

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA

Padrões de diversidade de macrofauna associada a cupinzeiros em pastagens

Ângelo de Siqueira Zerbini

Brasília - DF
2011

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA

Padrões de diversidade de macrofauna associada a cupinzeiros em pastagens

Ângelo de Siqueira Zerbini

Dissertação apresentada ao Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ecologia

Orientador: Prof. Dr. Paulo César Motta

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Reginaldo Constantino
Departamento de Zoologia da Universidade de Brasília

Prof. Dr. Reuber Albuquerque Brandão
Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília

Prof. Dr. Rodrigo Gurgel Gonçalves
Núcleo de Medicina Tropical da Universidade de Brasília

Aos “engenheiros de ecossistemas” e a todos que assim como eles trabalham, silenciosos e persistentes, por um mundo melhor.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente aos meus pais, Luiz Sérgio e Rosana, e à minha família por todo apoio recebido, não só durante o mestrado, mas ao longo de minha vida.

Agradeço ao meu orientador, pela oportunidade de dar vazão ao meu fascínio infantil pelas pequenas criaturas rastejantes. Pela ajuda e estímulo durante o trabalho, pelas sugestões, críticas, mas acima de tudo, por sua amizade.

Aos professores que tive contato durante o programa de pós-graduação em Ecologia da UnB, pois saio do curso significativamente diferente em relação à quando entrei.

Aos fiéis estagiários pelo auxílio nos trabalhos de campo e laboratório: Rafael Bessa, Matheus Saraiva, Evelyn Pimenta, Maurício Fernandes, Leandro Benedito, Isabela (Belão). Espero ter também contribuído de alguma forma.

Aos caríssimos amigos Regina Yabe, Juliana Ribeiro, Leonardo Machado, Vanessa Tunholi, Nicholas Camargo e demais colegas do programa de pós-graduação em Ecologia e Biologia Animal, pela convivência alegre durante as obrigações, por vezes duras, ao longo do mestrado.

Ao antigo colega Raoni Japiassu, pelas dicas metodológicas e termitófilas; Aos colegas do Laboratório de Temitologia da UnB: Danilo Oliveira, pelo auxílio na identificação de cupins, e Maria Roper, pelo auxílio com identificação de formigas;

Aos colegas do Laboratório de Aracnídeos da UnB, pela companhia no dia a dia, proveitosas conversas aracnológicas e descontrações gerais muito necessárias ao bom andamento das atividades de pesquisa: Geraldo Freire, Simone Salgado, Rommel Bastos e Felipe Novais.

Aos amigos que eventualmente me ajudaram (ou a isto foram coagidos) nos trabalhos de campo: Thalita Soares, Caroline Barbosa, Anderson (Preto) Schmidt, Maurício Martinho, Getúlio Gurgel, Atena Oliveira e Luis Silva.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de mestrado e ao Decanato de Pesquisa Pós-Graduação da UnB pela ajuda de custo.

Agradecimentos especiais ao Dr. Lourival Vilela (Embrapa - Cerrados) e Naiara Caroline, que disponibilizaram as áreas de coleta. E esta última, também por ter participado ativamente de inúmeras coletas de campo.

Sumário

Agradecimentos	iv
Resumo	vi
Abstract.....	vii
Índice de Figuras	viii
Índice de Tabelas	ix
1. Introdução.....	1
2. Materiais e Métodos	4
2.1. Áreas de estudo.....	4
2.2. Amostragens	7
2.3. Variáveis resposta.....	7
2.4. Variáveis explicativas.....	7
2.5. Análises	9
3. Resultados	11
3.1. Riqueza e Abundância	11
3.2. Esforço amostral e estimativas de diversidade	23
3.3. A riqueza e diversidade como variáveis resposta.....	25
4. Discussão.....	33
4.1. Riqueza e abundância	33
4.2. Esforço amostral e estimativas de diversidade	35
4.3. A riqueza e diversidade como variáveis resposta.....	35
5. Conclusão	38
6. Referências Bibliográficas	39

Resumo

Os ninhos epígeos de cupins são elementos bastante comuns nos campos de Cerrado, onde podem atingir grandes abundâncias. A presença de cupinzeiros de espécies como *Cornitermes cumulans*, considerada uma espécie chave, pode influenciar na diversidade faunística por fornecer recursos como abrigo e local de forrageamento para uma diversa gama de animais. Foram testadas as hipóteses de que a riqueza e diversidade da fauna associada aos cupinzeiros são influenciadas pelo volume, agregação, e distância de uma área-fonte, aproximando os cupinzeiros ao modelo de Biogeografia de Ilhas. Foram amostrados 120 cupinzeiros em duas áreas de pastagens (EMB e FZN) com manchas de cerrado adjacentes, localizadas no Distrito Federal e proximidades. Os cupinzeiros foram analisados separadamente de acordo com o tipo de construção original, sendo definidos para a EMB: *C. cumulans*, *A. euamignathus* e “mortos”, enquanto que para FZN: *C. silvestrii* e *Armitermes* sp. 1. Foram obtidas a riqueza de morfoespécies e diversidade de Simpson, e estes valores relacionados às variáveis propostas por regressão múltipla com significâncias testadas por ANOVA. Avaliou-se a rarefação de cada área e foram calculados índices estimadores de espécies. Obteve-se ao todo 20 ordens, e 190 morfoespécies, sendo 152 para EMB e 86 para FZN. A maior riqueza encontrada para EMB foi de Araneae enquanto que para FZN, foi de Hymenoptera. Em relação à fauna não-social, a espécie mais abundante foi, em ambas as áreas, Blattellidae sp. 1, seguida por Scarabaeidae sp. 2, na EMB e Spirostreptida sp. 4 na FZN. A comunidade de fauna associada aos cupinzeiros das áreas diferiu principalmente quanto à proporção de fauna social e não social em sua composição. De forma geral, o volume foi a variável mais influente sobre a riqueza e diversidade. Cupinzeiros de *C. cumulans* foram os que melhor responderam às variáveis propostas. Desta forma é provável que os cupinzeiros desta espécie possuam um importante papel de ilha de recurso, com sua riqueza e diversidade influenciada conforme o modelo de Biogeografia de Ilhas.

Palavras chave: *Armitermes euamignathus*, *Cornitermes cumulans*, *Cornitermes silvestrii*, comunidades de artrópodes, espécie-chave, inquilinos, termitófilos.

Abstract

Termite above ground nests are commonly found elements in the open fields of the Cerrado, where they can reach high abundances. Therefore, the presence of species as *Cornitermes cumulans*, considered a keystone species, can influence fauna diversity by offering resources as shelter and feeding place to a wide range of animals. It were tested if species richness and diversity is influenced by nest volume, aggregation, and distance from a source-area, considering as the Island Biogeography model. Termites nests were sampled in two pastures areas (60 in each) close by cerrado's patches (considered source areas), both located in the Distrito Federal region and named EMB and FZN. The nests were divided according to the construction type defined as, for EMB, *C. cumulans*, *A. euamignathus* and "mortos" (dead colonies), and for FZN, *C. silvestrii* and *Armitermes* sp. 1. The species richness and Simpson's diversity index were related to the proposed variables by multiple regression, with significances tested by ANOVA. The rarefaction curve was built for both areas and richness estimators were calculated. Results revealed 20 orders and 190 morphospecies, 152 for EMB and 86 for FZN. Araneae was the richest order on EMB, whereas Hymenoptera was the richest on FZN. Considering non-social fauna, Blattellidae sp. 1 was the most abundant species in both areas, followed by Scarabaeidae sp. 2 in EMB, and Spirostreptida sp. 4 on FZN. The termite nests associated community differs mainly in the proportion of social and non-social species between areas. In all, volume was the main variable that explains richness and diversity. Nests of *C. cumulans*, followed by *C. silvestrii*, shown the strongest responses to the proposed variables. Thus, it is proposed that these termite nests may have an important role as resource provider, in which its richness and diversity is lead by size, aggregation and source distance, as stated by the Island Biogeography model.

Keywords: *Armitermes euamignathus*, arthropod communities, *Cornitermes cumulans*, *Cornitermes silvestrii*, keystone specie, inquilines, termitophiles.

Índice de Figuras

- Figura 1.** Localização do Distrito Federal e arredores indicando as áreas de amostragem. Área 1: Embrapa Cerrados (EMB), Planaltina – DF. Área 2: Fazenda particular (FZN), Girassol – GO (Google Earth, 2010). 4
- Figura 2.** Imagem de satélite da área EMB, indicando a pastagem utilizada com pontos amostrais georreferenciados (Google Earth, 2010). A área-fonte considerada é indicada pela elipse. 5
- Figura 3.** Aspecto geral da área EMB com ninhos de *Cornitermes cumulans* e a mancha de vegetação à direita, considerada como área fonte..... 5
- Figura 4.** Imagem de satélite da área FZN, indicando a pastagem utilizada com pontos amostrais georreferenciados (Google Earth, 2010). A área-fonte considerada é indicada pela elipse. 6
- Figura 5.** Aspecto geral da área FZN. Notam-se os ninhos de *Cornitermes silvestrii* e, ao fundo, a vegetação de cerrado considerada como fonte. 6
- Figura 6.** Curva de abundância de morfoespécies não-sociais encontradas em cupinzeiros, com indicação das três espécies mais abundantes, nas áreas EMB (A) e FZN (B). 222
- Figura 7.** Curvas de rarefação construídas a partir dos valores observados (Mao Tau) e estimadores ICE, Chao 2, Jackknife 1, Jackknife 2 e Bootstrap com base na riqueza de fauna associada a cupinzeiros nas áreas EMB (A) e FZN (B). 244
- Figura 8.** Box-plot da riqueza (A) e diversidade (B) de macrofauna associada a cupinzeiros nas áreas EMB e FZN. 255
- Figura 9.** Representação dos coeficientes angulares significativos obtidos na regressão múltipla das variáveis: Volume, Distância e Agregação sobre a riqueza e diversidade de morfoespécies associadas a cupinzeiros de *A. euamignathus* na área EMB. A linha pontilhada indica o intervalo de confiança de 95%. 299
- Figura 10.** Representação dos coeficientes angulares significativos obtidos na regressão múltipla das variáveis: Volume, Distância e Agregação sobre a riqueza e diversidade de morfoespécies associadas a cupinzeiros de *C. cumulans* na área EMB. A linha pontilhada indica o intervalo de confiança de 95%.. 3030
- Figura 11.** Representação dos coeficientes angulares significativos obtidos na regressão múltipla das variáveis: Volume, Distância e Agregação sobre a riqueza e diversidade de morfoespécies associadas a cupinzeiros do tipo “mortos” na área EMB. A linha pontilhada indica o intervalo de confiança de 95%.... 311
- Figura 12.** Representação dos coeficientes angulares significativos obtidos na regressão múltipla das variáveis: Volume, Distância e Agregação sobre a riqueza e

diversidade de morfoespécies associadas a cupinzeiros de *C. silvestrii* na área FZN, com intervalo de confiança de 95%..... 322

Índice de Tabelas

- Tabela 1.** Riqueza e abundância de morfoespécies não-sociais coletadas nas áreas EMB e FZN, por tipo de cupinzeiro amostrado. 13
- Tabela 2.** Riqueza e quantidade de ocorrências de morfoespécies sociais coletadas nas áreas EMB e FZN, por tipo de cupinzeiro amostrado..... 18
- Tabela 3.** Riqueza, abundância e contribuição relativa das morfoespécies associadas a cupinzeiros encontradas na área EMB, por classe e ordem. A abundância não foi contabilizada para morfoespécies sociais, indicados por (S). 20
- Tabela 4.** Riqueza, abundância e contribuição relativa das morfoespécies associadas a cupinzeiros encontradas na área FZN, por classe e ordem. A abundância não foi contabilizada para morfoespécies sociais, indicados por (S). 21
- Tabela 5.** Riqueza observada e valores de riqueza total possíveis calculados a partir dos estimadores ICE, Chao 2, Jackknife 1, Jackknife 2 e Bootstrap, para as áreas EMB e FZN..... 233
- Tabela 6.** Resultado das regressões múltiplas, onde a riqueza de morfoespécies é explicada pelo volume do cupinzeiro, distância da área fonte e agregação. Para *C. cumulans* (EMB) e *C. silvestrii* (FZN), o estado de atividade da colônia foi adicionado como covariável, sendo apresentadas apenas interações significativas. Efeitos significativos estão indicados por *..... 277
- Tabela 7.** Resultados das regressões múltiplas, onde a diversidade, representada pelo índice de Simpson, é explicada pelo volume do cupinzeiro, distância da área fonte e agregação. Para *C. cumulans* (EMB) e *C. silvestrii* (FZN), o estado de atividade da colônia foi adicionado como covariável, não havendo interações. Efeitos significativos estão indicados por *..... 288

1. Introdução

Um elemento facilmente percebido na paisagem dos campos no Cerrado são as colônias de cupins. Estes animais são insetos eusociais da ordem Isoptera, com cerca de 290 espécies de ocorrência no território brasileiro e destas, mais de 150 para o Cerrado (Constantino, 2005). Os cupins realizam ativamente movimento de material subterrâneo, estimulando processos de mineralização, infiltração, troca de nutrientes e decomposição orgânica devido aos seus diversificados hábitos alimentares: xilófagos, detritívoros e humívoros. Assim, cupins podem ser considerados “engenheiros de ecossistema” (Dangerfield *et al.*, 1998), juntamente com outros organismos como formigas (Hymenoptera: Formicidae) e minhocas (Haplotaxida), pois alteram fisicamente as características do solo onde ocorrem, exercendo grande influência no ambiente a sua volta (Lavelle *et al.*, 2006). A modificação causada pelos engenheiros de ecossistema, tanto pelas estruturas que modificam quanto pelos processos que promovem, vai além da esfera física no ambiente, atuando também como uma fonte de pressão adaptativa por influenciar as condições de nichos para outros organismos, inclusive deles próprios, em um efeito de retroalimentação positiva (Jouquet *et al.*, 2006).

