies e de indivíduos em coletas de formigas de serapilheira de áreas florestadas (Vasconcelos, 1999b; Leal, 2002; Bieber *et al.*, 2006), pois está entre os mais amplamente distribuídos e diversos (Hölldobler & Wilson, 1990; Ulloa-Chacon, 2003), dominantes em número de operárias, colônias e biomassa (Fernandéz, 2003; Wilson, 2003) em diferentes ecossistemas (Corrêa *et al.*, 2006). Em nossos resultados este gênero também apresentou abundância comparativamente mais alta e foi aquela com associação a diferentes fatores de microhabitat. Semelhante a Silva & Brandão (2010) e apesar de ter sido associada à luminosidade, também registramos a espécie *Pyramica denticulata* com alta abundância na serapilheira da restinga. De acordo com estes autores, esta espécie é uma das mais freqüentes em ambientes extremantes ricos como a Mata Atlântica, e registrada na maior parte das amostras, provavelmente por ser uma espécie comum de serapilheira.

Para os macronutrientes, grande parte das espécies foi associada ao Cálcio, e poucas ao Carbono apesar de ter sido este nutriente o que apresentou valores significativos. *Cyphomyrmex*, gênero representante da tribo Attini, foi um dos que se associou diretamente ao Carbono. De acordo com Hölldobler & Wilson (1990), pelo fato das espécies desta tribo ter o hábito de utilizarem material de origem vegetal e animal e os transportarem para o interior de suas colônias, tornam-se importantes agentes de acumulação de matéria orgânica no solo por meio de suas câmaras de descarte. Como exemplo, alguns estudos verificaram o aumento da fertilidade do solo (Farji-Brener & Illes, 2000; Moutinho *et al.*, 2003), registrando valores expressivamente altos, podendo a concentração chegar a 80 vezes a mais de macronutrientes no solo do formigueiros em comparação ao mesmo solo em regiões sem influência das formigas (Guerra *et al.*, 2007).

Apesar de não termos avaliado o solo de formigueiros, mas o solo nos pontos de peneiramento da serapilheira, os resultados indicaram relevante interação entre formigas e fatores de microhabitat e entre macronutrientes do solo. Neste caso, pode-se sugerir o papel essencial das formigas na redistribuição de materiais orgânicos, na síntese e reciclagem biológicas de nutrientes e seus efeitos nas propriedades dos solos, podendo desenvolver regiões de maior fertilidade em diversos ecossistemas neotropicais (Nunes

et al., 2001; Guerra *et al.*, 2007), incluindo ambientes florestais de restinga como observado na Restinga da Marambaia.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, E. Z. & DIEHL, E. Análise faunística das formigas epígeas (Hymenoptera, Formicidae) em campo nativo no Planalto das Araucárias, Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Entomologia*, v. 53, n. 3, p. 398–403. 2009.

ALMEIDA, A. L. & ARAUJO, D. S. D. Comunidades vegetais do cordão arenoso externo da Reserva Ecológica Estadual de Jacarepiá, Saquarema, RJ. p. 47-63. *In: ABSALÃO, R. S. & ESTEVES, A. M. (eds.). Ecologia de praias arenosas do litoral brasileiro. Oecologia Brasiliensis*, v. 3 PPGE-UFRJ. Rio de Janeiro. 1997.

ALVES, M. A. S.; STORNI, A.; ALMEIDA, E. M.; GOMES, V. S. M.; OLIVEIRA, C. H. P.; MARQUES, R. V. & VECCHI, M. B. A comunidade de aves na Restinga de Jurubatiba, pp. 199-214. *In: ROCHA, C. F. D.; ESTEVES, F. A. & SCARANO, F. R. (orgs.), Pesquisas de longa duração na Restinga de Jurubatiba; Ecologia, história natural e conservação*, 376p. 2004.

ANDERSEN, A. N. A global ecology of rain forest ants: Functional groups in relation to environmental stress and disturbance, p.25 - 34. *In: AGOSTI, D.; MAJER, J. D.; ALONSO, L. E. & SCHULTZ, T. R. (eds.), Ants: Standard methods for measuring and monitoring biodiversity. Smithsonian Institutions Press, Washington, 280 p. 2000.*

ARAÚJO, D. S. D. & LACERDA, L. D. A natureza das Restingas. *Ciência Hoje*, v. 6, n. 33, p. 42-48. 1987.

BERGALLO, H. G.; MARTINS-HATANO, F.; RAÍCES, D. S. RIBEIRO, T. T. L.; ALVES, A. G.; LUZ, J. L.; MANGOLIN, R. & MELLO, M. A. R. Os mamíferos da restinga de Jurubatiba, pp. 215-230. *In: ROCHA, C. F. D.; ESTEVES, F. A. & SCARANO, F. R. (orgs.), Pesquisas de Longa Duração na Restinga de Jurubatiba; Ecologia, História Natural e Conservação. 376p. 2004.*

BIEBER, A. G. D.; DARRAULT, O. P. G.; RAMOS, C. C.; SILVA, K. K. M. & LEAL, I. R. Formigas, p. 257-275. *In*: PÔRTO, K.; TABARELLI, M. & ALMEIDA-CORTEZ, J. (eds.), Composição, riqueza e diversidade de espécies do Centro de Endemismo Pernambuco. Recife, Editora Universitária da UFPE, 363p. 2006.

