

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS – DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
CURSO DE MESTRADO

FRANCYREGIS ARAÚJO NUNES

EFEITOS DA SAZONALIDADE PLUVIOMÉTRICA SOBRE A DIVERSIDADE E A
COMPOSIÇÃO DE UMA ASSEMBLEIA DE FORMIGAS (HYMENOPTERA:
FORMICIDAE) EM UMA ÁREA DE CAATINGA

Fortaleza – CE
2010.

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

FRANCYREGIS ARAÚJO NUNES

EFEITOS DA SAZONALIDADE PLUVIOMÉTRICA SOBRE A DIVERSIDADE E A
COMPOSIÇÃO DE UMA ASSEMBLEIA DE FORMIGAS (HYMENOPTERA:
FORMICIDAE) EM UMA ÁREA DE CAATINGA

Dissertação apresentada ao
Curso de Pós-Graduação em Ecologia e
Recursos Naturais da Universidade Federal do Ceará,
como requisito parcial
para obtenção do grau de
Mestre em Ecologia e Recursos Naturais.

Área de Concentração:
Ecologia Terrestre

Orientador:
Prof. Dr. Yves Patric Quinet

F925e Nunes, Francyregis Araújo
Efeitos da sazonalidade pluviométrica sobre a diversidade e a
composição de uma assembléia de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em
uma área de caatinga / Francyregis Araújo Nunes, 2010.
85 f. ; il. color. enc.

Orientador: Prof. Dr. Yves Patric Quinet
Área de concentração: Ecologia terrestre
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Centro de
Ciências, Depto. de Biologia, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e
Recursos Naturais, Fortaleza, 2010.

1. Formigas. 2. Sazonalidade pluviométrica. 3. Padrões sazonais. I.
Quinet, Yves Patric (Orient.). II. Universidade Federal do Ceará – Programa
de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais. III. Título.

CDD 577

A Deus
Causa primeira de tudo o que existe.

Aos meus pais
Regina Lúcia e José Jacob
Por me ensinarem que destino é uma questão de escolhas.

A minha esposa Juliana e ao meu filho Pedro
Por serem as luzes que me guiam por este caminho tortuoso.

As minhas irmãs Rejanne e Veruska
Pela paciência ao longo de todos esses anos.

A minha sobrinha Maria Clara
Por ser o sorriso e a alegria na minha vida.

A minha sogra Alciléa
Pelas palavras de carinho e incentivo durante esses anos.

Com muito amor e carinho dedico este trabalho.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Yves Quinet pela orientação e dedicação ao longo deste trabalho.

Aos professores Dr. André Jalles, Dr. Antônio Alves Tavares, e à Dra. Arlete Soares por participarem da minha banca de qualificação e por darem sugestões imprescindíveis para a perfeita execução do trabalho.

Aos amigos, alunos de iniciação científica, Glauco Bezerra Martins Segundo, Yuri Brasileiro de Vasconcelos e Raul Azevedo, pela ajuda primordial na execução dos trabalhos de campo e laboratório.

Ao Professor Dr. Carlos Roberto Ferreira Brandão, por ter permitido o acesso às coleções de Formicidae do Museu de Zoologia da USP, pelo qual foram possíveis as identificações das espécies.

Ao colega, aluno de Doutorado, Msc. Rodrigo Feitosa, pela ajuda e confirmação das identificações dos espécimes.

Aos Professores Dr. Jacques Charles Hubert Delabie e Dr. Paulo Enrique Cardoso Peixoto, por participarem da minha banca de defesa.

A todos aqueles que direta ou indiretamente tiveram participação neste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro concedido através de Bolsa.

RESUMO

A presença de água é um fator determinante na disponibilidade de fontes de alimento e/ou de sítios de nidificação, e é, portanto, potencialmente importante para as comunidades de invertebrados terrestres, particularmente para animais com ninhos fixos/perenes e vivendo em ambientes marcados por uma forte sazonalidade pluviométrica. O objetivo deste trabalho foi obter informações sobre os padrões sazonais de estrutura de uma assembléia de formigas de solo da Caatinga e investigar como a diversidade e a composição dessa assembléia variam com a sazonalidade pluviométrica. O estudo foi realizado em uma área de Caatinga arbórea localizada em Pentecoste - CE. Um transecto de 200 metros com 20 unidades amostrais espaçadas entre si por 10 metros foi estabelecido. A amostragem no transecto foi realizada uma vez por mês durante 12 meses, no período 08/2008 – 08/2009. Em cada unidade amostral, uma armadilha de solo (13 cm de altura; 12 cm de diâmetro) com solução de etanol/etilenoglicol foi instalada no início de cada mês e ficou operacional durante uma semana. A estrutura taxonômica da fauna amostrada e a distribuição de frequência (relativa) das espécies seguem os padrões geralmente encontrados nas regiões neotropicais. Foram coletadas 41 espécies (40 na estação seca, 30 na estação chuvosa), pertencentes a seis subfamílias e 20 gêneros, sendo a subfamília Myrmicinae (21 spp.) e os gêneros *Pheidole* (10 spp.) e *Camponotus* (8 spp.) com maior riqueza em espécies. A maioria das espécies foi pouco abundante, sendo capturada em menos de 10% das unidades amostrais de todo o período de coleta. Apenas cinco espécies foram coletadas em mais de 50% das unidades amostrais. A coleta da espécie relativamente rara *Thaumatomyrmex mutilatus* representa o segundo registro dessa espécie para o Nordeste semi-árido, enquanto a coleta de uma nova espécie, em fase de descrição, do gênero *Platythyrea* representa o primeiro registro para o Ceará. Das 41 espécies, 12 foram exclusivas da estação seca e uma (*Strumigenys elongata*) da estação chuvosa. As curvas de acumulação de espécies (observadas e estimadas) demonstraram que a suficiência amostral foi atingida, bem como indicam que em torno de 90% da riqueza estimada foi coletada. Tanto o índice de diversidade de Shannon como o de Simpson, foi menor na estação chuvosa em relação à estação seca (H' : 2,91 versus 2,78; $1/D$: 13,83 versus 12,8), e houve correlação negativa entre os índices de diversidade mensais de Shannon e Simpson, e os índices pluviométricos. A relação inversa foi constatada para os índices de equabilidade (equabilidade de Pielou: 0,79 versus 0,83; equabilidade de Simpson: 0,35 versus 0,44), com existência de uma correlação positiva significativa entre os índices de equabilidade mensais de Simpson e os índices pluviométricos. Os índices de “turnover” foram baixos, com média de 0,23 entre os meses consecutivos do período de coleta, e com valor de 0,19 na comparação dos dois períodos (seco e chuvoso). A similaridade de fauna (índice de Jaccard) entre as coletas mensais (média de 0,61) e entre os dois períodos (0,67) foi relativamente elevada. A análise de agrupamento (UPGMA) não permitiu detectar a existências de dois grupos claramente definidos em relação aos dois períodos (seco e chuvoso). A riqueza em espécies foi considerada baixa, comparativamente a outros biomas brasileiros, e os resultados sugerem que o período seco na Caatinga não é um fator limitante para as comunidades de formigas. Entretanto, a redução de diversidade observada na estação chuvosa poderia ser o reflexo de uma importante redução das atividades das formigas decorrente de um quadro chuvoso atípico/excepcional do ano 2009. A biodiversidade reduzida em relação a outros biomas brasileiros poderia resultar da falta permanente ou sazonal de serrapilheira, importante para as espécies predadoras de solo especialistas, e da possível limitação sazonal de carboidratos (néctar e “honeydew”).

Palavras-chave: Semiárido, chuvas, Região neotropical.

ABSTRACT

Presence of water is a determinant factor for food sources and/or nest sites availability, and is therefore potentially important for terrestrial invertebrate communities, particularly for those with fixed/perennial nests and that live in environments marked by strong rainfall seasonality. The aim of this work was to obtain informations about the seasonal patterns of a soil ant assembly structure of a Caatinga area, and to investigate how diversity and species composition of that assembly vary with rainfall seasonality. The study was performed in a Caatinga area localized at Pentecoste-CE. A 200 meters transect with 20 sampling points at 10 meters intervals was established. Transect sampling was performed once a month during 12 months, in the period 08/2008 – 08/2009. At each sampling point, a pitfall trap (height: 13 cm; diameter: 12 cm) filled with a ethanol/ethylenoglicol solution was placed at the beginning of each month and remained in the field for seven days. The taxonomic structure of the sampled fauna as well as the species (relative) frequency distribution followed the patterns generally found in neotropical regions. Forty-one species (40 in the dry season; 30 in the rainy season) belonging to six subfamilies and 20 genera were collected, with Myrmicinae (21 spp.), *Pheidole* (10 ssp) and *Camponotus* (8 spp) as the most specious taxa. Most species showed low (relative) abundance, being found in less than 10% of all the sampling units used in the whole sampling period. Only five species were collected in more than 50% of the sampling units. The collect of the relatively rare species *Thaumatomyrmex mutilatus* represents the second record of that species for the semi-arid northeastern region, whereas the collect of a new species, actually being described, of the *Platythyrea* genus represents the first record for the Ceará state. Of the 41 collected species, 12 and 1 (*Strumigenys elongata*) were found only during the dry and the rainy season respectively. The species-accumulation curves (observed and estimated) indicated that the sampling sufficiency was attained, and that about 90% of the estimated fauna had been collected. The Shannon and the Simpson diversity indexes for the rainy season were both lower compared to the dry season (H' : 2,91 versus 2,78; $1/D$: 13,83 versus 12,8), and there was a negative correlation between the monthly Shannon and Simpson diversity indexes and the pluviometric indexes. A reverse relationship was observed with the equability indexes (Pielou equability index and Simpson equability index) (Pielou equability: 0,79 versus 0,83; Simpson equability: 0,35 versus 0,44), with a significant positive correlation between the monthly Simpson equability indexes and the pluviometric indexes. The turnover indexes were low, with a mean of 0,23 between the consecutive months of the sampling period, and a value of 0,19 when comparing the two periods (dry and rainy). The average fauna similarity (Jaccard's index) for the monthly samplings (0,61) and the fauna similarity for two periods (dry and rainy) (0,67) were high. The group analysis with the hierarchical clustering method (UPGMA) did not allow the detection of two clear-cut groups corresponding to the two periods (dry and rainy). Compared to other Brazilian biomes, the ant species richness found in the study was low, and the results suggest that the dry season is not a limiting factor for the ant communities of the Caatinga biome. Nevertheless, the diversity reduction observed in the rainy season could result from an important reduction of ant activity in response to an atypical/exceptional rainy period in the 2009 year. The reduced biodiversity, when compared to other Brazilian biomes, could result from the permanent or seasonal lack of leaf-litter, an important factor for the specialized soil ant predators, and from the possible carbohydrates seasonal limitation (nectar, honeydew).

Keywords: Semi-arid, rainfall, Neotropical region.

LISTA DE FIGURAS

1.	Mapa do Ceará com localização de Pentecoste e Fortaleza	25
2.	Aspecto do solo e da vegetação herbácea no local de estudo	26
3.	Aspecto da vegetação na área de amostragem, na época chuvosa	27
4.	Transecto e armadilha de solo (pitfall-trap).....	29
5.	Encaixe permanente das armadilhas	29
6.	Armadilha de solo instalada	29
7.	Cobertura da armadilha	29
8.	Quadro chuvoso mensal durante o período de coleta.....	40
9.	Chuvas mensais “influentes” durante o período de coleta	40
10.	Aspecto da vegetação no período pós-chuvoso (06/2008) (A) e no período seco (11/2008) (B), na região onde era localizada a área de coleta.....	41
11.	Dossel da vegetação no ponto da amostragem N ^o 1. (A): período pós-chuvoso (06/2009), (B): período seco (11/2008).....	41
12.	Curvas de acumulação mensais e estimadores de riqueza (Jacknife de 1 ^a ordem, Chao 2, Michaelis-Menten) no período seco.....	46
13.	Curvas de acumulação mensais e estimadores de riqueza (Jacknife de 1 ^a ordem, Chao 2, Michaelis-Menten) no período chuvoso.....	47
14.	Curvas de acumulação e estimadores de riqueza (Jacknife de 1 ^a ordem, Chao 2, Michaelis-Menten) para o período seco total	48
15.	Curvas de acumulação e estimadores de riqueza (Jacknife de 1 ^a ordem, Chao 2, Michaelis-Menten) para o período chuvoso total	48
16.	Curvas de acumulação e estimadores de riqueza (Jacknife de 1 ^a ordem, Chao 2, Michaelis-Menten) para o período total de coleta	49
17.	Distribuição da abundância relativa	51
18.	Evolução mensal da abundância absoluta.....	51
19.	Curvas de abundância observadas e esperadas das espécies para os 4 modelos de abundância- P. seco.....	53
20.	Curvas de abundância observadas e esperadas das espécies para os 4 modelos de abundância – P. chuvoso.....	54
21.	Curvas de abundância observadas e esperadas das espécies para os 4 modelos de abundância – P. total.....	55
22.	Relação entre os índices de diversidade mensais de Simpson (1/D) e de Shannon (H’), e os índices pluviométrico	58
23.	Relação entre os índices de equabilidade mensais de Simpson e de Pielou, e os índices pluviométricos.....	59
24.	Coeficiente de Jaccard entre os todos os meses do período de coleta	63
25.	Índices de turnover entre as coletas sucessivas no período 08/2008 a 08/2009.....	63
26.	Análise de agrupamento (UPGMA) realizada a partir da matriz de coeficientes de similaridade de Jaccard obtidos na comparação mês a mês das coletas, para todo o período de coleta (08/2008 – 08/2009).....	64

LISTA DE TABELAS

01. Número total e porcentagem dos gêneros e das espécies coletados, por subfamília	43
02. Lista de espécies encontradas nas coletas mensais no período 08/2008 – 08/2009.....	44
03. Evolução mensal dos estimadores de riqueza	50
04. Ajuste de modelos de abundância	52
05. Índices de diversidade (de Shannon e de Simpson) e de equabilidade	57
06. Comparação dos índices de Shannon (período seco X período chuvoso) através do teste <i>t</i> de Hutcheson.....	60
07. Comparação dos índices de Simpson (período seco X período chuvoso) através do teste <i>t</i> de Student.....	60
08. Comparação dos índices de Shannon mensais através do teste <i>t</i> de Hutcheson	60
09. Coeficientes de Jaccard para o período seco (A) e o período chuvoso (B).....	62
10. Classificação dos gêneros coletados no sistema de guildas proposto por Silvestre, Brandão, Silva (2003) para as formigas de solo do Cerrado	67
11. Classificação dos gêneros coletados no sistema de guildas proposto por Delabie; Agosti; Nascimento (2000), com informações complementares de Brown (2000), para as formigas de solo da Mata Atlântica.....	68

SUMÁRIO

1. 1 INTRODUÇÃO.....	11
1.1 Justificativa.....	13
1.2 Hipótese.....	14
1.3 Objetivos.....	14
1.3.1 Geral.....	14
1.3.2 Específicos.....	14
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1 Variações temporais dos fatores climáticos e comunidades biológicas.....	15
2.2 O semi-árido brasileiro.....	16
2.3 Comunidades de formigas em regiões semi-áridas.....	18
2.4 Guildas.....	20
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	24
3.1 Descrição da área de estudo.....	24
3.2 Método de coleta.....	28
3.3 Dados pluviométricos.....	30
3.4 Análise do material.....	30
3.5 Análises dos dados.....	31
3.5.1 Estrutura da comunidade: diversidade e composição.....	31
3.5.1.2 Curvas de acumulação e estimativa de riqueza das espécies.....	31
3.5.1.3 Padrões de abundância das espécies.....	32
3.5.1.3.1 Série geométrica e série logarítmica.....	33
3.5.1.3.2 Log-normal.....	34
3.5.1.3.3 Bastão quebrado.....	34
3.5.1.4 Índices de diversidade.....	34
3.5.1.4.1 Índice de diversidade ($1/D$) e equabilidade ($E_{1/D}$) de Simpson.....	34
3.5.1.4.2 Índice de diversidade de Shannon (H') e de equabilidade de Pielou (J).....	35
3.5.1.5 Comparação das faunas mensais e estacionais.....	36
3.5.1.5.1 Coeficiente de similaridade e análise de agrupamento.....	36
3.5.1.5.2 Coeficiente de rotatividade de espécies (índice de turnover).....	37
3.5.2 Testes estatísticos.....	37
3.5.2.1 Análise de correlação entre os índices de diversidade e os índices pluviométricos.....	38
4 RESULTADOS.....	39
4.1 Estação seca e estação chuvosa.....	39

4.2 Composição em espécies	42
4.3 Riqueza em espécies	45
4.4 Abundância relativa e absoluta das espécies	45
4.5 Padrões de abundância (relativa) das espécies	52
4.6 Índices de diversidade e de equabilidade	56
4.7 Coeficientes de similaridade e de “turnover” (rotatividade)	61
4.8 Análise de agrupamento (UPGMA)	61
5 DISCUSSÃO	65
6 CONCLUSÕES	72
REFERÊNCIAS	74

1. INTRODUÇÃO

Um importante fator de estruturação das comunidades animais é a variação temporal (nictemeral, sazonal e/ou interanual) na ocorrência e abundância das espécies (SCHOENER, 1974), a qual resulta de interações entre fatores bióticos (competição interespecífica, predação, disponibilidade de áreas vitais/sítios de nidificação, disponibilidade de fontes de alimento) e abióticos (temperatura e umidade) (TAUBER; TAUBER; MASAKI, 1986). Esses padrões temporais desempenham importantes funções na manutenção e na formação da diversidade biológica (BARROW; PARR, 2008; LEVINGS, 1983).

Entre os fatores abióticos, os ligados à disponibilidade de água são particularmente importantes para animais de pequeno porte como os insetos, cujas fontes de alimentação e/ou sítios de nidificação podem ser fortemente dependentes de condições climáticas e/ou microclimáticas e das suas variações temporais (TAUBER; TAUBER; MASAKI, 1986; WOLDA, 1988).

Nas regiões áridas e semi-áridas, fatores climáticos como evapotranspiração elevada, a intensa radiação solar e a baixa pluviosidade determinam a disponibilidade de água. Além do mais, a alta sazonalidade climática que caracteriza muitas vezes essas regiões introduz um fator temporal na disponibilidade de água. Todos esses fatores têm profunda influência na distribuição de habitat e a disponibilidade de recursos, e, portanto, na estrutura das comunidades (REYES-LOPEZ; RUIZ; FERNANDEZ-HAEGER, 2003; BARROW; PARR, 2008).

Em níveis elevados, as variações climáticas podem caracterizar situações de estresse, visto que limitam as taxas de aquisição de recursos, o crescimento e a reprodução dos organismos (GRIME, 1989). Os invertebrados, em particular, respondem a esses fatores sofrendo alterações na densidade populacional, na diversidade, e no aumento ou na redução das taxas de recrutamento e de mortalidade (HODKINSON; JACKSON, 2005).

Entre os diversos grupos de insetos com alta diversidade nos ambientes áridos e semi-áridos, as formigas são consideradas como modelos particularmente adequados para investigar as respostas das comunidades animais à sazonalidade climática e de modo geral, aos micro e/ou aos macrofatores ambientais responsáveis pelos padrões de diversidade e dinâmica de comunidades terrestres, (ANDERSEN, 1995, 2000; ANDERSEN *et al.*, 2004; KASPARI; MAJER, 2000).

De modo geral, as formigas têm uma tolerância estreita aos fatores climáticos como

temperatura e umidade, cada espécie operando em uma determinada faixa de temperatura e umidade (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990; KASPARI, 1993). Além do mais, as comunidades de formigas apresentam algumas características que resultam em respostas rápidas das mesmas aos distúrbios do ambiente (ANDERSEN *et al.*, 2004; KASPARI; MAJER, 2000). Essas características incluem a natureza sedentária e perene das colônias, a natureza modular e muitas vezes polimórfica das colônias que podem crescer ou encolher por adição/supressão de módulos (operárias), a capacidade de explorar os recursos ao redor da colônia usando módulos de forrageamento (operárias) e o uso de recursos alimentares semelhantes por muitas espécies. Essas características têm profundas conseqüências nas respostas desses insetos a condições adversas e variáveis, nas interações competitivas e conseqüentemente, na organização das comunidades de formigas (ANDERSEN, 1991, 1995). Mesmo pequenas variações climáticas podem eventualmente gerar desequilíbrios nas intrínsecas teias de relações existentes nas comunidades de formigas (KASPARI; MAJER, 2000; PERFECTO; VANDERMEER, 1996).

As formigas destacam-se também por reunir uma série de características que as tornam ideais para estudos de biodiversidade, de monitoramento e comparativos entre áreas e/ou estações: 1) alta diversidade em qualquer tipo de hábitat terrestre, 2) dominância numérica e de biomassa, 3) importantes e diversificadas funções nos ecossistemas terrestres, o que inclui interações com muitos outros organismos, em cada nível trófico, 5) ocupação de todos os estratos (solo e vegetação), 6) grande especificidade de hábitat, 7) ninhos fixos, o que permite a realização de coletas repetidas, 8) bom nível de conhecimento taxonômico e 9) relativa facilidade de amostragem e de identificação (ALONSO, 2000; ALONSO; AGOSTI, 2000; ARCILA; LOZANO-ZAMBRANO, 2003; BESTELMEYER *et al.*, 2000; FITTKAU; KLINGE, 1973; HÖLLDOBLER; WILSON, 1990; KASPARI; MAJER, 2000; PASSERA; ARON, 2005; SHULTZ; MCGLYNN, 2000).

No Brasil, dois tipos de ambientes apresentam características de savanas tropicais semi-áridas com sazonalidade pluviométrica: o cerrado e a caatinga (AB'SABER, 2003). Na caatinga (savana estépica *sensu* VELOSO; RANGEL-FILHO; LIMA, 1991), a sazonalidade pluviométrica é particularmente acentuada. As precipitações baixas (entre 300-1000 mm ao ano), concentradas em um período de 3 a 5 meses, e com importantes flutuações inter-anuais, resultam em escassez e até ausência de água durante vários meses (estação seca) ou às vezes, anos (secas) (BARBOSA; HUETE; BAETHGEN, 2006; IBGE, 1993; PRADO, 2003; QUEIROZ, 2006). Essa escassez de água, aliada a outras condições climáticas severas como

alta radiação solar, baixa nebulosidade, temperatura média anual entre 26 e 28°C, baixas taxas de umidade relativa, e alta evapotranspiração acentuam o caráter potencialmente estressante e/ou limitante da caatinga para as comunidades animais e vegetais.

Entretanto, pouco se sabe sobre os efeitos dessa sazonalidade climática na estrutura e dinâmica das comunidades de insetos (ou de outros animais) vivendo nesses biomas brasileiros. No cerrado, alguns estudos evidenciaram um padrão sazonal de abundância dos insetos, pelo menos para espécies de Coleoptera, Isoptera e Hemiptera (DINIZ, 1997; PINHEIRO *et al.*, 2002). Para o bioma da caatinga, os estudos sobre os padrões de sazonalidade de comunidades de insetos são extremamente escassos, além de não ter informações básicas sobre a diversidade de muitos grupos importantes de insetos (LEWINSOHN; PRADO, 2002; LEWINSOHN; FREITAS; PRADO, 2005). Os poucos trabalhos disponíveis dizem respeito apenas aos coleópteros copro-necrófagos da subfamília Scarabaeinae (HERNÁNDEZ, 2007), aos coleópteros da família Buprestidae (IANNUZZI; MAIA; VASCONCELOS, 2006), e a uma espécie de cupim (*Constrictotermes cyphergaster*) (MOURA *et al.*, 2006).

Em todos esses estudos, foi mostrado que a abundância e o número de espécies (coleópteros), ou a atividade de forrageamento (cupins), era maior na estação chuvosa. No caso dos coleópteros copro-necrófagos, a redução da produção primária durante a estação seca e a conseqüente redução da atividade dos mamíferos, fonte de alimento desses coleópteros (fezes e cadáveres), foi apontada como uma das possíveis causas da redução da riqueza e abundância das espécies (HERNÁNDEZ, 2007).

A proposta do presente trabalho foi obter informações sobre os padrões sazonais de estrutura (riqueza, abundância e composição de espécies) de uma comunidade de formigas de solo do bioma da caatinga.

1.1 Justificativa

As regiões áridas e semi-áridas são submetidas a condições extremas de temperatura, umidade, e longos períodos sem chuva que impõem importantes fatores de estresse potenciais às populações de animais e vegetais que as povoam. Essa sazonalidade, e os conseqüentes longos períodos com falta ou severas limitações de recursos para as populações animais e vegetais, têm potencialmente impactos importantes na composição, na diversidade e na dinâmica das comunidades animais da Caatinga.

A maior região semi-árida do Brasil, a Caatinga, apresenta alta radiação solar, alta

temperatura média, baixas taxas de umidade relativa, e evapotranspiração elevada. As precipitações são baixas e irregulares, limitadas a um período curto do ano, e caracterizadas por uma grande variabilidade de ano para ano. Entretanto, não se tem conhecimento de como esses fatores influenciam a dinâmica das comunidades. Pouco se sabe como as comunidades respondem a esses fatores. Além disso, a obtenção de informações sobre a estrutura e a dinâmica de comunidades animais da Caatinga pode fornecer subsídios para estudos direcionados ao monitoramento e à conservação da biodiversidade da Caatinga.

1.2 Hipótese

A diversidade das assembléias de formigas no bioma da Caatinga é maior na estação chuvosa, com uma composição diferenciada entre as duas estações.

1.3 Objetivos

1.3.1 Geral

Quantificar a variação da estrutura (composição e riqueza em espécies, abundância relativa das espécies) de uma assembléia de formigas no bioma da Caatinga em função da sazonalidade anual de precipitação.

1.2.2 Específicos

1. Descrever a diversidade (riqueza em espécies e abundância relativa das espécies) e a composição da assembléia de formigas em uma área de Caatinga, mensalmente, ao longo de um ano;
2. Quantificar as mudanças que ocorrem na diversidade e na composição dessa assembléia em função da sazonalidade pluviométrica;
3. Identificar os grupos funcionais e/ou guildas de formigas mais suscetíveis de resposta à sazonalidade pluviométrica, e, a partir das informações disponíveis sobre a biologia desses grupos, formular hipóteses a respeito dos fatores responsáveis pelas respostas dos mesmos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Variações temporais dos fatores climáticos e comunidades biológicas

A estrutura das comunidades biológicas é fortemente influenciada por fatores abióticos locais e por suas variações espaciais ou temporais (RICKLEFS, 1987). Em áreas onde as variações de fatores abióticos são fortemente pronunciadas, fatores bióticos como competição, predação e doenças, acabam sendo secundários e pouco influenciam os padrões que regulam as comunidades (RICKLEFS, 1987). Fatores físicos severos diminuem a densidade dos organismos, impedindo que as interações competitivas possam chegar ao nível da exclusão competitiva, e permitindo que ocorra entre eles alternância de competidor mais forte (BEGON; TOWNSEND; HARPER, 2007; GRIME, 1989; HUTCHISON, 1961; RICKLEFS, 1987).

