

ECOLOGY, BEHAVIOR AND BIONOMICS

Avaliação Rápida da Diversidade de Formigas em Sistemas de Uso do Solo no Sul da Bahia

DANIELLE L BRAGA¹, JÚLIO N C LOUZADA¹, RONALD ZANETTI², JACQUES DELABIE³

¹Depto de Biologia, ²Depto de Entomologia. UFLA, CP 3037, 37200-000 Lavras, MG, Brasil; braga.dl@gmail.com; jlouzada@gmail.com; zanetti@ufla.br

³Uesc-cepec, CEPEC/CEPLAC, CP 7, 456000-000 Itabuna, BA, Brasil; jacques.delabie@gmail.com

Edited by Fernando L Cônsoli – ESALQ/USP

Neotropical Entomology 39(4):464-469 (2010)

Rapid Evaluation of Ant Diversity in Land Use Systems in Southern Bahia, Brazil

ABSTRACT - We aimed to compare the soil ant diversity in different land use systems from Atlantic Forest area, in Southern Bahia state, Brazil. The ants were sampled in 16 sites: two primary forest sites (un-logged forest); three young secondary forests (<8 years old); three intermediate secondary forests (8-20 years old); three old secondary forests (>20 years old); three *Eucalyptus grandis* plantations (3-7 years old), and two introduced pastures. Each site was sampled in three sampling points 15 m apart, and distant over 50 m from the site edge. In each sampling point we gathered the litter from a 1 m² and extracted the ants with Winkler extractors during 48h. We found 103 ant species from 29 genera and eight subfamilies. The five richest genera were *Pheidole* (19 species), *Solenopsis* (8), *Apterostigma* (10), *Hypoponera* (7) e *Paratrechina* (5). The highest ant richness density was found in the primary forest (7.4 species/sample; S = 37; n = 5); followed by the old secondary forest (5.33 species/sample; S = 48; n = 9); young secondary forest (5.25 species/sample; S = 42, n = 8); eucalyptus plantation (4.22 species/sample; S = 38, n = 9), intermediate secondary forest (3.5 species/sample; S = 35, n = 10, and introduced pasture (2.67 species/sample; S = 16, n = 6). The ecosystems with higher structural complexity showed the highest ant richness density by sample. Therefore, in the Atlantic Forest region, the eucalyptus plantation is a better alternative of land use to conserve the ant biodiversity than pastures, and quite similar to native secondary forests in ant community characteristics.

KEY WORD: Formicidae, community structure, agroecosystem, RAPD

A Mata Atlântica é uma das áreas com maior diversidade vegetal do planeta, com altos valores de endemismo (Thomas *et al* 1998). Apesar de toda essa diversidade, apenas cerca de 7,6% da floresta original permanece intacta (Morellato & Haddad 2000). No Sul da Bahia, essa estimativa cai para 5% dada a dificuldade em separar floresta primária de floresta secundária e de outros sistemas de uso da terra (Saatchi *et al* 2001). Na década de 70, ocorreu uma alta taxa de conversão antrópica, transformando vastas áreas florestais em sistemas de pastagens introduzidas na região. Posteriormente, com o declínio da pecuária na região, muitas áreas de pastagem foram abandonadas e substituídas, a partir da década de 80, por cultivos de eucalipto (veja Galindo-Leal & Câmara 2005).

A exploração indiscriminada de recursos naturais em regiões cobertas por florestas tropicais tem reduzido sua biodiversidade (Watt *et al* 2002). Na maioria das vezes, a exploração implica na total substituição do ecossistema original por sistemas menos complexos estruturalmente (veja Stevens & Husband 1998, Galindo-Leal & Câmara 2005). Entre os fatores de substituição está o desmatamento para implantação de agroecossistemas (Saatchi *et al* 2001,

Sperber *et al* 2004).

O cultivo de eucalipto muitas vezes vem em substituição às pastagens degradadas e, apesar de constituir também uma monocultura, o eucalipto pode representar ganho para a biodiversidade devido ao incremento na complexidade estrutural (Perfecto & Snelling 1995, Sperber *et al* 2004). A complexidade estrutural do habitat é um dos fatores determinantes da diversidade e composição de espécies em escala regional (Lassau & Hochuli 2005).