BOLTON, B. Identification Guide to the Ant Genera of the World. Harvard University Press, London. 222 p. 1994.

BOLTON, B. Synopsis and classification of Formicidae. *Memoirs of the American Entomological Institute*, v. 71, p. 1 - 370. 2003.

BROWN Jr, K. S. Insetos como rápidos e sensíveis indicadores de uso sustentável de recursos naturais, p. 143-155. *In*: MARTOS, H. L. & MAIA, N. B (org.). Indicadores Ambientais. Sorocaba: PUC / Shell Brasil. 266 p. 1997.

CARDOSO, D. C., SOBRINHO, T. G. & SCHOEREDER, J. H. Ant community composition and its relationship with phytophysiognomies in a Brazilian Restinga. *Insectes Sociaux*, v. 57, n. 3, p. 293-301. 2010.

CARVALHO-E-SILVA, S. P.; IZECKSOHN, E. & CARVALHO-E-SILVA, A. M. P. T. Diversidade e ecologia de anfíbios em restingas do sudeste brasileiro, p. 89-97. *In*: ESTEVES, F. A. & LACERDA, L. D. (eds.), Ecologia de restingas e lagoas costeiras. v. 1, Núcleo de Pesquisas Ecológicas de Macaé (NUPEM/UFRJ), 446p. 2000.

CERQUEIRA, R. Biogeografia das restingas, p.65-75. *In*: Esteves, F. A. & Lacerda, L. D. (eds.), Ecologia de Restingas e Lagoas Costeiras. Núcleo de Pesquisas Ecológicas de Macaé (NUPEM/UFRJ), 446p. 2000.

CORRÊA, M. M., FERNANDES, W. D. & LEAL, I. R. Diversidade de Formigas Epigéicas (Hymenoptera: Formicidae) em Capões do Pantanal Sul Matogrossense: Relações entre Riqueza de Espécies e Complexidade Estrutural da Área. *Neotropical Entomology*, v. 35, n. 6, p. 724-730. 2006.

COUTINHO, L. M. Aspectos ecológicos da saúva no cerrado – A saúva, as queimadas e sua possível relação na ciclagem de nutrientes minerais. Boletim de Zoologia da Universidade de São Paulo, v. 8, p. 1-9. 1984.

DANIEL-BERTLIN, R. Florística e fitossociologia da restinga herbáceo-arbustiva do morro dos conventos, Araranguá. Dissertação de Mestrado, Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC. 67p. 2006.

DELABIE, J. H. C., AGOSTI, D. & NACIMEJNTO, I. C. Litter ant communities of the Brazilian Atlantic rain forest region. In: AGOSTI, D., MAJER, J. D.; ALONSO, L. T.; SCHULTZ, T. R. (eds). Sampling ground-dwelling ants: case studies from the world's rain forests. Perth, Australia, Curtin University School of Environmental Biology. Bulletin. v. 18, p. 01 - 17. 2000.

DEL-CLARO, K. Multitrophic Relationships, Conditional Mutualisms, and the Study of Interaction Biodiversity in Tropical Savannas . Neotropical Entomology, v. 33, n. 6, p. 665-672. 2004.

DELITTI, W. B. C. Aspectos comparativos da ciclagem de nutrientes minerais na mata ciliar, no campo cerrado e na floresta implantada de *Pinus elliotii* Engelm. var. *elliotii* (Mogi-Guaçu, SP). Tese de Doutorado. Instituto de Biociências. Departamento de Ecologia Vegetal. Universidade de São Paulo, São Paulo. 298p. 1984.

DIAS, H. M. Estrutura do estrato lenhoso de uma comunidade arbustiva fechada sobre cordão arenoso na Restinga da Marambaia, RJ. Dissertação de Mestrado. Escola Nacional de Botânica Tropical – JBRJ. 33p. 2005.

EMBRAPA. Manual de Métodos de Análise de Solo. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. EMBRAPA. 212p. 1997.

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

FARJI-BRENER, A. G. & SILVA, J. F. Leaf-cutting ants and forest groves in a tropical parkland savanna of Venezuela: Facilitated succession? *Journal of Tropical Ecology*, v. 11, p. 651-669. 1995.

FARJI-BRENER, A. G. & ILLES, A. E. Do leaf-cutting ant nests make “bottom-up” gaps in neotropical rain forests? A critical review of the evidence. *Ecological Letters*, 3:219-227. 2000.

FÉRNANDEZ, F. Subfamilia Myrmicinae. p. 307-330. *In*: F. FÉRNANDEZ, editor. *Introducción a las Hormigas de La región Neotropical*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, Bogotá, Colombia. 398p. 2003.

GILLER, P. The diversity of soil communities, the “poor man’s tropical rainforest”. *Biodiversity and Conservation*, v. 5, p. 135-168. 1996.