Historicamente, as variações espaciais dos fatores abióticos e seus efeitos sobre a estruturação e dinâmica das comunidades biológicas receberam mais atenção dos ecólogos, um fato refletido pela ampla literatura tratando do assunto (INOUE; MORALES; DODGE, 2002; KASPARI; O'DONELL; KETCHER, 2000; PIANKA, 1966). Entretanto, as variações temporais (diurna/noturna, sazonal, inter-anual, etc.) de fatores abióticos são agentes reconhecidos de regulação, estruturação e dinâmica das comunidades biológicas, principalmente no que diz respeito à riqueza e abundância de espécies, e à composição das comunidades (HAWKINS *et al.*, 2003; MORIN, 1999; MURPHY; LUGO, 1986; PIANKA, 1973; SCHOENER, 1974; WOLDA, 1988).

Em relação aos fatores climáticos, em particular os que determinam a disponibilidade de água, muitos estudos demonstram que a diversidade sofre forte influência das variações temporais dos mesmos. Embora a maioria desses estudos tenha sido realizada com comunidades de plantas (ex: BORCHERT, 1994; FENSHAM, FAIRFAX; ARCHER, 2005; FRANKI; BAKER; OPLER, 1974) ou de vertebrados (ex: CRAIG; CHAPMAN, 2003; MORENO-RUEDA; PIZARRO, 2007, 2008; PIANKA, 1973), vários trabalhos evidenciaram uma relação entre riqueza e/ou abundância das espécies de comunidades de insetos (ou outros artrópodes) e a variação sazonal das condições climáticas.

Nas matas úmidas do Panamá, por exemplo, onde existe uma pronunciada estação seca, a abundância de espécies de Blattodea, Diptera, Hemiptera, Mantodea, Orthoptera diminui durante a estação seca e apresenta picos na estação chuvosa (DENLINGER *et al.*, 1991; WOLDA, 1978, 1980; WOLDA; FISK, 1981). As mesmas observações foram feitas

com diversos grupos de insetos (Coleoptera, Hemiptera, Hymenoptera, Orthoptera) ou de aranhas em matas sazonais da Costa Rica (JANZEN, 1973; JANZEN; SCHOENER, 1968), Tanzania (BURGESS; PONDER; GODDARD, 1999), Malásia (KATO *et al.*, 1995), Papua-Nova Guiné (NOVOTNY; BASSET, 1998) e Austrália (LOWMAN, 1982). Na Costa Rica, uma nítida diferença na estrutura da comunidade (composição, riqueza em espécies e abundância) de artrópodes foi observada entre as estações (estação seca X estação úmida) e os períodos do dia (período diurno X período noturno) (JANZEN, 1973). Em uma floresta de araucária do Paraná, a riqueza e abundância de espécies de coleópteros fitófagos da família Chrysomelidae apresentam um pico na primavera-verão (LINZMEIER; RIBEIRO-COSTA, 2008). Em alguns casos, foi possível evidenciar que a redução da disponibilidade e da qualidade das fontes de alimento durante a estação seca (ou o inverno) é o principal fator limitante da riqueza e abundância, em particular para as espécies fitófagas ou sugadoras de fluídos vegetais (LINZMEIER; RIBEIRO-COSTA, 2008; LOWMAN, 1982; NOVOTNY; BASSET, 1998; WOLDA, 1978, 1980).

Uma relação entre riqueza e/ou abundância das espécies de comunidades de insetos, e a variação sazonal das condições climáticas foi também observada em regiões temperadas. Em um estudo da influência da sazonalidade climática em famílias de coleópteros (Attelabidae e Cantharidae) em florestas mistas do Japão central, por exemplo, Leksono, Nakagoshi e Takada (2005) encontraram forte redução na abundância e na riqueza de espécies de coleópteros no verão. Summerville e Crist (2005) avaliaram mudanças na diversidade de lepidópteros através de um gradiente temporal, em florestas temperadas dos Estados- Unidos. Foram encontradas mudanças nos padrões de diversidade de lepidópteros nos dois períodos estudados (início e fim do verão): a riqueza de espécies foi diferente de um período para o outro, o fim do verão sendo o de menor riqueza em espécies, embora o índice de diversidade não tenha sido muito diferente entre os dois períodos. Por outro lado, não foi possível observar mudanças decorrentes da sazonalidade climática nos padrões da abundância da entomofauna fitófaga de florestas temperadas no Reino Unido (SOUTHWOOD *et al.*, 2004).

2.2 O semi-árido brasileiro

Como todas as regiões semi-áridas do mundo, o semi-árido brasileiro se caracteriza por importantes variações temporais de disponibilidade de água (SNYDER; TORTOWSKI, 2006). Nestas regiões, as chuvas se caracterizam por “pulsos” sazonais, seguidos por longos períodos sem chuva (SNYDER; TARTOWSKI, 2006). Outra característica marcadamente importante no semi-árido brasileiro é um regime de chuvas caracterizado pela escassez,

irregularidade e concentração das precipitações em um curto período, normalmente de 3 a 4 meses (MOURA *et al.*, 2007; NOIN; CLARK, 1996; PENNINGTON; LEWIS; RATTER, 2006).

Outros fatores também participam da estrutura do semi-árido brasileiro e das suas variações, tais como: variações edáfico-climáticas associadas com a sua distância à costa do Atlântico, altitude, geomorfologia, dissecação da paisagem (fragmentação), declividade, exposição do vento, bem como a profundidade e composição química e física do solo (NOIN; CLARK, 1996; SNYDER; TARTOWSKI, 2006).

No entanto, o que melhor define o semi-árido brasileiro, e outras regiões semi-áridas do mundo, é o índice pluviométrico menor do que o índice de evapotranspiração (NOIN; CLARK, 1996). No semi-árido brasileiro, esse balanço hídrico negativo resulta essencialmente das baixas precipitações da região, algo em torno de 800 mm anuais, associadas a temperaturas médias anuais entre 23°C e 28°C, a uma umidade relativa do ar média em torno de 50%, e a uma evaporação média anual em torno de 2.000 mm (MOURA *et al.*, 2007; NOIN; CLARK, 1996; PENNINGTON; LEWIS; RATTER, 2006; SÁ *et al.*, 2000).

Todos estes fatores acabam por definir um clima com a presença de secas estacionais e periódicas, com apenas duas estações ao longo do ano: uma estação chuvosa de 3 a 4 meses e uma estação seca bem definida no resto do ano (MENDES, 1997; MOURA *et al.*, 2007; NOIN; CLARK, 1996; PENNINGTON; LEWIS; RATTER, 2006; SANTOS; BRITO, 2007).

Geograficamente, o semi-árido brasileiro abrange uma área de aproximadamente 1 milhão de km² (cerca de 13% da extensão do País). A maior parte desse semi-árido é situada na Região Nordeste, ocupando 70% da sua superfície. O resto da superfície da Região Nordeste é ocupado por outros biomas como brejos de altitude (matas úmidas de altitude), áreas de tabuleiro, e outras formações marginais (carrasco, enclaves de cerrado, etc.) (MOURA *et al.*, 2007).

A vegetação predominante do semi-árido brasileiro é a savana estépica (*sensu* VELOSO; RANGEL FILHO; LIMA, 1991), popularmente conhecida como “caatinga”. Essa savana fica quase toda situada na depressão sertaneja (pediplanos), cujos solos pedregosos e rasos resultam de um processo de pediplanação que ocorreu no terciário superior/quaternário inferior e expôs as superfícies de rochas cristalinas do pré-cambriano (AB'SÁBER, 2003; PRADO, 2003).

A vegetação do bioma da Caatinga é do tipo lenhosa, caducifólia, espinhosa, com

estratos arbóreos e gramíneo-lenhosos periódicos, e plantas suculentas, com adaptações morfológicas e fisiológicas à falta sazonal de água e a secas periódicas (IBGE, 1992, 1993; AB'SÁBER, 2003; PRADO, 2003; COSTA, ARAÚJO, LIMA-VERDE, 2007). Apresenta fitofisionomia variada que pode ser classificada como caatinga florestada (ecótono savana estépica/floresta estacional – IBGE, 1992), arbórea (savana estépica florestada – IBGE, 1992), arbóreo-arbustiva (savana estépica arborizada – IBGE, 1992), e herbáceo-lenhosa (savana estépica parque – IBGE, 1992) segundo o grau de cobertura arbórea, arbustiva e herbácea (CARVALHO; PINHEIRO JR., 2005; PRADO, 2003), embora outros sistemas de classificação existam (PRADO, 2003).

Embora sua flora seja insuficientemente conhecida em termos de diversidade e distribuição da cobertura vegetal, os estudos atuais demonstram uma alta diversidade (932 espécies de plantas vasculares), e uma taxa de endemismo de 34 % no caso das plantas suculentas e lenhosas (LEAL *et al.*, 2005; PRADO, 2003; COSTA, ARAÚJO, LIMA-VERDE, 2007). Apesar de também insuficientemente estudada, a fauna conhecida de vertebrados do bioma da caatinga é representada por 148 espécies de mamíferos, 510 de aves, 167 de répteis e anfíbios, e 240 de peixes, com taxas de endemismo variando de 3 a 7 % no caso das aves e mamíferos, e atingindo 57 % no caso dos peixes (LEAL *et al.*, 2005). Quanto aos dados sobre a fauna de invertebrados, ainda são extremamente escassos ou até inexistentes para muitos grupos (LEWINSOHN; PRADO, 2002). O grupo melhor conhecido é o das abelhas, com um registro de 187 espécies (ZANELLA; MARTINS, 2003).

2.3 Comunidades de formigas em regiões semi-áridas

Muitos trabalhos investigaram as comunidades de formigas de regiões áridas ou semi-áridas do mundo, e os fatores abióticos/bióticos que determinam os padrões de atividade das espécies ou a estrutura/dinâmica dessas comunidades.

Um dos fatores mais investigados é a temperatura. Vários trabalhos realizados em áreas desérticas/semi-áridas da Argentina (Chaco) (BESTELMEYER, 1997, 2000), da Austrália (CLOUDSLEY-THOMPSON, 1989; GREENAWAY, 1981; HOFFMANN, 1998), da África do Sul (LINDSEY; SKINNER, 2001), do Novo-México (WHITFORD, 1999), da estepe pré-saariana da Tunísia (HEATWOLE; MUIR, 1989), ou de áreas desérticas da Espanha (CERDÁ, 2001; CERDÁ; RETANA; MANZANETA, 1998; RETANA, CERDÁ, 2000) evidenciaram a importância da temperatura na atividade e na estrutura/dinâmica das comunidades de formigas desses ambientes, seja pelo efeito direto da mesma na fisiologia das

formigas, seja de maneira mais indireta, através das mudanças nas hierarquias competitivas entre as espécies.

Investigações detalhadas dos padrões temporais de exploração do ambiente em comunidades de formigas do Chaco argentino (BESTELMEYER, 1997, 2000) e de áreas desérticas da Espanha (CERDÁ, 2001; CERDÁ; RETANA; MANZANETA, 1998; RETANA, CERDÁ, 2000), em função do nível de tolerância dos membros das comunidades à temperatura, demonstraram a existência de hierarquias competitivas mediadas pela temperatura. Nesses estudos, foi mostrado que as espécies dominantes dessas comunidades são mais ativas a temperaturas moderadas, por serem intolerantes a temperaturas altas, enquanto as espécies subordinadas, tolerantes ao estresse de temperaturas altas, forrageiam a temperaturas extremas, quando as formigas dominantes não são ativas, aumentando assim suas habilidades competitivas. Segundo Cerdá (2001), essa exclusão mútua entre espécies dominantes e subordinadas poderia resultar de uma especialização fisiológicas das espécies da comunidade a faixas de temperaturas diferentes. De modo mais geral, esses padrões temporais refletiriam um compromisso (“trade-off”) entre a dominância comportamental e a tolerância termal das formigas (BESTELMEYER, 2000).

Através do estabelecimento de padrões temporais no forrageamento das espécies, a temperatura e suas importantes variações periódicas nos ambientes áridos/semi-áridos, podem também favorecer um aumento da diversidade, já que mais espécies competindo podem coexistir em consequência de reversões periódicas da prevalência competitiva entre as espécies (CERDÁ; RETANA; CROS, 1997).

A disponibilidade de água, considerada por alguns autores como o principal preditor de riqueza em espécies em áreas tropicais e subtropicais (HAWKINS *et al.*, 2003), é outro tema importante de investigação das comunidades de formigas de regiões áridas/semi-áridas. Na maioria dos trabalhos que investigaram o efeito das flutuações sazonais da disponibilidade de água (estação chuvosa/estação seca, “inverno”/“verão”) na estrutura e dinâmica das comunidades de formigas desses ambientes, observou-se maiores índices de abundância, riqueza em espécies e/ou atividade nos períodos com disponibilidade de água, em relação aos com disponibilidade reduzida (BARROW; PARR, 2008; BERNSTEIN, 1974, 1975; DAVIDSON, 1977; KASPARI; VALONE, 2002; MARSH, 1986; MEDEL, 1995; MORTON; DAVIDSON, 1988; PFEIFFER; CHIMEDREGZEN; ULYKPAN, 2003; SEGEV, 2009; WHITFORD, 1978). As mesmas observações foram feitas em áreas méxicas

(florestas tropicais decíduais do Panamá, por exemplo), onde existem condições de pluviosidade mais regulares, com temperatura constante ao longo do dia e do ano (COELHO; RIBEIRO, 2006; DEBLAUWE; DEKONINCK, 2007; HAHN; WHEELER, 2002; LEVINGS, 1983). Em muitos desses trabalhos, o aumento da produtividade primária (plantas) e da oferta de recursos (sementes, néctar, exudatos de hemípteros etc.) ligados a essa produtividade primária nos períodos de disponibilidade de água é apontada como principal fator responsável do aumento da atividade/diversidade das comunidades de formigas (BARROW; PARR, 2000; BERNSTEIN, 1974, 1975; DAVIDSON, 1977; KASPARI; VALONE, 2002; MARSH, 1986; MEDEL, 1995; MORTON; DAVIDSON, 1988; PFEIFFER; CHIMEDREGZEN; ULYKPAN, 2003; WHITFORD, 1978). Essa relação entre maior oferta de recursos, ultimamente decorrente da disponibilidade de água, e maior atividade/diversidade de comunidades de formigas foi particularmente demonstrada no caso das comunidades de formigas granívoras de áreas áridas/semiáridas dos Estados Unidos (BERNSTEIN, 1974, 1975; DAVIDSON, 1977; MEDEL, 1995; WHITFORD, 1978).

Para as comunidades de formiga da caatinga, não há trabalhos publicados sobre os efeitos da sazonalidade. Além do mais, existem poucas publicações descrevendo comunidades de formigas desse bioma. Os estudos mais completos foram realizados por Brandão (1995), em três áreas de Caatinga dos Estados do Piauí e da Bahia, por Leal (2003) em diversas áreas de Caatinga dos Estados de Alagoas e Sergipe, e por Quinet e Tavares (2005), no estado do Ceará.

Em todos esses trabalhos, foi destacada a diversidade menor da fauna de formigas da Caatinga em relação a outros biomas: 61 espécies no trabalho de Leal (2005), 24 no trabalho de Quinet e Tavares (2005). Segundo Leal (2003), a menor diversidade do bioma da Caatinga, em relação a outros biomas como a Mata Atlântica, por exemplo, poderia resultar da falta de espécies com hábitos especializados, as quais não conseguiriam suportar a escassez de recursos durante a estação seca.

2.4 Guildas

O conceito de guildas foi desenvolvido com o objetivo de identificar padrões de estrutura das comunidades que possam transcender as fronteiras biogeográficas e os efeitos dos fatores históricos sobre a composição taxonômica das mesmas (TERBORGH; ROBINSON, 1986). Embora esse conceito ainda seja sujeito a muitas discussões e interpretações (JAKSIC, 1981), a definição geral de guildas faz referência a grupos de espécies que provêm sua subsistência pelos mesmos tipos de recursos e que utilizam as

mesmas estratégias na ocupação dos seus nichos (TERBORGH; ROBINSON, 1986; SIMBERLOFF; DAYAN, 1991).

No caso de grupos animais que, como as formigas, formam comunidades complexas (ocupação de vários níveis tróficos e interações com muitos organismos, por exemplo) e ricas em espécies, o conceito de guildas é uma ferramenta potencialmente útil já que possibilita a comparação da estrutura e da organização funcional de comunidades de ecossistemas/biomas diferentes, mesmo que não tenham espécies em comum (TERBORGH; ROBINSON, 1986). Pode também ajudar a identificar os fatores que, dentro de um determinado ecossistema, regulam a presença ou ausência de determinadas espécies ou grupos de espécies.

Um dos mais completos estudos sobre as guildas de formigas foi realizado no Cerrado (SILVESTRE, 2000; SILVESTRE, BRANDÃO, SILVA, 2003), um bioma que apresenta algumas características em comum com a Caatinga, como uma forte sazonalidade pluviométrica.

Usando um conjunto de variáveis ecológicas como padrão de comportamento, relação trófica com o ambiente, substrato de nidificação, substrato de forrageamento, tipo de atividade do forrageio e recrutamento, tamanho das operárias e das colônias, Silvestre, Brandão e Silva (2003) delimitaram 15 guildas de formigas: (1) a guilda das predadoras epígeas de grande tamanho, com pequenas colônias subterrâneas (ex: *Dinoponera*, *Ectatomma*, *Odontomachus*, *Pachycondyla*); (2) a guilda das espécies nômades (tribu Ecitonini, gênero poneromorfa *Leptogenys*), com recrutamento de tipo legionário, muito agressivas e invasoras de ninhos de outros artrópodes; (3) a guilda das desfolheadoras (tribu Attini), com colônias grandes que cultivam fungo a partir de material vegetal fresco (ex: *Acromyrmex*, *Atta*.); (4) a guilda das Attini crípticas, com pequenas colônias que cultivam fungo a partir de material em decomposição (ex: *Apterostigma*, *Cyphomyrmex*, *Sericomyrmex*); (5) a guilda das dominantes onívoras de solo, com grandes ninhos terrícolas, sistema de recrutamento em massa e comportamentos agressivos na defesa de fontes de alimento (ex: *Pheidole*, *Solenopsis*); (6) a guilda das oportunistas de solo e vegetação, com colônias geralmente grandes, forrageamento na vegetação e no solo, recrutamento de massa e evitação das interações agonísticas com outras espécies (ex: espécies de *Camponotus*, *Paratrechina*, *Pheidole*); (7) a guilda das Camponotini patrulheiras generalistas, de tamanho médio a grande, com nidificação geralmente em troncos podres, recrutamento em massa e uso de defesa química na exploração/defesa de fonte de alimento, relações mutualistas frequentes com hemípteros (muitas espécies de *Camponotus*); (8) a guilda das arborícolas pequenas, com nidificação

arbórea, ninhos populosos, uso de recrutamento em massa e repelentes químicos na exploração/defesa das fontes de alimento, grande territorialidade e dominância das fontes de alimento (ex: *Azteca*, *Crematogaster*, *Wasmannia*); (9) a guilda das dolichoderíneas grandes com pequenos ninhos arbóreos e exploração de exudatos (ex: *Dolichoderus*); (10, 11) as guildas das mirmicíneas ou poneríneas crípticas, formadas por espécies pequenas a minúsculas cujos ninhos, de pequeno tamanho, são encontrados na serrapilheira onde atuam com predadoras especializadas de colêmbolos ou outros pequenos artrópodes (ex: *Octostruma*, *Pyramica*, *Strumigenys*, *Hypoponera*, *Prionopelta*); outras quatro guildas (guilda das espécies da tribo Cephalotini, guilda das pseudomirmecíneas, guildas das especialistas mínimas de solo ou vegetação).

As guildas das formigas de solo e da serrapilheira da Mata Atlântica foram também investigadas (DELABIE; AGOSTI; NASCIMENTO, 2000), levando à delimitação de nove guildas, algumas delas semelhantes a guildas propostas por Sivestre, Brandão e Silva (2003), como a guilda das predadoras especializadas de serrapilheira ou a guilda das onívoras dominantes que nidificam na vegetação (*Azteca*, *Crematogaster*). No entanto, Delabie, Agosti e Nascimento (2000) ressaltam o caráter preliminar da delimitação das guildas da Mata Atlântica e o fato que os hábitos de forrageamento e nidificação de muitas espécies de formigas permanecem desconhecidos.

Outro sistema usado para analisar as comunidades de formigas é o dos grupos funcionais. Inicialmente proposto por Greenslade (1978 – apud ANDERSEN, 1991), e posteriormente desenvolvido por Andersen a partir de estudos das comunidades de formigas australianas (1991, 1995, 2000), porém também testado com comunidades de formigas da América do Norte (ANDERSEN, 1997), esse sistema propõe sete categorias baseadas principalmente nos requisitos de habitat das formigas (temperatura, sítios de nidificação, fontes de alimento) e nas suas habilidades competitivas: (1) espécies dominantes: espécies que são ao mesmo tempo abundantes e capazes de influenciar fortemente a composição das comunidades de formigas por suas altas habilidades competitivas (ex: *Azteca*, *Dorymyrmex*, *Forelius*, *Iridomyrmex*); (2) espécies subordinadas: espécies que são capazes de co-existir com espécies dominantes, porém com capacidades competitivas menores e com comportamentos submissos em relação a espécies dominantes (ex: *Camponotus*); (3) espécies especialistas de clima quente, temperado, ou tropical úmido; (4) espécies crípticas: espécies geralmente pequenas ou diminutas, principalmente das subfamílias Myrmicinae e poneromorfas, que nidificam no solo ou na serrapilheira; (5) espécies oportunistas: espécies

não especializadas, com baixas habilidades competitivas, cuja distribuição é fortemente influenciada pela presença de espécies competidoras (ex: *Paratrechina*); (6) Myrmicinae generalistas: membros ubíquos das comunidades de formigas, muitas vezes caracterizados por uma abundância elevada, boas habilidades competitivas e capazes de interferir com as espécies dominantes (ex: *Crematogaster*, *Monomorium*, *Pheidole*); (7) espécies predadoras especializadas: espécies de tamanho médio a grande, predadoras especializadas de determinados grupos de artrópodes. Entretanto, segundo Silvestre (2000), a aplicação do modelo dos grupos funcionais a biomas neotropicais como o Cerrado seria inadequada, pois não conseguiria refletir a complexidade e a diversidade das variáveis ecológicas desses biomas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Descrição da área de estudo

As coletas foram realizadas em uma área de Caatinga do entorno da Fazenda Experimental da Universidade Federal do Ceará, Vale do Curu (03°48'S x 39°20'O), no município de Pentecoste-CE, o qual é distante de aproximadamente 100 e 50 km de Fortaleza e do litoral respectivamente (Figura 1). A fazenda possui cerca de 800 hectares, sendo 150 hectares de mata nativa relativamente contígua com a área onde as coletas foram efetuadas. A temperatura média da região fica entre 24° e 26°C, o índice pluviométrico médio anual é de 562,6mm (FUNCEME) e os solos são do tipo Bruno Não-Cálcicos, Litólicos, Latosol Vermelho-Amarelo, Planossolo.

O quadro de precipitações que caracteriza a região é, a princípio, o que prevalece no estado do Ceará: uma estação seca caracterizada pela ausência quase total de chuvas, e que é compreendida pelos meses de agosto, setembro, outubro e novembro, e uma estação chuvosa, com 3 momentos distintos: a pré-estação chuvosa que compreende os meses dezembro e janeiro; a estação chuvosa que engloba os meses de fevereiro, março, abril e maio, e a pós-estação chuvosa que compreende os meses de junho e julho (FUNCEME, 2009).

A área de Caatinga escolhida para realizar o estudo fica na base de um serrote, com solo bastante pedregoso (Figura 2). A vegetação da área é do tipo Caatinga arbórea, ou seja com estrato arbóreo denso de até 8 metros, estrato arbustivo aberto e baixo, e estrato herbáceo fechado (Figuras 2 e 3). Aparentemente, essa área de Caatinga possuía boas condições de conservação (Figuras 2 e 3). Para definir se a área escolhida estava bem conservada, utilizaram-se os seguintes critérios: a) ausência de plantas de sucessão primária, como as Juremas (*Mimosa* spp.), b) predominância de árvores de pequeno e médio porte, como, por exemplo, o cumaru (*Amburana cearensis*); c) ausência de solo nu; e d) ausência de trilhas e esterco de gado ao longo da área.

A escolha da localidade foi baseada nos seguintes critérios: i) bom estado de conservação da vegetação; ii) facilidade de acesso.