Apesar de supostamente manter a diversidade alta (Perfecto & Snelling 1995), de ter grande importância econômica e de ocupar áreas tropicais extensas, o real valor dos agroecossistemas florestais para a conservação de espécies ainda se encontra negligenciado (Sperber *et al* 2004). Além disso, a maioria dos estudos que avaliam a diversidade de espécies nessas culturas faz comparações apenas com áreas de vegetação nativa, o que subestima o seu potencial na manutenção da diversidade (Perfecto & Snelling 1995, Armbrrecht & Perfecto 2003).

Organismos bioindicadores têm sido amplamente utilizados para avaliar a qualidade ambiental associada

a sistemas de uso da terra de origem antrópica (Niemi & McDonald 2004). As formigas, em particular, têm adquirido grande aplicabilidade como bioindicadoras dos impactos gerados por diferentes formas de uso da paisagem (Perfecto & Snelling 1995, Read & Andersen 2000, Ambrecht & Perfecto 2003, Dauber 2003). O uso de formigas como indicadoras de qualidade ambiental e funcionamento do ecossistema deve-se à sua importância nas teias tróficas, da facilidade com que são amostradas e identificadas, grande abundância e sensibilidade a distúrbios. Essas características permitem a obtenção de respostas rápidas e facilmente interpretáveis (Lobry de Bruyn 1999).

O Programa de Avaliação Rápida (Rapid Assessment Program - RAP) foi criado para gerar informações rápidas que possam ser utilizadas em ações de conservação e proteção da diversidade de regiões ecologicamente prioritárias, cuja descrição é de grande urgência para antecipar possíveis danos à sua integridade ecológica (Fonseca 2001), como no caso da Mata Atlântica. Assim, o RAP tem como objetivo divulgar informações sobre áreas pouco conhecidas e importantes do ponto de vista da conservação da biodiversidade, via coletas e análises realizadas rapidamente, bem como fornecer diagnósticos instantâneos da situação da diversidade em diferentes condições ambientais (Ellison *et al* 2007).

Neste trabalho avaliamos os efeitos de diferentes sistemas de uso da terra sobre a riqueza e composição de formigas de solo. O objetivo foi avaliar como os diferentes agroecossistemas (pastagem e eucaliptal) conservam a diversidade de formigas em relação à floresta primária e secundária em diferentes estágios sucessionais de regeneração natural.

Material e Métodos

O estudo foi conduzido em novembro de 2004 na área de influência da empresa Veracruz Florestal Ltda, que ocupa 172.982 ha de terras em 10 municípios no Sul da Bahia. A área cultivada com eucalipto ocupa 74.440 ha e áreas de floresta em diferentes estágios de regeneração ocupam 85.122 ha. Destas, uma área de 6.069 ha forma um maciço florestal contínuo e pouco perturbado de reserva (RPPN Estação Veracel). A região encontra-se inserida no Bioma Mata Atlântica, onde predominam as formações do tipo Floresta Ombrófila Densa (IBGE 1992). O relevo da região caracteriza-se por uma sequência de platôs, entrecortados por vales profundos em forma de V. A rede de drenagem possui forma dendrítica.

As amostragens dos formicídeos foram realizadas em 16 áreas, sendo: três áreas em estágio recente (< 8 anos), intermediário (8-20 anos) e tardio (> 20 anos) de regeneração da floresta nativa sobre pastagem abandonada, três áreas de plantio de *Eucalyptus grandis* (3-7 anos de idade) com presença de sub-bosque, duas áreas de pastagens introduzidas e duas áreas de floresta primária (RPPN- Estação Veracel).

Foi realizada uma avaliação rápida da diversidade de formigas em cada sistema. Essa forma de avaliação não objetiva o inventário completo da biodiversidade de um ecossistema em particular, mas prioritariamente a relativização dos ecossistemas de uma paisagem em função

de sua biodiversidade (Fonseca 2001, Hites *et al* 2005). Para isso, em cada área, foram amostrados três pontos com distância mínima de 50 m da borda do sistema e 15 m entre si. Em cada ponto foi retirado a serapilheira contida em 1m², que depois de peneirada foi transferida para os extratores de Winkler, onde permaneceram por 72h para a extração das formigas.