GOMES, S. R.; MAURENZA, D.; LOPES, M. I. M. S.; & PINTO, M. M. Produção de serapilheira e retorno de nutrientes ao solo em arboreto de pau-brasil (*Caesalpinia echinata* Lam.) em Mogi-Guaçu, São Paulo, Brasil. *Hoehnea*, v. 33, n. 3, p. 339-347. 2006.

GONÇALVES, C. R. & MAYHÉ-NUNES, A. J. Formigas das praias e restingas do Brasil, p.373-378 *In*: LACERDA, L. D.; ARAÚJO, D. S. D.; CERQUEIRA, R. & TUREQ, B. (orgs.), *Restingas: Origem estrutura e processos*. CEUFF, Niterói, 475p. 1984.

GUERRA, M. B. B.; SCHAEFER, C. E. G. R. & SOUSA-SOUTO, L. Características químicas do lixo de formigueiros de *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae) mantidos com diferentes substratos. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v. 31, p. 1185-1189. 2007.

HÖLLDOBLER, B. & WILSON, E. O. *The ants*. Cambridge: Harvard University Press, 732p. 1990

KASPARI, M.; ALONSO, L. & O'DONNELL, S. Three energy variables predict ant abundance at geographical scale. *Proceedings of the Royal Society B, Biological Sciences*, v. 267, p. 485-489. 2000.

LASSAU, S. A. & HOCHULI, D. F. Effects of habitat complexity on ant assemblages. *Ecography*, v. 27, p. 157 - 164. 2004.

LEAL, I. R. Diversidade de formigas no estado de Pernambuco, p.483-492. *In: SILVA, J. M. & TABARELLI, M. (eds.), Atlas da biodiversidade de Pernambuco. Editora da Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 722p. 2002.*

LEAL, I. R. Diversidade de formigas em diferentes unidades da paisagem da Caatinga, p.435-460. *In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M. & SILVA, J. M. (eds.), Ecologia e conservação da Caatinga. Editora da Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 802p. 2003.*

LEITÃO-FILHO, H. F. Aspectos taxonômicos das florestas do Estado de São Paulo. *Silvicultura em São Paulo*, v. 16A, p. 197-206. 1982.

LEVEY, D. J. & BYRNE, M. M. Complex ant-plant interactions: rain-forest ants as secondary dispersers and postdispersal seed predators. *Ecology*, v. 74, p. 1802-1812. 1993.

LEVINGS, S. C. Seasonal, annual and among-site variation in the ground ant community of a deciduous tropical forest: Some causes of patchy distributions. *Ecological Monographs*, v. 53, p. 435-455. 1983.

LOUZADA, J. N. C.; SCHOEREDER, J. H. & De MARCO-Jr., P. Litter decomposition in semideciduous forest and *Eucalyptus* spp. Crop in Brazil: a comparison. *Forest Ecology & Management*, v. 94, p. 31-36. 1997.

MACEDO, M. V.; GREHA, V.; FLINTE, V. & RABELLO, T. S. Besouros Fitófagos da Restinga de Jurubatiba, p. 117-126. *In*: ROCHA, C. F. D.; ESTEVES, F. A. & SCARANO, F. R. (orgs.), Pesquisas de longa duração na Restinga de Jurubatiba; Ecologia, história natural e conservação, 376p. 2004.

MAJER, J. D. & RECHER, H. Are eucalypts Brazil's friend or foe: An entomological viewpoint. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, v. 28, p. 185-200. 1999.

MARINHO C. G. S.; ZANETTI, R.; DELABIE, J. H. C.; SCHLINDWEIN, M. N. & RAMOS, L. S. Diversidade de Formigas (Hymenoptera: Formicidae) da Serapilheira em Eucaliptais (Myrtaceae) e Área de Cerrado de Minas Gerais. *Neotropical Entomology*, v. 31, n. 2, p. 187-195. 2002.

MENEZES, L. F. T. Caracterização de comunidades vegetais praianas da Restinga de Marambaia – RJ. Dissertação de Mestrado. UFRRJ. 89 p. 1996.

MENEZES, L. F. T. & ARAÚJO, D. S. D. Formações vegetais da Restinga da Marambaia. In *História Natural da Marambaia*. MENEZES, L. F. T.; PEIXOTO, A. L. & ARAUJO, D. S. D. (orgs.). Editora da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, p.67-120. 2005.

MONTEIRO, R. F.; ODA, R. A. M.; NARAHARA, K. L. & CONSTANTINO, P. A. L.. Galhas: Diversidade, especificidade e distribuição, p. 127-142. *In*: ROCHA, C. F. D.; ESTEVES, F. A. & SCARANO, F. R. (orgs.), Pesquisas de longa duração na Restinga de Jurubatiba; Ecologia, história natural e conservação, 376p. 2004a.

MONTEIRO, R. F.; ESPERANÇO, A. P.; BECKER, V. O.; OTERO, L. S.; HERKENHOFF, E. V. & SOARES. A. Mariposas e borboletas na Restinga de Jurubatiba, p. 143-164. *In*: ROCHA, C. F. D.; ESTEVES, F. A. & SCARANO, F. R. (orgs.), Pesquisas de longa duração na Restinga de Jurubatiba; Ecologia, história natural e conservação, 376p. 2004b.