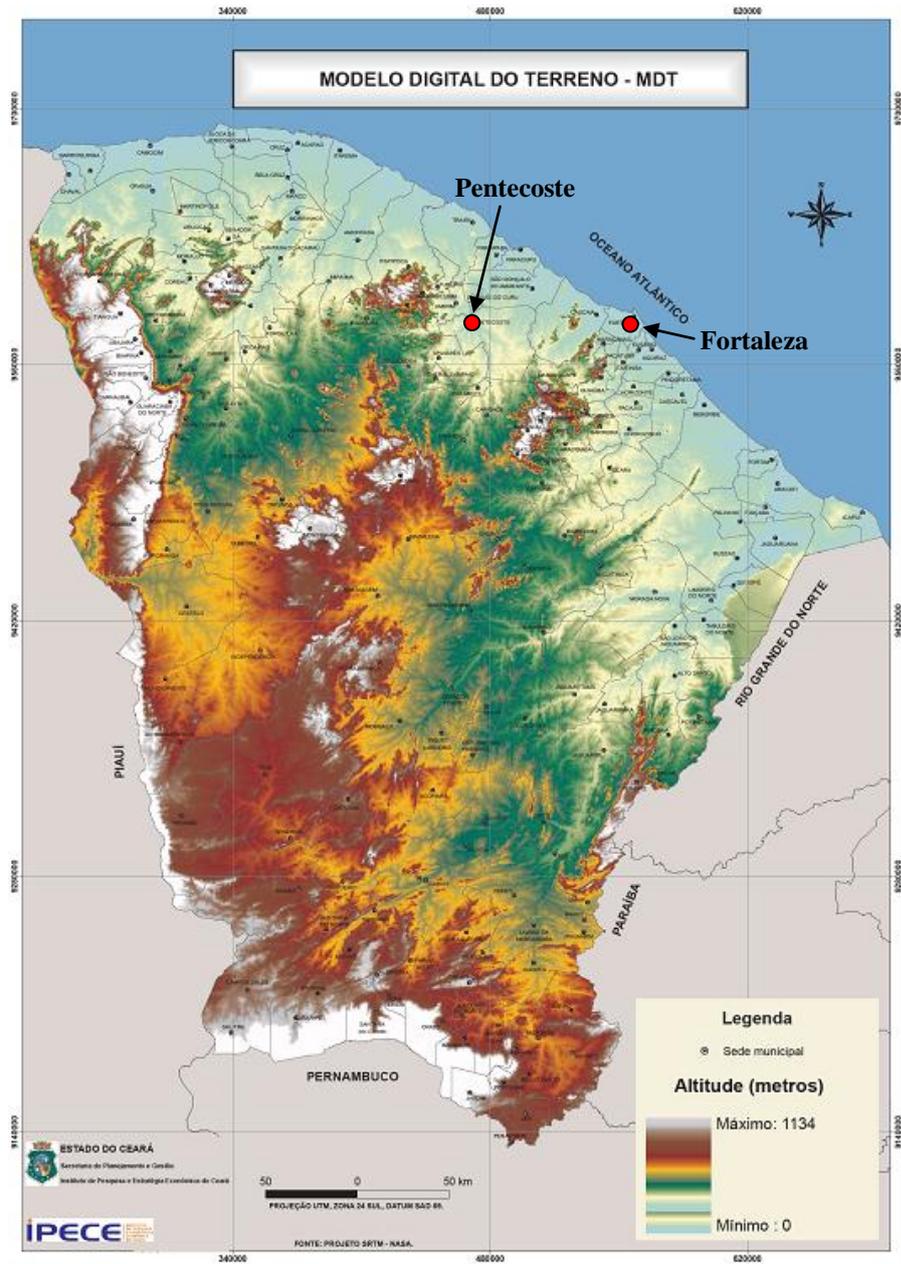


Figura 1. Mapa do Ceará com localização de Pentecoste e Fortaleza. Fonte: IPECE (Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará)



Figura 2. Aspecto do solo e da vegetação herbácea no local de estudo.
Foto: Y. Quinet

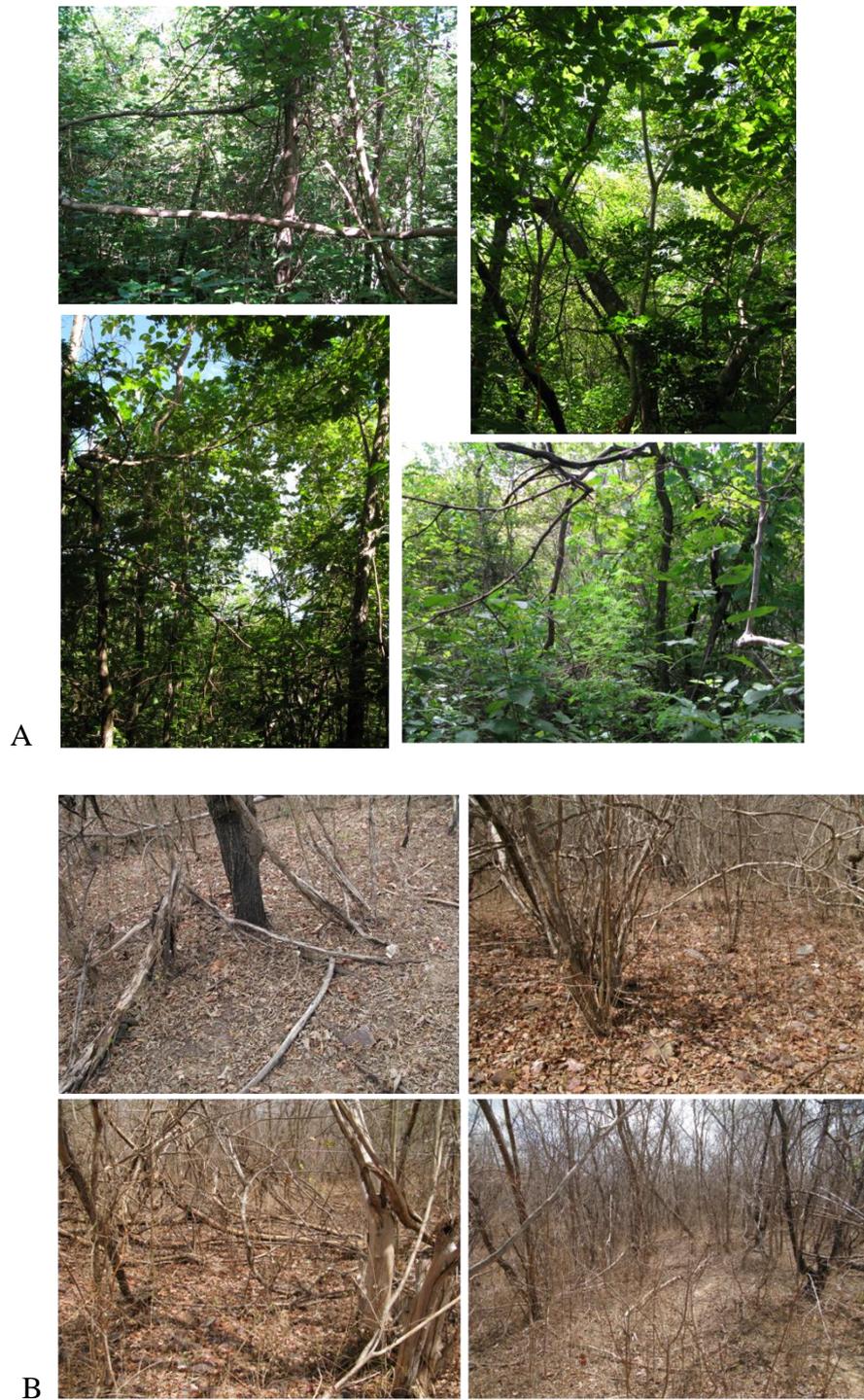


Figura 3. Aspecto da vegetação na área de amostragem, na época chuvosa (A) e seca (B). Foto: Y. Quinet

3.2 Método de coleta

O método de amostragem foi baseado em técnicas do protocolo ALL (“Ants of the Leaf-Litter”) desenvolvido para coletar as formigas da serrapilheira e do solo, com métodos padronizados (AGOSTI; ALONSO, 2000). Esse protocolo permite obter rapidamente dados comparáveis sobre a composição e a riqueza em espécies das comunidades de formiga da serrapilheira e é atualmente usado em várias regiões tropicais do mundo, inclusive do Brasil (FISHER *et al.*, 2000).

Na área escolhida, foi estabelecido um transecto linear de 200 metros, ao longo do qual foram definidos 20 pontos de amostragem a intervalos de dez metros (Figura 4).

Em cada ponto de amostragem, foi utilizada uma armadilha de queda (“pitfall-trap”) (Figura 4). Essa técnica consiste na inserção de um copo de plástico no solo, com a abertura no nível do solo (Figura 6). A fim de minimizar as perturbações decorrentes de colocações e retiradas mensais das armadilhas, um tubo de PVC, previamente instalado no local na época do estabelecimento do transecto, e com o diâmetro ligeiramente maior que o copo, serviu de encaixe permanente para as armadilhas (Figura 5). Os copos (13 cm de altura e 12 cm de abertura de boca) (Figura 4) eram preenchidos até 1/3 de sua capacidade com uma solução de 90% de etanol (com concentração de 90%) e 10% de monoetileneglicol (para diminuir a velocidade de evaporação do álcool), acrescida de algumas gotas de detergente para evitar que as formigas aproveitem a tensão superficial da água e possam assim sair da armadilha (BESTELMEYER *et al.*, 2000). Cada armadilha era coberta por um prato de isopor suspenso por palitos de madeira (Figura 7), para evitar que a mesma fosse obturada por folhas ou outra matéria orgânica caída das árvores e/ou inundada pela água durante a estação chuvosa. Cada armadilha foi considerada como uma unidade amostral.

As armadilhas permaneciam no campo por sete dias. Após esse período, eram retiradas e o conteúdo de cada uma era recolhido em um recipiente de plástico devidamente etiquetado com todos os seus dados (número da armadilha e data), para processamento e análise do material no laboratório. A amostragem no transecto foi realizada uma vez por mês durante um ano, de agosto de 2008 a agosto de 2009, totalizando 12 séries de observações de 20 amostras. Devido ao quadro chuvoso excepcional que caracterizou o ano 2009, a cidade de Pentecoste ficou temporariamente inacessível, impossibilitando a coleta em maio de 2009. Entre os períodos de amostragem, um copo de plástico idêntico ao usado como armadilha e preenchido até a boca com terra do local de amostragem, era instalado no encaixe permanente (tubo de PVC) para minimizar possíveis perturbações.

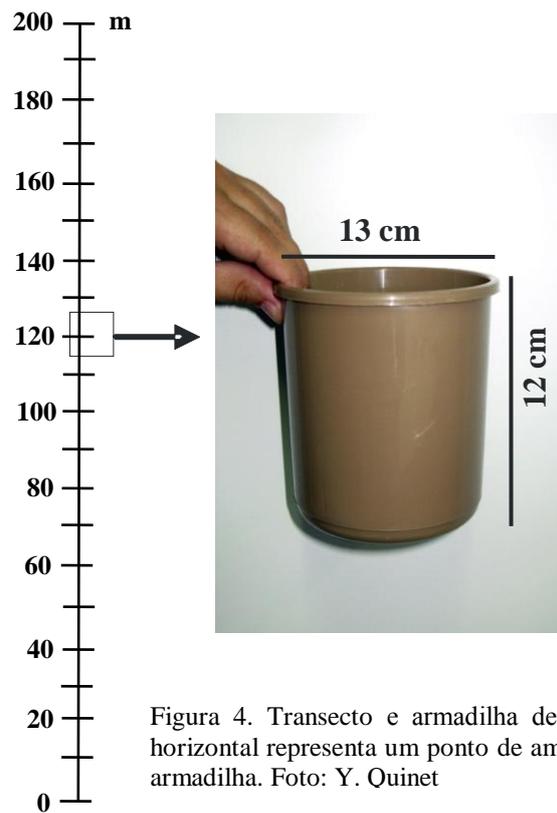


Figura 4. Transecto e armadilha de solo (“pitfall-trap”). Cada traço horizontal representa um ponto de amostragem, onde era instalada uma armadilha. Foto: Y. Quinet



Figura 5. Encaixe permanente das armadilhas. Foto: Y. Quinet



Figura 6. Armadilha de solo instalada.
Foto: Y. Quinet



Figura 7. Cobertura da armadilha.
Foto: Y. Quinet

3.3 Dados pluviométricos

Os dados pluviométricos usados no trabalho foram os fornecidos pelas cinco estações meteorológicas (Posto Casa de Pedra, Posto Sebastião Abreu, Posto Pentecoste, Posto Maracajá e Posto Providência) mantidas pela FUNCEME (Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos) no município de Pentecoste. Esses dados estão disponíveis no sítio: <http://www.funceme.br>.

Inicialmente, foram calculadas as médias diárias das cinco estações, para cada dia do período total de amostragem. Com essas médias, foram obtidos dois tipos de índices pluviométricos, através da soma das médias diárias: (1) o índice pluviométrico referente a cada mês; (2) o índice pluviométrico referente a cada amostragem.

O índice pluviométrico referente a cada mês foi obtido pela soma das médias diárias para o mês, do primeiro dia do mês até o último. O índice pluviométrico referente a cada amostragem mensal foi obtido pela soma das médias diárias das quatro semanas que antecediam a coleta do conteúdo das armadilhas, ou seja, a semana durante a qual as armadilhas permaneciam funcionais, mais as três semanas anteriores.

Os índices pluviométricos mensais foram usados para caracterizar o quadro chuvoso na região onde foi efetuado o estudo. Os índices pluviométricos referentes às amostragens mensais foram usados para analisar a influência das chuvas na estrutura da assembléia de formigas investigada. Esses últimos índices pluviométricos fazem referências às chuvas que foram chamadas de “influentes”, considerando que as precipitações que influem potencialmente a estrutura da assembléia de formigas investigada são as que prevaleceram nas semanas que antecederam as coletas.

3.4 Análise do material

No laboratório, o material coletado em cada armadilha foi triado para a separação das formigas dos demais componentes presentes na armadilha (elementos inorgânicos, material vegetal, outros animais). Após o processo de triagem, as formigas de cada armadilha foram agrupadas em morfoespécies. Terminada a separação em morfoespécies, três representantes de cada uma foram montados em alfinetes entomológicos (técnica do triângulo de papel), devidamente etiquetadas. As morfoespécies montadas foram identificadas até subfamília e gênero, usando chaves de identificação (HÖLLDOBLER & WILSON, 1990; BOLTON, 1994).

Para a identificação até espécie, foram utilizados os trabalhos mais atuais sobre a

sistemática dos gêneros coletados, segundo o catálogo mundial de Bolton *et al.* (2006), complementado através da página eletrônica “Social Insects Web” (http://www.research.amnh.org/entomology/social_insects) e “AntWeb” (<http://www.antweb.org>), onde se encontram disponíveis os mais importantes e atualizados bancos de dados sobre sistemática de Formicidae. Um estágio de uma semana no Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo – USP, sob a supervisão do Dr. Carlos Roberto Brandão e do Doutorando Rodrigo Feitosa, permitiu confirmar, completar, e eventualmente corrigir as identificações.

3.5 Análises dos dados

3.5.1 Estrutura da comunidade: diversidade e composição

Os dados foram organizados em matrizes de presença/ausência das espécies nas amostras para cada mês, cada estação e o período total de amostragem. A análise dessas matrizes permitiu detectar as tendências gerais da composição em espécies e gêneros, da riqueza em espécies da comunidade investigada, e visualizar a evolução da estrutura da comunidade ao longo de um ano da estação seca para a estação chuvosa.

3.5.1.2 Curvas de acumulação e estimativa de riqueza das espécies

Para cada mês, cada estação (seca, chuvosa) e o período total de amostragem, foram calculadas curvas de acumulação de espécies, com 100 aleatorizações, através do programa EstimateS 8.0 (COLWELL, 2006). Essas curvas são importantes ferramentas que fornecem informações sobre as taxas de acumulação das espécies em função do esforço amostral e sobre a suficiência amostral (GOTELLI; COLWELL, 2001).

Para se estimar a riqueza real foram utilizados três estimadores de riqueza:

(1) Michaelis-Menten. Esse estimador de riqueza permite prever a assíntota da curva de acumulação (ponto de estabilização) e observar onde a suficiência amostral foi atingida (COLWELL; CODDINGTON, 1994; MAGURRAN, 1988, 2004; SANTOS, 2006).

(2) O Jackknife de 1ª ordem e o Chao 2. Esses são muito recomendados por serem aplicáveis aos dados com diferentes distribuições de abundância (SANTOS, 2006).

O Jackknife de 1ª ordem é um estimador baseado na incidência das espécies e no número de amostras. Suas estimativas são influenciadas pelas espécies que ocorrem em apenas uma amostra (“uniques”). Calcula-se através da seguinte equação:

$$S_{\text{jack1}} = S_{\text{obs}} + Q_1 (m-1/m), \text{ onde:}$$

S_{jack1} = N° de espécies estimadas pelo estimador Jackknife 1;
 S_{obs} = N° de espécies observadas nas amostras;
 Q_1 = frequência de espécies que ocorrem em apenas uma amostra (“uniques”);
 m = N° total de amostras.

O Chao 2 é um estimador baseado na incidência das espécies. É influenciado pelas espécies que ocorrem em apenas uma amostra (“uniques”) e por espécies que ocorrem em apenas duas amostras (“duplicates”). Quando se tem o número de “uniques” e “duplicates” maior que zero, calcula-se através da seguinte fórmula (COLWELL, 2006):

$$S_{\text{Chao2}} = S_{\text{obs}} + Q_1^2 / 2Q_2, \text{ onde:}$$

S_{Chao2} = N° de espécies estimadas pelo estimador Chao2;
 S_{obs} = N° de espécies observadas na amostra;
 Q_1 = Frequência das espécies que ocorrem em apenas uma amostra (uniques);
 Q_2 = Frequência das espécies que ocorrem em apenas duas amostras (duplicates).
 m = N° total de amostras.

Quando o número de “uniques” ou “duplicates” for igual a zero, a equação usada é a seguinte (COLWELL, 2006):

$$S_{\text{Chao2}} = S_{\text{obs}} + (m-1/m)(Q_1(Q_1-1)/2(Q_2+1))$$

Todos esses estimadores permitiram comparar as estimativas de riqueza obtidas com a riqueza observada (LONGINO, 2000).

3.5.1.3 Padrões de abundância das espécies

Dois tipos de abundância foram definidos para cada espécie: a abundância correspondendo ao número de armadilhas em que a espécie foi encontrada, independentemente do número de indivíduos que caíram nas armadilhas, e a abundância correspondendo ao número de indivíduos que foram coletados nas armadilhas. A primeira foi chamada abundância relativa, a segunda, abundância absoluta. A distinção é importante, pois todas as análises que se referem aos modelos de abundância, aos índices de diversidade, aos índices de equabilidade, e aos estimadores de riqueza são baseados na abundância relativa. Isso se justifica pelo fato que as formigas são insetos sociais com hábitos coletivos de forrageamento, e que existem diferenças importantes entre as formigas quanto à capacidade e sistema de recrutamento e ao tamanho populacional das colônias (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990). O uso da abundância relativa permite, portanto, evitar a superestimação da diversidade de espécies cujos sistemas de forrageamento ou recrutamento favorecem a captura de muitos

indivíduos nas armadilhas (LONGINO, 2000). Os dados relativos à abundância absoluta foram usados para investigar a influência da sazonalidade sobre a atividade de forrageamento das espécies.

Os padrões de abundância das espécies foram analisados usando gráficos de sequências de espécies, onde as espécies foram colocadas no eixo x em ordem decrescente de abundância relativa, e a abundância relativa de cada uma é colocada no eixo y. Modelos teóricos (série geométrica, série logarítmica, log-normal e bastão quebrado) foram em seguida usados para calcular o ajuste dos gráficos a esses modelos (MAGURRAN, 1988, 2004). Esse ajuste consiste em calcular a abundância relativa esperada de cada espécie e compará-la com a abundância relativa observada, usando um teste de aderência, comumente o teste de qui-quadrado (χ^2). Esses modelos (série geométrica, série logarítmica, log-normal e bastão quebrado) representam um gradiente decrescente de ocupação do hiper-espço pela espécie dominante (MAGURRAN, 1988, 2004).

3.5.1.3.1 Série geométrica e série logarítmica

A série geométrica e a série logarítmica representam modelos de pré-esvaziamento de nichos: a espécie dominante ocupa uma determinada parte k no hiper-espço dos nichos deixando uma parte desocupada ($1-k$, por exemplo); a segunda espécie mais dominante ocupa a parte remanescente, deixando uma parte desocupada, e assim sucessivamente com todas as espécies da comunidade (MAGURRAN, 1988, 2004; MARTINS; SANTOS, 1999; MAY, 1975).

Na série geométrica, as espécies chegam em intervalos de tempos regulares, caracterizando uma situação onde existiria uma única espécie extremamente abundante (cerca de 70% da abundância total) e todas as outras espécies, com abundância muito baixa. Esse tipo de série geométrica é considerado como característico de ambientes muito simples, com baixa diversidade, onde as espécies estariam competindo em um ambiente altamente restritivo e sob forte influência de um único fator determinante (MAGURRAN, 1988, 2004; MARTINS; SANTOS, 1999).

Na série logarítmica, as comunidades são um pouco mais diversas do que na série geométrica. As espécies estariam convivendo em um ambiente um pouco menos restritivo que na série geométrica e ao invés de um único fator fortemente limitante, existiriam alguns fatores moderadamente limitantes. As espécies chegariam em intervalos de tempos aleatórios, ocupando uma porção k do hiper-espço, caracterizando assim uma situação com um pequeno

número de espécies abundantes e um grande número de espécies com abundância baixa.

3.5.1.3.2 **Log-normal**

O modelo log-normal indica uma comunidade grande e estável, onde existe uma alta diversidade de espécies (MAGURRAN, 1988, 2004). São usadas classes de abundância padronizadas por uma transformação logarítmica (log base 2), na qual cada classe, denominada oitava, tem o dobro da abundância da classe anterior. É o modelo mais encontrado em comunidades onde a abundância das espécies é influenciada por diversos fatores independentes (MAGURRAN, 1988, 2004; MARTINS; SANTOS, 1999).

3.5.1.3.3 **Bastão quebrado**

A série bastão quebrado é também conhecida como modelo da proporcionalidade do espaço. Neste modelo, as comunidades são constituídas por um pequeno número de espécies funcionalmente similares, que competem entre si por um mesmo recurso em um ambiente homogêneo (MARTINS; SANTOS, 1999). O hiper-espaço do nicho equivaleria a uma vara quebrada aleatoriamente e simultaneamente entre S espécies. Este modelo corresponderia à situação onde a diversidade e a equabilidade observadas na natureza seria máxima. (MAGURRAN, 1988, 2004).

3.5.1.4 **Índices de diversidade**

Os índices de diversidade são aqueles que combinam a riqueza em espécies com a abundância das espécies, permitindo a obtenção de um único valor que, idealmente, deveria caracterizar a diversidade da comunidade estudada (MAGURRAN, 1988, 2004). Apesar da perda de informação inerente a esse tipo de combinação, são usados como complementação às análises de riqueza e abundância, e permitem comparar comunidades (MARTINS; SANTOS, 1999). Vários índices de diversidade foram desenvolvidos, alguns dando mais peso à componente riqueza em espécies, outros à componente abundância das espécies (MAGURRAN, 1988, 2004).

Os índices de diversidade utilizados no presente trabalho foram: índice de diversidade de Simpson ($1/D$) e índice de diversidade de Shannon (H').

3.5.1.4.1 **Índice de diversidade ($1/D$) e equabilidade ($E_{1/D}$) de Simpson**

O índice de Simpson (1949) é baseado na probabilidade de se retirar aleatoriamente dois indivíduos da mesma espécie em uma comunidade grande e finita (MAGURRAN, 1988, 2004). Ele expressa a dominância ou a concentração de determinadas espécies. A diversidade

é calculada usando-se a forma inversa, $1/D$ ou $1-D$, o qual representa um índice inversamente proporcional ao de dominância. Por se basear em probabilidade, é extremamente sensível à abundância das espécies, sendo indicado para detectar a influência de alterações ambientais (MAGURRAN, 1988; MAGURRAN, 2004).

Calcula-se a partir da fórmula:

$$D_s = 1/D, \text{ onde } D = \frac{\sum n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)} \text{ nde:}$$

n_i = número de indivíduos da i -ésima espécie;
 N = número total de indivíduos.

Para a medida da equabilidade utilizou-se o índice de equabilidade de Simpson, calculado pela fórmula:

$(1/D_s)/s$, onde:

s = número de espécies.

Os índices foram calculados através do programa BioDap (THOMAS, 2000).

3.5.1.4.2 Índice de diversidade de Shannon (H') e de equabilidade de Pielou (J)

O índice de diversidade de Shannon leva em consideração que todas as espécies estão representadas na amostra (MAGURRAN, 1988, 2004). Assume que as espécies são coletadas aleatoriamente de uma grande e infinita população. Por utilizar a abundância relativa, dando um peso igual à todas as espécies, acaba sendo mais sensível à riqueza em espécies, sendo fortemente influenciado por espécies raras (MAGURRAN, 1988, 2004).

Calcula-se através da formula:

$$H' = - \sum p_i \text{Log } p_i \quad , \text{ onde:}$$

p_i = proporção da espécie em relação ao número total de espécimes encontrados nos levantamentos realizados.

Foi também usado o índice de equabilidade de Pielou (J), que permite avaliar o quanto a diversidade observada se aproxima de diversidade máxima, que seria obtida se todas as espécies fossem representadas pelo mesmo número de indivíduos (MAGURRAN, 1988, 2004).

Calcula-se através da formula:

$$J = \frac{H'}{H_{\max}'}, \text{ onde:}$$

H' máximo é a diversidade máxima possível que poderia ser observada se todas as espécies apresentassem igual abundância; H' máximo = log S, sendo S = número total de espécies.

3.5.1.5 Comparação das faunas mensais e estacionais

3.5.1.5.1 Coeficiente de similaridade e análise de agrupamento

O coeficiente de similaridade é uma grandeza numérica que quantifica o grau de associação entre um par de objetos (LEGENDRE; LEGENDRE, 1998; VALENTIN, 2000). Os coeficientes de similaridade foram inicialmente desenvolvidos para medições binárias (que assumem apenas dois valores) (LEGENDRE; LEGENDRE, 1998; VALENTIN, 2000), e diferem entre si basicamente pela inclusão ou exclusão da dupla ausência (ausência de uma determinada espécie em duas áreas ou períodos comparados, por exemplo).

Em estudos de comunidades, é desaconselhável o uso de coeficientes que incluam a dupla ausência (VALENTIN, 2000), visto que não se pode afirmar que dois descritores (áreas, períodos) são iguais por não apresentarem a mesma espécie. Por essa razão, o coeficiente de similaridade que foi usado para comparar as faunas mensais e estacionais, foi o coeficiente de Jaccard, o qual é baseado na presença ou ausência de espécies, excluindo-se a dupla ausência (VALENTIN 2000). Varia de 0 a 1, onde 1 representa a similaridade máxima (todas as espécies se repetem de um período para outro) e 0, a inexistência de similaridade.

O cálculo foi realizado pelo programa EstimateS (COLWELL, 2006), usando a seguinte fórmula:

$$J = c / a + b - c, \text{ onde:}$$

a = número de espécies presentes apenas no período 1;

b = número de espécies presentes apenas no período 2;

c = número de espécies presentes em ambos os períodos.

A comparação da similaridade entre os meses e as estações foi feita através da análise de agrupamento pelo método UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean) (LEGENDRE; LEGENDRE, 1998; ROMESBURG, 1984) que permite destacar os grupos que apresentam similaridades entre si. A análise de agrupamento tem como objetivo descrever de maneira clara e sintética, usando um dendrograma, a estrutura de uma comunidade, determinando a composição de suas unidades funcionais e a relação que existe

entre elas (VALENTIN, 2000). O método UPGMA assume que cada grupo é formado por uma amostra representativa do universo em estudo (LEGENDRE; LEGENDRE, 1998), permitindo uma análise segura dos grupos formados.