O cupinzeiro é uma estrutura biogênica que protege a colônia, sendo construído a partir de terra, saliva e excrementos dos cupins. As estimativas de densidade de cupinzeiros no cerrado apresentam valores consideráveis, principalmente em regiões campestres, que vão de 25/ha a mais de 200/ha (Negret & Redford, 1982; Costa *et al.*, 2009). Devido a sua estrutura labiríntica de túneis e câmaras em várias camadas, o cupinzeiro possui características de isolante térmico além de manter estável a umidade em seu interior. Adicionalmente, há o acúmulo de excrementos dos indivíduos da colônia, que serve de alimentação para micro e macro-organismos detritívoros contribuindo assim, para o início de um ciclo trófico. Com o crescimento da colônia, algumas partes do cupinzeiro tornam-se desabitadas originando câmaras maiores, e criando potenciais abrigos para uma miríade de animais (Negret & Redford, 1982), incluindo diversos artrópodes, répteis, anfíbios, aves e pequenos mamíferos. É comum o estabelecimento de diferentes colônias, mesmo de espécies distintas de cupins, em um mesmo cupinzeiro, caso em que os oportunistas são denominados “inquilinos”.

Para estes animais, os cupinzeiros significam não só um refúgio contra predadores e condições ambientais adversas, mas também fonte de recurso alimentar, criando relações que vão desde mero oportunismo à dependência completa das

condições presentes nos cupinzeiros (Rosa, 2008). Avaliando fatores como: abundância, estrutura do cupinzeiro e preferência por ambientes, algumas espécies de cupins, como por exemplo, *Armitermes euamignathus* Silvestri, 1901, e *Cornitermes cumulans* (Kollar, 1832), podem ser consideradas “espécies-chave” (Redford, 1984) por influenciar profundamente a distribuição e sobrevivência de outras espécies ao proporcionar-lhes abrigo, local de reprodução e alimentação. Espécies do gênero *Cornitermes*, possuem ampla distribuição no Brasil, e pela possibilidade de danificar raízes de plantações e dificultar a produção mecanizada, são tidos como pragas agrícolas (Constantino, 2002). Entretanto, não causam danos significativos em pastagens, sendo na realidade, uma praga “estética” para os produtores rurais, que se empenham em eliminá-los de suas propriedades.

Atividades agropecuárias, sobretudo a implantação de pastagens, tem sido o principal fator de pressão antrópica sobre o cerrado brasileiro, sendo responsáveis pela perda de grandes áreas de habitat nativo neste bioma (Klink & Machado, 2005).

Em sistemas agrícolas, impactos sobre os agentes edáficos resultam em um ciclo de alteração nos processos ecológicos e empobrecimento da fauna e flora (Silva *et al.*, 2006). Efeitos da implementação de pastagens sobre a diversidade de cupins foram percebidos por diferenças na composição de espécies e redução da diversidade em áreas impactadas em relação a cerrado *sensu stricto* (Carrijo *et al.*, 2008). Desta forma, a redução da diversidade de cupins pode afetar a produtividade da área devido aos processos ecológicos a que estão relacionados: decomposição, mineralização e ciclagem de nutrientes, o que prejudica por consequência, a produtividade econômica (Eggleton *et al.*, 1996; Black & Okwakol, 1997; Bandeira & Vasconcelos, 2004).

Segundo o modelo de Biogeografia de Ilhas (MacArthur & Wilson, 1963), a riqueza de espécies em uma ilha varia em função de sua área e distância do continente. Ilhas maiores e mais próximas terão maior riqueza do que ilhas menores e mais afastadas. A relação do tamanho da ilha com o aumento da riqueza se deve pela possibilidade de ilhas maiores possuírem diferentes microhabitats suportando espécies diferentes, ou ainda, pela maior chance de serem colonizadas (Simberloff, 1976). Adicionalmente, ilhas próximas proporcionam maiores taxas de emigração a partir da área-fonte, havendo assim, um equilíbrio entre a capacidade limite da ilha, seja por quantidade de recursos ou interações entre espécies, e a entrada de novos indivíduos e espécies. Considerando as características de refúgio, rico em recursos, os cupinzeiros

poderiam ser considerados ilhas em uma matriz ambiental de baixa heterogeneidade, como nos campos limpos e pastagens.

Além do efeito continente-ilha, a agregação das ilhas também pode influenciar no estabelecimento de espécies, pois funcionariam como pontos intermediários de dispersão e colonização. Caso os cupinzeiros realmente possuam papel de ilhas, estas estruturas aumentam o suporte para maior diversidade de fauna, por adicionar heterogeneidade de habitat em ambientes pouco diversos, tendo em vista que a heterogeneidade reflete em uma maior disponibilidade de microhabitats disponíveis (Loyola *et al.*, 2006).

A diversidade de fauna associada aos cupinzeiros no Cerrado ainda é pouco conhecida. Alguns estudos foram realizados no Parque Nacional das Emas (Costa, 2005) e na Reserva Biológica do Roncador – IBGE (Japiassu, 2010).

Desta forma, neste trabalho é feito um levantamento da macrofauna associada a cupinzeiros em áreas de cerrado convertidas em pastagem, com o objetivo de testar as hipóteses de que a riqueza e diversidade encontradas são influenciadas pelas seguintes variáveis:

- Distância da área fonte
- Volume
- Tipo de construção
- Agregação

2. Materiais e Métodos

2.1. Áreas de estudo

Foram utilizadas áreas de pastagens com ocorrência abundante de ninhos de cupins e porções de cerrado adjacentes, consideradas como prováveis “áreas fonte”. Desta forma foi simulado o efeito de uma matriz ambiental de baixa heterogeneidade, onde os ninhos de cupins são fontes potenciais de recursos. Foram definidos dois locais de amostragem, com as características acima e distando cerca de 80 km (Fig. 1).



Figura 1. Localização do Distrito Federal e arredores indicando as áreas de amostragem. Área 1: Embrapa Cerrados (EMB), Planaltina – DF. Área 2: Fazenda particular (FZN), Girassol – GO (Google Earth, 2010).

A área 1 (Figs. 2 e 3), denominada EMB, é um campo experimental de propriedade da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), unidade “Cerrados” (Planaltina/DF), que possui composição mista de *Brachiaria* sp. e *Andropogon* sp. Nesta área há grande concentração de cupinzeiros, principalmente de *Cornitermes cumulans* (Fig. 3). Como área fonte, considerou-se a mancha de vegetação na direção norte-nordeste, que se aproxima das características de um Cerradão.



Figura 2. Imagem de satélite da área EMB, indicando a pastagem utilizada com pontos amostrais georreferenciados (Google Earth, 2010). A área-fonte considerada é indicada pela elipse.



Figura 3. Aspecto geral da área EMB com ninhos de *Cornitermes cumulans* e a mancha de vegetação à direita, considerada como área fonte.

A área 2 (Figs. 5 e 6), denominada FZN, é constituída principalmente de *Brachiaria* sp., sendo predominante a ocorrência de ninhos de *Cornitermes silvestrii* Emerson, 1949. O pasto é cercado por áreas de cerrado *sensu stricto* em diferentes graus

de conservação, sendo considerada como fonte a mancha de vegetação mais próxima do ponto amostrado, localizada predominantemente na porção ao sul da imagem.

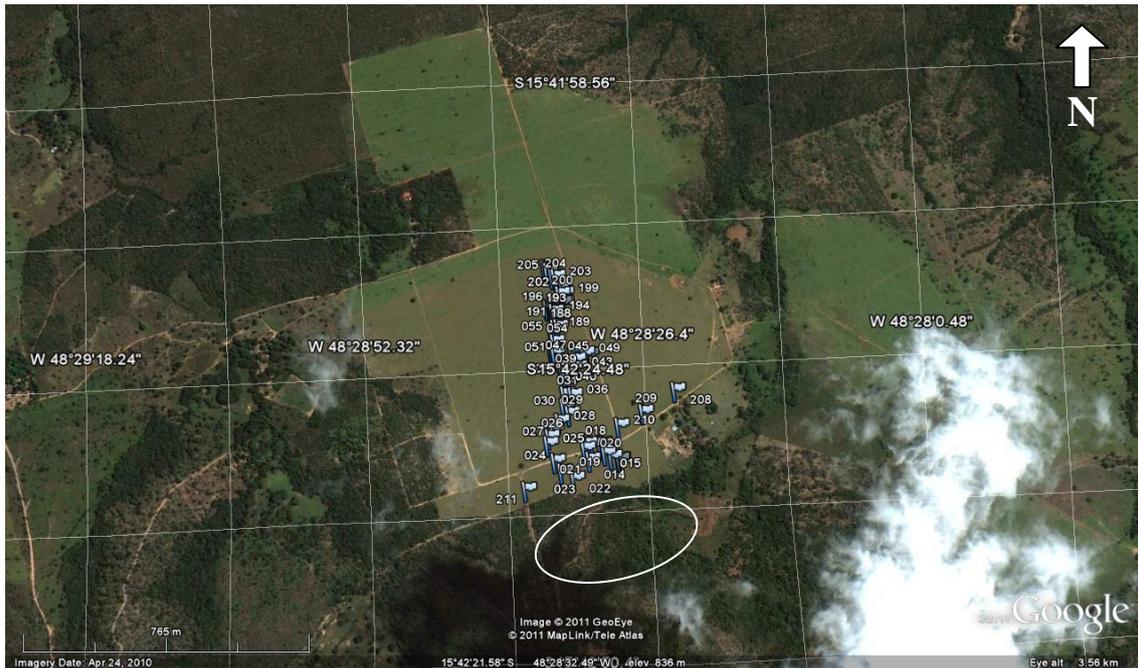


Figura 4. Imagem de satélite da área FZN, indicando a pastagem utilizada com pontos amostrais georreferenciados (Google Earth, 2010). A área-fonte considerada é indicada pela elipse.



Figura 5. Aspecto geral da área FZN. Notam-se os ninhos de *Cornitermes silvestrii* e, ao fundo, a vegetação de cerrado considerada como fonte.

2.2. Amostragens

O período de coleta foi de fevereiro a maio de 2010, época do ano que corresponde ao fim do período chuvoso e início do período seco no Cerrado. Em cada localidade foram amostrados 60 cupinzeiros, selecionados aleatoriamente ao longo das áreas. Para os cupinzeiros selecionados, era realizado um aceiro de aproximadamente 50 cm. Em seguida, fragmentados integralmente com ferramentas (picareta, enxada e alavanca). Foram coletados todos os animais não-sociais visíveis e amostras dos sociais (Formicidae e Isoptera). Os animais encontrados foram fixados em álcool 70%, e classificados em morfoespécies, considerando o menor nível taxonômico possível, de acordo com chaves dicotômicas (Borror *et al.*, 1989; Constantino, 1999; Ubick *et al.*, 2005), por comparação com coleções e auxílio de especialistas. Imaturos coletados não foram utilizados para as análises. Os cupins da subfamília Apicotermatinae foram agrupados como uma mesma morfoespécie devido a dificuldades de identificação.

2.3. Variáveis resposta

A riqueza de espécies foi obtida com a soma das morfoespécies encontradas nos cupinzeiros amostrados. A mensuração da diversidade, levando em conta tanto a riqueza quanto a abundância de indivíduos de cada morfoespécie, foi obtida pelo índice de Simpson (Equação 1, onde D =índice de Simpson e p_i = proporção de indivíduos da espécie i) apresentado em sua forma invertida para que um aumento no valor numérico represente um aumento na diversidade. Este índice foi escolhido por considerar a proporção de cada espécie na composição da comunidade, retornando um valor de diversidade robusto e de fácil interpretação (Magurran, 2003). Foram desconsiderados insetos sociais (Hymenoptera:Formicidae e Isoptera) devido à discrepante abundância em relação à fauna não-social.

Equação 1.

$$D = 1 / \sum p_i^2$$

2.4. Variáveis explicativas

Distância da área fonte

Os cupinzeiros foram georreferenciados com a utilização de um aparelho de GPS (Garmin Etrex Vista) com precisão de 6 m. As distâncias mínimas dos pontos até o

limite das áreas de vegetação mais próximas foi obtida com as imagens de satélite e com a ferramenta de mensuração proveniente do *software* Google Earth 5.2.1.

Pontos de referência foram marcados, correspondentes às arestas do quadrilátero da área de pastagem, na área EMB, e às interseções da via de acesso à sede da fazenda, na área FZN. A precisão obtida foi considerada suficiente para as mensurações realizadas.

Volume

O volume foi estabelecido por meio da aproximação do cupinzeiro a um sólido hemi-elipsóide, conforme a equação 2, onde: V = volume, a = raio menor, b = altura e c = raio maior, sendo apresentado em dm^3 . Para tal, foram mensuradas com trena as bases maior, menor e a altura dos cupinzeiros.