MOUTINHO, P.; NEPSTAD, D. C. & DAVIDSON, E. A. Influence of leaf-cutting ant nests on secondary forest growth and soil properties in Amazonia. *Ecology*, v. 84, p. 1265- 1276. 2003.

NAKAMURA, A., PROCTOR, H. & CATTERALL, C. P. Using soil and litter arthropods to assess the state of rainforest restoration. *Ecological Management & Restoration*. v. 4, p. 20 - 28. 2003.

NUNES, W. A. G. A.; KER, J. C.; SCHAEFER, C. E. G. R. & FERNANDES-FILHO, E. I. Relação solos paisagem e gênese de alguns solos do domínio dos mares de morros, nas proximidades de Viçosa. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v. 25, p. 341-354. 2001.

PALACIO, E. E. & FERNÁNDEZ, F. Claves para las subfamilias y gêneros. pp. 233-260. *In: FERNÁNDEZ, F. (ed.)*. 2003. *Introducción a las Hormigas de La región Neotropical*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia. 398 p. 2003.

PARR, C. L. & CHOWN, S. L. Inventory and bioindicator sampling: testing pitfall and Winkler methods with ants in a South African savanna. *Journal of Insect Conservation*. v. 5, p. 27 - 36. 2001.

PIMENTEL, M. C. P.; BARROS, M. J.; CIRNE, P. MATTOS, E. A. M., OLIVEIRA, R. C.; PEREIRA, M. C. A.; SCARANO, F. R.; ZALUAR, H. L. T. & ARAUJO, D. S. D. Spatial variation in the structure and floristic composition of “restinga” vegetation in southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 30, n. 3, p. 543-551. 2007.

REIS, H. B. R. & GONZAGA, L. P. Análise da distribuição geográfica das aves das restingas do Estado do Rio de Janeiro, pp. 165-178. *In: ESTEVES, F. A. & LACERDA, L. D. (eds.)*, *Ecologia de restingas e lagoas costeiras*. v. 1, Núcleo de Pesquisas Ecológicas de Macaé (NUPEM/UFRJ). 446p. 2000.

ROCHA, C. F. D.; VANSLUYS, M.; ALVES, M. A. S. & BERGALLO, H. G. Corredores de vegetação e sua importância em propostas de reflorestamento no Estado do Rio de Janeiro. IQM-Verde, Fundação Cide, Centro de Informações e dados do Rio de Janeiro. CD-ROM. 2001.

ROCHA, C. F. D.; VAN SLUYS, M.; VRCIBRADIC, D.; HATANO, F. H.; GALDINO, C. A. C.; CUNHA-BARROS, M. & KIEFER, M. C. A comunidade dos répteis da Restinga de Jurubatiba, p. 179-198. *In*: ROCHA, C. F. D.; ESTEVES, F. A. & SCARANO, F. R. (orgs.), Pesquisas de longa duração na Restinga de Jurubatiba; Ecologia, história natural e conservação, 376p. 2004.

ROCHA, C. F. D., BERGALLO, H. G., VAN SLUYS, M., ALVES, M. A. S. & JAMEL, C. E. The remnants of restinga habitats in the Brazilian Atlantic Forest of Rio de Janeiro state, Brazil: Habitat loss and risk of disappearance. *Brazilian Journal of Biology*, v. 67, n. 2, p. 263-273. 2007.

SHUMACHER, M. V.; BRUN, E. J.; HERNANDES, J. I. & KONIG, F. G. Produção de serapilheira em uma floresta de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze no município de Pinhal Grande-RS. *Revista Árvore*, v. 28, n. 1, p. 29-37. 2004.

SILVA, R. R. & BRANDÃO, C. R. F. Morphological patterns and community organization in leaf-litter ant assemblages. *Ecological Monographs*, v. 80, n. 1, p. 107-124. 2010.

SILVESTRE, R., BRANDÃO, C. R. F. & SILVA, R. R. Grupos funcionales de hormigas: el caso de los gremios del Cerrado, p. 13-148. *In*: FERNÁNDEZ, F. (ed.). *Introducción a las Hormigas de La región Neotropical*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia. 398 p. 2003.

SLUYS, V. M.; ROCHA, C. F. D.; HATANO, F. H.; BOQUIMPANI-REITAS, L. & MARRA, R. R. Anfíbios da Restinga de Jurubatiba: Composição e história natural, p. 1165-178. *In*: ROCHA, C. F. D.; ESTEVES, F. A. & SCARANO, F. R. (orgs.), Pesquisas de longa duração na Restinga de Jurubatiba; Ecologia, história natural e conservação, 376p. 2004.

SOARES, J. J. Levantamento fitossociológico de uma faixa litorânea do Rio Grande do Sul, entre Tramandaí e Praia do Barco. *In*: LACERDA, L. D.; ARAÚJO, D. S. D.; TURCQ, B. (org.) Restingas: Origens, estrutura, processos. Niterói: CEUFF, p.381-394. 1984.

SOMMER, G. V.; CARVALHO, A. L. G. & SIQUEIRA, C. T. Sapindaceae da Restinga da Marambaia, Rio de Janeiro, Brasil. *Rodriguésia*, v. 60, n. 3, p. 485-507. 2009.