A análise de agrupamento pelo método UPGMA foi feita usando-se o programa Biodiversity Pro versão 2.0 (MCALEECE, 1997).

3.5.1.5.2 Coeficiente de rotatividade de espécies (índice de turnover)

O “turnover” é aqui definido como o número de espécies eliminadas ou substituídas por determinada unidade de tempo (MAGURRAN, 2004). Os índices de “turnover” no tempo representam uma das diversas maneiras de medir a diversidade β . Este índice permitiu avaliar até que ponto houve uma sucessão/reposição de espécies da estação seca para a estação chuvosa (MAGURRAN, 2004). Foi calculado pela seguinte fórmula:

$$T_n = \frac{E_n + I_n}{S_y + S_{y+n}} \quad , \text{ onde:}$$

E_n = número de espécies presentes somente no período I;

I_n = número de espécies presentes somente no período II;

S_y = número total de espécies no período I;

S_{y+n} = número total de espécies no período II.

3.5.2 Testes estatísticos

Para os modelos de abundância, é necessário utilizar um teste de aderência ao modelo. Este teste de aderência é obtido usando o teste do χ^2 (qui-quadrado) entre a abundância observada e a esperada. Foi usado o programa BioDap (THOMAS, 2000) para a realização desses testes.

Para comparar os índices mensais e estacionais (seca/chuvosa) tanto de diversidade quanto de equabilidade utilizou-se a análise de variância (ANOVA) e o teste t de Student, respectivamente (PAGANO; GAUVREAU, 2006; ZAR, 1984). Os testes paramétricos foram usados nessa análise de dados em virtude dos índices de diversidade possuírem frequentemente uma distribuição normal (MAGURRAN, 2004).

Os índices de diversidade de Shannon mensais foram comparados pelo teste t de Hutcheson (ZAR, 1984). Para a aplicação do teste t entre os índices mensais, foi usada a correção de Bonferroni, necessária quando n hipóteses independentes são testadas. O teste t de

Hutcheson é o teste paramétrico recomendado para comparações estatísticas entre valores de H' (ZAR, 1984).

Calcula-se através da seguinte fórmula:

$$t = \frac{H^1 H^2}{(\text{var} H^1 + \text{var} H^2)^{1/2}}, \text{ onde:}$$

H^1 = índice de Shannon na área 1

H^2 = índice de Shannon na área 2

$\text{var} H^1$ = variância do índice de Shannon na área 1

$\text{var} H^2$ = variância do índice de Shannon na área 2.

3.5.2.1 Análise de correlação entre os índices de diversidade e os índices pluviométricos

A relação (grau de associação) entre os índices de diversidade mensais (índice de Simpson e índice de Shannon) e os índices pluviométricos mensais foi analisada usando a correlação de “Pearson”.

A análise de correlação foi realizada pelo programa Statistica 7.0 (STATSOFT, 2004).

4 RESULTADOS

4.1 Estação seca e estação chuvosa

Qualitativamente, o quadro de precipitações observado no período de coleta correspondeu ao que foi descrito no “Material e métodos”: uma estação seca (07/2008-12/2008), com, no entanto, algumas chuvas em 08/2008; uma pré-estação chuvosa em 01/2009; uma estação chuvosa no período 02/2009-05/2009; e uma pós-estação chuvosa no período 06/2009-08/2009 (Figura 8).

Quantitativamente, o quadro chuvoso do ano 2009 foi atípico, com precipitações médias que foram cerca de 60% maiores que nos últimos 30 anos (FUNCEME, 2009) (Figura 8). No mês de maio, as chuvas foram tão importantes que chegaram a destruir todos os pontos de acesso (pontes) à cidade de Pentecoste que ficou ilhada, impossibilitando a coleta do conteúdo das armadilhas instaladas no início de maio de 2009.

O quadro chuvoso obtido com os índices pluviométricos relativos às amostragens mensais (“chuvas influentes”) (ver Material e Métodos) (Figura 9) apresentou algumas diferenças em relação ao quadro chuvoso mensal “oficial” (Figura 8): inclusão do mês de janeiro de 2009 na estação seca e inclusão do mês de agosto de 2009 na estação pós-chuvosa.

Nítidas diferenças na vegetação foram observadas, tanto no estrato arbóreo/arbustivo como herbáceo, entre a estação seca e a estação chuvosa/pós-estação chuvosa. No mês de 08/2008, início do período de coleta, as árvores e arbustos ainda possuíam boa parte da sua folhagem (Figuras 10 e 11) e o estrato herbáceo ainda era expressivo. No final de 08/2008 – início de 09/2008, a maioria das árvores/arbustos tinha perdido suas folhas (Figuras 10 e 11) e o estrato herbáceo tinha sumido, o solo sendo recoberto por uma camada de folhas secas. A quase inexistência de folhagem no dossel na estação seca (Figura 11) expunha diretamente o solo aos efeitos das radiações solares, com provável grande amplitude térmica dia/noite. Com as primeiras chuvas de janeiro 2009, o estrato arbóreo/arbustivo começou a recuperar sua folhagem que permaneceu denso até final de julho, com presença de um estrato herbáceo bem desenvolvido. A vegetação começou a mostrar sinais claros de efeitos da seca (folhas murchas) no final de julho/início de agosto 2009.

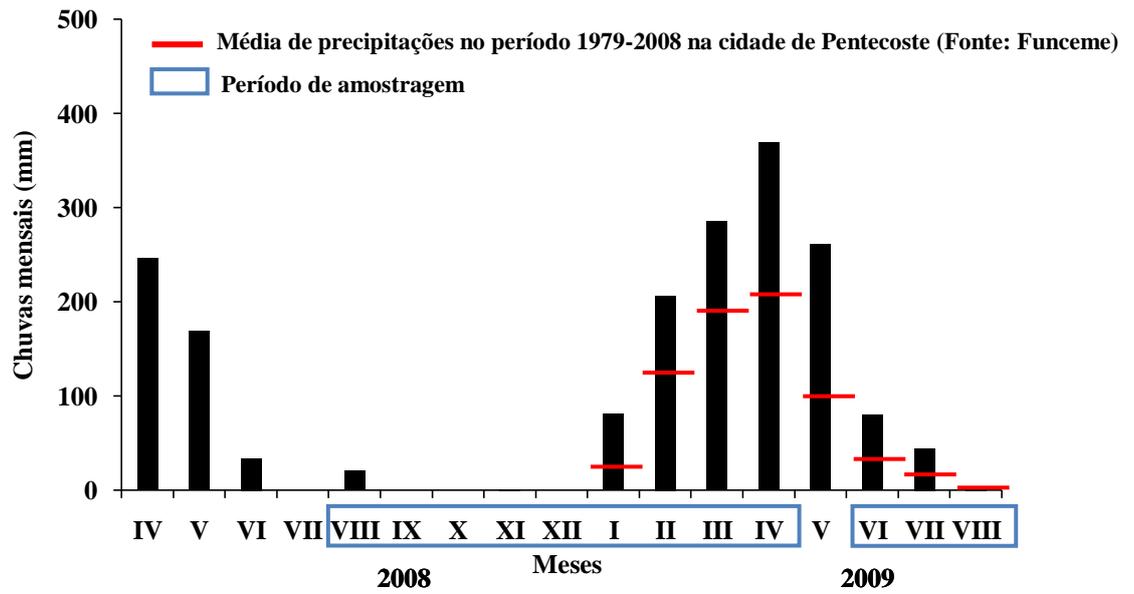


Figura 8. Quadro chuvoso mensal (barras verticais) durante o período de amostragem da fauna de formigas de solo em uma área de Caatinga do município de Pentecoste

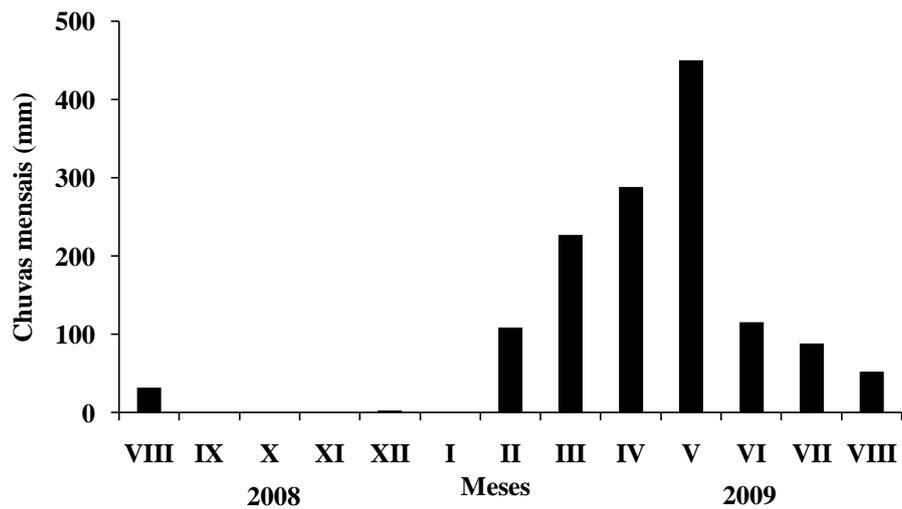


Figura 9. Chuvas mensais “influentes” durante o período de amostragem da fauna de formigas de solo em uma área de Caatinga do município de Pentecoste



Figura 10. Aspecto da vegetação no período pós-chuvoso (06/2008) (A) e no período seco (11/2008) (B), na região onde era localizada a área de coleta. As duas fotografias foram realizadas no mesmo local. Fotos: Y. Quinet



Figura 11. Dossel da vegetação no ponto da amostragem N° 1. (A): período pós-chuvoso (06/2009), (B): período seco (11/2008). Fotos: Y. Quinet

4.2 Composição em espécies

Foram coletadas 41 espécies, sendo que duas delas não puderam ser identificadas, sendo representadas por indivíduos com apenas uma parte do corpo (Tabela 2). As 39 espécies com identificação pelo menos até gênero estão distribuídas em seis subfamílias e 19 gêneros (Tabelas 1 e 2). A subfamília Myrmicinae foi a mais rica em gêneros e espécies (9 gêneros, 21 espécies), seguida por Formicinae (2 g., 10 spp.), Ponerinae (4 g.; 4 spp.), Ectatomminae (2 g., 2 spp.), Ecitoninae (1 g., 1 sp.) e Pseudomyrmecinae (1 g., 1 sp.) (Tabela 1). Os dois gêneros mais ricos em espécies foram: *Pheidole* (10 spp.) e *Camponotus* (8 spp.), os outros sendo representados por apenas uma a três espécies (Tabela 2).

Vinte e três espécies foram encontradas em mais de 50% das coletas, cinco espécies foram coletadas entre 25% a 50% das coletas, enquanto treze espécies foram relativamente infrequentes, sendo capturadas em menos de 25% das coletas (Tabela 2). Dez espécies (*Ectatomma edentatum*, *Gnamptogenys striatula*, *Camponotus crassus*, *C. substitutus*, *C. fastigatus*, *Cyphomyrmex rimosus*, *Pheidole diligens*, *P. sp.1*, *P. sp.2*, *P. sp.6*, *Solenopsis globularia*, *S. sp. pr. albidula*, *Plathythyrea sp.n.*) foram encontradas em mais de 90% das coletas (Tabela 2).

Quarenta espécies foram coletadas na estação seca, e 29 na estação chuvosa, sendo que 28 espécies foram comuns às duas estações (Tabela 2). Doze espécies (*Neivamyrmex diana*, *Camponotus sp.2*, *Cephalotes pellans*, *Crematogaster distans*, *Pheidole sp.3*, *Pheidole sp.9*, *Wasmannia auropunctata*, *Nesomyrmex pr. mirassolis*, *Thaumatomyrmex mutilatus*, *Pseudomyrmex acanthobius*, e as duas espécies não identificadas e representadas apenas um alitrongo, porém separáveis das outras morfoespécies pela morfologia desse alitrongo) foram exclusivas da estação seca (Tabela 2). Apenas uma espécie (*Strumigenys elongata*) foi exclusiva da estação chuvosa (Tabela 2).

Tabela 1. Número total e porcentagem dos gêneros e das espécies coletados. Apenas as 39 espécies identificadas até pelo menos subfamília e gênero foram incluídas na tabela.

Subfamília	Gênero	%	Espécies	%
Myrmicinae	9	47	21	54
Formicinae	2	11	10	26
Ponerinae	4	21	4	10
Ectatomminae	2	11	2	5
Ecitoninae	1	5	1	3
Pseudomyrmecinae	1	5	1	3
TOTAL	19	100	39	100

Tabela 2. Lista de espécies encontradas nas coletas mensais no período 08/2008 – 08/2009. X: presença da espécie em pelo menos uma das 20 armadilhas do transecto. *: não houve coleta no período. OC: ocorrência. Período chuvoso/pós-chuvoso destacado em cinza. Ocorrência: porcentagem de captura das espécies nas coletas mensais. Algarismos romanos: meses.

Subfamília	Espécie	2008						2009						OC	
		VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII		VIII
Ectatomminae	<i>Ectatomma suzanae</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	*	X	X	X	100%
	<i>Gnamptogenys striatula</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	*	X	X	X	100%
Ecitoninae	<i>Neivamyrmex diana</i>		X				X				*			17%	
Formicinae	<i>Brachymyrmex</i> sp.1			X							*	X		17%	
	<i>Brachymyrmex</i> sp.2	X	X	X	X	X	X	X			*	X	X	75%	
	<i>Camponotus arboreus</i>		X				X				*		X	25%	
	<i>Camponotus atriceps</i>	X	X	X	X	X			X		*	X	X	67%	
	<i>Camponotus crassus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	*	X	X	X	100%
	<i>Camponotus fastigatus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X		*	X	X	X	92%
	<i>Camponotus substitutus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	*	X	X	X	100%
	<i>Camponotus vittatus</i>	X	X	X	X	X	X				*	X	X	X	75%
	<i>Camponotus</i> sp.1	X		X				X	X		*	X	X	X	58%
	<i>Camponotus</i> sp.2						X				*				8%
Myrmicinae	<i>Cephalotes pellans</i>		X								*			8%	
	<i>Cephalotes pusillus</i>		X	X		X	X			X	*	X	X	58%	
	<i>Crematogaster distans</i>					X	X				*			8%	
	<i>Crematogaster victima</i>	X	X	X	X	X	X	X			*	X	X	X	83%
	<i>Cyphomyrmex rimosus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X		*	X	X	X	92%
	<i>Nesomyrmex</i> pr. <i>mirassolis</i>	X				X					*				17%
	<i>Pheidole diligens</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	*	X	X	X	100%
	<i>Pheidole</i> sp.1 (gr. <i>fallax</i>)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	*	X	X	X	100%
	<i>Pheidole</i> sp.2 (gr. <i>diligens</i>)	X	X	X	X	X	X	X	X		*	X	X	X	92%
	<i>Pheidole</i> sp.3 (gr. <i>fallax</i>)	X	X								*				17%
	<i>Pheidole</i> sp.4	X					X	X	X	X	*	X	X	X	67%
	<i>Pheidole</i> sp.5 (gr. <i>diligens</i>)	X	X	X	X		X		X		*			X	58%
	<i>Pheidole</i> sp.6 (gr. <i>flavens</i>)	X	X	X	X		X	X	X	X	*	X	X	X	92%
	<i>Pheidole</i> sp.7 (gr. <i>fallax</i>)	X	X	X							*	X		X	42%
	<i>Pheidole</i> sp.8 (gr. <i>diligens</i>)		X	X							*			X	25%
	<i>Pheidole</i> sp.9 (gr. <i>diligens</i>)			X							*				8%
	<i>Rogeria blanda</i>	X				X		X			*		X	X	42%
<i>Solenopsis globularia</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	*	X	X	X	100%	
<i>Solenopsis</i> pr. <i>albidula</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	*	X	X	X	100%	
<i>Strumigenys elongata</i>							X	X	X	*	X	X	X	50%	
<i>Wasmannia auropunctata</i>	X		X							*				17%	
Ponerinae	<i>Dinoponera quadriceps</i>	X	X	X	X		X			X	*		X	X	67%
	<i>Odontomachus bauri</i>	X	X	X	X				X		*	X	X	X	67%
	<i>Platythyrea</i> sp.n.	X	X	X	X	X	X	X	X		*	X	X	X	92%
	<i>Thaumatomyrmex mutilatus</i>					X					*				8%
Pseudomyrmecinae	<i>Pseudomyrmex acanthobius</i>				X						*			8%	
Não identificadas	Ni sp.1					X					*			8%	
	Ni sp.2						X				*			8%	
Número total espécies		27	27	27	21	22	25	19	19	13		21	24	28	

4.3 Riqueza em espécies

A riqueza mensal variou de 13 a 28 espécies, e os valores mais baixos (13 e 19) foram observados nos meses com maiores índices pluviométricos (fevereiro, março e abril de 2009) (Tabela 3).

As curvas mensais de acumulação e a extrapolação das mesmas pelos estimadores de riqueza (Michaelis-Menten, Jackknife-1, Chao 2) demonstraram que a suficiência amostral foi atingida em todas as coletas do período seco (Figura 12) e do período chuvoso (Figura 13). A mesma constatação pode ser feita considerando-se o conjunto das coletas da estação seca (Figura 14), da estação chuvosa (Figura 15), e do período total de coleta (Figura 16).

Os estimadores de riqueza (Michaelis-Menten, Jackknife-1, Chao 2) para as coletas mensais do período seco indicam que de 81,5% a 95,9% da fauna de formigas de solo presente no local foi coletada (cerca de 90% se for considerado o período seco total). Uma exceção a esses números foi a estimativa obtida para o mês de janeiro 2009 com o Chao 2 (Figura 12). Isso se deve ao fato de que nessa coleta, não houve “duplicates”, ocasionando o cálculo pela fórmula corrigida do Chao2 (ver Material e Métodos). Para o período chuvoso, os estimadores de riqueza mensais indicam de 86,95% a 94,1% da fauna de formigas de solo presente no local foi coletada (cerca de 90% se for considerado o período chuvoso total). Para o período total de coleta (acumulando-se as 12 coletas mensais), os estimadores indicam que cerca de 92% da fauna de formigas de solo presente no local foi coletada. Não houve diferença entre as estimativas da riqueza da estação seca e da estação chuvosa, visto que para todos os estimadores (Jackknife de 1ª ordem, Chao2, Michaelis-Menten), ocorreu a sobreposição dos intervalos de confiança calculados.

4.4 Abundância relativa e absoluta das espécies

Cinco espécies (*Pheidole diligens*, *Solenopsis globularia*, *Cyphomyrmex rimosus*, *Camponotus crassus*, *C. substitutus*) foram extremamente abundantes (abundância relativa) ocorrendo em mais de 50% das 240 unidades amostrais (agosto/2008 a agosto/2009) (Figuras 17 e 18). Quatorze espécies tiveram uma abundância intermediária, ocorrendo em 10,8 a 37% das 240 unidades amostrais, enquanto 22 espécies foram consideradas raras, ocorrendo em menos de 10% das unidades amostrais (Figura 17).

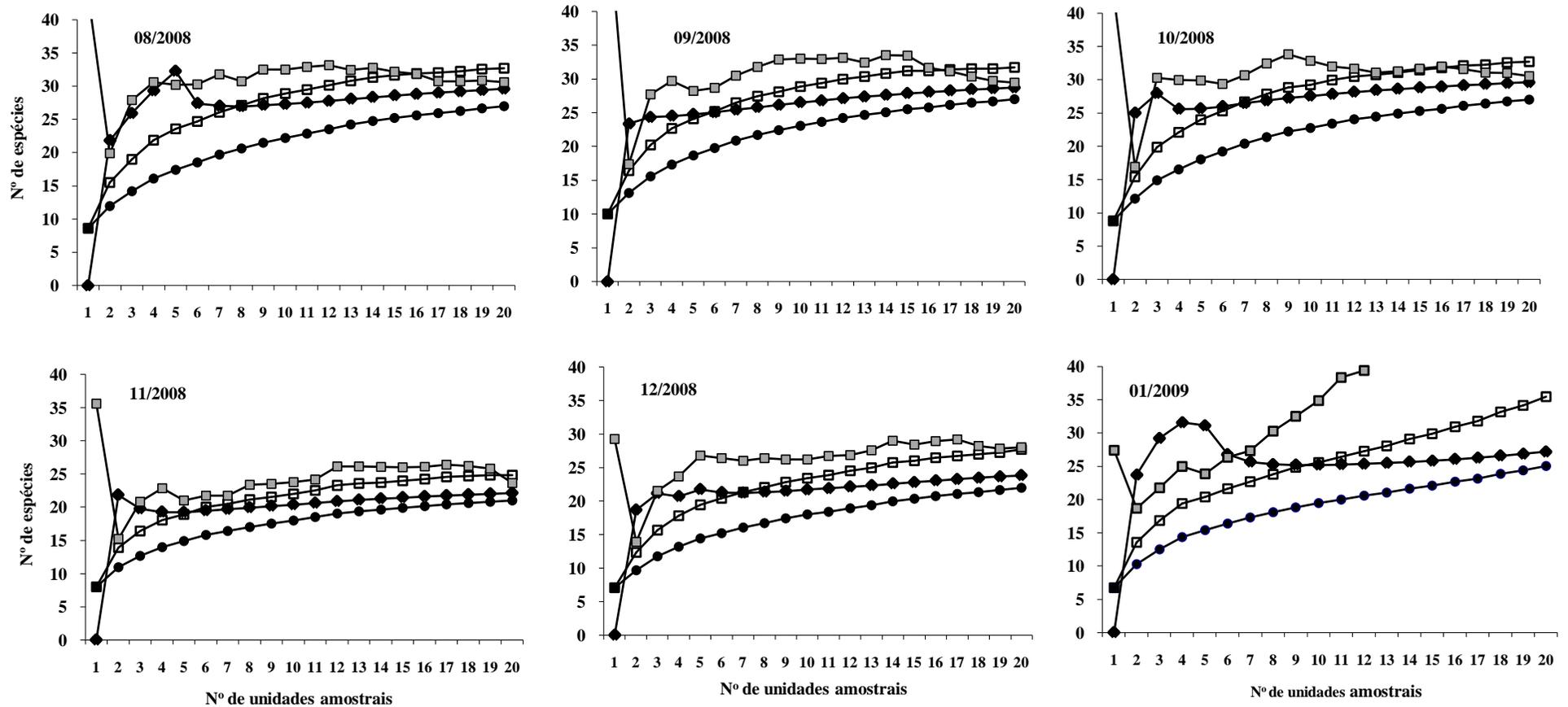
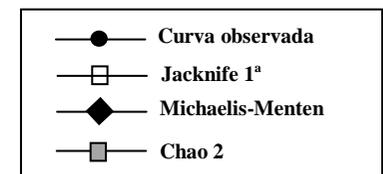


Figura 12. Curvas de acumulação mensais e estimadores de riqueza (Jacknife de 1ª ordem, Chao 2, Michaelis-Menten) no período seco, para as espécies de formigas coletadas nas armadilhas instaladas em uma área de Caatinga do município de Penteocoste, no meses 08/2008 a 01/2009.



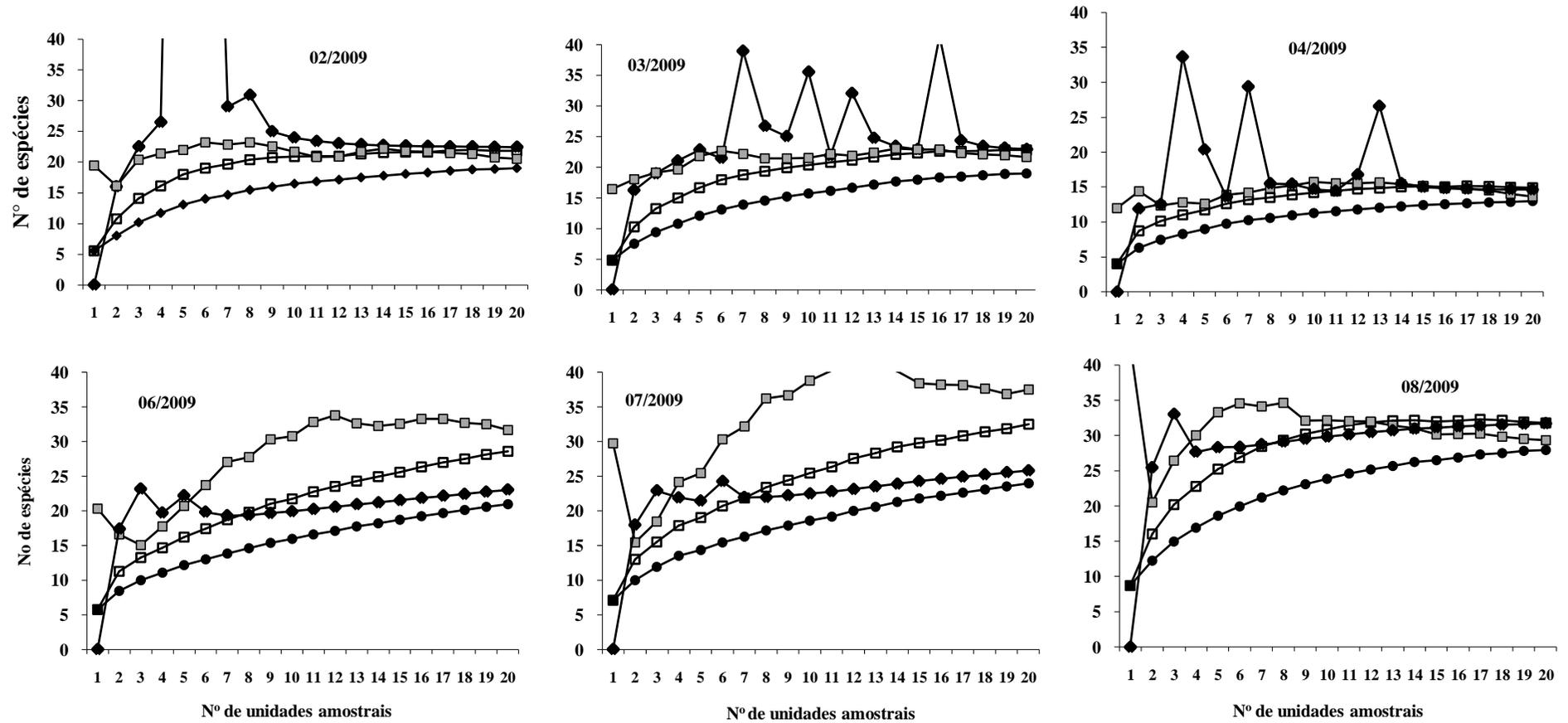
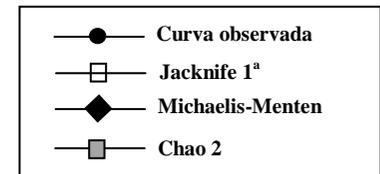


Figura 13. Curvas de acumulação mensais e estimadores de riqueza (Jacknife de 1ª ordem, Chao 2, Michaelis-Menten) no período chuvoso, para as espécies de formigas coletadas nas armadilhas instaladas em uma área de Caatinga do município de Pentecoste, no meses 02/2009 a 08/2009.