Equação 2.
$$V = \frac{2\pi(abc)}{3}$$

Agregação

Para cada cupinzeiro, foi obtido um índice de agregação calculado pelas distâncias de outros cupinzeiros, mensuradas com trena em um raio de 20 m, sendo considerados também, buracos e tocas, devido à possibilidade destes abrigarem elementos da fauna da mesma forma que os cupinzeiros. Com isso, obteve-se a quantidade de refúgios possíveis e suas distâncias em relação a cada cupinzeiro amostrado.

Foram atribuídos diferentes pesos de acordo com categorias de distância, em metros do cupinzeiro amostrado, de modo que um refúgio próximo obtivesse maior influência do que um refúgio distante, em uma relação linear que decresce com a distância. A equação 3 descreve o índice de agregação, considerando a quantidade de refúgios nas seguintes classes de distância: $x = \sum(< 5m)$; $y = \sum(5m+10m)$; $w = \sum(10m+15m)$; $z = \sum(\geq 15m)$

Equação 3.
$$\text{Agregação} = 4(x) + 3(y) + 2(w) + (z)$$

Tipo de Construção

Características como dureza, material constituinte e arquitetura interna dos cupinzeiros estão relacionadas com a espécie construtora (Negret & Redford, 1982), portanto, os cupinzeiros foram categorizados, a partir de sua morfologia externa e presença de espécies consideradas construtoras: *Cornitermes cumulans* e *Armitermes euamignathus*, na área EMB, e *Cornitermes silvestrii*, e *Armitermes* sp. 1. na área FZN. Cupinzeiros de *Cornitermes* em ambas as áreas foram subdivididos em ativos e inativos, de acordo com a abundância dos construtores e condições do ninho, avaliadas visualmente após a quebra. O baixo número de cupinzeiros de *Armitermes* inativos na área EMB e inexistência destes na FZN, não permitiram a investigação do estado de atividade para esta categoria.

Cupinzeiros que apresentaram alto grau de degradação externa, não sendo possível classificá-los como provenientes de *Cornitermes* ssp. ou *Armitermes* ssp., foram denominados “mortos” e só foram amostrados na área EMB.

2.5. Análises

Foram construídas curvas rarefação (por amostra) e calculados estimadores: Chao2, ICE, Jackknife 1, Jackknife 2 e Bootstrap (Cowell & Coddington, 1994), com base na riqueza de morfoespécies. Os índices Chao1 e ACE não foram computados por dependerem da abundância. Para os cálculos, foi utilizado o *Software* EstimateS v8.2 (Colwell, 2009). Para a fauna não-social, foi obtida a curva de abundância de espécies.

A influência das variáveis explicativas sobre a riqueza e diversidade foi verificada por regressão múltipla com as significâncias ($p < 0,05$) testadas por ANOVA. Para tal foi utilizado o *software* R-2.11.1 (R Development Core Team, 2010) e o complemento BiodiversityR (Kindt & Coe, 2005).

Quando constatada influência significativa, foram construídos gráficos de efeitos para visualização dos coeficientes angulares obtidos pelas regressões, onde é demonstrado também, o intervalo de confiança de 95% (Fox, 2003). Especificamente para os cupinzeiros de *C. cumulans* e *C. silvestrii* foi feita ANCOVA, adicionando o estado de atividade da colônia como covariável categórica. Devido a diferenças na abundância e distribuição de ninhos dessas espécies consideradas construtoras, não foi possível obter tamanho amostral similar para cada categoria. Portanto, optou-se por realizar regressões múltiplas por tipo de construção separadamente.

Para presunção de normalidade de todas as variáveis foi realizado previamente o teste de Shapiro-Wilks ($p < 0,05$), e realizadas transformações por aplicação de logaritmo ou raiz quadrada quando necessário. Posteriormente às regressões e análises de variância, foi realizado o teste de Breusch-Pagan para verificar a homocedasticidade dos dados, assumindo 0,05 de significância.

Valores extremos (*Outliers*) foram avaliados a partir das análises diagnósticas dos resíduos, levando em consideração os resíduos padronizados, valores de *leverage*, e distância de Cook (Gotelli & Ellison, 2004; Tabachnick & Fidel, 2006). Estes pontos, excessivamente influentes para a regressão, foram desconsiderados pela alta possibilidade de se tratarem de erros de mensuração ou amostras sujeitas a variações individuais isoladas, influenciadas por fatores não considerados neste trabalho.

3. Resultados

3.1. Riqueza e Abundância

Foram obtidas ao todo 20 ordens e 190 morfoespécies (Tabelas 1 e 2), sendo 152 para a área EMB e 86 para a FZN (Tabelas. 3 e 4). Na área EMB, ao nível de ordem, a comunidade amostrada é composta principalmente por morfoespécies de Araneae (30%), Hymenoptera (16%), Coleoptera (13%) e Isoptera (11%). As maiores abundâncias entre ordens não-sociais correspondem em parte à riqueza, sendo Araneae (27%), Coleoptera (21%) e Blattaria (20%) os grupos mais abundantes.

Para a FZN, as ordens com maior riqueza foram Hymenoptera (25%), Isoptera (25%) e Araneae (21%), enquanto que, em termos de abundância não-social, há o predomínio de Blattaria (25%) e Araneae (23%), seguida por Spirostreptida (11%), Hemiptera (10%) e Polydesmida (10%).

A diferença na riqueza entre as áreas se concentrou na fauna não-social, enquanto que morfoespécies sociais, Isoptera e Hymenoptera (Formicidae), apresentaram riqueza similar. Em praticamente todos os grupos da fauna não social da área FZN observou-se uma redução na riqueza. A abundância da área FZN foi 40% a encontrada na EMB.

Em relação à fauna de formigas (Hymenoptera: Formicidae) (Tabela 2), percebeu-se maior riqueza e número de ocorrências na área FZN, ocorrendo sobretudo em ninhos de *C. silvestrii*, com *Odontomachus* sp. e *Brachymyrmex* sp. 1 como mais frequentes. Para a área EMB, a formiga mais frequente foi *Pseudomyrmex* sp. ocorrendo em *C. cumulans* e nos “mortos”, e *Brachymyrmex* sp., em *C. cumulans*.

Para a fauna de Isoptera (Tabela 2), a área FZN também apresentou maior riqueza e quantidade de ocorrências, principalmente para *C. silvestrii*. As morfoespécies mais frequentes nestes cupinzeiros foram *Spinitermes* sp. 1, Apicotermatinae, *Neocapritermes* sp. e *Syntermes* sp. 2. Para a EMB, a maior riqueza e frequência foram constatadas em *C. cumulans*, com Apicotermatinae e *Spinitermes* sp. 1 como morfoespécies mais frequentes.

Nas duas áreas, os cupinzeiros de *A. euamigathus* e *Armitermes* sp. 1 apresentaram as menores riquezas e frequências de fauna social. Resultado que pode, entretanto, estar relacionado ao baixo tamanho amostral destes tipos de cupinzeiros.

As curvas de abundância (Fig. 6) para espécies não-sociais apresentaram padrão similar entre as áreas, com poucas espécies muito abundantes e muitas espécies pouco abundantes. Este padrão indica muitas espécies que são raras ou pouco amostradas pelo

método de coleta. A morfoespécie mais abundante em ambas as áreas foi Blattaria sp. 1, seguida por Scarabaeidae sp. 2 e Haplotaxida sp. na área EMB e Spirostreptida sp. 4 e Polydesmoda sp. 2 na área FZN. Embora sejam a segunda e terceira morfoespécies mais abundantes na EMB nenhum indivíduo de Haplotaxida sp. ou Scarabaeidae sp. 2 foi encontrado na área FZN.

Tabela 1. Riqueza e abundância de morfoespécies não-sociais coletadas nas áreas EMB e FZN, por tipo de cupinzeiro amostrado.

Táxon	EMB			FZN		Total
	A. <i>euamign athus</i>	C. <i>cumula ns</i>	mortos	<i>Armiterm es sp. 1</i>	C. <i>silvestr ii</i>	
Arachnida						
Araneae						
<i>Abapeba rioclaro</i> Bonaldo, 2000	5	18	3	0	0	26
<i>Actinopus</i> sp. 1	0	1	0	0	0	1
<i>Aglaoctenus lagotis</i> (Holmberg, 1876)	0	1	0	0	0	1
<i>Alpaida</i> sp.	0	0	0	1	0	1
<i>Anelosimus</i> sp. 1	0	1	0	0	0	1
<i>Apopyllus</i> sp.	0	1	2	0	1	4
Araneidae sp. 1	0	1	0	0	0	1
Araneidae sp. 2	0	1	0	0	0	1
Barychelidae sp.	0	0	1	0	0	1
Caponiidae sp.	1	0	0	1	0	2
Ctenidae sp. 1	0	1	0	0	0	1
Ctenidae sp. 2	1	3	4	0	2	10
<i>Diplura</i> sp.	1	6	4	0	0	11
<i>Eilica rufithorax</i> (Simon, 1893)	1	2	0	0	0	3
<i>Eilica trilineata</i> (Mello-Leitão, 1941)	0	1	0	0	0	1
<i>Euryops</i> sp.	0	1	0	0	0	1
Gnaphosidae sp. 1	1	0	0	0	0	1
<i>Goeldia</i> sp.	0	0	2	0	0	2
<i>Idiops</i> sp.	1	0	1	0	0	2
<i>Ischnothele annulata</i> Tulgreen, 1905	0	3	1	0	0	4
<i>Isoctenus</i> sp.	0	1	0	0	0	1
<i>Latrodectus geometricus</i> Koch, 1841	0	0	1	0	0	1
<i>Leprolochus</i> sp.	0	0	1	0	0	1
Linyphiidae sp. 1	2	4	0	11	6	23
Linyphiidae sp. 2	0	0	1	0	0	1
<i>Lycosa erythrognatha</i> Lucas, 1836	1	10	1	0	0	12
<i>Lycosa inornata</i> Blackwall, 1862	0	17	1	0	0	18
Lycosidae sp. 1	0	2	2	0	0	4
Lycosidae sp. 2	0	3	0	0	9	12

Táxon	EMB			FZN		Total
	A. <i>euamign athus</i>	C. <i>cumula ns</i>	mortos	<i>Armiterm es sp.1</i>	C. <i>silvestr ii</i>	
Lycosidae sp. 3	0	0	0	1	2	3
Miturgidae sp.	0	4	0	2	2	8
Nesticidae sp. 1	0	5	1	1	1	8
Nesticidae sp. 2	0	0	1	0	0	1
Oxyopidae sp. 1	3	15	0	0	1	19
Oxyopidae sp. 2	0	1	0	0	0	1
Philodromidae sp.	1	4	1	0	0	6
<i>Pholcidae</i> sp.	0	1	7	0	0	8
<i>Phoneutria</i> sp.	0	0	0	0	1	1
<i>Pycnothele</i> sp.	0	1	9	0	0	10
Salticidae sp.	0	16	0	0	1	17
<i>Scytodes iltapevi</i> Brescovit & Rheims, 2000	3	5	2	0	0	10
<i>Scytodes</i> sp.	0	0	0	12	8	20
<i>Sickius longibulbi</i> Soares & Camargo, 1948	1	19	1	1	2	24
<i>Steatoda ancorata</i> (Holberg, 1876)	0	1	0	1	2	4
<i>Steatoda diamantina</i> Levi, 1962	1	3	3	4	4	15
Theridiidae sp.	0	1	0	0	0	1
<i>Theridion</i> sp. 1	0	1	0	0	0	1
<i>Theridion</i> sp. 2	1	0	0	0	0	1
Thomisidae sp.	0	0	0	3	1	4
<i>Xeropigo</i> sp.	3	23	0	0	5	31
Opiliones						
Cosmetidae sp.	0	4	0	0	0	4
Gonyleptidae sp. 1	3	3	2	0	0	8
Gonyleptidae sp. 2	2	2	0	0	0	4
<i>Gryne coccineloides</i> (Mello- Leitão, 1935)	4	5	7	0	0	16
Opiliones sp.	3	0	0	0	0	3
<i>Stygnus multispinosus</i> (Piza, 1938)	13	1	0	0	5	19
Scorpiones						
<i>Ananteris balzanii</i> Thorell, 1891	2	0	0	0	0	2
<i>Tityus fasciolatus</i> Pessoa, 1935	5	5	3	0	0	13