SOUZA, M. C.; MORIM, M. P.; CONDE, M. M. S. & MENEZES, L. F. T. Subtribo *Myrciinae* O. Berg (Myrtaceae) na Restinga da Marambaia, RJ, Brasil. *Acta Botânica Brasílica*, v. 21, n. 1, p. 49-63.2007.

TER BRAAK, C. J. F. Update notes: CANOCO version 4.5 Wageningen, The Netherlands. 1991.

TER BRAAK, C. J. F. Canonical community ordination. Part I: Basic theory and linear methods. *Ecoscience*, v. 1, p. 127-140. 1994.

ULLOA-CHACON, P. Hormigas urbanas, p. P. 351-359. *In*: FÉRNANDEZ, F. (Ed.) Introducción a las Hormigas de La región Neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, Bogotá, Colombia. 398p. 2003.

VARGAS, A. B.; MAYHÉ-NUNES, A. J; QUEIROZ, J. M; ORSOLON, G. S.; FOLLY-RAMOS, E. Efeitos de Fatores Ambientais sobre a Mirmecofauna em Comunidade de Restinga no Rio de Janeiro, RJ. *Neotropical Entomology*, v. 36, n.1, p. 28-37. 2007.

VASCONCELOS, H. L. Levels of leaf herbivory in Amazonian trees form different stages in forest regeneration. *Acta Amazonica*, v. 29, n. 4, p. 615-623. 1999a.

VASCONCELOS, H. L. Effects of forest disturbance on the structure of ground-foraging ant communities in Central Amazonia. *Biodiversity and Conservation*, v. 8, p. 409-420. 1999b

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

VEIGA-FERREIRA, S., ORSOLON-SOUZA, G. & MAYHÉ-NUNES, A. J. Hymenoptera, Formicidae Latreille, 1809: New records for Atlantic Forest in the state of Rio de Janeiro. *Check List*, v. 6, n. 3, p. 442-444. 2010.

WANG, C., STRAZANAC, J. & BUTLER, L. A comparison of Pitfall Traps with Bait Traps for studying leaf litter ant communities. *Journal Economic Entomology*. v. 94, n. 3, p. 761 - 765. 2001.

WILSON, E. O. La hiperdiversidad como fenómeno real: El caso de *Pheidole*, p. 363-370. *In: FÉRNANDEZ, F. (ed.). Introducción a las Hormigas de La región Neotropical*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, Bogotá, Colombia. 398p. 2003.

WIRTH, R.; HERZ, H.; RYEL, R. J.; BEYSCHLAG, W. & HÖLLDOBLER, B. Herbivory of leaf-cutting ants. A case study on *Atta colombica* in the tropical rainforest of Panama. *Ecological Studies*. v. 164, p. 1-230. 2003.

WOLDA, H. Seasonal fluctuations in rainfall, food, and abundance of tropical insects. *Journal Animal Ecology*, v. 47, p. 369-381. 1978.

CONCLUSÕES

A composição da formicifauna de restinga respondeu a classificação em guildas tróficas, apresentando-se de forma estruturada, ou seja, através de padrões não aleatórios. Na escala espaço temporal estudada, esta estrutura pode ser devido à segregação das espécies a cada metro quadrado de serapilheira amostrado, provavelmente quando ao explorar uma fonte alimentar uma espécie exclui outra deste recurso.

A aplicação do modelo de guildas permitiu uma visão mais qualitativa da comunidade. Se cada uma das nove guildas representa um nicho ecológico diferente, na Restinga da Marambaia eles estão ocupados, ou seja, não há nicho vago. Contudo, outros nichos também estão presentes, mas que não foram verificados no presente estudo, indicados por espécies arborícolas (representadas pelos gêneros *Chephalotes*, *Crematogaster* e *Pseudomyrmex*), mas que foram coletadas na serapilheira.

Os padrões gerados pela comunidade de formicideos de serapilheira de restinga foram refletidos por pelo menos três guildas, sendo uma delas a cultivadora de fungos. Possivelmente, isto ocorreu devido à grande diversidade taxonômica e ecológica das formigas de restinga, mesmo em uma escala espaço temporal pequena.

Apesar de maiores custo do material e tempo de instalação no campo, as armadilhas de queda adaptadas para captura de formigas Attini se mostraram eficientes, coletando inclusive gêneros que não haviam sido coletados pelas tradicionais.

Tanto a composição de Attini quanto as não Attini refletiram o padrão encontrado para a comunidade total. Attini pode ser uma guilda utilizável quando se dispuser de pouco tempo para o processamento de dados, ou para estudos que sejam específicos para esta tribo.

Aparentemente, fatores de microhabitat, como a serapilheira, podem influenciar a ocorrência e a abundância das formigas de serapilheira de restinga. A disponibilidade de macronutrientes no solo de restinga também pode estar relacionada à composição e a abundância de formigas.