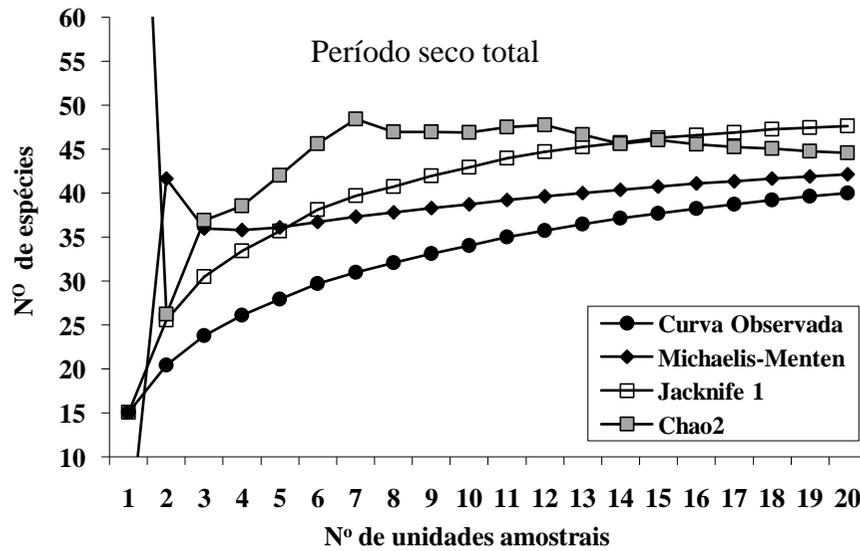


Figura 14. Curvas de acumulação e estimadores de riqueza (Jacknife de 1ª ordem, Chao 2, Michaelis-Menten) para o período seco total (08/2008-01/2009), para as espécies de formigas coletadas nas armadilhas instaladas em uma área de Caatinga do município de Penteocoste.

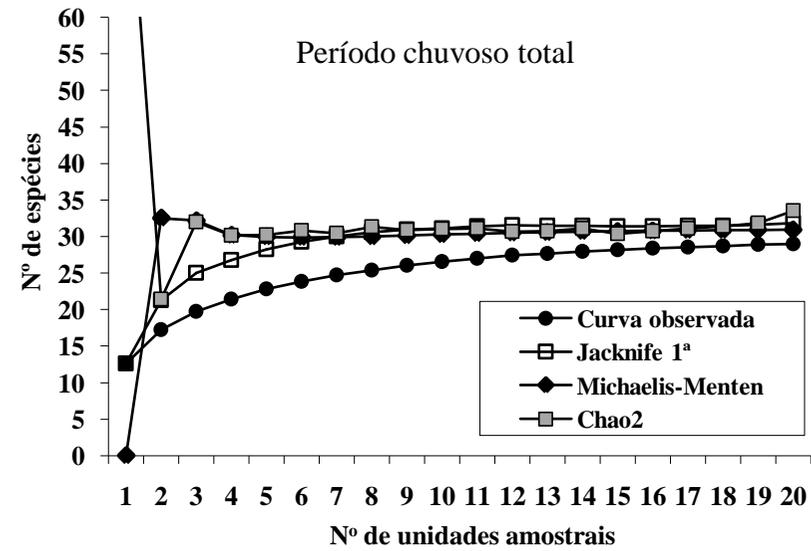


Figura 15. Curvas de acumulação e estimadores de riqueza (Jacknife de 1ª ordem, Chao 2, Michaelis-Menten) para o período chuvoso total (02/2009-08/2009), para as espécies de formigas coletadas nas armadilhas instaladas em uma área de Caatinga do município de Penteocoste.

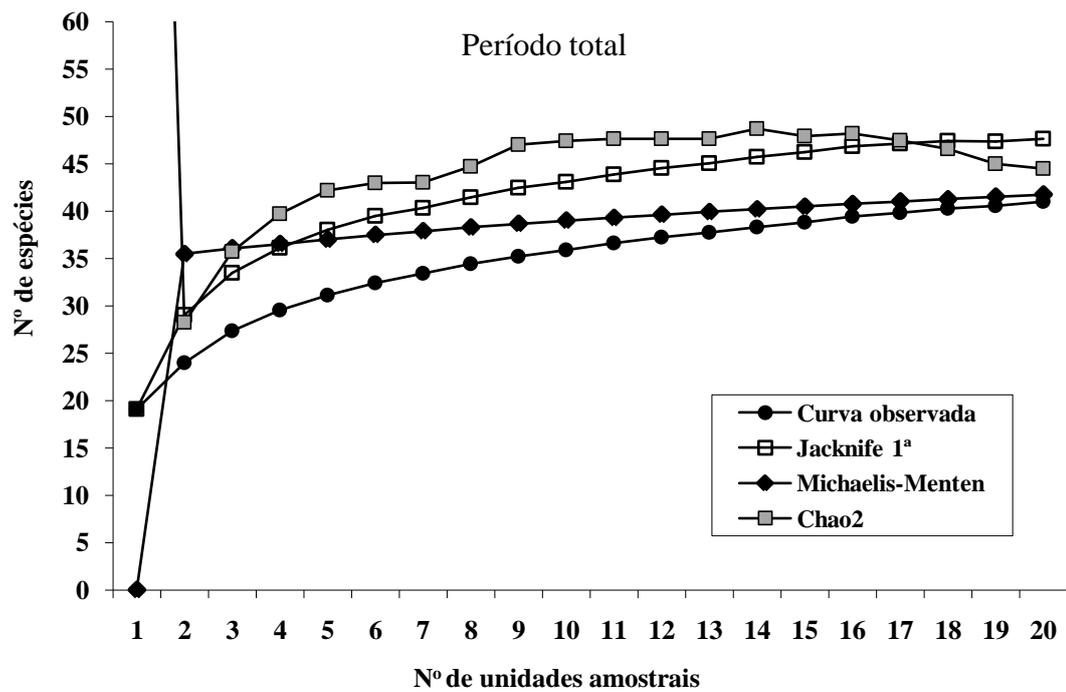


Figura 16. Curvas de acumulação e estimadores de riqueza (Jackknife de 1ª ordem, Chao 2, Michaelis-Menten) para o período total de coleta (08/2008-08/2009), para as espécies de formigas coletadas nas armadilhas instaladas em uma área de Caatinga do município de Pentecoste.

Tabela 3. Evolução mensal dos estimadores de riqueza. Sobs: Riqueza em espécies observada; Jack 1: estimador de riqueza de Jackniff e de 1ª ordem; Chao2: estimador de riqueza Chao2; M-M: estimador de riqueza de Michaelis-Menten. Seco: todo o período seco; chuvoso: todo o período chuvoso; total: todo o período de amostragem. * Não houve coleta

	2008					2009										
	VII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	Seco	Chuvoso	Total
S _{obs}	27	27	27	21	22	25	19	19	13		21	24	28	40	29	41
Jack 1	33,7	31,75	34,65	25,8	27,7	35,45	21,85	22,8	14,9		28,6	32,55	31,08	47,6	31,85	47,65
Chao2	31,6	29,5	32,9	24,67	28	77,25	20,5	21,67	13,67		31,67	37,5	29,33	44,57	33,5	44,5
M-M	31,55	28,76	30,38	23,33	23,82	27,18	22,43	22,95	14,65		23,03	25,82	31,74	42,16	30,95	41,74
Chuvas	31,8	0	0	0	3	0	109	226,68	287,93	449,74	115,27	88,49	52,12	35	1329	1364

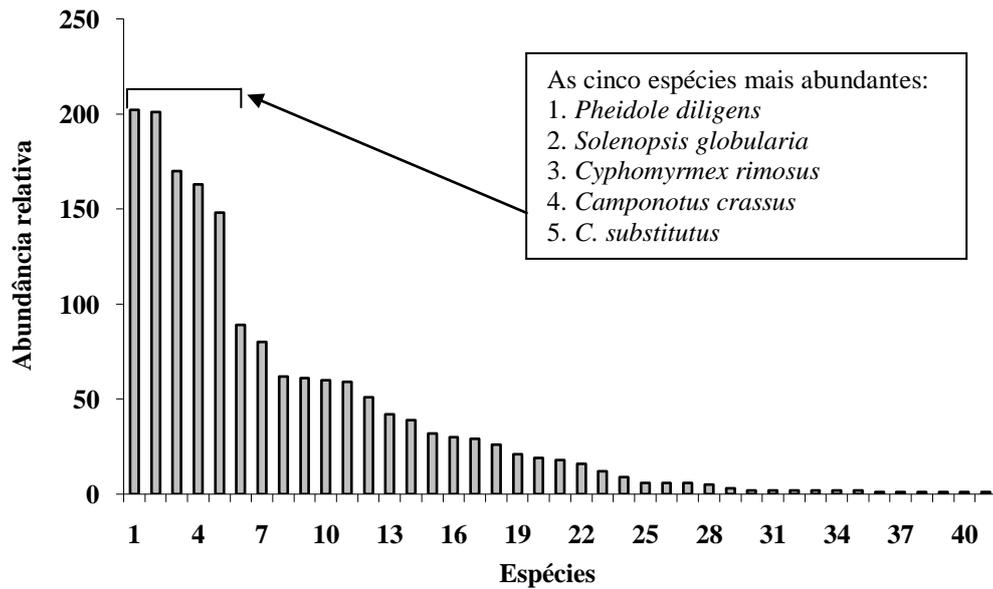


Figura 17. Distribuição da abundância relativa (número total de armadilhas em que cada espécie foi encontrada) das 42 espécies coletadas no período 08/2008 – 08/2009. Número total de armadilhas para todo o período de coleta: 240 (20 armadilhas mensais x 12 meses)

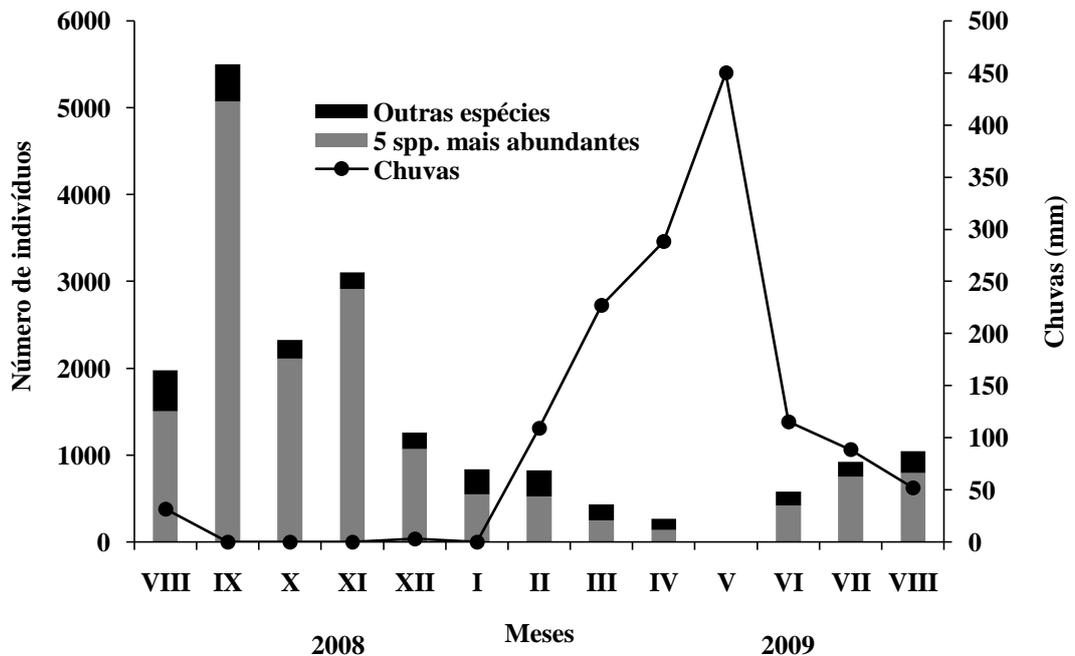


Figura 18. Evolução mensal da abundância absoluta (Nº de indivíduos capturados nas armadilhas) em função dos índices pluviométricos. As 5 espécies mais abundantes são: *Pheidole diligens*, *Solenopsis globularia*, *Cyphomyrmex rimosus*, *Camponotus crassus*, *C. substitutus*

A abundância absoluta total (considerando os indivíduos de todas as espécies) sofreu uma diminuição drástica durante o período chuvoso, principalmente nos meses com elevados índices pluviométricos (Figura 18).

4.5 Padrões de abundância (relativa) das espécies

Os ajustes formais das curvas de abundância relativa das espécies aos quatro modelos usados na análise (série geométrica, série logarítmica, log-normal e bastão quebrado) para o período seco, o período chuvoso e para o período total são apresentados na Tabela 4 e nas Figuras 19 a 21. Todas as curvas de abundância, seja para a estação seca, chuvosa, ou o período total de coleta, se ajustaram aos modelos “série geométrica”, “série logarítmica” e “log-normal” (Tabela 4; Figuras 19 a 21). Apenas o modelo do bastão quebrado não se ajustou às curvas de abundância (Tabela 4; Figuras 19 a 21).

Tabela 4. Ajuste de modelos de abundância. χ^2 = qui-quadrado para ajuste do modelo; gl= graus de liberdade. Para $p > 0,05$, o modelo se ajusta aos dados. P. Seco: período seco; P. Chuvoso: período chuvoso; P. Total: período total de amostragem.

Modelos	P. Seco	P. Chuvoso	P. total
Série geométrica	$\chi^2= 45,27$	$\chi^2= 22,77$	$\chi^2= 33,62$
	gl= 39	gl= 28	gl= 40
	$p > 0,5$	$p > 0,50$	$p > 0,50$
Log-série	$\chi^2= 5,29$	$\chi^2= 7,12$	$\chi^2= 7,6$
	gl= 6	gl= 6	gl= 7
	$p > 0,50$	$p > 0,50$	$p > 0,50$
Log-normal	$\chi^2= 6,46$	$\chi^2= 2,89$	$\chi^2= 9,18$
	gl= 6	gl= 6	gl= 7
	$p > 0,25$	$p > 0,25$	$p > 0,25$
Bastão quebrado	$\chi^2= 40,27$	$\chi^2= 11,95$	$\chi^2= 67,43$
	gl= 6	gl= 6	gl= 7
	$p < 0,001$	$p < 0,001$	$p < 0,001$

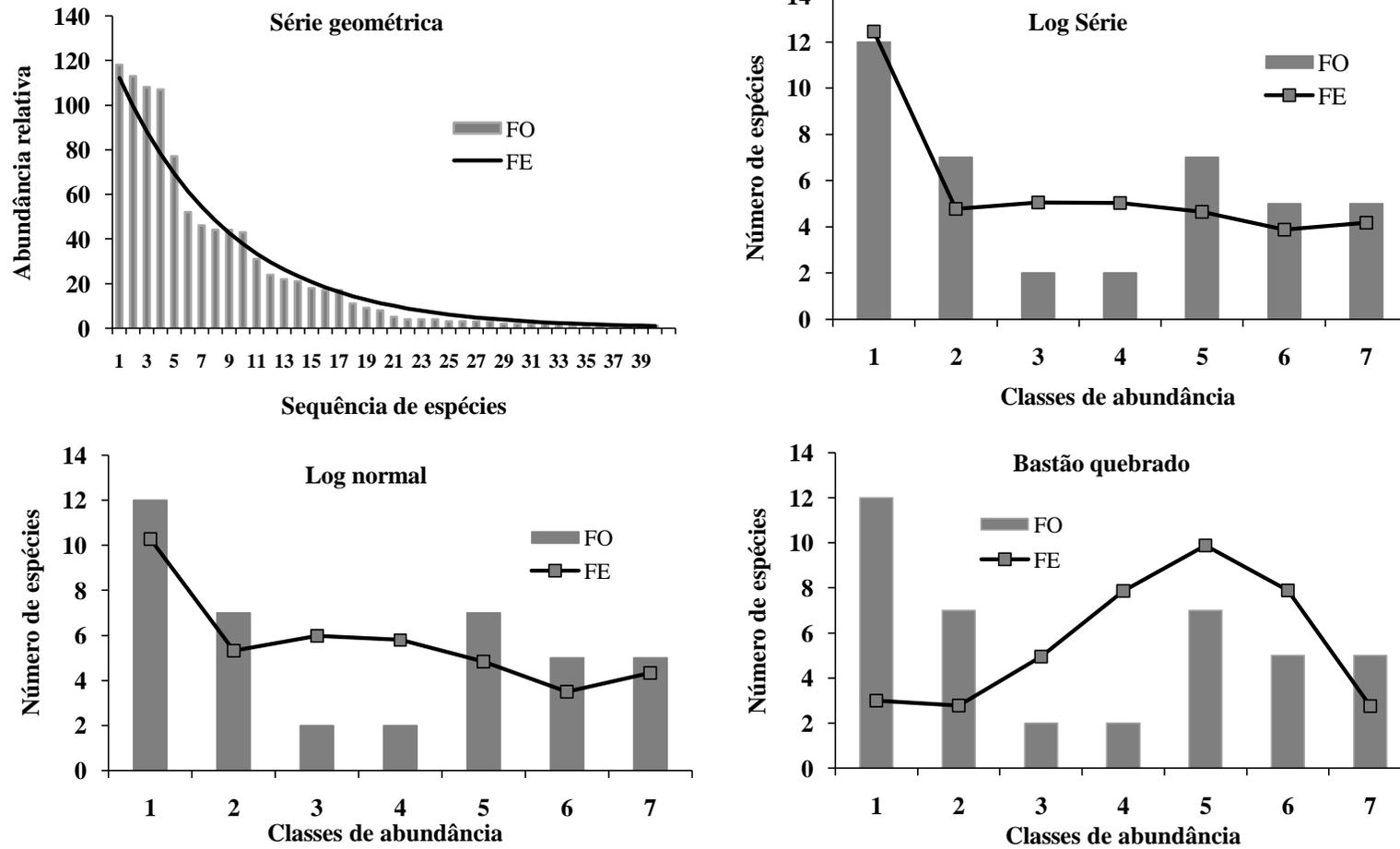


Figura 19. Curvas de abundância observadas e esperadas das espécies para os quatro modelos de abundância (série geométrica, log-série, log-normal, bastão quebrado), para o período seco (08/2008-01/2009). FO = frequência observada; FE = frequência esperada. As classes de abundância foram padronizadas por uma transformação logarítmica (log base 2), na qual cada classe tem o dobro da abundância da classe anterior.

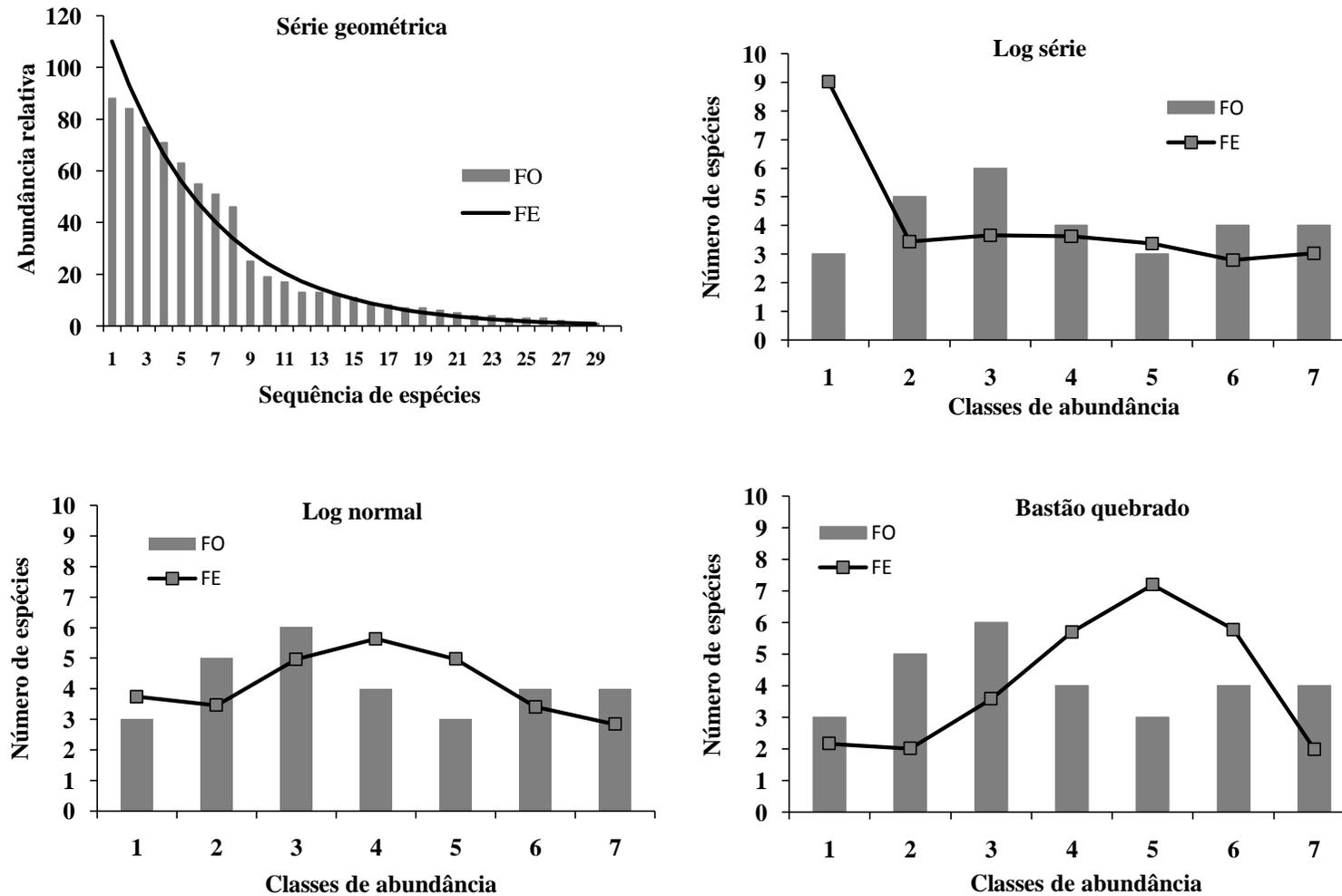


Figura 20. Curvas de abundância observadas e esperadas das espécies para os quatro modelos de abundância (série geométrica, log-série, log-normal, bastão quebrado), para o período chuvoso (02/2009-08/2009). FO = frequência observada; FE = frequência esperada. As classes de abundância foram padronizadas por uma transformação logarítmica (log base 2), na qual cada classe tem o dobro da abundância da classe anterior.

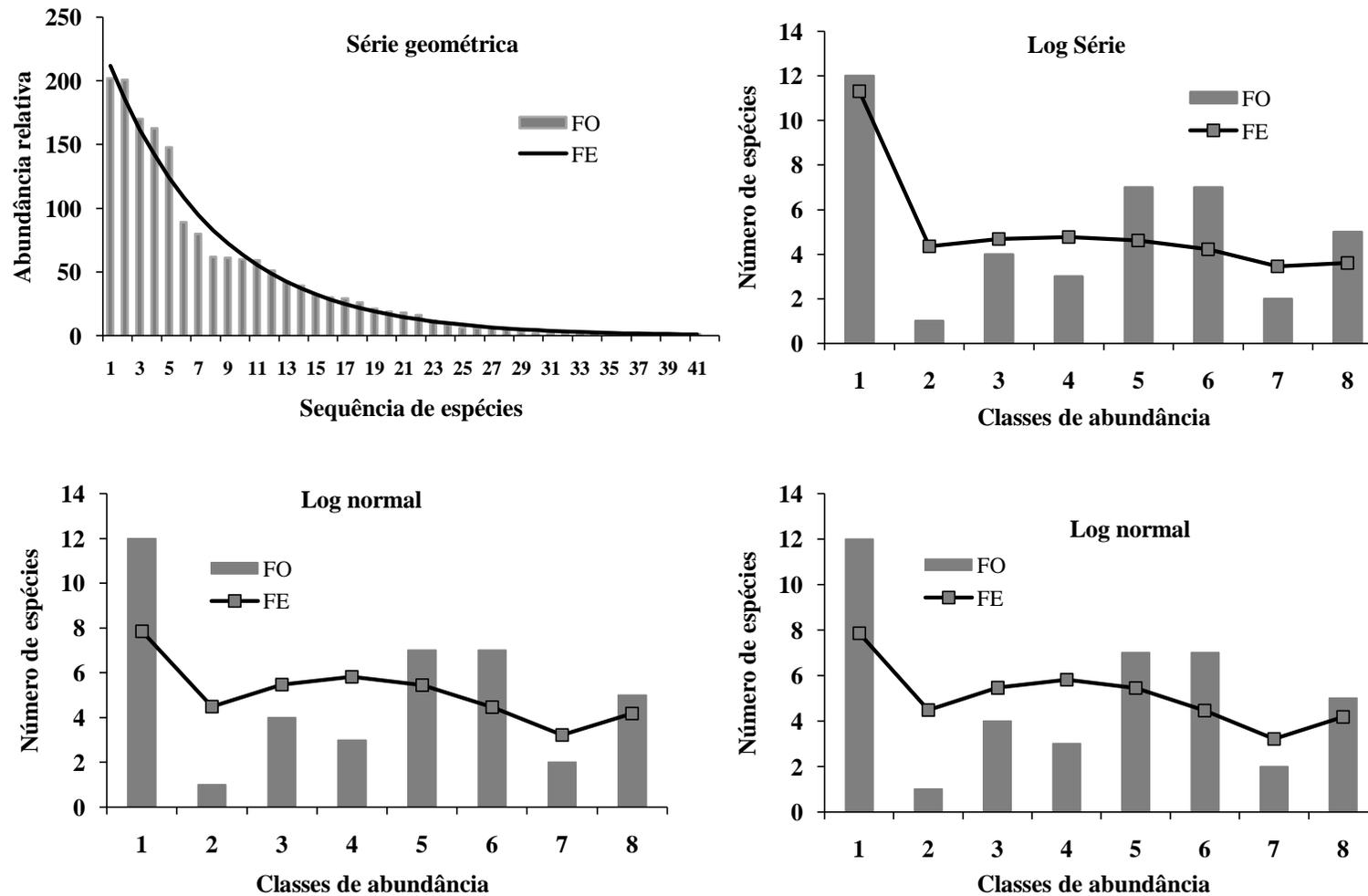


Figura 21. Curvas de abundância observadas e esperadas das espécies para os quatro modelos de abundância (série geométrica, log-série, log-normal, bastão quebrado), para o período total de coleta (08/2008-08/2009). FO = frequência observada; FE = frequência esperada. As classes de abundância foram padronizadas por uma transformação logarítmica (log base 2), na qual cada classe tem o dobro da abundância da classe anterior.