Táxon	EMB			FZN		Total
	<i>A. euamignathus</i>	<i>C. cumulans</i>	mortos	<i>Armitermes</i> sp. 1	<i>C. silvestrii</i>	
Chilopoda						
Geophilomorpha						
Geophilomorpha sp.	0	0	4	0	1	5
Scolopendromorpha						
Scolopendromorpha sp. 1	1	8	2	0	0	11
Scolopendromorpha sp. 2	0	1	1	0	0	2
Scutigromorpha						
Scutigromorpha sp.	0	1	0	0	0	1
Diplopoda						
Polydesmida						
Polydesmida sp. 1	5	23	16	0	0	44
Polydesmida sp. 2	0	5	12	2	33	52
Spirostreptida						
Spirostreptida sp. 1	5	13	11	0	0	29
Spirostreptida sp. 2	0	1	0	0	2	3
Spirostreptida sp. 3	0	1	1	0	0	2
Spirostreptida sp. 4	0	0	0	2	40	42
Gastropoda						
Pulmonata						
Pulmonata sp. 1	2	0	0	2	2	6
Pulmonata sp. 2	0	0	0	4	16	20
Insecta						
Blattaria						
Blaberidae sp. 1	0	1	1	0	0	2
Blaberidae sp. 2	1	0	0	0	2	3
Blaberidae sp. 3	0	3	0	0	0	3
Blaberidae sp. 4	0	1	0	0	0	1
Blaberidae sp. 5	0	0	0	0	3	3
Blattellidae sp. 1	14	128	23	7	82	254
Blattellidae sp. 2	0	0	0	0	1	1
Blattidae sp. 1	2	8	2	2	0	14
Coleoptera						
Buprestidae sp.	0	1	0	0	0	1
Carabidae sp. 1	0	11	0	0	0	11
Carabidae sp. 2	0	9	0	0	0	9
Carabidae sp. 3	0	6	3	0	0	9
Carabidae sp. 4	0	2	2	0	0	4
Carabidae sp. 5	1	5	0	0	0	6
Carabidae sp. 6	0	0	0	7	1	8

	Táxon	EMB			FZN		Total
		A. <i>euamign athus</i>	C. <i>cumula ns</i>	mortos	<i>Armiterm es sp. 1</i>	C. <i>silvestr ii</i>	
1	Chrysomelidae sp.	0	1	0	0	0	1
2	Chrysomelidae sp.	0	1	0	0	0	1
	Cicindelidae sp.	0	1	0	0	0	1
	Elateridae sp. 1	0	0	1	0	0	1
	Elateridae sp. 2	0	0	0	0	1	1
	Endomychidae sp.	0	5	0	0	0	5
	Scarabaeidae sp. 1	0	18	0	0	0	18
	Scarabaeidae sp. 2	0	92	1	0	0	93
	Scarabaeidae sp. 3	0	1	0	0	0	1
	Scarabaeidae sp. 4	0	0	0	0	3	3
	Staphylinidae sp. 1	0	0	1	0	0	1
	Staphylinidae sp. 2	0	10	0	0	0	10
	Staphylinidae sp. 3	0	1	0	0	0	1
	Staphylinidae sp. 4	0	10	1	0	0	11
	Tenebrionidae sp. 1	0	3	2	0	0	5
	Tenebrionidae sp. 2	0	3	1	0	0	4
	Tenebrionidae sp. 3	0	0	0	0	1	1
	Hemiptera						
	Hemiptera sp. 1	0	1	0	0	0	1
	Hemiptera sp. 2	0	0	2	0	0	2
	Hemiptera sp. 3	0	0	1	0	0	1
	Hemiptera sp. 4	1	1	1	0	1	4
	Hemiptera sp. 5	0	0	0	10	9	19
	Hemiptera sp. 6	0	0	1	0	1	2
	Hemiptera sp. 7	2	0	0	0	0	2
	Reduviidae sp. 1	1	4	0	0	0	5
	Reduviidae sp. 2	1	0	1	0	0	2
	Reduviidae sp. 3	0	2	0	0	18	20
	Reduviidae sp. 4	0	0	1	0	0	1
	Hymenoptera						
	Hymenoptera sp. 1	0	0	0	0	4	4
	Hymenoptera sp. 2	0	0	0	0	1	1
	Hymenoptera sp. 3	0	0	0	0	5	5
	Orthoptera						
	Gryllacrididae sp.	0	3	1	0	0	4
	Gryllidae sp. 1	1	13	5	1	3	23
	Gryllidae sp. 2	0	1	0	0	0	1
	Gryllidae sp. 3	0	0	1	0	1	2
	Gryllidae sp. 4	1	1	0	0	9	11
	Gryllidae sp. 5	1	0	0	3	3	7

Táxon	EMB			FZN		Total
	<i>A. euamignathus</i>	<i>C. cumulans</i>	mortos	<i>Armitermes</i> sp. 1	<i>C. silvestrii</i>	
Mammalia						
Rodentia						
<i>Calomys</i> sp. 1	0	1	0	0	0	1
Oligocheta						
Haplotaxida						
Haplotaxida sp. 1	17	24	25	0	0	66
Reptilia						
Squamata						
<i>Amphisbaena</i> sp.	1	3	3	0	0	7
<i>Bothrops</i> sp.	0	0	1	0	0	1
Total Geral	116	626	190	78	296	1306

Tabela 2. Riqueza e quantidade de ocorrências de morfoespécies sociais coletadas nas áreas EMB e FZN, por tipo de cupinzeiro amostrado.

Táxon	EMB			FZN		Total
	<i>A. euamignathus</i>	<i>C. cumulans</i>	mortos	<i>Armitermes</i> sp.1	<i>C. silvestrii</i>	
Hymenoptera						
1 <i>Brachymyrmex</i> sp.	0	4	0	0	10	14
<i>Camponotus</i> sp. 1	0	2	2	0	1	5
<i>Camponotus</i> sp. 2	1	3	0	0	3	7
<i>Camponotus</i> sp. 3	1	0	1	1	0	3
<i>Crematogaster</i> sp.	3	0	1	0	0	4
<i>Ectatomma</i> sp.	0	3	1	0	0	4
Formicidae sp. 1	0	0	1	1	4	6
Formicidae sp. 2	0	1	0	1	0	2
Formicidae sp. 3	0	0	1	0	0	1
Formicidae sp. 4	0	1	0	0	0	1
Formicidae sp. 5	0	0	1	0	0	1
Formicidae sp. 6	0	1	0	0	0	1
Formicidae sp. 7	1	0	0	0	0	1
Formicidae sp. 8	1	0	0	0	6	7
Formicidae sp. 9	0	0	0	0	1	1
Formicidae sp. 10	0	0	0	0	3	3
Formicidae sp. 11	0	0	0	0	1	1
Formicidae sp. 12	0	0	0	0	1	1
Formicidae sp. 13	0	0	0	0	2	2
Formicidae sp. 14	0	0	0	0	1	1
<i>Hylomirma</i> sp.	0	0	1	0	1	2
<i>Labidus</i> sp.	0	2	0	0	1	3
<i>Linepithema</i> sp.	0	0	1	0	3	4
<i>Odontomachus</i> sp.	2	1	0	5	39	47
<i>Pheidole</i> sp. 1	0	2	0	0	0	2
<i>Pheidole</i> sp.2	0	2	2	0	0	4
<i>Proceratiun</i> sp.	0	1	0	0	0	1
<i>Pseudomyrmex</i> sp.	2	9	5	0	8	24
<i>Solenopsis</i> sp.	2	2	1	0	0	5
<i>Trachimyrmex</i> sp.	1	1	1	0	0	3
Isoptera						
<i>Amitermes</i> sp. 1	0	0	0	0	2	2
Apicotermitinae	2	8	5	2	14	31
<i>Armitermes euamignathus</i>	9	0	1	0	0	10
Silvestri, 1901						
<i>Armitermes</i> sp. 1	0	0	0	9	5	14

Táxon	EMB			FZN		Total
	A. <i>euamign athus</i>	C. <i>cumula ns</i>	mortos	<i>Armiterm es sp. 1</i>	C. <i>silvestr ii</i>	
<i>Cornitermes cumulans</i> (Kollar, 1832)	0	11	2	0	0	13
<i>Cornitermes silvestrii</i> Emerson, 1949	0	0	0	0	26	26
<i>Dihoplotermes</i> sp.	0	0	0	0	3	3
1 <i>Diversitermes</i> sp.	1	2	0	1	0	4
1 <i>Embiratermes</i> sp.	0	4	5	1	9	19
2 <i>Embiratermes</i> sp.	0	1	0	0	0	1
<i>Heterotermes</i> sp. 1	0	1	0	0	0	1
<i>Heterotermes</i> sp. 2	0	0	0	0	1	1
<i>Labiotermes</i> sp. 1	0	1	3	0	0	4
<i>Labiotermes</i> sp. 2	0	0	0	0	1	1
<i>Nasutitermes</i> sp. 1	0	1	1	0	7	9
<i>Nasutitermes</i> sp. 2	0	0	0	0	1	1
<i>Neocapritermes</i> sp.	0	0	0	2	14	16
<i>Orthognathoterme s</i> sp. 1	0	2	0	0	1	3
<i>Orthognathoterme s</i> sp. 2	0	1	0	0	0	1
<i>Procornitermes</i> sp. 1	0	2	2	0	0	4
<i>Procornitermes</i> sp. 2	0	0	0	0	1	1
<i>Rhynchotermes</i> sp.	1	0	0	1	0	2
<i>Spinitermes</i> sp. 1	0	8	0	1	15	24
<i>Spinitermes</i> sp. 2	0	0	0	0	1	1
<i>Syntermes</i> sp. 1	2	0	1	0	0	3
<i>Syntermes</i> sp. 2	1	0	2	0	10	13
<i>Termes</i> sp.	0	0	0	0	5	5
<i>Velocitermes</i> sp. 1	1	0	0	1	0	2
<i>Velocitermes</i> sp. 2	0	0	0	0	1	1
Total Geral	31	78	41	27	203	380

Tabela 3. Riqueza, abundância e contribuição relativa das morfoespécies associadas a cupinzeiros encontradas na área EMB, por classe e ordem. A abundância não foi contabilizada para morfoespécies sociais, indicados por (S).

Taxon	Riqueza	Riqueza (%)	Abundância (n)	Abundância (%)
Arachnida				
Araneae	46	30,1	260	27,0
Opiliones	6	3,9	49	5,2
Scorpiones	2	1,3	15	1,6
	54	35,3	317	33,9
Chilopoda				
Geophilomorpha	1	0,7	4	0,4
Scolopendromorpha	2	1,3	13	1,4
Scutigermorpha	1	0,7	1	0,1
	4	2,6	18	1,9
Diplopoda				
Polydesmida	2	1,3	61	6,5
Spirostreptida	3	2,0	32	3,4
	5	3,3	93	9,9
Gastropoda				
Pulmonata	1	0,7	2	0,2
	1	0,7	2	0,2
Insecta				
Blattaria	6	3,9	189	20,2
Coleoptera	20	13,1	193	20,6
Hemiptera	10	6,5	21	2,2
Hymenoptera	25	16,3	S	S
Isoptera	17	11,1	S	S
Orthoptera	6	3,9	29	3,1
	84	54,9	432	46,2
Mammalia				
Rodentia	1	0,7	1	0,1
	1	0,7	1	0,1
Oligochaeta				
Haplotaxida	1	0,7	67	7,2
	1	0,7	67	7,2
Reptilia				
Squamata	2	1,3	8	0,9
	2	1,3	8	0,9
TOTAL	152	99	936	100,0

Tabela 4. Riqueza, abundância e contribuição relativa das morfoespécies associadas a cupinzeiros encontradas na área FZN, por classe e ordem. A abundância não foi contabilizada para morfoespécies sociais, indicados por (S).

Taxon	Riqueza	Riqueza (%)	Abundância (n)	Abundância (%)
Arachnida				
Araneae	18	20,9	86	23,0
Opiliones	1	1,2	5	1,3
	19	22,1	91	24,3
Chilopoda				
Geophilomorpha	1	1,2	1	0,3
	1	1,2	1	0,3
Diplopoda				
Polydesmida	1	1,2	35	9,4
Spirostreptida	2	2,3	44	11,8
	3	3,5	79	21,1
Gastropoda				
Pulmonata	2	2,3	24	6,4
	2	2,3	24	6,4
Insecta				
Blattaria	5	5,8	97	25,9
Coleoptera	4	4,7	13	3,5
Hemiptera	4	4,7	39	10,4
Hymenoptera	22	25,6	10	2,7
Isoptera	22	25,6	S	S
Orthoptera	4	4,7	20	5,3
	61	70,9	179	47,9
Total	86	100	374	100,0