ANEXOS

Anexo 1. Lista geral das espécies coletadas na Restinga da Marambaia, setembro/2006 e outubro/2009. FCA – Floresta de Cordão Arenoso; HFCA – Herbácea Fechada de Cordão Arenoso; VA – valores absolutos; Oc – Ocorrência amostral (total de vezes que a espécie foi registrada pelas 120 amostras) e Ab – Total de indivíduos coletados. O e A – Ranking da ocorrência e da abundância, respectivamente (classificação ordinal das espécies por técnica de coleta e fisionomia vegetal); nc – espécies coletadas apenas pelas armadilhas de queda e não utilizadas nas análises de guildas; na – espécies arbóricolas que eventualmente forrageiam na serapilheira. * - Espécies que não contavam na lista de Silva & Brandão (2010). Continua.

Subfamília	Espécies/Morfoespécies	Guilda	Extrator de Winkler				Armadilhas de queda adaptadas							
			FCA		FCA		HFCA							
			VA	Ranking	VA	Ranking	VA	Ranking	VA	Ranking				
			Oc	Ab	O	A	Oc	Ab	O	A	Oc	Ab	O	A
Amblyoponinae	<i>Amblyopone armigera</i> Mayr, 1887	5	7	26	49	48	2	2	38	38	-	-	-	-
	<i>Amblyopone elongata</i> (Santschi, 1912)	5	2	6	72	61	-	-	-	-	-	-	-	-
Dolichoderinae	<i>Dorymyrmex brunneus</i> Forel, 1908	nc	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	27	21
	<i>Dorymyrmex</i> sp 2	nc	-	-	-	-	-	-	-	6	15	7	8	
	<i>Dorymyrmex</i> sp 3	nc	-	-	-	-	-	-	-	2	2	20	22	
Ectatomminae	<i>Ectatomma brunneum</i> Smith, 1858	nc	-	-	-	-	-	-	-	10	10	6	9	
	<i>Ectatomma edentatum</i> Roger, 1863	nc	-	-	-	-	-	-	-	5	7	10	10	
	<i>Ectatomma permagnum</i> Forel, 1908*	1	3	1	68	74	4	4	31	31	-	-	-	-
	<i>Gnamptogenys</i> sp 1*	2	46	145	6	23	11	16	7	7	-	-	-	-
	<i>Gnamptogenys</i> sp 2 *	2	4	3	62	68	8	10	11	11	-	-	-	-
	<i>Gnamptogenys</i> sp 3	nc	-	-	-	-	4	4	33	33	-	-	-	-
	<i>Gnamptogenys</i> sp 4*	2	3	2	69	73	1	1	44	44	-	-	-	-
<i>Gnamptogenys</i> sp 5 *	2	3	1	70	75	1	1	45	45	-	-	-	-	
Formicinae	<i>Brachymyrmex</i> sp 1*	6	80	3200	2	2	9	13	10	9	3	3	13	15
	<i>Brachymyrmex</i> sp 2	nc	-	-	-	-	-	-	-	2	2	16	17	
	<i>Camponotus crassus</i> Mayr, 1862*	6	1	1	74	76	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Camponotus novogranadensis</i> Mayr, 1870*	6	29	54	21	39	2	2	39	39	2	2	17	18
	<i>Camponotus</i> sp 1	nc	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	18	19
	<i>Nylanderia</i> sp 1*	6	25	404	26	10	13	19	5	6	-	-	-	-

Anexo 1. Continuação.

Subfamília	Espécies/Morfoespécies	Guilda	Extrator de Winkler				Armadilhas de queda adaptadas							
			FCA				FCA				HFCA			
			VA	Ranking	VA	Ranking	VA	Ranking	VA	Ranking	VA	Ranking		
Heteroponerinae	<i>Heteroponera</i> sp 1*	2	6	12	51	53	-	-	-	-	-	-	-	-
Myrmicinae	<i>Apterostigma</i> sp 1*	9	40	69	8	34	2	3	37	35	-	-	-	-
Attini	<i>Apterostigma</i> sp 2*	9	34	81	13	32	1	1	42	42	-	-	-	-
	<i>Apterostigma</i> sp 3*	9	5	3	53	67	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Apterostigma</i> sp 4*	9	5	2	54	82	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Atta robusta</i> Borgmeier, 1939	nc	-	-	-	-	18	140	3	2	57	2077	1	1
	<i>Cyphomyrmex</i> sp 1 (gr. Rimosus)*	9	40	124	9	27	1	1	43	43	-	-	-	-
	<i>Cyphomyrmex</i> sp 1 (gr. Strigatus)*	9	35	168	11	19	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Cyphomyrmex</i> sp 2 (gr. Rimosus)*	9	16	34	36	46	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Mycetophylax conformis</i> (Mayr, 1884)	nc	-	-	-	-	-	-	-	-	1	5	26	12
	<i>Mycetophylax morshi</i> Emery, 1887	nc	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	35	35
	<i>Trachymyrmex atlanticus</i> Mayhé-Nunes & Brandão, 2007*	9	16	7	37	58	21	105	2	3	-	-	-	-
	<i>Trachymyrmex iheringi</i> (Emery, 1888)*	nc	-	-	-	-	-	-	-	-	19	112	3	3
	<i>Trachymyrmex</i> sp 1 (gr. Cornetzi)*	9	22	57	30	38	4	10	28	13	3	284	12	2
	<i>Trachymyrmex</i> sp 2 (gr. Cornetzi)*	9	5	2	61	71	-	-	-	-	-	-	-	-
	Myrmicinae	<i>Basiceros disciger</i> Mayr, 1887	2	12	18	40	49	-	-	-	-	-	-	-
não Attini	<i>Eurhopalothrix bruchi</i> (Santschi, 1922)	7	11	38	42	45	4	4	32	32	-	-	-	
	<i>Carebarella bicolor</i> Emery, 1906*	8	33	886	14	7	-	-	-	-	2	2	19	20
	<i>Cephalotes</i> sp1	na	1	1	75	77	-	-	-	-	-	-	-	