4.6 Índices de diversidade e de equabilidade

Os índices de diversidade de Shannon (H') e de Simpson ($1/D$) variaram de 2,28 a 2,94, e de 9,3 a 16 respectivamente, mostrando as mesmas tendências: valores geralmente mais elevados na estação seca em relação à estação chuvosa (Tabela 5). As mesmas tendências são observadas considerando a totalidade do período seco e chuvoso (2,91 versus 2,78 para H' ; 13,83 versus 12,8 para $1/D$) (Tabela 5).

Essas tendências (valores de índices de diversidade mais elevados na estação seca em relação à estação chuvosa) são confirmadas pela existência de uma correlação negativa entre os índices pluviométricos e os índices de diversidade ($R = -0,78 - p = 0,003$ para os índices de Shannon; $R = -0,70 - p = 0,01$ para os índices de Simpson) (Figura 22).

Os índices de equabilidade de Pielou e de Simpson variaram de 0,84 a 0,89, e de 0,52 a 0,71 respectivamente, com tendências inversas aos índices de diversidade: valores geralmente mais elevados na estação chuvosa em relação à estação seca (Tabela 5). Entretanto, apenas os índices de equabilidade de Simpson apresentaram uma correlação positiva com os índices pluviométricos ($R = 0,75 - p = 0,005$) (Figura 23). Para os índices de Pielou, não houve correlação com os índices pluviométricos ($R = 0,35 - p = 0,27$).

A comparação entre os índices de Shannon obtidos para a totalidade da estação seca e a totalidade da estação chuvosa (Tabela 5) através do teste t de Hutcheson demonstrou que os índices estacionais são diferentes ($p < 0,05$) (Tabela 6). Entretanto, não houve diferença (teste de t de Student) entre os índices estacionais de Simpson ($p > 0,05$) (Tabelas 5 e 7). Também não houve diferença entre os índices mensais de Simpson (análise de variância – ANOVA – $F = 2,36, p = 0,15$). Para os índices mensais de Shannon, o teste t de Hutcheson mostrou diferenças significativas apenas para os pares de meses mostrados na Tabela 8.

Para os índices de equabilidade mensais e estacionais, tanto de Simpson como de Pielou, não houve diferenças significativas (teste t de Student – $p > 0,05$).

Tabela 5. Índices de diversidade (de Shannon e de Simpson) e de equabilidade (de Pielou e de Simpson) para as coletas mensais realizadas no período 08/2008 – 09/2009, e para os dois períodos (seco e chuvoso). * : não houve coleta. Período seco: 08/2008-01/2009; período chuvoso: 02/2009/08/2009. 1/D: índice de diversidade de Simpson; H': índice de diversidade de Shannon; J: índice de equabilidade de Pielou.

Ano	Mês	1/D	H'	Equab. Simpson	J
2008	VIII	14,72	2,87	0,55	0,87
	IX	16,04	2,91	0,59	0,88
	X	15,06	2,87	0,54	0,87
	XI	12,68	2,67	0,60	0,88
	XII	11,79	2,64	0,54	0,85
2009	I	13,6	2,76	0,54	0,86
	II	11,77	2,61	0,62	0,89
	III	12,17	2,61	0,64	0,89
	IV	9,29	2,28	0,71	0,89
	V	*	*	*	*
	VI	11,40	2,57	0,54	0,84
	VII	12,43	2,67	0,52	0,84
	VIII	16,29	2,94	0,58	0,88
Período seco		13,83	2,91	0,35	0,79
Período chuvoso		12,80	2,78	0,44	0,83

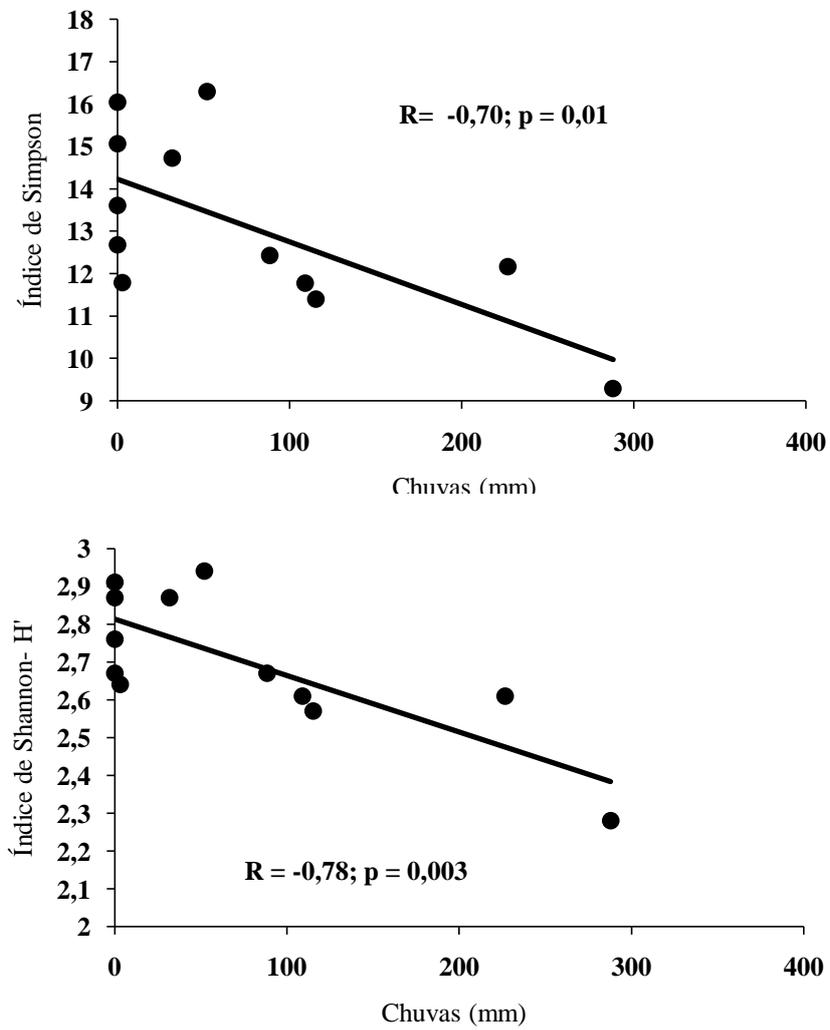


Figura 22. Relação entre os índices de diversidade mensais de Simpson ($1/D$) e de Shannon (H'), e os índices pluviométricos.

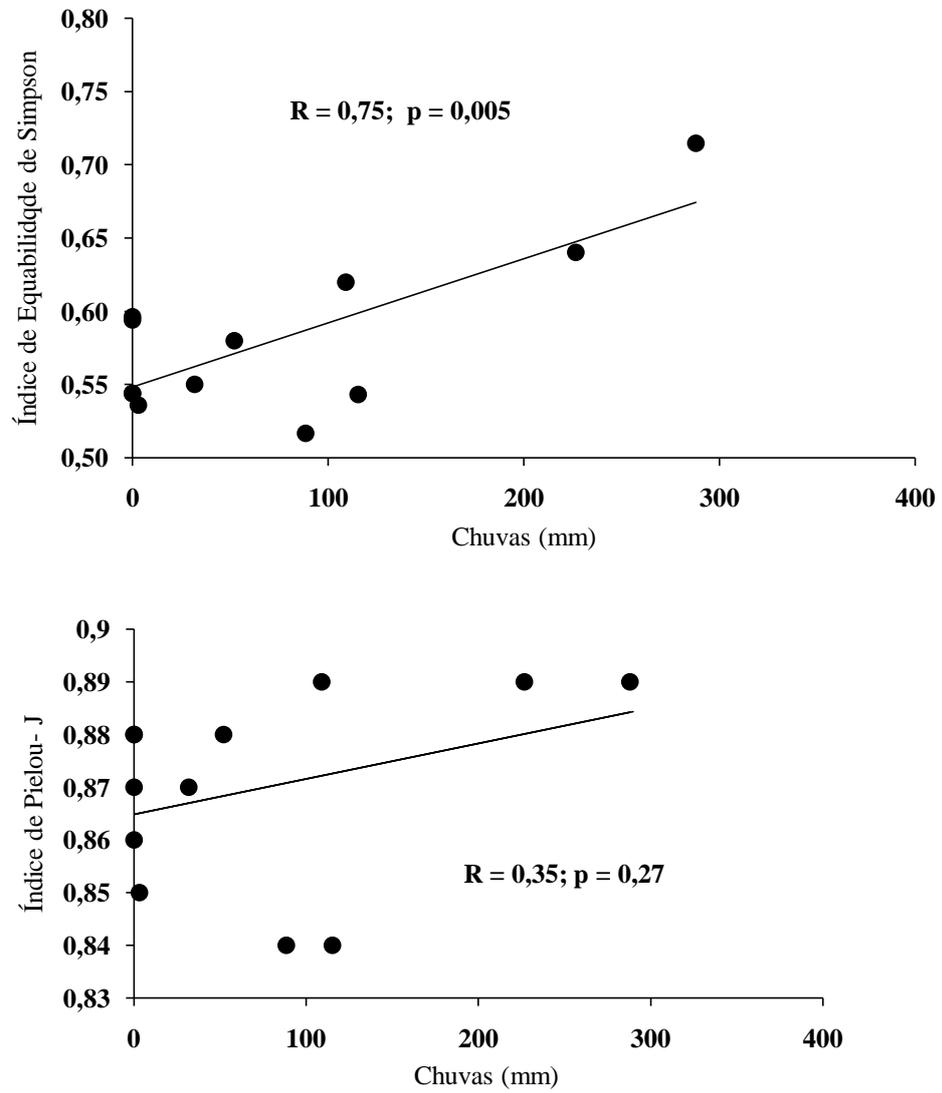


Figura 23. Relação entre os índices de equabilidade mensais de Simpson e de Pielou, e os índices pluviométricos.

Tabela 6. Comparação dos índices de Shannon (período seco X período chuvoso) através do teste *t* de Hutcheson. $\alpha = 0,05$

Seco	Chuvoso	t	GL	p
2,91	2,78	2,68	1593,9	0,01

Tabela 7. Comparação dos índices de Simpson (período seco X período chuvoso) através do teste *t* de Student. $\alpha = 0,05$

	Seco	Chuvoso
Nº de amostras =	6	6
Média =	13,98	12,23
Variância =	2,52	5,21

Variância =	3,87	---
t =	1,55	---
Graus de liberdade =	10	---
p (unilateral) =	0,076	---

Tabela 8. Comparação dos índices de Shannon mensais através do teste *t* de Hutcheson. VIII/08: mês/ano

Mês comparados	H1---H2	t	GL	$\alpha < 0,001$
VIII/08 – IV/09	2,87—2,28	6,214	191,345	S
IX/08 – III/09	2,91—2,61	3,306	190,395	S
IX/08 – IV/09	2,91—2,28	7,188	164,739	S
X/08 – IV/09	2,87—2,28	6,468	183,152	S
XI/08 – IV/09	2,67—2,28	4,262	174,853	S
XII/08 – IV/09	2,64—2,28	3,624	194,92	S
XII/08 – VIII/09	2,64—2,94	3,557	288,029	S
I/09 – IV/09	2,76—2,28	4,9	191,987	S
II/09 – IV/09	2,61—2,28	3,509	180,514	S
II/09 – VIII/09	2,61—2,94	3,639	240,705	S
III/09 – VIII/09	2,61—2,94	3,528	208,622	S
IV/09 – VI/09	2,28—2,57	2,822	186,835	S
IV/09 – VII/09	2,28—2,67	4,002	196,343	S
IV/09 – VIII/09	2,28—2,94	7,226	182,889	S
VI/09 – VIII/09	2,57—2,94	3,921	236,977	S

4.7 Coeficientes de similaridade e de “turnover” (rotatividade)

Os coeficientes mensais de Jaccard variaram de 0,53 a 0,74, com média de 0,64, para o período seco, e de 0,43 a 0,82, com média de 0,65, para o período chuvoso (Tabela 9). O coeficiente de Jaccard comparando os dois períodos (seco e chuvoso) foi de 0,68. A comparação realizada com todos os pares possíveis de meses do período de coleta (08/2008 – 08/2009) mostrou coeficientes de Jaccard variando de 0,35 a 0,82, com média de 0,61 (Figura 24).

O índice de turnover entre os dois períodos (seco e chuvoso) foi de 0,19. Entre os meses consecutivos do período de coleta (08/2008 – 08/2009), variou de 0,13 a 0,35, com média de 0,23 (Figura 25).

4.8 Análise de agrupamento (UPGMA)

Não foi possível identificar padrões de agrupamentos das coletas em função das estações (Figura 26).

Tabela 9. Coeficientes de Jaccard para o período seco (A) e o período chuvoso (B). M.C: meses comparados; C.J: coeficiente de Jaccard

A		B	
M.C	C.J.	M.C.	C.J.
VIII-IX	0,688	II-III	0,727
VIII-X	0,742	II-IV	0,524
VIII-XI	0,714	II-VI	0,739
VIII-XII	0,581	II-VII	0,792
VIII-I	0,578	II-VIII	0,643
IX-X	0,742	III-IV	0,524
IX-XI	0,714	III-VI	0,818
IX-XII	0,531	III-VII	0,654
IX-I	0,677	III-VIII	0,643
X-XI	0,714	IV-VI	0,478
X-XII	0,531	IV-VII	0,542
X-I	0,576	IV-VII	0,429
XI-XII	0,593	VI-VII	0,731
XI-I	0,643	VI-VIII	0,714
XII-I	0,567	VII-VIII	0,759
Média	0,64	Média	0,65
Mínimo	0,53	Mínimo	0,43
Máximo	0,74	Máximo	0,82

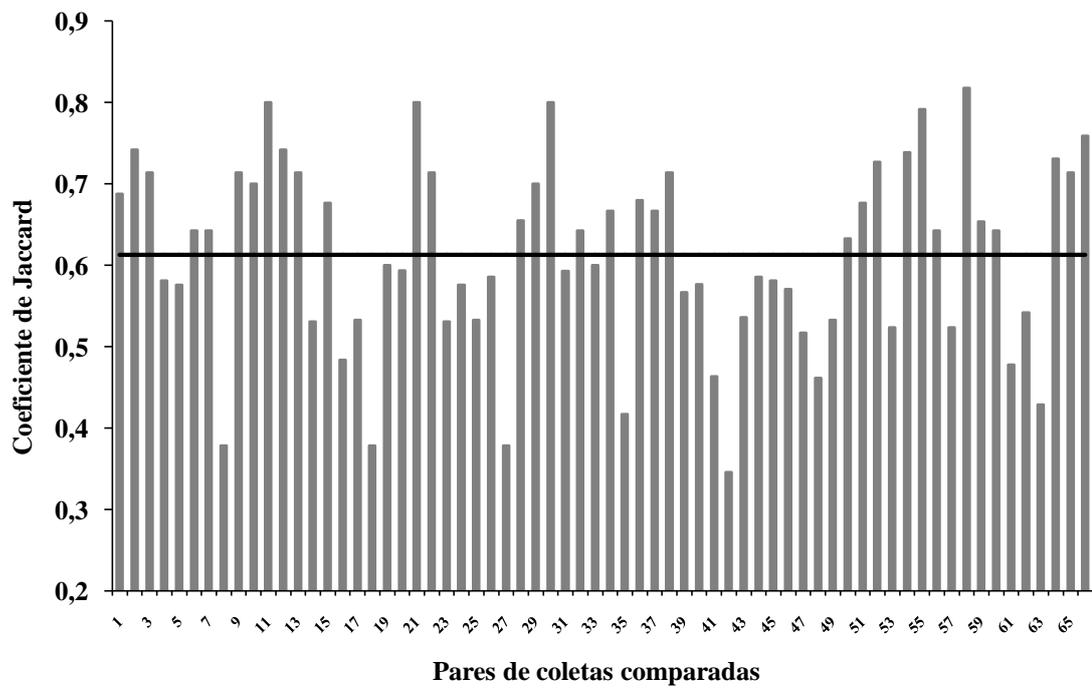


Figura 24. Coeficiente de Jaccard entre os todos os meses do período de coleta (08/2008 – 08/2009). A linha horizontal representa a similaridade média.

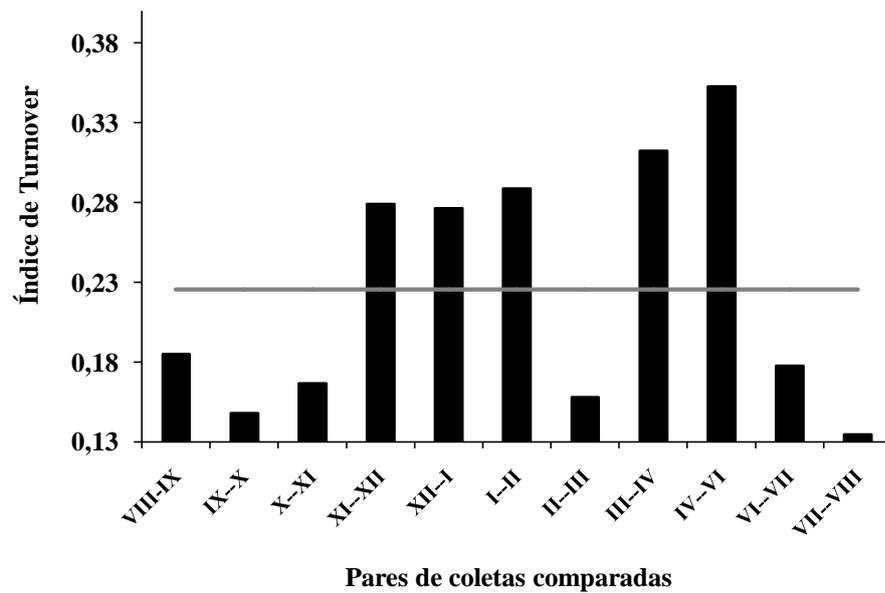


Figura 25. Índices de turnover entre as coletas sucessivas no período 08/2008 a 08/2009. A linha horizontal representa a média.

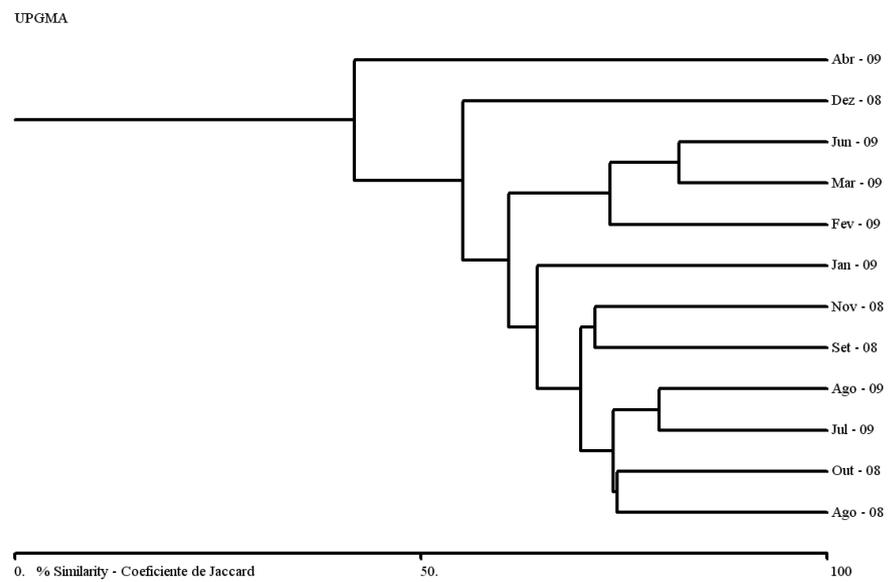


Figura 26. Análise de agrupamento (UPGMA) realizada a partir da matriz de coeficientes de similaridade de Jaccard obtidos na comparação mês a mês das coletas, para todo o período de coleta (08/2008 – 08/2009)

5 DISCUSSÃO

A subfamília e os gêneros melhor representados foram Myrmicinae, seguida pelas subfamílias Formicinae e poneromorfas (Ponerinae, Ectatomminae), e os gêneros *Pheidole* e *Camponotus*, os dois mais amplos gêneros de formigas da região Neotropical (BOLTON, 1995). A distribuição de frequência de captura (abundância relativa) das espécies observada no estudo, com muitas espécies pouco abundantes ou até “raras” (no sentido de muito pouco representadas nas amostras, com as técnicas de amostragem usadas) e poucas espécies muito abundantes, também segue o padrão geralmente encontrado nas regiões tropicais com as formigas e a maioria dos outros grupos animais (PIANKA, 1966; MALSH, 2000; MAGURRAN, 2004, 2008).

A presença de alguns gêneros é, muito provavelmente, puramente acidental no presente trabalho. Deve ser o caso das espécies dos gêneros *Cephalotes* e *Pseudomyrmex* que são grupos com nidificação e atividade de forrageamento predominantemente arborícolas (BROWN, 2000). A abundância absoluta total muito baixa dessas espécies nos pitfalls (apenas alguns indivíduos capturados nos 12 meses de coleta, para as espécies *Cephalotes pusillus*, *C. pellans*, e *Pseudomyrmex acanthobius*) reflete o provável caráter acidental dessas capturas. *Crematogaster distans* é outra espécie tipicamente arborícola (LONGINO, 2003) e embora ela possa ocasionalmente forragear no solo (QUINET – comunicação pessoal), a presença dessa espécie nas armadilhas parece ser também acidental, já que apenas dois indivíduos foram capturados, nos 12 meses de coleta.

De um modo geral, a estrutura taxonômica da fauna amostrada corresponde à observada em outros biomas brasileiros, como Mata Atlântica (SILVA; LOPES, 1997; CAMPIOLO; DELABIE, 2000; DELABIE; AGOSTI; NASCIMENTO, 2000; TAVARES, 2002), Mata Amazônica (VASCONCELOS; DELABIE, 2000; SOUZA; MOURA; FRANKLIN, 2009; VASCONCELOS *et al*, 2009), Cerrado (SILVA; BRANDÃO; SILVESTRE, 2004), Restinga (VARGAS *et al*, 2007), Floresta de Araucárias (SILVA; SILVESTRE, 2004) e Manguezal (LOPEZ; SANTOS, 1996). Também condiz com a estrutura taxonômica da fauna de formigas amostrada nos dois únicos levantamentos sistematizados da fauna de formigas realizados em áreas de Caatinga (LEAL, 2003; QUINET; TAVARES, 2005). No estudo de Leal (2003), realizado em áreas de Caatinga dos estados do Sergipe e de Alagoas, foram registradas 61 espécies distribuídas em seis subfamílias e 18 gêneros, enquanto no estudo de Quinet e Tavares (2005), realizado em áreas de Caatinga da região de Crateús (Ceará), foram coletadas 24 espécies distribuídas em seis subfamílias e 12

gêneros.

De um ponto puramente faunístico, o presente estudo permitiu ampliar o conhecimento da mirmecofauna da Caatinga, e é possível que muitas das espécies coletadas possam ser consideradas como primeiro registro no estado do Ceará. Pelo menos, na coleção de formicídeos do Museu de Zoologia da USP, considerada como a maior da América Latina, apenas a espécie *Ectatomma edentatum* tem registro para a caatinga cearense.

Duas espécies devem ser destacadas. A primeira é *Thaumatomyrmex mutilatus*, de coleta relativamente rara (apenas 1 indivíduo foi coletado nas 12 coletas mensais). Sua coleta no presente estudo representa o segundo registro oficial para a Caatinga e o semi-árido do Nordeste (KEMPF, 1975; DELABIE; FRESNEAU; PEZON, 2000), o primeiro sendo relativamente recente (QUINET; TAVARES, 2005). A segunda é *Platythyrea* sp.n., uma espécie nova coletada no Maranhão, Tocantins e oeste da Bahia há alguns anos atrás e atualmente em fase de descrição (FEITOSA – comunicação pessoal). Sua coleta no presente estudo representa o primeiro registro dessa espécie para o Ceará.

A tentativa de ajustar as curvas de abundância relativa das espécies aos quatro modelos geralmente usados nesse tipo de análise (série geométrica, série logarítmica, log-normal e bastão quebrado) não permitiu caracterizar um tipo particular de abundância já que as curvas se ajustaram a todos os modelos, com a exceção do modelo bastão-quebrado. Uma constatação similar foi feita por Tavares (2002) em áreas de Mata Atlântica da região sudeste. Uma possível explicação é que o baixo número de classes de abundância não permitiu detectar eventuais discrepâncias entre as curvas observadas e as esperadas pelos modelos (MAGURRAN, 1988, 2004).

Muitas das guildas de formigas de solo propostas para as formigas do Cerrado (SILVESTRE; BRANDÃO; SILVA, 2003) e da Mata Atlântica (DELABIE; AGOSTI; NASCIMENTO, 2000) foram representadas no presente trabalho (Tabelas 10 e 11).

Tabela 10. Classificação dos gêneros coletados no sistema de guildas proposto por Silvestre, Brandão, Silva (2003) para as formigas de solo do Cerrado.