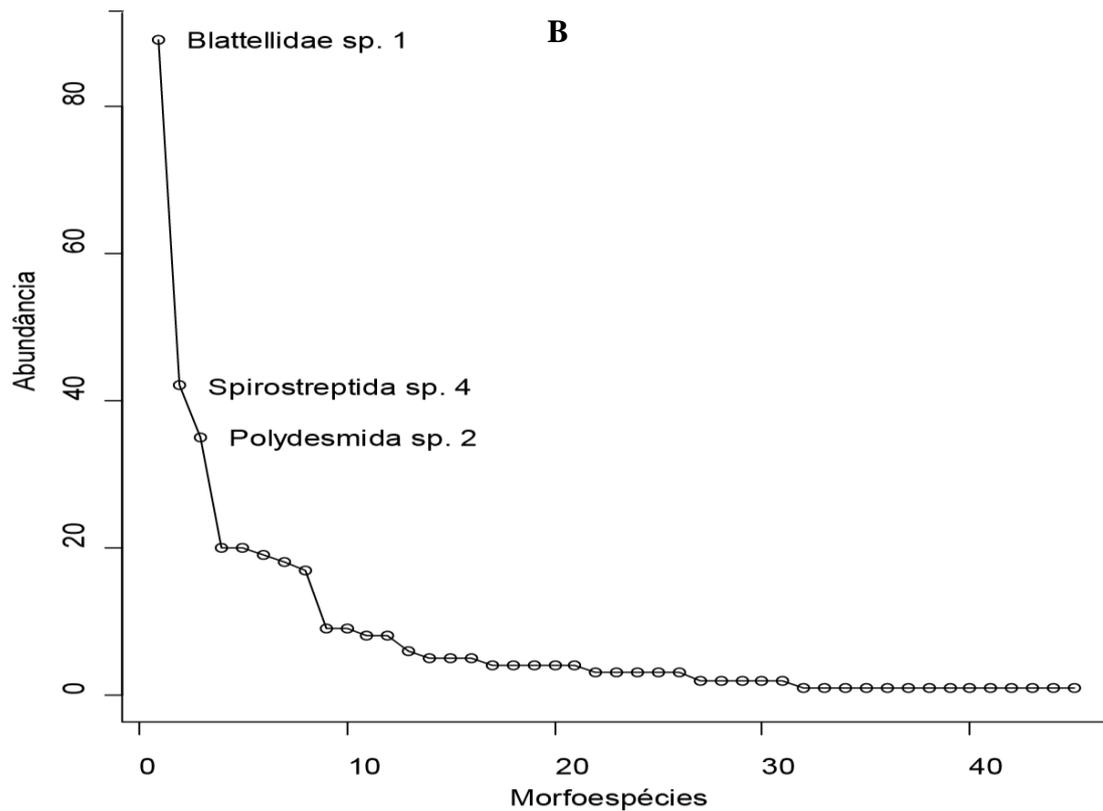
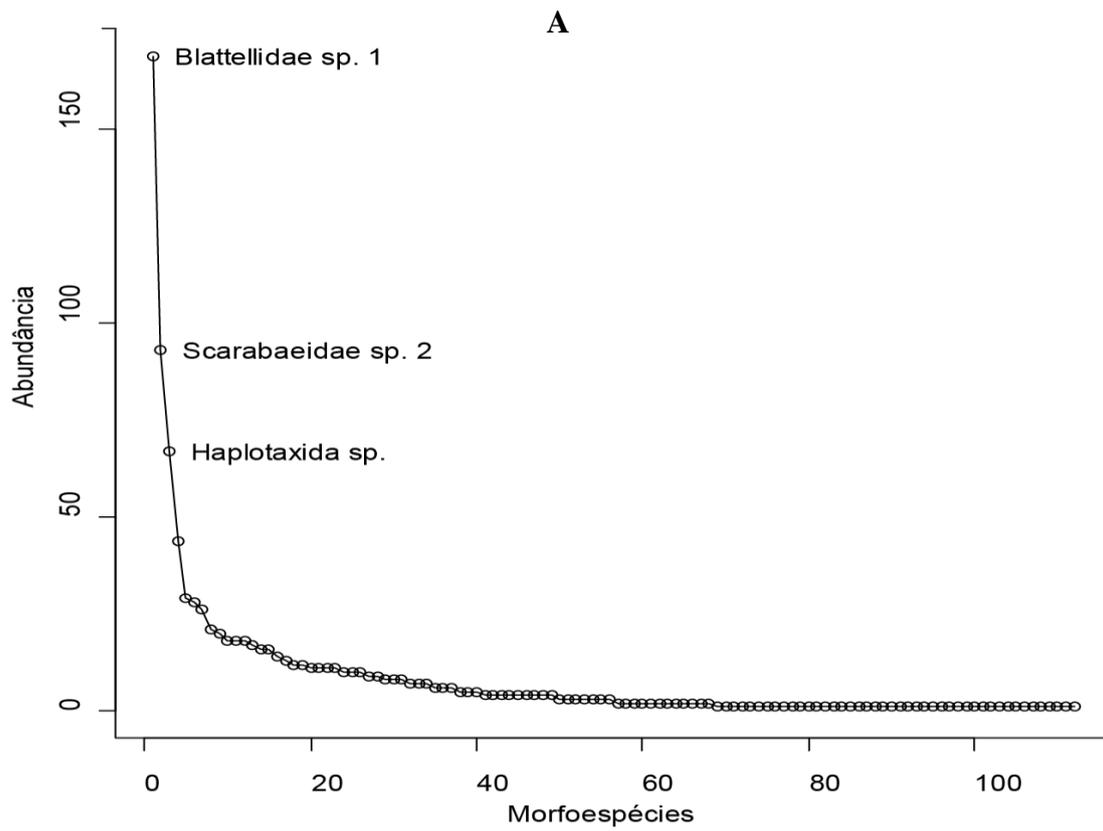


Figura 6. Curva de abundância de morfoespécies não-sociais encontradas em cupinzeiros, com indicação das três espécies mais abundantes, nas áreas EMB (A) e FZN (B).

3.2. Esforço amostral e estimativas de diversidade

A curva de rarefação para a área EMB (Fig. 7A) não apresenta tendência a assíntota. Para a área FZN (Fig. 7B), houve uma riqueza menor, mas a curva está mais próxima de se estabilizar. Em relação à riqueza total de cada área, houve grande número de espécies de ocorrência única (*uniques*): 65 para EMB (42%) e 37 (43%) na FZN. No entanto, poucas ocorreram em duas amostras (*duplicates*): 15 (10%) para EMB e 7 (8%) para FZN. Isso indica a ocorrência de muitas espécies raras ou pouco amostradas pelos métodos de coleta, resultando em valores elevados de riqueza pelos métodos de extrapolação.

Em ambas as áreas, a menor estimativa de riqueza foi pelo método *Bootstrap* com 180 para EMB e 101 para FZN enquanto que o maior valor foi obtido pelo estimador Chao 2, com 294 para EMB e 184 para FZN (Tabela 5).

Tabela 5. Riqueza observada e valores de riqueza total possíveis calculados a partir dos estimadores ICE, Chao 2, Jackknife 1, Jackknife 2 e Bootstrap, para as áreas EMB e FZN.

	Área	
	EMB	FZN
Observado	153	86
ICE	229	138
Chao 2	294	184
Jackknife 1	217	122
Jackknife 2	266	152
Bootstrap	180	101

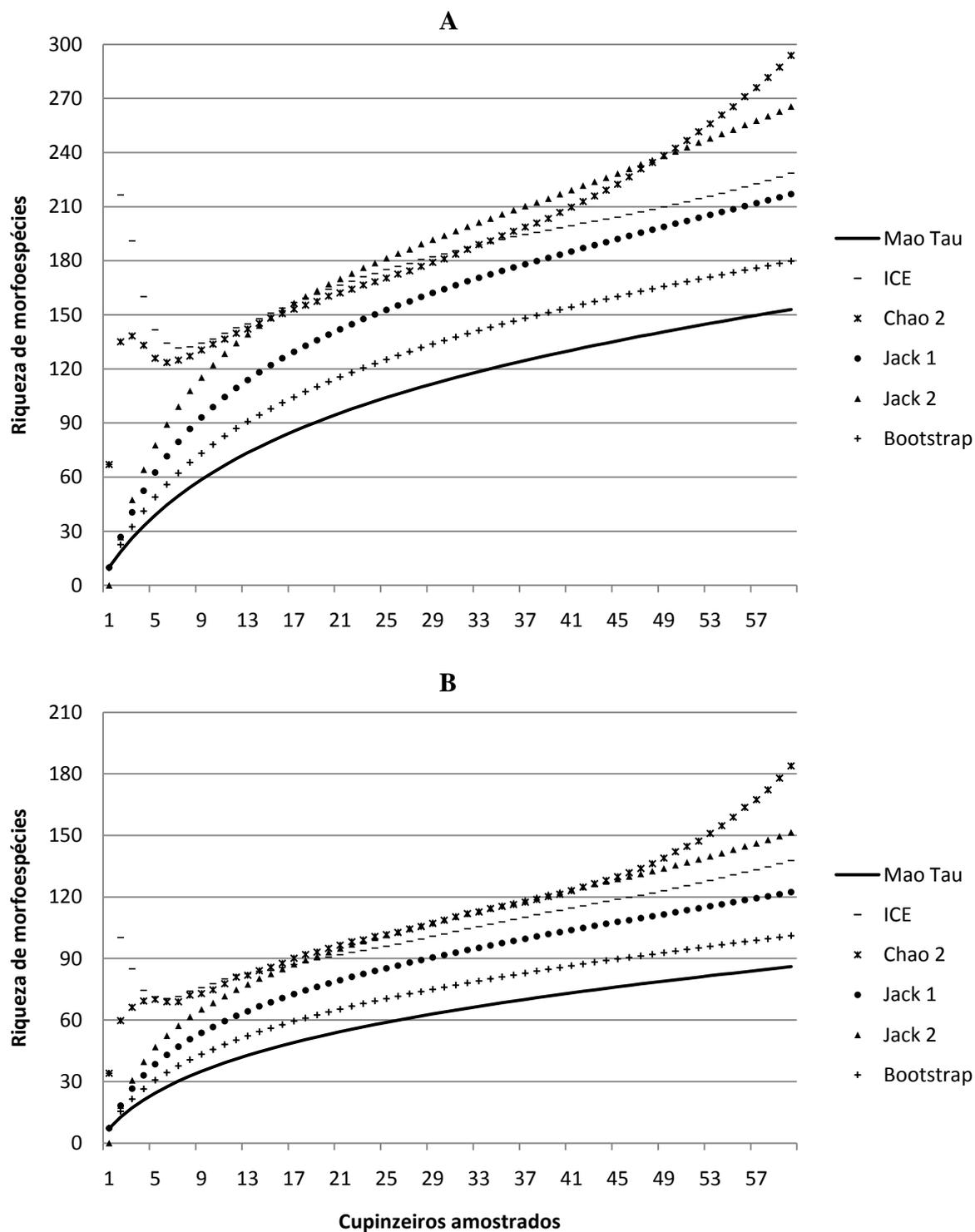


Figura 7. Curvas de rarefação construídas a partir dos valores observados (Mao Tau) e estimadores ICE, Chao 2, Jackknife 1, Jackknife 2 e Bootstrap com base na riqueza de fauna associada a cupinzeiros nas áreas EMB (A) e FZN (B).

3.3. A riqueza e diversidade como variáveis resposta

Foi encontrada diferença entre os valores de riqueza ($F_{1,112} = 14,262, p < 0,001$) e diversidade ($F_{1,113} = 29,736, p < 0,001$) entre as áreas. As distribuições destes valores estão apresentadas na Fig. 8.

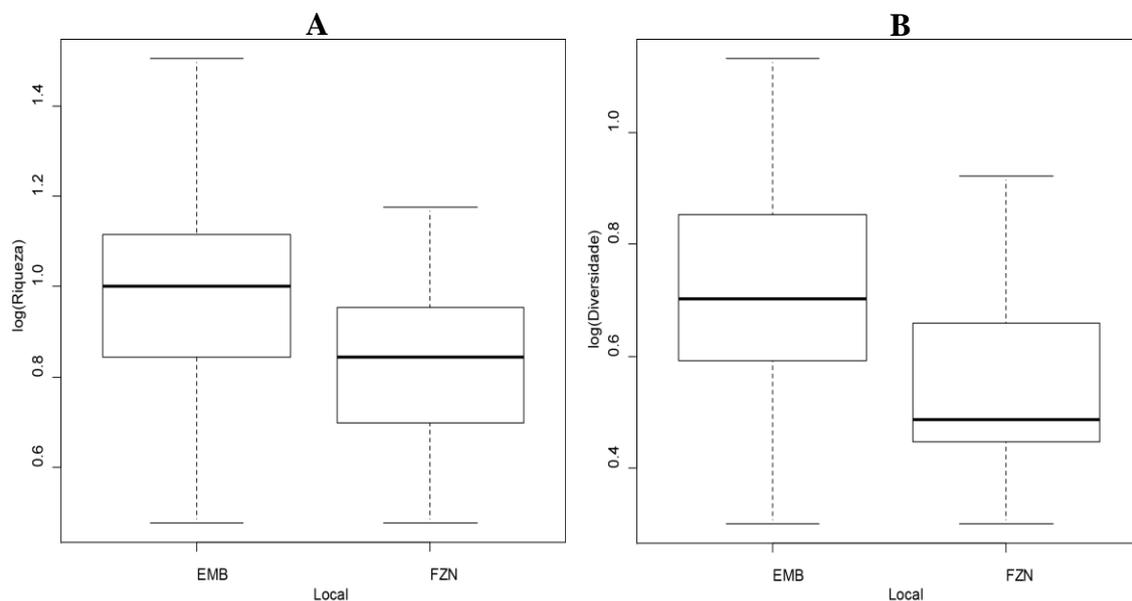


Figura 8. Box-plot da riqueza (A) e diversidade (B) de macrofauna associada a cupinzeiros nas áreas EMB e FZN.

As análises de regressão múltipla demonstraram resultados distintos para cada variável resposta e grupo considerado. Foi encontrada influência do volume sobre a riqueza de espécies para todos os tipos de construção da área EMB e cupinzeiros do tipo *C. silvestrii* na área FZN (Tabela 6). Além disso, o volume foi, exceto para *C. silvestrii*, a variável que mais explica a variação, de acordo com a comparação dos valores de F obtidos pelas análises de variância.

A distância da área fonte apresentou influência apenas sobre a riqueza dos cupinzeiros do tipo “mortos” e *C. silvestrii*, enquanto que a agregação por sua vez, explica parte da variação da riqueza apenas de *C. cumulans* (Tabela 6). Para *C. cumulans*, a análise de covariância encontrou interação significativa entre o volume e o estado de atividade da colônia.