Anexo 1. Continuação.

Subfamília	Espécies/Morfoespécies	Guilda	Extrator de Winkler				Armadilhas de queda adaptadas								
			FCA				FCA				HFCA				
			VA	Ranking	VA	Ranking	VA	Ranking	VA	Ranking	VA	Ranking			
			Oc	Ab	O	A	Oc	Ab	O	A	Oc	Ab	O	A	
Myrmicinae	<i>Crematogaster nigropilosa</i> (Mayr, 1870)	na	1	1	76	78	-	-	-	-	-	-	-	-	-
não Attini	<i>Crematogaster</i> sp 1	na	6	10	50	54	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Crematogaster</i> sp 2	na	5	7	55	59	5	5	21	22	1	1	31	31	
	<i>Crematogaster</i> sp 3	na	1	1	77	79	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Hylomyrma balzani</i> (Emery, 1894)*	2	60	167	4	20	10	11	9	10	1	1	32	32	
	<i>Hylomyrma reitteri</i> (Mayr, 1887)	2	20	61	33	37	4	4	34	34	-	-	-	-	
	<i>Hylomyrma</i> sp 1 (gr. Longiscarpa)*	2	5	15	56	52	-	-	-	-	-	-	-	-	
	<i>Cardiocondyla</i> sp 1*	nc	5	52	57	42	-	-	-	-	-	-	-	-	
	<i>Megalomyrmex drifti</i> Kempf, 1961	nc	-	-	-	-	7	8	14	15	-	-	-	-	
	<i>Megalomyrmex goeldii</i> Forel, 1912	2	31	152	18	22	-	-	-	-	-	-	-	-	
	<i>Megalomyrmex silvestrii</i> Wheeler, 1909	nc	-	-	-	-	3	3	35	36	2	2	21	23	
	<i>Megalomyrmex</i> sp 1*	2	25	199	25	18	-	-	-	-	-	-	-	-	
	<i>Megalomyrmex</i> sp 2*	2	6	5	52	63	-	-	-	-	-	-	-	-	
	<i>Megalomyrmex</i> sp3	nc	-	-	-	-	1	1	48	48	2	2	22	24	
	<i>Megalomyrmex</i> sp4	nc	-	-	-	-	1	1	49	49	1	2	28	25	
	<i>Monomorium</i> sp 1*	6	1	8	79	57	-	-	-	-	-	-	-	-	
	<i>Octostruma iheringi</i> (Emery, 1888)*	7	5	8	58	56	-	-	-	-	-	-	-	-	
	<i>Octostruma rugifera</i> Mayr, 1887	7	31	218	19	16	6	6	18	19	-	-	-	-	
	<i>Pheidole</i> sp 1*	6	35	409	12	9	12	33	6	4	10	16	5	7	
	<i>Pheidole</i> sp 2*	6	29	224	22	15	-	-	-	-	2	2	24	28	
	<i>Pheidole</i> sp 3*	6	24	607	27	8	7	8	15	16	1	2	30	29	

Anexo 1. Continuação.

Subfamília	Espécies/Morfoespécies	Guilda	Extrator de Winkler				Armadilhas de queda adaptadas							
			FCA				FCA				HFCA			
			VA	Ranking	VA	Ranking	VA	Ranking	VA	Ranking	VA	Ranking		
Myrmicinae	<i>Pheidole</i> sp 4*	6	17	264	35	14	7	9	13	14	-	-	-	-
não Attini	<i>Pheidole</i> sp 5*	6	11	271	43	13	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Pheidole</i> sp 6*	6	12	145	41	24	7	10	12	12	21	65	2	4
	<i>Pheidole</i> sp 7*	6	2	62	73	36	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Pheidole</i> sp 8*	6	4	54	63	41	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Pheidole</i> sp 9*	6	8	32	48	47	-	-	-	-	4	4	11	13
	<i>Pheidole</i> sp 10*	6	22	106	29	28	16	33	4	5	-	-	-	-
	<i>Pheidole</i> sp 11	nc	-	-	-	-	-	-	-	-	5	54	9	5
	<i>Pyramica denticulata</i> (Mayr, 1887)	7	30	362	20	12	5	5	26	27	1	1	36	36
	<i>Pyramica eggersi</i> (Emery, 1890)*	7	4	2	65	72	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Pyramica fridericimuelleri</i> (Forel, 1886)*	7	5	52	60	43	6	6	19	20	-	-	-	-
	<i>Pyramica</i> sp 1*	7	11	54	44	40	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Pyramica</i> sp 2*	7	4	10	66	55	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Rogeria</i> sp 1*	3	39	130	10	26	-	-	-	-	2	4	14	14
	<i>Rogeria</i> sp 2	nc	-	-	-	-	1	1	54	54	-	-	-	-
	<i>Solenopsis</i> sp 1*	8	89	3528	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Strumigenys elongata</i> Roger, 1863	7	13	104	38	29	2	2	41	41	-	-	-	-
	<i>Strumigenys</i> sp 2*	7	23	160	28	21	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Strumigenys</i> sp 3*	7	13	101	39	31	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Wasmannia auropunctata</i> Roger, 1863	6	32	3162	16	3	7	8	16	17	6	6	8	11
	<i>Wasmannia lutzii</i> Forel, 1908*	6	43	922	7	6	-	-	-	-	-	-	-	-