Subfamília	Gênero	Guildas	Referência
Ectatomminae	<i>Ectatomma</i>	Predadoras epigéicas de grande tamanho	Silvestre; Brandão; Silva, 2003
	<i>Gnamptogenys</i>	Predadoras epigéicas de grande tamanho	Silvestre; Brandão; Silva, 2003
Ecitoninae	<i>Neivamyrmex</i>	Formigas de correição (predadoras)	Silvestre; Brandão; Silva, 2003
Formicinae	<i>Brachymyrmex</i>	Oportunistas de solo e vegetação	Silvestre; Brandão; Silva, 2003
	<i>Camponotus</i>	Oportunistas de solo e vegetação/patrolheiras generalistas/algumas espécies dominantes de solo	Silvestre; Brandão; Silva, 2003
Myrmicinae	<i>Cephalotes</i>	Cefalotíneas - arborícolas; se alimentam de pólen e néctar	Silvestre; Brandão; Silva, 2003
	<i>Crematogaster</i>	Arbóreas pequenas com recrutamento de massa – onívoras e geralmente dominantes nas fontes de alimento	Silvestre; Brandão; Silva, 2003
	<i>Cyphomyrmex</i>	Cultivadoras de fungo crípticas que nidificam no solo	Silvestre; Brandão; Silva, 2003
	<i>Pheidole</i>	Dominantes onívoras de solo/oportunistas de solo e vegetação	Silvestre; Brandão; Silva, 2003
	<i>Rogeria</i>	Informação não fornecida pelos autores	Silvestre; Brandão; Silva, 2003
	<i>Solenopsis</i>	Dominantes onívoras de solo/oportunistas de solo e vegetação	Silvestre; Brandão; Silva, 2003
	<i>Strumigenys</i>	Predadoras especializadas e crípticas da serrapilheira	Silvestre; Brandão; Silva, 2003
	<i>Wasmannia</i>	Arbóreas pequenas com recrutamento de massa – onívoras e geralmente dominantes nas fontes de alimento	Silvestre; Brandão; Silva, 2003
	<i>Nesomyrmex</i>	Arbóreas pequenas com recrutamento de massa – onívoras e geralmente dominantes nas fontes de alimento	Silvestre; Brandão; Silva, 2003
Ponerinae	<i>Dinoponera</i>	Predadoras epigéicas de grande tamanho	Silvestre; Brandão; Silva, 2003
	<i>Odontomachus</i>	Predadoras epigéicas de grande tamanho	Silvestre; Brandão; Silva, 2003
	<i>Platythyrea</i>	Informação não fornecida pelos autores	Silvestre; Brandão; Silva, 2003
	<i>Thaumatomyrmex</i>	Informação não fornecida pelos autores	Silvestre; Brandão; Silva, 2003
Pseudomyrmecinae	<i>Pseudomyrmex</i>	Pseudomirmecídeos ágeis- geralmente arborícolas; predadoras generalistas, visitantes de nectários extraflorais	Silvestre; Brandão; Silva, 2003

Tabela 11. Classificação dos gêneros coletados no sistema de guildas proposto por Delabie; Agosti; Nascimento (2000), com informações complementares de Brown (2000), para as formigas de solo da Mata Atlântica.

Subfamília	Gênero	Guildas	Referência
Ectatomminae	<i>Ectatomma</i>	Predadoras generalistas dominantes de solo	Brown, 2000; Delabie; Agosti; Nascimento, 2000
	<i>Gnamptogenys</i>	Predadoras generalistas da serrapilheira (maioria das espécies)	Brown, 2000; Delabie; Agosti; Nascimento, 2000
Ecitoninae	<i>Neivamyrmex</i>	Formigas de correição (predadoras)	Brown, 2000; Delabie; Agosti; Nascimento, 2000
Formicinae	<i>Brachymyrmex</i>	Forrageadoras generalistas - onívoras dominantes de solo	Brown, 2000; Delabie; Agosti; Nascimento, 2000
	<i>Camponotus</i>	Forrageadoras generalistas - onívoras dominantes de solo ou da vegetação	Brown, 2000; Delabie; Agosti; Nascimento, 2000
Myrmicinae	<i>Cephalotes</i>	Arborícolas; algumas espécies se alimentam de pólen	Brown, 2000
	<i>Crematogaster</i>	Forrageadoras generalistas – formigas geralmente arborícolas e dominantes e que forrageiam no solo de maneira ocasional ou sazonal	Brown, 2000; Delabie; Agosti; Nascimento, 2000
	<i>Cyphomyrmex</i>	Cultivadoras de fungo que nidificam no solo	Brown, 2000; Delabie; Agosti; Nascimento, 2000
	<i>Pheidole</i>	Forrageadoras generalistas - onívoras da serrapilheira e necrófagas	Brown, 2000; Delabie; Agosti; Nascimento, 2000
	<i>Rogeria</i>	Forrageadoras generalistas - onívoras da serrapilheira e necrófagas	Brown, 2000; Delabie; Agosti; Nascimento, 2000
	<i>Solenopsis</i>	Forrageadoras generalistas - onívoras da serrapilheira e necrófagas	Brown, 2000; Delabie; Agosti; Nascimento, 2000
	<i>Strumigenys</i>	Predadoras especializadas da serrapilheira	Brown, 2000; Delabie; Agosti; Nascimento, 2000
	<i>Wasmannia</i>	Forrageadoras generalistas - onívoras dominantes de solo	Brown, 2000; Delabie; Agosti; Nascimento, 2000
	<i>Nesomyrmex</i>	Forrageadoras generalistas arborícolas	Brown, 2000
Ponerinae	<i>Dinoponera</i>	Predadoras generalistas de solo	Brown, 2000
	<i>Odontomachus</i>	Predadoras generalistas dominantes de solo e da serrapilheira	Brown, 2000; Delabie; Agosti; Nascimento, 2000
	<i>Platythyrea</i>	Predadoras - muitas espécies especializadas em cupins	Brown, 2000
	<i>Thaumatomyrmex</i>	Predadoras especializadas da serrapilheira	Brown, 2000; Delabie; Agosti; Nascimento, 2000
Pseudomyrmecinae	<i>Pseudomyrmex</i>	Geralmente arborícolas; predadoras generalistas, visitantes de nectários extraflorais	Brown., 2000

Entretanto, mesmo com o devido cuidado para a transposição desses dois sistemas de guildas às formigas da Caatinga, duas observações merecem destaque. A primeira é que a maioria das espécies capturadas no presente estudo pertence a guildas formadas por formigas oportunistas e onívoras ou predadoras generalistas (Tabelas 10 e 11), confirmando as observações de Leal (2003). A segunda é que a guilda das predadoras especializadas de solo/serrapilheira, muito bem representadas no Cerrado (SILVESTRE; BRANDÃO; SILVA, 2003) e mais ainda na Mata Atlântica, com mais de 20 gêneros (DELABIE; AGOSTI; NASCIMENTO, 2000), é muito pouco representada no presente trabalho. Apenas duas espécies (*Strumigenys elongata* e *Thaumatomyrmex mutilatus*) são predadores especialistas. *S. elongata* é uma especialista de colêmbolos (BROWN, 1954, 1962), enquanto *T. mutilatus* é uma especialista de determinados grupos de miriápodes (BRANDÃO; DINIZ; TOMOTAKE, 1991). É provável que *Platythyrea* sp.n., uma nova espécie em fase de descrição, seja também uma predadora especialista, já que todas as espécies conhecidas desse gênero são predadores especializados de cupins (BROWN, 2000). Outra espécie que não pertence à guilda das onívoras/predadoras generalistas é *Cyphomyrmex rimosus* (guilda das formigas cultivadoras de fungo) (DELABIE.; AGOSTI; NASCIMENTO, 2000; SILVESTRE; BRANDÃO; SILVA, 2003).

Essa relativa pobreza das guildas de formigas especialistas, em particular das predadoras especialistas, poderia refletir a ausência de condições minimamente necessárias para que tais espécies possam sobreviver em ambientes de Caatinga. Em particular, a falta sazonal, ou até ausência permanente de uma camada de folhas/gravetos (serrapilheira) com grau de umidade mínimo e estável, que caracteriza muitas áreas de Caatinga, poderia limitar fortemente os sítios de nidificação e/ou os recursos alimentares (presas) necessários para que colônias dessas espécies possam sobreviver, como foi também sugerido por Leal (2003). A pouca representação das predadoras especialistas poderia também significar que a técnica de captura usada (“pitfalls”) não é adequada para a captura dessas espécies.

Outra característica da fauna amostrada no presente estudo é a baixa riqueza de espécies, se for comparada com outros biomas brasileiros. Áreas de mata úmida (Mata Atlântica, Mata Amazônica) amostradas com esforço amostral equivalente ou até menor abrigam um número muito maior de espécies (CAMPIOLO; DELABIE, 2000; DELABIE; AGOSTI; NASCIMENTO, 2000; TAVARES, 2002; VASCONCELOS; DELABIE, 2000). Mesmo áreas de Cerrado, outro tipo de savana brasileira, abrigam mais espécies de formigas (MARINHO *et al.*, 2002; SILVESTRE, 2000; SILVA; BRANDÃO; SILVESTRE, 2004). As

matas úmidas de altitude (brejos de altitude) do Ceará, verdadeiras ilhas de umidade cercada pelo semi-árido (CAVALCANTE, 2005) também mostram maior riqueza. Amostragens realizadas em áreas de mata úmida de altitude (altitude variando de 850 a 950 metros) da Serra de Baturité, da Serra de Maranguape, da Serra da Meruoca, da Chapada da Ibiapaba, e da Chapada do Araripe, com esforço amostral menor (embora com uso de mais técnicas de amostragem) e restrito no tempo, permitiram a captura de um número de espécies variando de 78 a 126, com um total de 255 espécies para as cinco áreas amostradas (HITES *et al.*, 2005; Quinet -comunicação pessoal).

Embora a falta de serrapilheira e a conseqüente pouca representatividade de determinadas guildas pudesse explicar, em parte, a baixa riqueza de espécies observada, a disponibilidade de fontes de carboidratos (líquidos açucarados provenientes de hemípteros e/ou de nectários florais/extraflorais) poderia representar outro importante fator. Para as formigas das matas tropicais úmidas, foi emitida a hipótese que muitas formigas desses ambientes, em particular as espécies dominantes, obteriam boa parte do nitrogênio processando grandes quantidades de líquidos de origem vegetal (néctar de nectários florais/extraflorais e/ou “honeydew” de hemípteros) pobres em nitrogênio, porém extremamente ricos em carboidratos (DAVIDSON, 1997; DAVIDSON; PATRELL-KIM, 1996; DAVIDSON *et al.*, 2003). Os carboidratos em excesso (em relação às prioridades básicas das colônias, como crescimento e reprodução) poderiam então ser direcionados, com baixos custos, para subsidiar uma intensa atividade de forrageamento, a defesa de território e a produção de substâncias de defesa (DAVIDSON; PATRELL-KIM, 1996; DAVIDSON, 1997; DAVIDSON *et al.*, 2003). Essas idéias são particularmente interessantes no contexto da Caatinga, pois, as severas condições prevalentes na estação seca e a possível ausência, ou pelo menos forte limitação, de fontes de líquidos vegetais durante essa estação poderia explicar a diversidade reduzida.

Dois fatores poderiam, portanto, potencialmente explicar a riqueza reduzida da mirmecofauna da Caatinga e a ausência/pouca representatividade de certas guildas. O primeiro é a falta e/ou variação sazonal da serrapilheira (sítios de nidificação, recursos alimentares para grupos especializados de formigas). O segundo é a ausência e/ou severa limitação de fontes de líquidos de origem vegetal (néctar, “honeydew”) durante longos períodos (estação seca). Futuros estudos deveriam, portanto, dar prioridade à obtenção de informações básicas sobre os recursos alimentares usados pelas principais guildas de formigas da Caatinga e sobre as possíveis variações sazonais das fontes de alimento usadas por essas

guildas, em particular as baseadas em líquidos vegetais

Em relação à hipótese que fundamentou o trabalho, os resultados não permitiram detectar diferenças entre a estação e a estação chuvosa.

No que diz respeito à riqueza em espécies, não houve muita diferença entre as duas estações, se for considerado o fato que nas 12 espécies “exclusivas” da estação seca (*Neivamyrmex diana*, *Camponotus* sp.2, *Cephalotes pellans*, *Crematogaster distans*, *Pheidole* sp.3, *Pheidole* sp.9, *Wasmannia auropunctata*, *Nesomyrmex* pr. *mirassolis*, *Thaumatomyrmex mutilatus*, *Pseudomyrmex acanthobius*, e as duas espécies não identificadas), três (*C. pellans*, *C. distans*, *P. acanthobius*) são certamente “acidentais”. Além do mais, a não captura dessas espécies “exclusivas da estação seca” durante a estação chuvosa poderia significar que, em período chuvoso, elas forrageiam menos no solo (fontes de alimento mais abundantes na vegetação) e/ou menos ativamente (fontes de alimento mais perto do ninho), diminuindo as probabilidades de captura.

Os altos valores dos índices de similaridade de Jaccard, e os baixos valores dos índices de “turnover”, tanto para a comparação dos meses, como para a comparação das duas estações apóiam a afirmação de não diferença entre as duas estações, tanto na riqueza em espécies, como na composição em espécies.

Entretanto, pelo menos uma diferença de composição merece a atenção. Trata-se da ocorrência da espécie *Strumigenys elongata* unicamente na estação chuvosa, em todos os meses de coleta. *S. elongata* é uma especialista de colêmbolos (BROWN, 1954, 1962) e pode ser que o registro da sua atividade apenas na estação chuvosa esteja ligado a uma maior atividade das suas presas nessa estação.

Também não houve diferença entre os índices de diversidade e de equabilidade das duas estações, com a exceção do índice de Shannon que foi menor na estação chuvosa. Entretanto, houve uma clara correlação (negativa no caso dos índices de diversidade, positiva no caso do índice de equabilidade de Simpson) entre esses índices e os índices pluviométricos. A importante redução da abundância das formigas na estação chuvosa poderia explicar, pelo menos em parte, a redução dos índices de diversidade e o aumento dos índices de equabilidade.

Pode-se, portanto, concluir que não houve diferenças entre as estações seca e chuvosa, tanto no que diz respeito à riqueza em espécies, a composição da assembléia de formigas investigada, e aos indicadores de diversidade.

Três hipóteses, não necessariamente exclusivas, podem ser emitidas para tentar explicar essa ausência de diferença entre as duas estações, contrariamente ao esperado, em relação à hipótese de trabalho:

1. O padrão sazonal observado resultou do quadro chuvoso excepcional do ano 2009, o qual limitou as atividades de forrageamento das formigas e/ou reduziu as populações/colônias, com conseqüente redução de captura de indivíduos/espécies nas armadilhas de solo. A redução drástica da abundância total das formigas na estação chuvosa (ver Figura 15) é uma informação que apóia essa hipótese.
2. Devido à maior oferta de recursos, na estação chuvosa, as atividades de forrageamento das formigas ficaram mais limitadas a áreas próximas das colônias, com conseqüente menor probabilidade de captura das operárias nas armadilhas de solo na estação chuvosa.
3. As condições prevalentes na estação seca (escassez de água/umidade, alta radiação solar, deiscência foliar) não representam fatores limitantes para as assembléias de formigas. Isso significaria que fontes de alimento suficientes seriam disponíveis, durante a estação seca.

6 CONCLUSÕES

Os principais resultados e conclusões do presente estudo podem ser resumidos pelos seguintes pontos:

1. A estrutura taxonômica da mirmecofauna amostrada é semelhante à observada em outros biomas brasileiros e de um modo geral, neotropicais, com a predominância da subfamília Myrmicinae e dos gêneros *Pheidole* e *Camponotus*, e uma distribuição de frequência de coleta caracterizada por muitas espécies pouco abundantes ou até “raras” e poucas espécies muito abundantes.
2. A estrutura taxonômica e a riqueza em espécies da fauna amostrada são semelhantes às observadas nos dois únicos levantamentos sistematizados da fauna de formigas realizados em áreas de Caatinga (LEAL, 2003; QUINET; TAVARES, 2005).
3. A riqueza em espécies observada na caatinga no presente estudo, assim como em estudos anteriores (LEAL, 2003; QUINET; TAVARES, 2005), é reduzida em relação a outros biomas brasileiros.
4. Foi constatada a pobreza das guildas de formigas especialistas, em particular das predadoras especialistas.
5. A riqueza reduzida e a pobreza de determinadas guildas poderiam resultar da falta

permanente ou sazonal de serrapilheira, e de uma severa limitação sazonal das fontes de carboidratos.

6. Não houve diferença significativa entre a estação seca e a estação chuvosa, tanto no que diz respeito à riqueza em espécies, à composição da assembléia de formigas investigada, e aos indicadores de diversidade.

Em função dos resultados obtidos e dos questionamentos/hipóteses que eles levam a formular, futuros estudos deveriam focalizar-se nos seguintes pontos:

1. Realizar novas amostragens sazonais, em um período mais extenso (vários anos) a fim de verificar se o padrão sazonal observado no presente estudo se repete.
2. Realizar amostragens com mais técnicas de amostragem (iscas, peneiração da serrapilheira, busca ativa em galhos/troncos caídos, por exemplo) e com a inclusão de técnicas para amostrar a fauna arborícola de formigas (pitfalls e iscas de vegetação). É provável que a técnica (armadilhas de solo) usada no presente estudo não seja adequada para capturar espécies estritamente arborícolas, espécies de hábito críptico, com colônias de pequeno tamanho, subterrâneas e/ou com regime alimentar especializado. O uso de mais técnicas permitiria ter uma representação maior de toda a fauna presente no local investigado.
3. Identificar as fontes de alimentação potencialmente disponíveis para as formigas, em particular as fontes de carboidratos, e na estação seca. Essa investigação poderia fornecer importantes subsídios para avaliar o caráter potencialmente limitante da estação seca em relação à disponibilidade em recursos alimentares.
4. Investigar o regime alimentar de determinadas espécies de formigas, e a identidade /abundância de suas fontes de alimento na estação seca e chuvosa. Deveria-se em particular concentrar os esforços de investigação em espécies notavelmente dependentes de fontes de carboidratos e em espécies predadoras, para verificar a disponibilidade das fontes de alimento nas duas estações e as eventuais mudanças de estratégia de coleta de alimento nessas espécies.
5. Caracterizar as atividades de forrageamento (intensidade, distâncias percorridas pelas operárias, etc.) de determinadas espécies na estação seca e na estação chuvosa. Tais investigações permitiriam detectar possíveis mudanças de estratégia de coleta de alimento entre as duas estações.

REFERÊNCIAS

AB'SABER, A.N. **Os domínios da natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

AGOSTI, D. ALONSO, L.E. The ALL Protocol: A standard Protocol for the Collection of Ground-Dwelling Ants. In: AGOSTI, D.; MAJER, J.M.; ALONSO, L.E.; SCHULTZ, T.R (eds), **Ants: Standard Methods for Measuring and Monitoring Biodiversity**. Washington and London: Smithsonian Inst. Press, 2000, cap. 14, p. 204-206.

ALONSO, L.E. Ants as indicator diversity. In: AGOSTI, D.; MAJER, J.D.; ALONSO, L. E.; SCHULTZ, T.R. (eds.), **Ants standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Washington and London: Smithsonian Inst. Press, 2000, cap. 6, p. 80-88.

ALONSO, L.E.; AGOSTI, D. Biodiversity studies, monitoring, and ants. An overview. In: AGOSTI, D.; MAJER, J.D.; ALONSO, L. E.; SCHULTZ, T.R. (eds.), **Ants standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Washington and London: Smithsonian Inst. Press, 2000, cap. 1, p. 1-8.

ANDERSEN, A.N. Parallels between ants and plants: implications for community ecology. In: HUXLEY, C.R.; CUTLER, D.F. (eds.), **Ant-plant interactions**. Oxford: Oxford University Press, 1991, cap. 36, p. 539-558.

ANDERSEN, A.N. A classification of Australian communities, based on functional groups which parallel plant life-forms in relation to stress and disturbance. **Journal of biogeography**, v. 22, p. 15-29, jan, 1995.

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.

ANDERSEN, A.N. Global ecology of rainforest ants - functional groups in relations to environmental stress and disturbance. In: AGOSTI, D.; MAJER, J.D.; ALONSO, L. E.; SCHULTZ, T.R. (eds.), **Ants standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Washington and London: Smithsonian Inst. Press, 2000, cap. 3, p. 25-34.

ANDERSEN, A.N.; FISHER, A.; HOFFMAN, B.D.; READ, J.L.; RICHARDS, R. Use of terrestrial invertebrates for biodiversity monitoring in Australian rangelands, with particular reference to ants. **Austral Ecology**, v, 29, p. 87-92, 2004.

ARCILA A.M.; LOZANO-ZAMBRANO, F.H. Hormigas como herramienta para la bioindicación y el monitoreo. In: FERNANDEZ, F. **Introducción a las Hormigas de la región Neotropical**. Colômbia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2003, cap. 9, p. 159-168.

BARBOSA, H.A.; HUETE, A.R.; BAETHGEN, W.E. A 20-year study of NDVI variability over the Northeast Region of Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 67, p. 288-307, 2006.

BARROW, L.; PARR, C. L. A preliminary investigation of temporal patterns in semiarid ant communities: Variation with habitat type. **Austral Ecology**, v. 33, p. 653-662, 2008.

BEGON, M.; TOWNSEND, C.R.; HARPER, J.L. **Ecologia – de indivíduos a ecossistemas**. 4ª Ed. Porto Alegre: ArtMed, 2007.

BERNSTEIN, R. A. Seasonal food abundance and foraging activity in some desert ants. **The American Naturalist**, v. 108, p. 490-498, 1974.

BERNSTEIN, R.A. Foraging strategies of ants in response to variable food density. **Ecology**, v. 56, p. 213-219, 1975.

BESTELMEYER, B.T. Stress tolerance in some Chacoan dolichoderine ants: implications for community organization and distribution. **Journal of Arid Environments**, v. 35, p. 297-310, 1997.

BESTELMEYER, B.T. The trade-off between thermal tolerance and behavioral dominance in a subtropical South American ant community. **Journal of Animal Ecology**, v. 69, p. 998-1009, 2000.

BESTELMEYER, B.T.; AGOSTI, D.; ALONSO, L.E.; BRANDÃO, C.R.; BROWN, W.L.JR.; DELABIE, J.C.H.; SILVESTRE R. Field Techniques for the Study of Ground-Dwelling Ants: An Overview, Description, and Evaluation. In: AGOSTI, D.; MAJER, J.D.; ALONSO, L. E.; SCHULTZ, T.R.(eds), **Ants standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Washington and London: Smithsonian Inst. Press, 2000, cap 9, p. 122-144.

BOLTON, B. **Identification Guide to the Ants Genera of the World**. Cambridge, Massachussets: Harvard University Press. 1994. 222 p.

BOLTON, B. A taxonomic and zoogeographical census of the extant ant taxa (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Natural History**, v. 29, p. 1037-1056. 1995.

BOLTON, B., ALPERT, G., WARD, P.S.; NASKRECKI, P. **Bolton's catalogue of ants of the world: 1758–2005**. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts. 2006. CD-ROM.

BORCHERT, R. Soil and Stem Water Storage Determine Phenology and Distribution of Tropical Dry Forest Trees. **Ecology**, v. 75, p. 1437-1449, 1994.

BRANDÃO, C.R.F. **Formigas dos cerrados e caatingas**. São Paulo. Tese (Livre Docência), Instituto de Biociências/USP. 1995.

BRANDÃO, C.R.F.; DINIZ, J.L.M.; TOMOTAKE, E.M. *Thaumatomyrmex* strips millipedes for prey: a novel predatory behaviour in ants, and the first case of sympatry in the genus (Hymenoptera: Formicidae). **Insectes Sociaux**, v. 38, p. 335-344, 1991.

BROWN JR, W.L. The neotropical species of the ant genus *Strumigenys* Fr. Smith: Group of *elongata* Roger. **Journal of the New York Entomological Society**, v. 61, p. 189-200, 1954.

BROWN JR, W.L. The neotropical species of the ant genus *Strumigenys* Fr. Smith: Synopsis and keys to the species. **Psyche**, v. 69, p. 238-267, 1962.

BROWN JR., W.L. Diversity of ants. In: AGOSTI, D.; MAJER, J.D.; ALONSO, L. E.; SCHULTZ, T.R. (eds.), **Ants standard methods for measuring and monitoring**

biodiversity. Washington and London: Smithsonian Inst. Press, 2000, cap. 5, p. 45-79.

BURGESS, N.D.; PONDER, K.L.; GODDARD, J. Surface and leaf-litter arthropods in the coastal forests of Tanzania. **African Journal of Ecology**, v. 37, p. 355–65, 1999.

CAMPIOLO, S.; DELABIE, J.H.C. Caractérisation de la myrmécofaune de la litière de la forêt atlantique du sud de Bahia-Brésil. In: Actes Coll. Insectes Sociaux, Tours, France, p. 65-70. 2000.

CARVALHO, V.C.; PINHEIRO JR, O.J.P. Diagnóstico do estado atual da cobertura vegetal em áreas prioritárias para conservação da caatinga. In: ARAÚJO, F. S.; RODAL, M. J.N.; BARBOSA, M. R.V. (orgs). **Análise das variações da biodiversidade do bioma caatinga: Suporte a Estratégias regionais**. Brasília: MMA, 2005.cap. 2, p. 39-82.

CAVALCANTE, A.M.B. Jardins suspensos no sertão. **Scientific American** (Brasil), v. 32, p. 66-73, 2005.

CERDA, X. Behavioural and physiological traits to thermal stress tolerance in two Spanish desert ants. **Etologia**, v. 9, p. 15-27, 2001.

XIM CERDA, X.; RETANA, J.; CROS, S. Thermal disruption of transitive hierarchies in Mediterranean ant communities. **Journal of Animal Ecology**, v. 66, p. 363-374, 1997.

CERDÀ, X.; RETANA, J.; MANZANEDA, A. The role of competition by dominants and temperature in the foraging of subordinate species in Mediterranean ant communities. **Oecologia**, v. 117, p. 404–12, 1998.

CLOUDSLEY-THOMPSON, J. L. Temperature and the activity of ants and other insects in Central Australia. **Journal of Arid Environments**, v. 16, p. 185-192, 1989.

COELHO, I.R. RIBEIRO, S.P. Environment Heterogeneity and Seasonal Effects in Ground-Dwelling Ant (Hymenoptera: Formicidae) Assemblages in the Parque Estadual do Rio Doce, MG, Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 35, p. 19-29, 2006.

COLWELL, R.K. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 8.0 **User's Guide and application** Disponível em: <http://purl.oclc.org/estimates>. 2006.

COLWELL, R.K.; CODDINGTON, J.A. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. **Philosophical Transactions of the Royal Society**, v. 345, p. 101-118, 1994.

COSTA, R.C.; ARAÚJO, F.S.; LIMA-VERDE, L.W. Flora and life-form spectrum in na área of deciduous thorn woodland (caatinga) in northeastern, Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 68, p. 237-247, 2007.