As formigas foram triadas, montadas e identificadas, sempre que possível, ao nível de espécie. Para a identificação dos gêneros foram utilizadas a chave dicotômica de Bolton (1994) e as espécies por comparação com a coleção de referência do Laboratório de Mirmecologia da CEPLAC (Comissão Executiva de Pesquisa da Lavoura Cacaueira). Séries das espécies coletadas foram etiquetadas e depositadas nas coleções do Museu Regional de Entomologia da UFPA e no Laboratório de Mirmecologia da CEPLAC/CEPEC, no município de Ilhéus, BA.

Foi calculada a frequência de cada espécie em cada sistema de uso da terra, dividindo-se o número de amostras em que a espécie foi observada pelo número total de amostras realizadas no sistema de uso.

A riqueza observada de espécies foi obtida a partir do número absoluto de espécies no total de amostras em cada ecossistema. Foi obtida também uma média da densidade de espécies dividindo-se a riqueza observada pelo número de amostras tomadas no ecossistema. Esse procedimento foi necessário em função de terem sido obtidos números diferentes de amostras para cada ecossistema. A riqueza estimada foi calculada pelo procedimento de re-amostragem de Jackknife, utilizando-se o programa EstimateS (Colwell 2004), com 500 re-amostragens.

Para comparar a riqueza observada ou estimada entre os sistemas de uso do solo, foram construídas curvas de acumulação de espécies, seguida de análises utilizando-se modelos lineares generalizados (GLM), assumindo distribuição de erros do tipo Poisson (Crawley 2002, Buckley *et al* 2003). A riqueza observada ou a riqueza estimada das formigas foram utilizadas como variável resposta e os sistemas de uso do solo como variável explicativa. Posteriormente, realizou-se a junção dos termos qualitativos não-significativos, via análises de contraste de modelos, para verificar a semelhança entre os sistemas a partir do modelo completo. As análises foram realizadas por meio do software R (R Development Core Team 2008).

Adicionalmente, a eficiência amostral em cada local foi calculada como a porcentagem de espécies observadas em relação à média de três estimadores de riqueza não-paramétricos: Chao1, Jack1 e Bootstrap (Colwell 2004, Gardner *et al* 2007).

Para verificar a similaridade na composição de espécies das comunidades, submetidas a cada sistema de uso, foi realizada análise de agrupamento utilizando a técnica UPGMA e o índice de Sorênsen como medida de similaridade entre os grupos.

Para avaliar a associação de diferentes espécies de formigas aos sistemas de uso da terra foi realizada análise de correspondência retificada (DCA), onde os diferentes sistemas de uso foram organizados segundo as frequências das espécies e sua associação aos dois primeiros eixos canônicos.

Resultados e Discussão

Foram coletadas 103 espécies de formigas, distribuídas em 29 gêneros e oito subfamílias. Os sete gêneros mais ricos em espécies foram *Pheidole* (19 espécies), *Solenopsis* (oito), *Apterostigma* (10), *Hypoponera* (sete) e *Paratrechina* (cinco) (*Online Supplementary Material 1*), confirmando os gêneros *Pheidole* e *Solenopsis* como os mais abundantes na região Neotropical (Wilson 1976, Campiolo & Delabie 2000, Ramos et al 2003).

Verificou-se grande variação na densidade e no número observado de espécies (S) entre áreas com uso distinto do solo. A maior densidade de espécies de formigas foi encontrada na área de floresta primária (7,4 espécies/amostra; S = 37, n = 5), seguida pela área em estágio tardio de regeneração (5,33 espécies/amostra; S = 48, n = 9), estágio recente de regeneração (5,25 espécies/amostra; S = 42, n = 8), eucaliptal (4,22 espécies/amostra; S = 38, n = 9), estágio intermediário de regeneração (3,5 espécies/amostra; S = 35, n = 10) e pastagem (2,67 espécies/amostra; S = 16, n = 6), seguindo o mesmo padrão de diversidade relatado em outros estudos (Soares et al 1998, Marinho et al 2002). No entanto, Dias et al (2008) observaram similaridade entre a riqueza de formigas de serapilheira presentes em pastagem e em florestas secundárias adjacentes, inseridas em regiões de cerrado, indicando que tais resultados resultaram da matriz natural da região, rica em ecossistemas herbáceos, principalmente campos limpos e rupestres. Nesse caso, provavelmente, a comunidade de espécies dos campos nativos encontra pouca ou nenhuma diferença desse sistema com pastagens introduzidas, o que favorece a colonização e estabelecimento nessas áreas, assim como observado para a comunidade de formigas arbóreas presentes em áreas de floresta montana (Schonberg et al 2004).