Anexo 1. Continuação.

Subfamília	Espécies/Morfoespécies	Guilda	Extrator de Winkler								Armadilhas de queda adaptadas			
			FCA				FCA				HFCA			
			VA	Ranking	VA	Ranking	VA	Ranking	VA	Ranking				
			Oc	Ab	O	A	Oc	Ab	O	A	Oc	Ab	O	A
Ponerinae	<i>Anochetus</i> sp 1*	1	32	101	15	30	5	5	20	21	2	2	15	16
	<i>Hypoponera foreli</i> (Mayr, 1887)8	3	31	131	17	25	7	7	17	18	-	-	-	-
	<i>Hypoponera</i> sp 1*	4	73	1306	3	5	5	5	22	23	-	-	-	-
	<i>Hypoponera</i> sp 2*	4	50	1404	5	4	5	5	23	24	-	-	-	-
	<i>Hypoponera</i> sp 3*	3	17	206	34	17	5	5	24	25	1	1	33	33
	<i>Hypoponera</i> sp 5 *	3	9	17	46	50	1	1	46	46	1	1	34	34
	<i>Leptogenys</i> sp 1*	1	1	6	78	62	5	5	25	26	-	-	-	-
	<i>Leptogenys</i> sp 2	nc	-	-	-	-	1	1	47	47	-	-	-	-
	<i>Odontomachus chelifer</i> (Latreille, 1802)	1	1	3	80	70	51	170	1	1	2	2	23	26
	<i>Odontomachus haematodus</i> (Linnaeus, 1758)	nc	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	29	27
	<i>Odontomachus meinerti</i> Forel, 1905	1	21	75	31	33	1	1	50	50	-	-	-	-
	<i>Pachycondyla bucki</i> (Borgmeier, 1927)	1	3	3	71	69	1	1	51	51	-	-	-	-
	<i>Pachycondyla ferruginea</i> (Smith, 1858)	3	26	51	23	44	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Pachycondyla harpax</i> (Fabricius, 1804)	1	10	15	45	51	11	14	8	8	10	26	4	6
	<i>Pachycondyla</i> sp 1	nc	-	-	-	-	1	1	52	52	-	-	-	-
<i>Thaumatomyrmex mutilatus</i> Mayr, 1887*	1	4	4	67	66	-	-	-	-	-	-	-	-	
Proceratiinae	<i>Discothyrea sexarticulata</i> Borgmeier, 1954	8	8	4	47	64	4	4	29	29	-	-	-	-
	<i>Discothyrea</i> sp 1*	8	20	66	32	35	4	4	30	30	-	-	-	-
	<i>Proceratium brasiliense</i> Bogmeier, 1959	5	4	4	64	65	-	-	-	-	-	-	-	-
Pseudomyrmecinae	<i>Pseudomyrmex</i> sp 1	na	5	6	59	60	3	3	36	37	2	2	25	30
	<i>Pseudomyrmex</i> sp 2	na	1	1	81	80	1	1	53	53	-	-	-	-
	<i>Pseudomyrmex</i> sp 3	na	1	1	82	81	2	2	40	40	-	-	-	-

Anexo 2. Densidade, Mínimo e Máximo números de espécies de formigas coletadas por extratores de Winkler e armadilhas de queda adaptadas com isca atrativa em duas fisionomias da Restinga da Marambaia, Rio de Janeiro, em setembro de 2006 e outubro de 2009. FCA – Floresta de Cordão Arenoso; HFCA – Herbácea Fechada de Cordão Arenoso. Os valores referem-se à densidade média de espécies de formigas coletadas por metro quadrado. Mín – Número mínimo de espécie coletadas e Máx – Número máximo de espécies coletadas por unidade amostral.

	Extrator de Winkler			Armadilhas de queda adaptadas com isca					
	FCA			FCA			HFCA		
	Média	Mín	Máx	Média	Mín	Máx	Média	Mín	Máx
Verão	15,2	12	22	-	-	-	-	-	-
Outono	11,7	6	17	-	-	-	-	-	-
Inverno	9,1	5	13	7,2	2	5	4,8	1	4
Primavera	14	11	18	-	-	-	-	-	-