Ao analisarmos a diversidade como variável resposta (Tab. 7), o volume só apresentou influência significativa sobre cupinzeiros de *C. cumulans*, embora tenha apresentado valores próximos à significância para cupinzeiros do tipo “mortos” e *C. silvestrii*. A distância da área fonte se mostrou significativa em relação à diversidade para *A. euamignathus* e ambos os tipos de *Cornitermes*, enquanto que o nível de agregação, por sua vez, só foi influente para *C. cumulans* (Tabela 6). A riqueza e

diversidade encontradas em *Armitermes* sp. 1 não foram relacionadas significativamente com nenhuma das variáveis propostas (Tabelas 6 e 7).

De acordo com os gráficos de efeito, o volume, quando significativo, apresentou relação positiva com as variáveis resposta (Figs 9, 10, 11 e 12). Para *C. cumulans*, a interação entre volume e atividade, em relação à riqueza, indicou que o coeficiente angular da regressão para cupinzeiros ativos é maior do que para inativos, de modo que a riqueza aumenta com maior intensidade no primeiro grupo, ao aumentarmos o volume.

A distância da área fonte apresentou relação negativa para a riqueza de *A. euamignathus* (Fig. 9) e diversidade de *C. cumulans* (Fig. 10), entretanto, foi relacionada positivamente com a riqueza de “mortos” (Fig. 11) e também, à riqueza e diversidade em cupinzeiros de *C. silvestrii* (Fig. 12).

Tabela 6. Resultado das regressões múltiplas, onde a riqueza de morfoespécies é explicada pelo volume do cupinzeiro, distância da área fonte e agregação. Para *C. cumulans* (EMB) e *C. silvestrii* (FZN), o estado de atividade da colônia foi adicionado como covariável, sendo apresentadas apenas interações significativas. Efeitos significativos estão indicados por *.

Área	Tipo de construção	Variável explicativa	SumSq	Df	F	p	
EMB	<i>A. euamignathus</i>	(log) Volume	49.500	1	6.172	0.042 *	
		Distância	1.539	1	0.192	0.674	
		Agregação	13.530	1	1.687	0.235	
		Resíduos	56.138	7			
	<i>C. cumulans</i>	(log) Volume	0.666	1	47.290	< 0.001 *	
		(raiz) Distância	0.099	1	0.076	0.786	
		Agregação	0.001	1	12.908	0.002 *	
		Atividade	0.182	1	7.062	0.016 *	
		(log) Volume:Atividade	0.141	1	10.037	0.005 *	
		Resíduos	0.235	17			
	mortos	(log) Volume	1.909	1	6.530	0.024 *	
		(raiz) Distância	1.525	1	5.215	0.040 *	
		Agregação	0.008	1	0.028	0.869	
		Resíduos	3.801	13			
	FZN	<i>Armitermes</i> sp. 1	Volume	0.900	1	0.130	0.730
			Distância	5.500	1	0.740	0.420
			Agregação	12.600	1	1.690	0.230
Resíduos			59.800	8			
<i>C. silvestrii</i>		(log) Volume	0.272	1	13.550	0.001 *	
		Distância	0.141	1	7.020	0.011 *	
		Agregação	0.055	1	2.760	0.105	
		Atividade	0.040	1	1.990	0.166	
		Resíduos	0.804	40			

Tabela 7. Resultados das regressões múltiplas, onde a diversidade, representada pelo índice de Simpson, é explicada pelo volume do cupinzeiro, distância da área fonte e agregação. Para *C. cumulans* (EMB) e *C. silvestrii* (FZN), o estado de atividade da colônia foi adicionado como covariável, não havendo interações. Efeitos significativos estão indicados por *.

Área	Tipo de construção	Variável	SumSq	Df	F	p
EMB	<i>A. euamignathus</i>	(log) Volume	3.201	1	1.422	0.278
		Distância	18.191	1	8.080	0.029 *
		Agregação	6.750	1	2.998	0.134
		Resíduos	13.508	6		
	<i>C. cumulans</i>	(log) Volume	40.949	1	14.372	0.001 *
		(raiz) Distância	28.267	1	9.921	0.005 *
		Agregação	16.938	1	5.945	0.023 *
		Atividade	6.961	1	2.443	0.132
		Resíduos	62.682	22		
	mortos	(log) Volume	0.123	1	4.262	0.059
		Distância	0.029	1	0.999	0.336
		Agregação	0.025	1	0.878	0.366
		Resíduos	0.374	13		
	FZN	<i>Armitermes</i> sp. 1	Volume	0.001	1	0.020
Distância			0.038	1	0.650	0.440
Agregação			0.137	1	2.330	0.170
Resíduos			0.469	8		
<i>C. silvestrii</i>		(log) Volume	0.154	1	3.590	0.065
		Distância	0.270	1	6.290	0.016 *
		Agregação	0.000	1	0.010	0.929
		Atividade	0.055	1	1.270	0.266
		Resíduos	1.720	40		

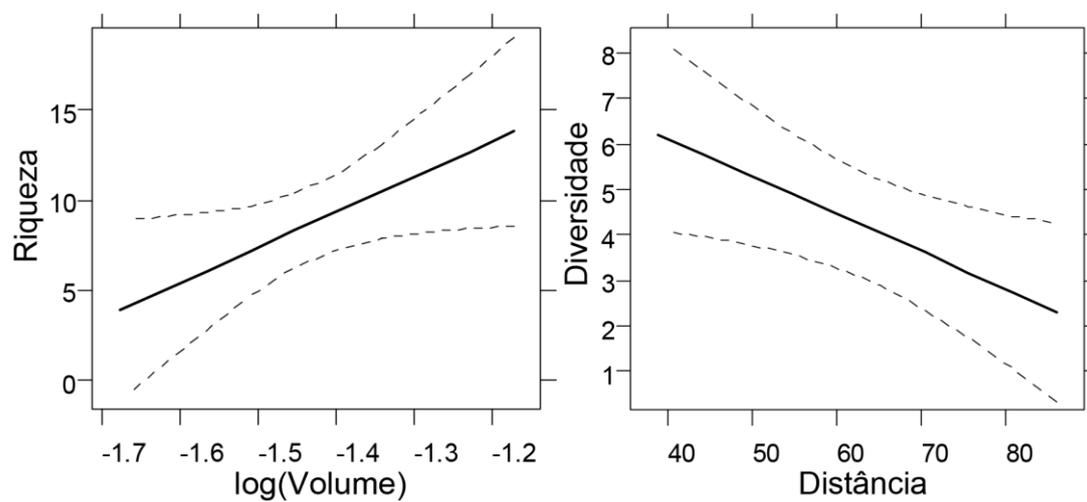


Figura 9. Representação dos coeficientes angulares significativos obtidos na regressão múltipla das variáveis: Volume, Distância e Agregação sobre a riqueza e diversidade de morfoespécies associadas a cupinzeiros de *A. euamignathus* na área EMB. A linha pontilhada indica o intervalo de confiança de 95%.

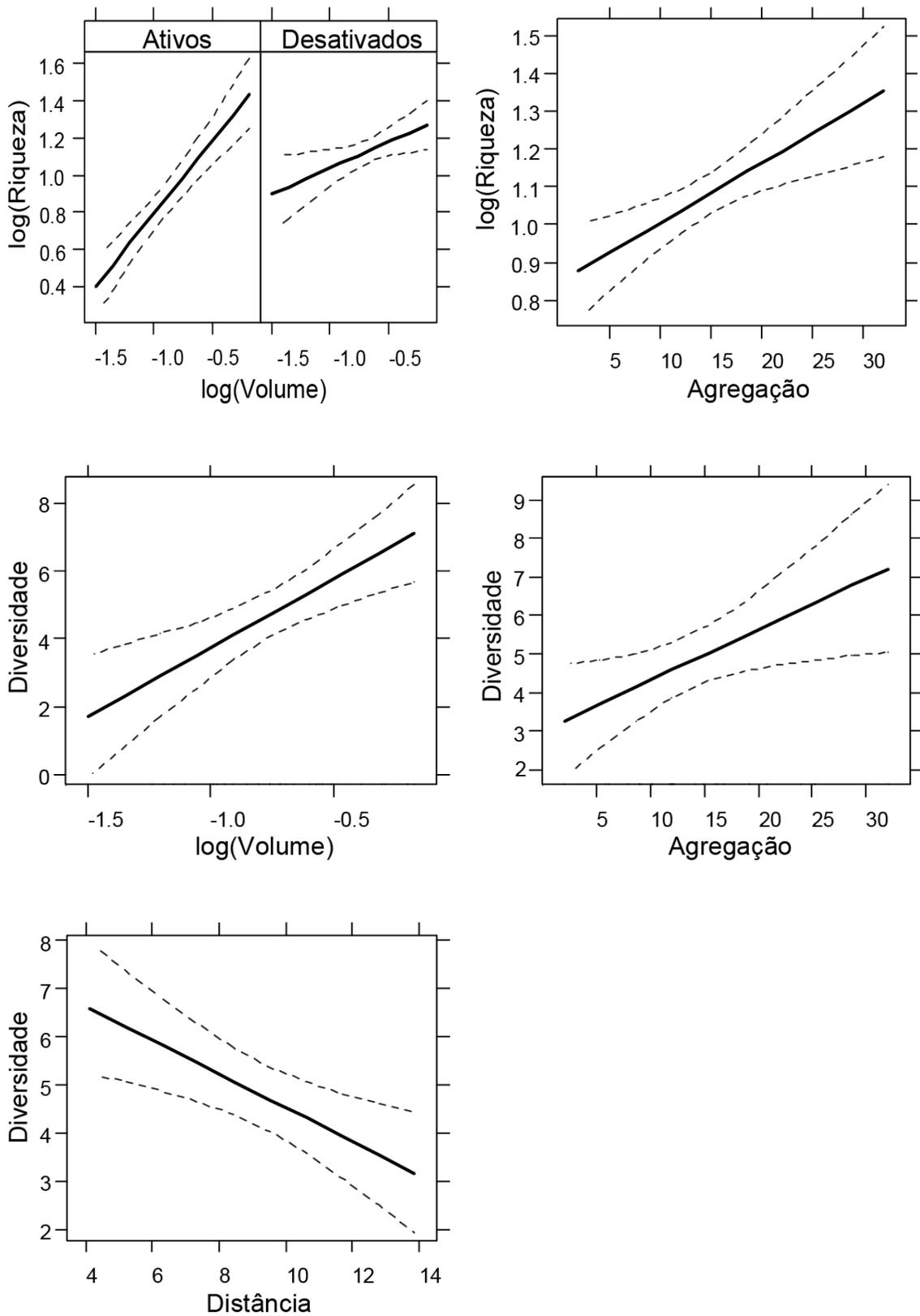


Figura 10. Representação dos coeficientes angulares significativos obtidos na regressão múltipla das variáveis: Volume, Distância e Agregação sobre a riqueza e diversidade de morfoespécies associadas a cupinzeiros de *C. cumulans* na área EMB. A linha pontilhada indica o intervalo de confiança de 95%.

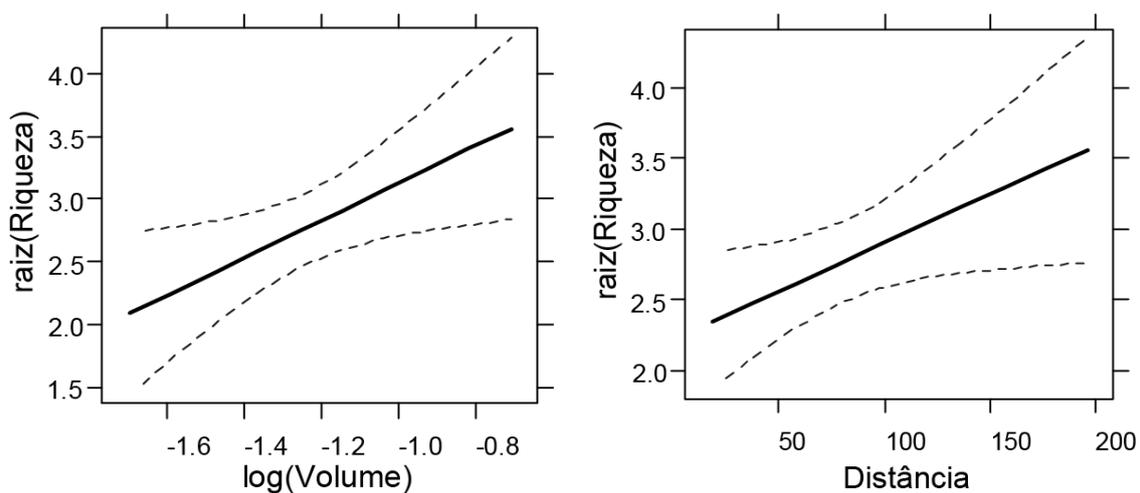


Figura 11. Representação dos coeficientes angulares significativos obtidos na regressão múltipla das variáveis: Volume, Distância e Agregação sobre a riqueza e diversidade de morfoespécies associadas a cupinzeiros do tipo “mortos” na área EMB. A linha pontilhada indica o intervalo de confiança de 95%.