As áreas de cultivo de eucalipto apresentam-se estruturalmente similares aos sistemas florestais nativos em regeneração devido ao porte arbóreo da espécie, presença de sub-bosque e grande quantidade de serapilheira, apesar de tratar-se de um sistema monoespecífico. Esse fato influencia tanto na diversidade, quanto na composição de espécies de formigas presentes no agroecossistema, aproximando-o dos estágios sucessionais da floresta. Por outro lado, as pastagens apresentam-se como agroecossistemas completamente distintos dos demais sistemas analisados no que diz respeito à diversidade de formigas.

Tanto a riqueza observada (Fig 1a), quanto a estimada (Fig 1b), apresentaram tendência de acúmulo crescente com o aumento do esforço amostral. A análise de modelo linear generalizado mostrou que houve diferença significativa para o modelo completo entre os sistemas analisados tanto para a riqueza observada ($\chi^2 = 8,56$; $P < 0,001$) quanto para a estimada ($\chi^2 = 12,32$; $P < 0,001$). A análise de contraste de modelos mostrou que a junção de todos os sistemas, exceto a pastagem, foi não-significativa para a riqueza observada ($F = 0,5938$; $P = 0,4450$) e estimada ($F = 2,1086$; $P = 0,1534$), indicando que a pastagem foi o único sistema que diferiu dos demais.

A eficiência amostral foi similar para todos os sistemas, variando de 67% a 8%. O sistema de regeneração tardio foi o menos eficientemente amostrado (67,1%), indicando

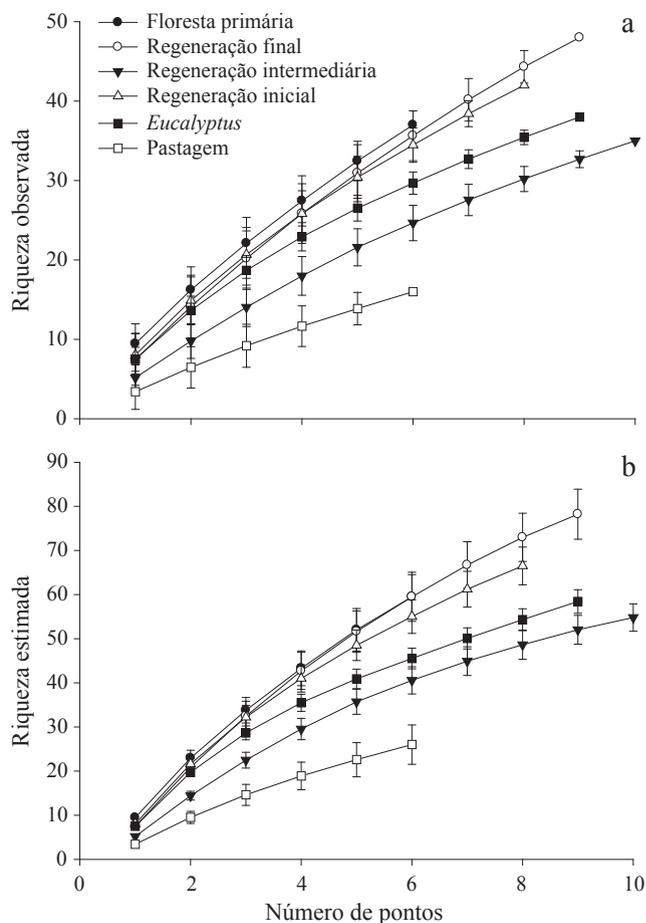


Fig 1 Curva de acumulação de espécies observadas (a) e estimadas (b) em relação ao número de pontos analisados nos diferentes sistemas de uso da terra. As barras representam o intervalo de confiança com probabilidade de 5%.

a subestimação das espécies presentes. Por outro lado, a pastagem (82,4%) foi o sistema cujo número de espécies amostradas foi o mais próximo ao número estimado, seguido pelo sistema de regeneração intermediário (77,3%), eucaliptal (77,2%), floresta primária (75,2%) e sistema de regeneração recente (72,2%). A eficiência amostral pode ser influenciada por vários fatores, como a heterogeneidade espacial, relevo e composição da comunidade (Bestelmeyer et al 2000). O sistema de pastagem apresenta menor heterogeneidade espacial, o que provavelmente explica o padrão observado.