CRAIG, M.D.; CHAPMAN, A. Effects of short-term drought on the avifauna of Wanjarri Nature Reserve: What do they tell us about drought refugia? **Journal of the Royal Society of Western Australia**, v. 86, p. 133–137, 2003.

DAVIDSON, D.W. Species diversity and community organization in deserts seed-eating ants. **Ecology**, v. 58, p. 711-724, 1977.

- DAVIDSON, D.W. The role of resource imbalances in the evolutionary ecology of tropical arboreal ants. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 61, p. 153-181, 1997.
- DAVIDSON, D.W.; PATRELL-KIM, L.J. Tropical arboreal ants: Why so abundant? In: GIBSON, A. (ed.). **Neotropical Biodiversity and Conservation**. Los Angeles, USA: UCLA Herbarium Publish. 1996. p. 127-140.
- DAVIDSON, D.W.; COOK, S.C.; SNELLING, R.R.; CHUA, T.H. Explaining the abundance of ants in lowland tropical rainforest canopies. **Science**, v. 300, p. 969-972, 2003.
- DEBLAUWE, I. DEKONINCK, W. Spatio-temporal patterns of ground-dwelling ant assemblages in a lowland rainforest in southeast Cameroon. **Isectes Sociaux**, v. 54, p. 343-350, 2007.
- DELABIE, J.C.H.; AGOSTI, D.; NASCIMENTO, I.D. Litter ant communities of the Brazilian Atlantic rain Forest region. In: AGOSTI, D., MAJER, J.D., ALONSO, L.; SCHULTZ, T. (eds.). **Sampling Ground-dwelling Ants: Case Studies from the World's Rain Forests**. Perth, Australia: Curtin University School of Environmental Biology Bulletin 18. 2000. cap. 1, p. 1-18.
- DELABIE, J.C.H.; FRESNEAU, D.; PEZON, A. Notes on the ecology of *Thaumatomyrmex* spp. (Hymenoptera: Formicidae: Ponerinae) in southeast Bahia, Brazil. **Sociobiology**, v. 36, p. 571-584, 2000.
- DENLINGER, D.L.; TANAKA, S.; DOWNES, W.L.; WOLDA, H.; GUARDIÃ, M. Does lack of diapause result in less insect seasonality? **Oecologia**, v. 87, p. 152-154, 1991.
- DINIZ, I.R. **Variação na abundância de insetos no cerrado: Efeito das mudanças climáticas e do fogo**. Tese (Doutorado), Universidade de Brasília. 1997.
- FENSHAM, R.J.; FAIRFAX, R.J.; ARCHER, R. Rainfall, land use and woody vegetation cover change in semi-arid Australian savanna. **Journal of Ecology**, v. 93, p. 596– 606, 2005.
- FISHER, B.L.; MALSH, A.K.F.; GADAGKAR, R., DELABIE, J.C.H., VASCONCELOS, H.L., MAJER, J.M.. Applying the ALL Protocol: Selected Case Studies. In: AGOSTI, D.; MAJER, J.M.; ALONSO, L.E.; SCHULTZ, T.R (eds), **Ants: Standard Methods for Measuring and Monitoring Biodiversity**. Washington and London: Smithsonian Inst. Press, 2000. cap. 15, p. 207-214.
- FITTKAU, E.J.; KLINGE, H. On biomass and trophic structure of central amazonian rainforest ecosystems. **Biotropica**, v. 5, p. 2-14, 1973.
- FRANKI, G.W.; BAKER, H.G.; OPLER, P.A. Comparative Phenological Studies of Trees in Tropical Wet and Dry Forests in the Lowlands of Costa Rica. **Journal of Ecology**, v. 62, p. 881-919, 1974.
- FUNCEME, Fundação cearense de meteorologia. Disponível em: <http://www.funceme.br>. Acessado em: 2009.
- GOTELLI, N.J.; COLWELL, R.K. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. **Ecology Letters**, v. 4, p. 379-391, 2001.

GREENAWAY, P. Temperature Limits to Trailing Activity in the Australian Arid-Zone Meat Ant *Iridomyrmex Pupureus* Form *Viridiaeneus*. **Australian Journal of Zoology**, v. 29, p. 621-630, 1981.

GRIME, J.P. The stress debate: symptom of impeding synthesis? **Biological Journal Linnaeus Society**, v. 37, p. 19-32, 1989.

HANH, D.A.; WHELLER, D.E. Seasonal Foraging Activity and Bait Preferences of Ants on Barro Colorado Island, Panama. **Biotropica**, v. 34, p. 348-356, 2002.

HAWKINS, B.A.; FIELD, R.; CORNELL, H.V.; CURRIE, D.J.; GUEGAN, J.F.; KAUFMAN, D.M.; KERR, J.T.; MITTELBAACH, G.G.; OBERDOFF, T.; O'BRIEN, E.M.; PORTER, E.E.; TURNER, J.R.G. Energy, water, and broad-scale geographic patterns of species richness. **Ecology**, v. 84, p. 3105-3117, 2003.

HEATWOLE, H.; MUIR, R. Seasonal and daily activity of ants in the pré-Saharan steppe of Tunisia. **Journal of Arid Environments**, v. 16, p. 49-67, 1989.

HERNANDEZ, M.I.M. Besouros escarabeíneos (Coleoptera: Scarabaeidae) da Caatinga Paraibana, Brasil. **Oecologia Brasiliensis**, v. 11, p. 356-364, 2007.

HITES, N., MOURÃO, M.A.N., ARAÚJO, F.O., MELO, M.V.C., de BISEAU, J.C.; QUINET, Y. Diversity of the ground-dwelling ant fauna (Hymenoptera: Formicidae) of a moist, montane forest of the semi-arid Brazilian Nordeste. **Revista de Biologia Tropical**, v. 53, p. 165-173, 2005.

HODKINSON, I.D. JACKSON, J.K. Terrestrial and Aquatic Invertebrates as Bioindicators for Environmental Monitoring, with Particular Reference to Mountain Ecosystems. **Environmental Management**, v. 35, p. 649-666, 2005.

HOFFMANN, B.D. Thermophilia in a tropical Australian ant of the *Melophorus aeneovirens* (Lowne) species-group (Hymenoptera: Formicidae). **Australian journal of Entomology**, v. 37, p. 162-167, 1998.

HÖLLDOBLER, B.; WILSON, B. **The Ants**. Cambridge, Massachusetts: Belknap Press, 1990. 732 p.

HUTCHINSON, G.E. The paradox of the plankton. **American Naturalist**, v. 95, p. 137-145, 1961.

IANNUZZI, L.; MAIA, A.C.D.; VASCONCELOS, S.D. Ocorrência e sazonalidade de coleópteros buprestídeos em uma região de caatinga nordestina. **Biociências**, v.14, p. 174-179, 2006.

IBGE - Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro: CDDI-IBGE (série Manuais Técnicos de Geociências), n. 1. 1992. 91 p.

IBGE. **Mapa de vegetação do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, Escala 1:5.000.000, 1993.

- INOUE, D.W; MORALES, M.A; DODGE, G. Variation in timing and abundance of flowering by *Delphinium barbeyi* Huth (Ranunculaceae): the roles of snowpack, frost, and La Niña, in the context of climate change. **Oecologia**, v. 130, p. 543–550, 2002.
- JAKSIC, F.M. Abuse and misuse of the term “guild” in ecological studies. **Oikos**, v. 37, p. 397-400. 1981.
- JANZEN, D.H. Sweep samples of tropical foliage insects: effects of season, vegetation types, elevation, time of day, and insularity. **Ecology**, v. 54, p. 687–708, 1973.
- JANZEN, D.H.; SCHOENER, T.W. Differences in Insect Abundance and Diversity Between Wetter and Drier Sites During a Tropical Dry Season. **Ecology**, v. 49, p. 96-110, 1968.
- KASPARI, M. Body size and microclimate use in Neotropical granivorous ants. **Oecologia**, v. 96, p. 500-507, 1993.
- KASPARI, M.; MAJER, J.D. Using ants to monitor environmental change. In: AGOSTI, D.; MAJER, J.D.; ALONSO, L. E.; SCHULTZ, T.R. (eds.), **Ants standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Washington and London: Smithsonian Inst. Press, 2000. cap.7, p. 89-98.
- KASPARI, M.; VALONE, T.J. On ectotherm abundance in a seasonal environment – Studies of a desert ant assemblage. **Ecology**, v. 83, p. 2991-2996, 2002.
- KASPARI, M; O’DONNELL, S; KERCHER, J.R. Energy, density, and constraints to species richness: ant assemblages along a productivity gradient. **American Naturalist**, v. 155, p. 280-293. 2000.
- KATO, M.; INOUE T.; HAMID A.A.; NAGAMITSU, T. MERDEK, M.B.; NONA, A.R.; ITINO, T.; YAMANE, S.; YUMOTO, T. Seasonality and vertical structure of light-attracted insect communities in a dipterocarp forest in Sarawak. **Researches on Population Ecology**, v. 37, p. 59-79, 1995.
- KEMPF, W.W. A revision of the Neotropical Ponerinae ant genus *Thaumatomyrmex* Mayr (Hymenoptera: Formicinae). **Studia Entomologica**, v. 16, p. 95-126, 1975.
- LEAL, I.R. Diversidade de formigas em diferentes unidades de paisagem da Caatinga. In: LEAL, I.R.; TABARELLI, M.; SILVA, J.M.C. (Eds.) **Ecologia e Conservação da Caatinga**. 1ª Ed. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2003. 804 p.
- LEAL, I.R.; SILVA, J.M.C.; TABARELLI, M.; LACHER, T. Changing the course of biodiversity conservation in the Caatinga of Northeastern Brazil. **Conservation Biology**, v. 19, p. 701-706, 2005.
- LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. **Numerical ecology**. 2ª ed. Elsevier Science B.V. Amsterdam, 1998. 853 p.
- LEKSONO, A.S.; NAKAGOSHI, N.; TAKADA, K. Vertical and seasonal variation in the abundance and the species richness of Attelabidae and Cantharidae (Coleoptera) in a suburban mixed forest. **Entomological Science**, v. 8, p. 235-243, 2005.
- LEVINGS, S.C. Seasonal, annual, and among-site variation in the ground ant community of a

deciduous tropical forest: some causes of patchy species distributions. **Ecological Monographs**, v. 53, p. 435-455, 1983.

LEWINSOHN, T.M.; PRADO, P.I. **Biodiversidade Brasileira**: síntese de estado atual do conhecimento. São Paulo: Editora Contexto, 2002. 176 p.

LEWINSOHN, T.M.; FREITAS, A.V.L.; PRADO, P.I. Conservation of terrestrial invertebrates and their habitats in Brazil. **Conservation Biology**, v. 19, p. 640-645, 2005.

LINDSEY, P.A.; SKINNER, J. D. Ant composition and activity patterns as determined by pitfall trapping and other methods in three habitats in the semi-arid Karro. **Journal of Arid Environments**, v. 48, p. 551-568, 2001.

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, p. 289-295, 2008.

LONGINO, J.T., What to do with the data. In: AGOSTI, D.; MAJER, J.D.; ALONSO, L. E.; SCHULTZ, T.R. (eds.), **Ants standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Washington and London: Smithsonian Inst. Press, 2000. cap. 13, p. 186-203.

LONGINO, J.T. The *Crematogaster* (Hymenoptera, Formicidae, Myrmicinae) of Costa Rica. **Zootaxa**, v. 151, p. 1-150, 2003.

LOPEZ, B.C.; SANTOS, R.A. Aspects of the ecology of ants (Hymenoptera: Formicidae) on the mangrove vegetation of Rio Ratonés, Santa Catarina Island, SC, Brazil. **Boletim Entomológico de Venezuela**, v. 11, p. 123-133, 1996.

LOWMAN, M. Seasonal variation in insect abundance among three Australian rain forests, with particular reference to phytophagous types. **Australian Journal of Ecology**, v. 07, p. 353-36, 1982.

MAGURRAN, A. **Ecological Diversity and its measurement**. New Jersey: Princeton University Press, 1988. 179 p.

MAGURRAN, A. **Measuring Biological Diversity**. Oxford: Blackwell Publishing, 2004. 256 p.

MALSCH, A. Investigation of the diversity of leaf-litter inhabiting ants in Pasoh, Malaysia. In: AGOSTI, D., MAJER, J.D., ALONSO, L.; SCHULTZ, T. (eds.). **Sampling Ground-dwelling Ants: Case Studies from the World's Rain Forests**. Perth, Australia: Curtin University School of Environmental Biology Bulletin N° 18, 2000. cap. 3, p. 31-40.

MARINHO, G.S.C.; ZANETTI, R., DELABIE, J.H.C.; SCHLINDWEIN, M.; RAMOS, L.S. Diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) da serapilheira em eucaliptais (Myrtaceae) e área de Cerrado de Minas Gerais. **Neotropical Entomology**, v. 31, p. 187-195, 2002.

MARSH, A.C. Ant species richness along a climatic gradient in the Namib Desert. **Journal of Arid Environments**, v. 11, p. 235-241, 1986.

MARTINS, F.R.; SANTOS, F.A.M. Técnicas usuais de estimativa da biodiversidade. **Holos**.

– Edição especial. v. 1, p. 236-267. 1999.

MAY, R.M. Patterns of species abundance and diversity. In: CODY, M.L. & DIAMOND, J.M. (ed.) **Ecology and evolution of communities**. Cambridge: Belknap Press of the Harvard University Press. 1975. P. 81-120.

MCALEECE, N. **BioDiversity Professional versão 2.0**. The Natural History Museum and The Scottish Association For Marine Science. 1997. Disponível em: <http://www.sams.ac.uk/research/software/research/software/bdpro.zip>.

MEDEL, R.G. Convergence and historical effects in harvester ant assemblages of Australia, North America and South America. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 55, p. 29–44, 1995.

MENDES, B.V. **Biodiversidade e desenvolvimento sustentável do Semi-Árido**. Fortaleza: SEMACE, 1997. 108 p.

MORENO-RUEDA, G.; PIZARRO, M. The relative influence of climate, environmental heterogeneity, and human population on the distribution of vertebrate species richness in south-eastern Spain. **Acta Oecologia**, v. 32, p.50-58, 2007.

MORENO-RUEDA, G.; PIZARRO, M. Relative influence of habitat heterogeneity, climate, human disturbance, and spatial structure on vertebrate species richness in Spain. **Ecological Research**, v. 24, p. 335-344, 2008.

MORIN, P. J. **Community Ecology**. Blackwell Science, Inc, Malden. 1999. 424 p.

MORTON, S.R.; DAVIDSON, D.W. Comparative Structure of Harvester Ant Communities in Arid Australia and North America. **Ecological Monographs**, v. 58, p. 19-38. 1988.

MOURA, F.M.S.; VASCONCELLOS, A.; ARAUJO V.F.P.; BANDEIRA A.G. Seasonality in foraging behaviour of *Constrictotermes cyphergaster* (Termitidae, Nasutitermitinae) in the Caatinga of Northeastern Brazil. **Insectes Sociaux**, v. 53, p. 472-479, 2006.

MOURA, M.S.B.; GALVÍNCIO, J.D.; BRITO, L.T.L.; SOUZA, L.S.B.; SÁ, I.I.S.; SILVA, T.G.F. Clima e água de chuva no Semi-Árido. In: BRITO, L.T.L.; MOURA, M.S.B.; GAMA, G.F.B. (Org.). **Potencialidades da água de chuva no Semi-Árido brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido. v. 1, p. 37-59, 2007.

MURPHY, P.G.; LUGO, A.E. Ecology of tropical dry forest. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 17, p. 67-88, 1986.

NOIN, D.; CLARKE, J.I. Population and environment arid regions of the world. In: CLARKE, J.I. NOIN, D. (ed) **Population and Environment Arid Regions**. UNESCO. 1996. cap. 1, p. 1-20.

NOVOTNY V.; BASSET Y. Seasonality of sap sucking insects (Auchenorrhyncha: Hemiptera) feeding on *Ficus* (Moraceae) in a lowland rain forest in New Guinea. **Oecologia**, v. 115, p; 514–22. 1998.

PAGANO, M.; GAUVREAU, K. **Princípios de Bioestatística**. São Paulo: Thomson Learning, 2006. 522 p.

PASSERA, L.; ARON, S. **Les fourmis: comportement, organisation sociale et évolution**. Les Presses Scientifiques du CNRC: Canada, 2005. 480 p.

PENNINGTON, R.T.; LEWIS, G.P.; RATTER, J.A. An overview of the plant diversity, biogeography and conservation of Neotropical Savannas and Seasonally Dry Forests. In: PENNINGTON, R.T.; LEWIS, G.P.; RATTER, J.A. **Neotropical savannas and seasonally dry forests. plant diversity, biogeography, and conservation**. CRC Press. 2006. cap. 1, p. 1-30.

PERFECTO I.; VANDERMEER J. Microclimate changes and the indirect loss of ant diversity in a tropical agroecosystem. **Oecologia**, v. 108, p. 577-82, 1996.

PFEIFFER, M.; CHIMEDREGZEN, L.; ULYKPAN, K. Community organization and species richness of ants (Hymenoptera/Formicidae) in Mongolia along an ecological gradient from steppe to Gobi desert. **Journal of Biogeography**, v. 30, p. 1921–1935. 2003.

PIANKA, E. Latitudinal Gradients in species diversity: A review of concepts. **American naturalist**, v. 100, p. 33-49, 1966.

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

PINHEIRO, F.; DINIZ, I.R.; COELHO, D.; BANDEIRA, M.P.S. Seasonal pattern of insect abundance in the Brazilian cerrado. **Austral Ecology**, v. 27, p. 132–136, 2002.

PRADO, D.E. As Caatingas da América do Sul. In: LEAL, I.R.; TABARELLI, M.; SILVA, J.M.C. (Eds.) **Ecologia e Conservação da Caatinga**. 1ª Ed. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2003. 804 p.

QUEIROZ, L.P. The Brazilian Caatinga: Phytogeographical Patterns inferred from distribution data of the Leguminosae. In: PENNINGTON, R.T.; LEWIS, P.G.; RATTER, J.A. **Neotropical savannas and seasonally dry forests. plant diversity, biogeography, and conservation**. Lincoln: CRC Press, 2006. cap. 6, p. 121-158.

QUINET, Y.P.; TAVARES, A.A. Formigas (Hymenoptera:Formicidae) da área Reserva Serra das Almas, Ceará. In: ARAUJO, F.S.; RODAL, M.J.N.; BARBOSA, M.J.N. (eds.). **Análise das variações da Biodiversidade do Bioma Caatinga**. Brasília: MMA, 2005. cap. 8.1, p. 329-349.

RETANA, J.; CERDÁ, X. Patterns of diversity and composition of Mediterranean ground ant communities tracking spatial and temporal variability in the thermal environment. **Oecologia**, v. 123, p. 436-444, 2000.

REYES-LOPEZ, J.; RUIZ, N.; FERNANDEZ-HAEGGER, J. Community structure of ground-ants: the role of single trees in a mediterranean pastureland. **Acta Oecologica**, v. 24, p. 195-202, 2003.

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

ROMESBURG, H.C. **Cluster analysis for researchers**. North Carolina: Malabar Publishing, 1984. 334 p.

SÁ, I.B.; CORREA, R.C.; SOUZA, R.A.; RICHÉ, G.R.; FOTIUS, G.A. Bioma Caatinga: Fatores Abióticos. In: SÁ, I.B.; CORREA, R.C.; SOUZA, R.A.; RICHÉ, G.R.; FOTIUS, G.A. **Avaliação e identificação de ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade do bioma Caatinga**. Petrolina: Embrapa semi-árido. 2000. 32 p.

SANTOS, A.J. Estimativas de riqueza em espécies. In: CULLEN JR, L.; RUDRAN, R.; VALLADARES-PADUA, C. (orgs.) **Métodos de estudos em Biologia da conservação & manejo da vida silvestre**. 2 Ed. Curitiba: Editora da UFPR, 2006. 651 p.

SANTOS, C.A. C. BRITO, J.I.B. Análise dos índices de extremos para o semi-árido do Brasil e Suas relações com tsm e ivdn. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 22. P. 303-312, 2007.

SCHOENER, T.W. Resource partitioning in ecological communities. **Science**, v. 185, p. 27–39, 1974.

SCHULTZ, T.R.; MCGLYNN, P.M. The interactions of ants with other organisms. In: AGOSTI, D.; MAJER, J.D.; ALONSO, L. E.; SCHULTZ, T.R. (eds.), **Ants standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Washington and London: Smithsonian Inst. Press, 2000. cap. 4, p. 35-44.

SEGEV, U. Regional patterns of ant-species richness in an arid region: The importance of climate and biogeography. **Journal of Arid Environments**, v. 74, p. 646-652, 2010.

SILVA, R.R.; LOPES, B.C. Ants (Hymenoptera: Formicidae) from Atlantic rainforest at Santa Catarina Island, Brazil: two years of sampling. **Revista de Biologia Tropical**, v. 45, p. 1641-1648, 1997.

SILVA, R.R.; SILVESTRE, R. Riqueza da fauna de formigas (hymenoptera: formicidae) que habita as camadas superficiais do solo em Seara, Santa Catarina. **Papéis Avulsos de Zoologia**, v. 44, p. 1-11, 2004.

SILVA, R.R.; BRANDÃO, C.R.F.; SILVESTRE, R. Similarity Between Cerrado Localities in Central and Southeastern Brazil Based on the Dry Season Bait Visitors Ant Fauna. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 39, p. 191–199, 2004.

SILVESTRE, R. **Estrutura de comunidades de formigas do Cerrado**. 2000.216 f. Tese (Doutorado em Ciências – Área Entomologia) - Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, USP, Ribeirão Preto, 2000.

SILVESTRE, R.; BRANDÃO, C.R.F.; SILVA, R.R. Grupos funcionales de hormigas: el caso de los grêmios del Cerrado. In: FERNÁNDEZ, F. (org.) **Introducción a las hormigas de la región Neotropical**. Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2003. 398 p.

SIMBERLOFF, D.; DAYAN, T. The guild concept and the structure of ecological communities. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 22, p. 115-43. 1991.

SIMPSON, E.H. Measurement of diversity. **Nature**, v. 163, p. 688, 1949.

SNYDER, K.A.; TARTOWSKI, S.L. Multi-scale temporal variation in water availability: Implications for vegetation dynamics in arid and semi-arid ecosystems. **Journal of Arid Environments**, v. 65, p. 219-234, 2006.

SOUTHWOOD, T.R.E.; WINT, G.R.W.; KENNEDY, C.E.J.; GREENWOOD, S.R. Seasonality, abundance, species richness and specificity of the phytophagous guild of insects on oak (*Quercus*) canopies. **Europe Journal Entomology**, v. 101, p. 43-50. 2004.

SOUZA, J.L.P.; MOURA, C.A.R.; FRANKLIN, E. Efficiency in inventories of ants in a forest reserve in Central Amazonia. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 44 p. 940-948, 2009.

STATSOFT, Inc. **Statistica (data analysis software system)**, version 7. Disponível em: www.statsoft.com. 2004.

SUMMERVILLE, K.S.; CRIST, T.O. Temporal patterns of species accumulation in a survey of Lepidoptera in a beech-maple forest. **Biodiversity and Conservation**, v. 14, p. 3393-3406, 2005.

TAUBER, M.J.; TAUBER, C.A.; MASAKI, S. **Seasonal adaptations of insects**. New York: Oxford University Press, 1986. 426 p.

TAVARES, A.A. **Estimativas da diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) de serrapilheira em quatro remanescentes de floresta ombrófila densa e uma restinga no Estado de São Paulo, Brasil**. 2002. 146 f. Tese (Doutorado em Ciências – Área Entomologia) - Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, USP, Ribeirão Preto, 2002.

TERBORGH, J.; ROBINSON, S. Guilds and their utility in ecology. In: KIKKAWA, J.; DEREK, J.A. (eds) **Community ecology**. London, Blackwell Scientific Publications. 1986.

THOMAS, G. **Bio-Dap - Ecological Diversity and its measurement**. Statistics from the text of the same name. Parks Canada & Fundy National Park. New Brunswick - Canadá, 2000. Disponível em: <http://nhsbig.inhs.uiuc.edu/wes/populations.html>.

VALENTIN, J.L. **Ecologia Numérica** – Uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos. Rio de Janeiro: Interciência, 2000. 117 p.

VARGAS, A.B; MAYHÉ-NUNES, A.J.; QUEIROZ, J.M.; SOUZA, G.O.; RAMOS, E.F. Efeitos de Fatores Ambientais sobre a Mirmecofauna em Comunidade de Restinga no Rio de Janeiro, RJ. **Neotropical Entomology**, v. 36, p.028-037, 2007.

VASCONCELOS, H.L.; DELABIE, J.H.C. Ground ant communities from central Amazonian forest fragments. In: AGOSTI, D., MAJER, J.D., ALONSO, L.; SCHULTZ, T. (eds.). **Sampling Ground-dwelling Ants: Case Studies from the World's Rain Forests**. Perth, Australia: Curtin University School of Environmental Biology Bulletin N° 18, 2000. cap. 6, p. 59-70.

VASCONCELOS, H.L.; VILHENA, J.M.S.; FACURE, K.G.; ALBERNAZ, A.L.K.M. Patterns of ant species diversity and turnover across 2000 km of Amazonian floodplain forest. **Journal of Biogeography**, online first, 2009.

VELOSO, H.P.; RANGEL-FILHO, A.L.R.; LIMA, J.C.A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. 123 p.

WHITFORD, W.G. Structure and seasonal activity of Chihuahua desert ant communities. **Insectes Sociaux**, v. 25, p. 79-88, 1978.

WHITFORD, W.G. Seasonal and diurnal activity patterns in ant communities in a vegetation transition region of southeastern New Mexico (Hymenoptera: Formicidae). **Sociobiology**, v. 34, p. 477-491, 1999.

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

WOLDA, H. Seasonality of tropical insects. **Journal of Animal Ecology**, v. 49, p. 277-90, 1980.

WOLDA, H. Insect seasonality: why? **Annual Review Ecology System**, v. 19, p. 1-18, 1988.

WOLDA, H.; FISK, F.W. Seasonality of tropical insects. II. Blattaria in Panama. **Journal of Animal Ecology**, v. 50, p. 827-38, 1981.

ZANELLA, F.C.V.; MARTINS, C.F. Abelhas da Caatinga: biogeografia, ecologia e conservação. In: LEAL, I.R.; TABARELLI, M.; SILVA, J.M.C. (Eds.) **Ecologia e Conservação da Caatinga**. 1ª Ed. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2003.

ZAR, J.H. **Biostatistical Analysis**. 2ª Ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1984. 718 p.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)