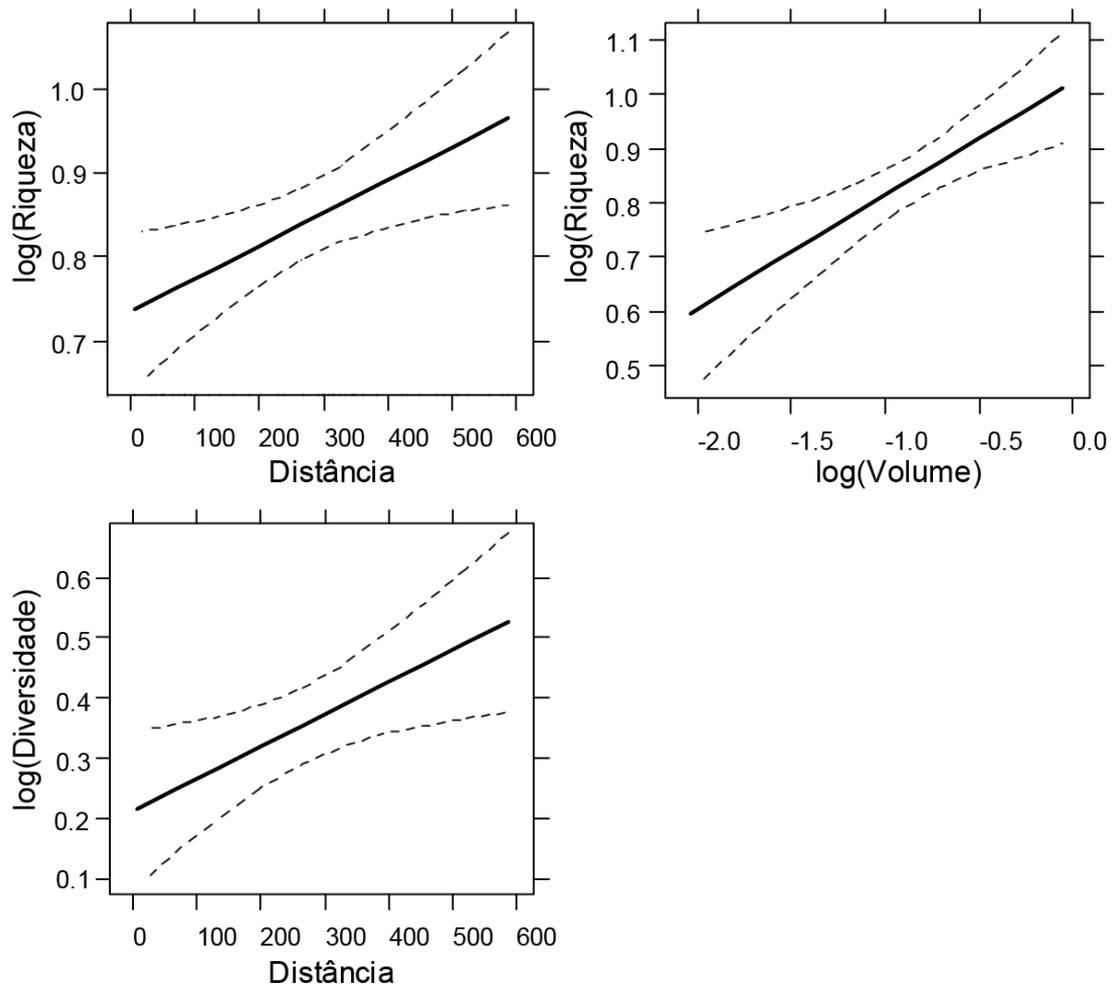


Figura 12. Representação dos coeficientes angulares significativos obtidos na regressão múltipla das variáveis: Volume, Distância e Agregação sobre a riqueza e diversidade de morfoespécies associadas a cupinzeiros de *C. silvestrii* na área FZN, com intervalo de confiança de 95%.

4. Discussão

4.1. Riqueza e abundância

Os dados levantados por este trabalho diferem em parte com outros estudos realizados em áreas de cerrado. A riqueza de espécies observada foi maior do que a encontrada em uma área de campo de cerrado nativo (Costa, 2008), mesmo com um esforço amostral menor. Adicionalmente, Japiassu (2010) observou maior abundância de aracnídeos, sobretudo opiliões, ao estudar a fauna associada a cupinzeiros em campos sujos sob efeito de queima. Neste caso, o tipo de impacto a que o ambiente está sujeito, seja o desflorestamento ou queima, pode estimular o predomínio de certos grupos em detrimento de outros, mais sensíveis a estas mudanças.

A diversidade de fauna de Isoptera, considerando riqueza de gêneros, apresentou números similares entre este e os dois estudos mencionados. Talvez essa fauna seja menos influenciada pelas condições externas dos cupinzeiros, ocorrendo independentemente de impactos.

A morfoespécie mais abundante em ambas as áreas foi Blattelidae sp. 1, diferindo de Japiassu, (2010) onde a abundância de Araneae, Coleoptera e Opiliones encontrada ficou acima de Blattaria. Scarabaeidae sp. 2 foi a segunda morfoespécie mais abundante na EMB. Entretanto, a contagem de escarabeídeos e outros coleópteros pode estar subestimada pela desconsideração de imaturos encontrados junto com os adultos, mas que não puderam ser identificadas com precisão. De qualquer forma, estas espécies possuem grande dependência com os cupinzeiros como local de reprodução e desenvolvimento dos estágios imaturos, conforme já observado por Costa & Vanin (2010) para espécies de Scarabaeidae, Carabidae, Tenebrionidae, Elateridae, e Cicindelidae, famílias também encontradas neste trabalho. Aparentemente, as larvas de escarabeídeos se alimentam da estrutura central dos cupinzeiros de *C. cumulans*, constituída de matéria orgânica regurgitada, excrementos e fungos, sendo encontradas tanto em cupinzeiros ativos quanto inativos. É provável que esta ação cause impactos negativos sobre os cupins hospedeiros pela destruição da porção interna da colônia, reduzindo sua sobrevivência e estimulando a desativação do mesmo (Rosa, 2008), mas ao mesmo tempo, fornecendo alimento, na forma de excrementos para sustentar outros animais (Costa & Vanin, 2010).

Como decompositores de matéria orgânica, diversas espécies de cupins podem consumir e processar excrementos de mamíferos, incluindo bovinos em sistemas de

produção (Freyman *et al.*, 2008), o que acelera a taxa de incorporação de nutrientes desta fonte ao solo. Dos gêneros com este hábito, documentados para o Brasil, além de prováveis espécies de Apicotermatinae, 13 ocorreram na área EMB e 12 na área FZN, sendo praticamente todos considerados inquilinos, por habitarem cupinzeiros de *Cornitermes* sp. e *Armitermes* sp. Desta forma, a presença dos cupinzeiros estudados provavelmente auxilia na manutenção de populações destes inquilinos, o que, por conseguinte, estimula os processos de ciclagem de nutrientes relacionados à decomposição do esterco e outras fontes orgânicas.

A presença de minhocas (Haplotaxida) é um indicador de bons solos do ponto de vista agrícola, não ocorrendo em solos ácidos, secos ou impactados por defensivos (Duiker & Stehouwer, 2008). Na área FZN, que se encontra em utilização por gado, nenhum indivíduo de Haplotaxida foi amostrado, enquanto que na EMB, Haplotaxida sp. 1 foi a terceira espécie mais abundante. Este resultado difere de Decaens *et al.* (2004), que observaram um aumento da riqueza da macrofauna de solo e biomassa de minhocas, em pastagens de uso intensivo em relação à savana nativa colombiana, o que poderia ser explicado pela maior entrada de matéria orgânica no sistema, originada pelo esterco. Entretanto, esse efeito pode estar tendo pouca influência no pasto da FZN não sendo capaz de estimular o estabelecimento de minhocas ou outro processo nocivo às minhocas pode estar ocorrendo com maior intensidade.

Comportamentos de tolerância de formigas do gênero *Camponotus* com cupins *C. silvestrii* foi observado por Dutra & Galbiati (2009), indicando um provável hábito mutualista dessas formigas. As formigas do gênero *Solenopsis*, entretanto, apresentam comportamento extremamente agressivo (Silvestre, 2000) e embora o baixo número de ocorrências dessas formigas não tenha permitido análises estatísticas, aparentemente sua presença reduz a diversidade, sendo que um dos cupinzeiros infestados por elas foi considerado *outlier* por não apresentar nenhuma outra espécie. Entretanto, Yamada *et al.* (2007), monitorando as agressivas formigas *Iridomyrmex sanguineus* em cupinzeiros de *Amitermes laurensis* na Austrália, observaram que a infestação pode não eliminar completamente a colônia de cupins e caso ocorra o abandono das formigas, a espécie original pode voltar a se estabelecer. Dessa forma, cupinzeiros grandes o bastante podem permitir a coexistência de espécies agressivas e territorialistas, como *Solenopsis* sp., com cupins e outros animais, desde que não entrem em contato direto.

Poucos vertebrados foram encontrados, sendo que a maior abundância foi de *Amphisbaena* sp. 1, animal que possui hábitos essencialmente fossoriais. Devido à

importância dos cupinzeiros para elementos da masto e herpetofauna (Colli *et al.*, 2006; Rocha, 2007), esperava-se que mais indivíduos e espécies desses grupos tivessem sido encontrados. A modificação do habitat natural em pastagens provavelmente gera condições bastante adversas para esses animais, sendo que uma amostragem em áreas de cerrado nativo talvez revelasse resultado diferente.

4.2. Esforço amostral e estimativas de diversidade

A rarefação indica, de acordo com o comportamento da curva, a eficiência do esforço amostral e a partir dela podemos inferir a chance de se encontrar novas espécies caso o número de amostras aumente (Magurran, 2003). De maneira geral, o padrão encontrado foi similar ao esperado em estudos de comunidades neotropicais, caracterizado por uma baixa equitabilidade, onde poucas espécies são muito abundantes e muitas espécies são raras.

É provável que mais espécies fossem encontradas caso se aumentasse o esforço amostral na área EMB, entretanto o incremento na riqueza seria menor na FZN, pelo fato da curva de rarefação, nesta localidade, estar mais próxima da assíntota.

O grande número de *uniques* pode indicar que parte considerável da riqueza encontrada se trata de espécies ocasionais, de modo que a comunidade associada aos cupinzeiros é na realidade uma comunidade aberta. Fato que tende a inflar os estimadores de espécies, diminuindo a confiabilidade dos mesmos, entretanto a dificuldade em se estabelecer os limites desta comunidade evidencia a importância dos cupinzeiros para uma ampla diversidade de fauna.

Segundo Colwell & Coddington (1994), a eficácia dos estimadores pode ser comparada verificando-se qual estimador atinge a riqueza final observada no ponto onde se tem a metade desta riqueza. Em ambas as áreas, os estimadores ICE, Chao 2 e Jackknife 2 possuem desempenho semelhante de acordo com esta análise. Desta forma, a riqueza da fauna associada aos cupinzeiros na área EMB está entre 229 e 294 espécies enquanto que na FZN, entre 138 a 184.

4.3. A riqueza e diversidade como variáveis resposta

A relação espécie-área é considerada uma das poucas leis da ecologia e tem sido bastante evidenciada desde a proposição do modelo de Biogeografia de Ilhas (Scheiner, 2003). Este efeito está presente mesmo em pequenas escalas, como na riqueza de

invertebrados sob rochas respondendo positivamente ao tamanho das mesmas (Ferreira & Silva, 2001). De maneira similar, o aumento do volume do cupinzeiro implica em um aumento de espaço e, provavelmente, quantidade de recursos.

Os altos valores de F obtidos pelas análises de variância relativas ao volume, em comparação com outras variáveis, indicam que o volume do cupinzeiro explica grande parte da riqueza e diversidade encontradas. Esta relação também foi observada em outros estudos, como por Costa (2005), para a riqueza de inquilinos em ninhos de *C. cumulans*, por Japiassu (2010) para abundância de aranhas e insetos em ninhos de *C. cumulans*, *Nasutitermes* sp. e *A. euamignathus*, e também para a abundância de aranhas nos cupinzeiros africanos de *Trinervitermes trinermoides* (Sjöstedt), (Haddad & Dippenaar-Shoeman, 2008).

Na área EMB a distância é um fator que age somente sobre a fauna não-social por estar relacionada negativamente com a diversidade em *A. euamignathus* e *C. cumulans*.

Para *C. silvestrii*, a baixa riqueza de fauna não-social encontrada provavelmente tornou os valores de riqueza e diversidade correlacionados, de modo que foram obtidos resultados semelhantes entre estas variáveis. Além da correlação positiva com o volume, foi constatada também correlação positiva com a distância. Resultado, nesta situação, exatamente contrário ao esperado. Assim, é provável que a área-fonte esteja na outra extremidade do pasto e não na área considerada, ou ainda que a fauna deste pasto possua preferência pela distância de formações vegetais mais fechadas, não existindo área-fonte. Dados sobre a composição de espécies das áreas adjacentes seriam necessários para confirmar o status de “fonte” para estas áreas, entretanto, o padrão encontrado pela análise não deve ser desconsiderado.

A agregação só foi influente para *C. cumulans*, relacionada tanto com a riqueza quanto a diversidade. Para a fauna associada a estes cupinzeiros, este é um indício de que a conectividade é um fator positivo para manter uma alta riqueza e diversidade. É possível que, para populações de organismos pequenos e de pouca mobilidade, estes cupinzeiros se comportem como manchas de habitat de maneira semelhante ao modelo de metapopulações.

A interação entre volume e atividade como fator que explica a riqueza em *C. cumulans* provavelmente ocorreu por não terem sido amostrados cupinzeiros inativos muito grandes ou muito pequenos. Assim, os extremos de volume ocorreram sempre em cupinzeiros ativos. Embora a relação positiva tenha sido observada para ambos os casos, é possível que a diferença entre o estado de atividade tenha sido gerada como artefato

de amostragem, por só terem sido amostrados cupinzeiros inativos de tamanhos intermediários. Assim, cupinzeiros pequenos que sofressem algum impacto capaz de desativar a colônia durariam pouco tempo no ambiente, reduzindo sua frequência e a chance de serem amostrados. Da mesma forma, para que um cupinzeiro atinja um volume consideravelmente grande, ele deve permanecer ativo por mais tempo, assim, grandes cupinzeiros desativados somente serão encontrados em áreas mais antigas, considerando o estabelecimento da população da espécie construtora.

Os diferentes padrões entre os tipos de cupinzeiros podem ser explicados por suas morfologias e arquiteturas (Negret & Redford, 1984). Aparentemente, os gêneros de *Cornitermes* estudados são abrigos importantes tanto para a fauna social quanto não-social, enquanto que *A. euamignathus* apresentou maior diversidade de fauna não-social, demonstrando uma preferência desse grupo por este tipo de construção. A ausência de padrões para *Armitermes* sp.1 pode ter ocorrido por sua morfologia externa, de constituição maciça e sem aberturas, não possuindo as cavidades presentes em *A. euamignathus*, onde os animais se abrigam entre as paredes do ninho e o solo, sem contato direto com os cupins. Já para os ninhos de *Cornitermes*, normalmente maiores do que os outros cupinzeiros avaliados, é comum que parte do ninho se torne desabitada pela colônia construtora mesmo que esta permaneça ativa, permitindo assim o estabelecimento de outros animais. Adicionalmente, a porção central do ninho pode originar uma grande cavidade em seu interior devido a sua constituição de material orgânico de baixa resistência, caso a colônia construtora esteja enfraquecida ou morta.

Era esperado que cupinzeiros ativos e inativos revelassem mais diferenças, como a considerável diferença na abundância de indivíduos de Araneae encontrada por Haddad & Dippenaar-Shoeman (2008) em cupinzeiros na savana africana, entretanto, o ideal seria realizar uma classificação, não somente dicotômica como “ativo” e “inativo”, mas que considerasse diferentes níveis de degradação sobre a colônia.

Uma próxima abordagem para análise dos dados obtidos é avaliar a similaridade entre as áreas e entre os tipos de cupinzeiros, com base em suas composições de espécies, de modo a identificar com mais precisão as relações entre as condições físicas dos cupinzeiros e seus habitantes, bem como evidenciar relações entre eles.

5. Conclusão

Foi constatado que um grande número de espécies utiliza os cupinzeiros de alguma forma, seja como abrigo eventual ou por possuir uma relação de maior dependência com as condições por eles criadas.

Caso o sistema estudado estivesse de acordo com os modelos propostos, era esperado que a riqueza e diversidade respondessem positivamente ao volume e agregação, mas negativamente à distância, sendo que diferentes respostas entre riqueza e a diversidade indicariam se o fator avaliado influenciaria a composição de espécies da comunidade ou a equitabilidade das mesmas.

Os diferentes tipos de cupinzeiros apresentaram padrões distintos em resposta em relação à riqueza e diversidade, respondendo em diferentes níveis às variáveis propostas. Entretanto, o volume do cupinzeiro foi altamente determinante para a riqueza de espécies, resultado condizente com outros trabalhos.

Os cupinzeiros de *C. cumulans*, seguido de *C. silvestrii*, foram os que melhor se adequaram aos resultados esperados, pois, para estas espécies construtoras, obtiveram-se relações significativas para vários parâmetros avaliados pelas regressões múltiplas. A relação entre a riqueza encontrada com estes cupinzeiros reafirma posição destas espécies de *Cornitermes* como “espécies chave” e, conseqüentemente, estes cupinzeiros podem ser considerados potenciais modelos de ilhas. Entretanto, uma abordagem que enfoque populações específicas, pouco móveis e consideravelmente dependentes das condições dos cupinzeiros seria mais adequada para confirmar esta hipótese.

É evidenciada a importância dos cupinzeiros para a manutenção da diversidade de fauna no Cerrado, sobretudo em relação aos artrópodes, o que influencia diretamente nos níveis tróficos superiores.

Assim, de certa forma, o estabelecimento de cupinzeiros em pastagens permite uma melhor coexistência entre interesses econômicos e conservacionistas, por minimizar os impactos da perda de habitat nestas áreas deflorestadas ao fornecer recursos para fauna em um ambiente de baixa heterogeneidade e estímulo aos processos de ciclagem orgânica.

6. Referências Bibliográficas

- Bandeira, G. A. & Vasconcelos, A. 2004. Efeitos de perturbações antrópicas sobre as populações de cupins (Isoptera) do Brejo dos Cavalos, Pernambuco. *In: Porto, K. C.; Cabral, J. J.; Tabarelli, M. Brejos de Altitude em Pernambuco e Paraíba - História Natural, Ecologia e Conservação*. Ministério do Meio Ambiente. p. 145 – 152.
- Black, H. I. J. & Okwakol, M. J. N. 1997. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function in the tropics: the role of termites. *Applied Soil Ecology*. 6:37-53.
- Borror, D. J.; Triplehorn, C. A.; Johnson, N. F. 1989. *Introduction to the Study of Insects*. 6 ed. Saunders College Pub.
- Carrijo, T. F.; Brandão, D.; Oliveira, D. E.; Costa, D. A.; Santos, T. 2008. Effects of pasture implantation on the termite (Isoptera) fauna in the Central Brazilian Savanna (Cerrado). *Journal of Insect Conservation*. 13:575-581.
- Colli, G. R.; Constantino, R.; Costa, G. C. 2006. Lizards and termites revisited. *Austral Ecology*. 31:417–424.
- Constantino R. 1999. Chave ilustrada para identificação dos gêneros de cupins (Insecta:Isoptera) que ocorrem no Brasil. *Papeis Avulsos de Zoologia*. 40:387-488.
- Constantino R. 2002. The pest termites of South America: taxonomy, distribution and status. *Journal of Applied Entomology*. 126:335-365.
- Constantino R. 2005. Padrões de diversidade e endemismo de térmitas no bioma cerrado. *In: Scariot, A. O.; Silva, J. C. S.; Felfili, J. M. editors. Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação*. Ministério do Meio Ambiente. p. 319-333.
- Costa, C. & Vanin, S. A.; 2010. Coleoptera Larval Fauna Associated with Termite Nests (Isoptera) with Emphasis on the “Bioluminescent Termite Nests” from Central Brazil. *Psyche: A Journal of Entomology*, 2010:1-13.

- Costa, D. A. 2005. Inquilinos associados a ninhos de *Cornitermes cumulans* (Isoptera: Termitidae) em uma área de campo no Parque Nacional das Emas, GO. 45f. Dissertação (Mestrado em Biologia). Universidade Federal de Goiás.
- Costa, D. A.; Carvalho, R. A.; Filho, G. F. & Brandão, D. 2009. Inquilines and invertebrate fauna associated with termite nests of *cornitermes cumulans* (Isoptera, Termitidae) in the Emas National Park, Mineiros, Goiás, Brazil. *Sociobiology*. 53, 2B:443-453.
- Colwell, R. K. 2009. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. v 8.2.
- Colwell, R. K. & Coddington, J. A. 1994. Estimating terrestrial biodiversity. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B*. 345:101-118.
- Dangerfield, J.; McCarthy, T. & Ellery, W. 1998. The mound-building *Macrotermes michaelseni* as an ecosystem engineer. *Journal of Tropical Ecology*. 14:507-520.
- Decaëns, T.; Jiménez, J. J.; Barros, E.; Chauvel, A.; Blanchart, E.; Fragoso, C.; Lavelle, P. 2004. Soil macrofaunal communities in permanent pastures derived from tropical forest or savanna. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 103:301-312.
- Duiker, S.; Stehouwer, R. 2008. *Earthworms*. The Pennsylvania State College of Agricultural Sciences.
- Dutra, C. C.; Galbiati, C. 2009. Comportamento de formigas (Hymenoptera: Formicidae) inquilinas de cupins (Isoptera: Termitidae) em pastagem. *EntomoBrasilis*. 2:37-41.
- Eggleton, P.; Bignell, W. A.; Sands, N. A.; Mawdsley, J. H. & Lawton, T. G. 1996. The diversity, abundance and biomass of termites under differing levels of disturbance in the Mbalmayo Forest Reserve, Southern Cameroon. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B*. 351:51-68.

- Ferreira, R. L.; Silva, M. S. 2001. Biodiversity under rocks: the role of microhabitats in structuring invertebrate communities in Brazilian outcrops. *Biodiversity and Conservation*. 10:1171-1183.
- Fox, J. 2003. Effect display in R for generalized linear models. *Journal of Statistical Software*. 8:1-9
- Freyman, B. P.; Buitenwerf, R.; DeSouza, O.; Olf, H. 2008. The importance of termites (Isoptera) for the recycling of herbivore dung in tropical ecosystems: a review. *European Journal of Entomology*. 105:165-173.
- Gotelli N. J. & Ellison, 2004. *A Primer of Ecological Statistics*. Sinauer Associates, Inc., Sunderland, MA.
- Haddad, C. R. & Dippenaar-Shoeman, A. S. 2008. The influence of mound structure on the diversity of spiders (Araneae) inhabiting the abandoned mounds of the snouted harvester termite *Trinervitermes trinervoides*. *The Journal of Arachnology*. 30:403–408.
- Japiassu, R. 2010. *Efeito do regime de queima sobre fauna associada a cupinzeiros do Distrito Federal*. 68p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade de Brasília.
- Jouquet P.; Dauber J.; Langerlöf, J.; Lavelle, P.; Lepage, M. 2006. Soil invertebrates as ecosystem engineers: intended and accidental effects on soil and feedback loops. *Applied Soil Ecology*. 32:153-164
- Kindt, R. & Coe, R. 2005. *Tree diversity analysis. A manual and software for common statistical methods for ecological and biodiversity studies*. World Agroforestry Centre (ICRAF), Nairobi. ISBN 92-9059-179-X.
- Klink, C. A. & Machado, R. 2005. A conservação do Cerrado brasileiro. *Megadiversidade*. 1:147-155.

- Lavelle, P.; Decaëns, T.; Aubert, M.; Barot, S.; Blouin, M.; Bureau, F.; Margerie, P.; Mora, P.; Rossi, J. 2006. Soil invertebrates and ecosystem services. *European Journal of Soil Biology*. 42:S3-S15
- Loyola, D. R.; Brito S. & Ferreira, R. L. 2006. Ecosystem disturbances and diversity increase: implications for invertebrate conservation. *Biodiversity and Conservation*. 15:25–42.
- Magurran, A. E. 2003. *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Publishing. Oxford.
- McArthur, R. H. & Wilson, E. O. 1963. An equilibrium theory of insular zoogeography. *Evolution*. 17:373-387.
- Negret, H. R. C. & Redford, K. H. 1982. The biology of nine termite species (Isoptera:Termitidae) from the cerrado of central Brazil. *Psyche*. 89:81-106.
- R Development Core Team. 2010. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. www.r-project.org , Austria.
- Redford, K. H. 1984. The termitaria of *Cornitermes cumulans* (Isoptera, Termitidae) and their role in determining a potential keystone species. *Biotropica*. 16:112-119.
- Rocha, C. R. 2007. *Utilização de Microhabitat por Três Espécies de Roedores Cricetídeos em um Cerrado do Brasil Central*. 56p. Dissertação (Mestrado em Ecologia). Universidade de Brasília.
- Rosa, C. S. 2008. *Interações entre cupins (Insecta:Isoptera) e termitófilos*. 65p. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal). Universidade Federal de Viçosa.
- Scheiner, M. S. 2003. Six types of species-area curves. *Global Ecology & Biogeography*.12:441-447.

- Silva, R. F.; Aquino, A. M.; Mercante, F. M. & Guimarães, M. F. 2006. Macrofauna invertebrada do solo sob diferentes sistemas de produção em Latossolo da Região do Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*.41(4):697-704.
- Silvestre, R. 2000. *Estrutura de comunidades de formigas do cerrado*. 216p. Tese (Doutorado em Ciências: Entomologia). Universidade de São Paulo.
- Simberloff, D. 1976. Experimental zoogeography of islands: effects of island size. *Ecology*. 56:629-648.
- Tabachnick, B. G. & Fidell, L. S. 2006. *Using Multivariate Statistics*. Pearson Education.
- Ubick, D.; Paquin, P.; Cushing, P. E.; Roth, V. 2005. *Spiders of North America: an Identification Manual*. American Arachnological Society. 377p.
- Yamada, A.; Inoue, T.; Hyodo, F.; Tayasu, I.; Abe, T. 2007. Effects of mound Occupation by the meat ant *Iridomyrmex sanguineus* (Hymenoptera:Formicidae) on the termite *Amitermes laurensis* (Isoptera:Termitidae) in an australian woodland. *Sociobiology* 50:1-9.