Formaram-se dois grupos bem distintos pela análise de cluster (Fig 2), sendo que o agroecossistema de pastagem forma um grupo isolado dos demais sistemas florestais. Segundo a análise, o cultivo de eucalipto encontra-se em posição intermediária entre os diferentes estágios de regeneração e a floresta primária no que diz respeito à composição de espécies (Fig 2).

A área de eucalipto apresentou maior similaridade em composição de espécies com as áreas em estágio recente e tardio de regeneração (50% e 46% de similaridade, respectivamente) do que com a área de pastagem (25% de similaridade) (Fig 2). Assim, apesar da redução no número de espécies, as áreas de eucalipto servem para conservar ao

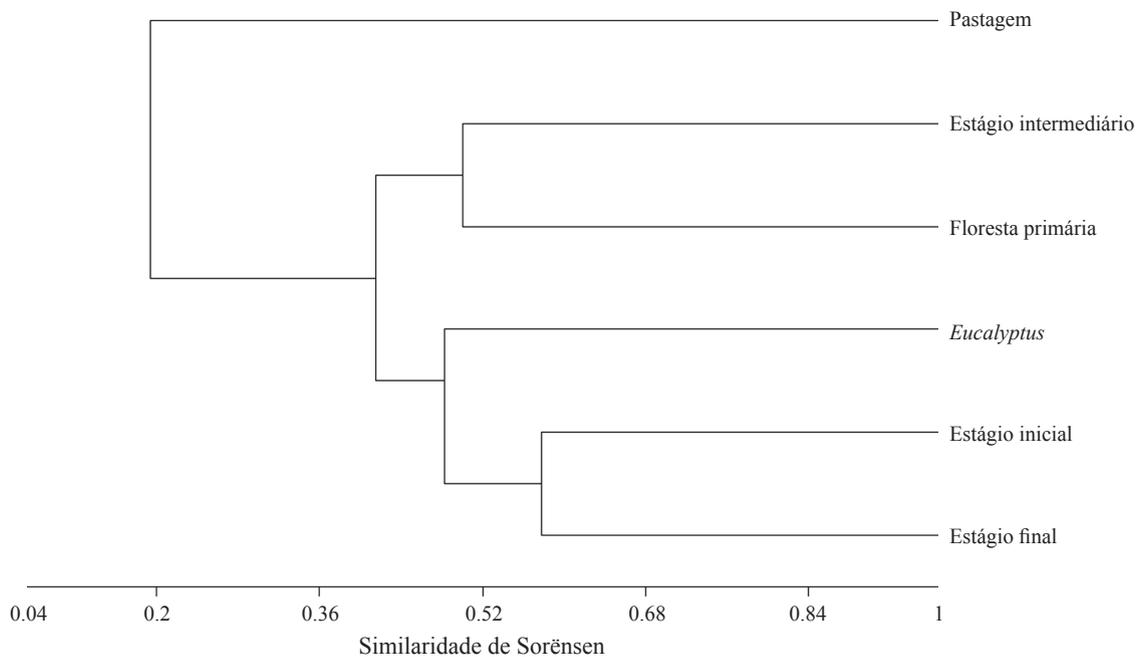


Fig 2 Dendrograma produzido pela análise de agrupamento utilizando a similaridade da composição específica obtida pelo índice de Sorênsen entre os diferentes sistemas de uso da terra no Sul da Bahia.

menos parte da diversidade de espécies presente na vegetação nativa, assim como observado por Marinho *et al* (2002). O mesmo não aconteceu com as áreas de pastagens, onde uma comunidade diferente se instalou.

A análise de correspondência canônica evidenciou a

mesma estrutura dos grupos que a análise de agrupamento (Fig 3). Ocorreram três grupos de sistemas que podem ser associados ao aumento da frequência de algumas espécies de formigas. O cultivo de eucalipto posiciona-se isoladamente em um gradiente de aumento na frequência relativa das

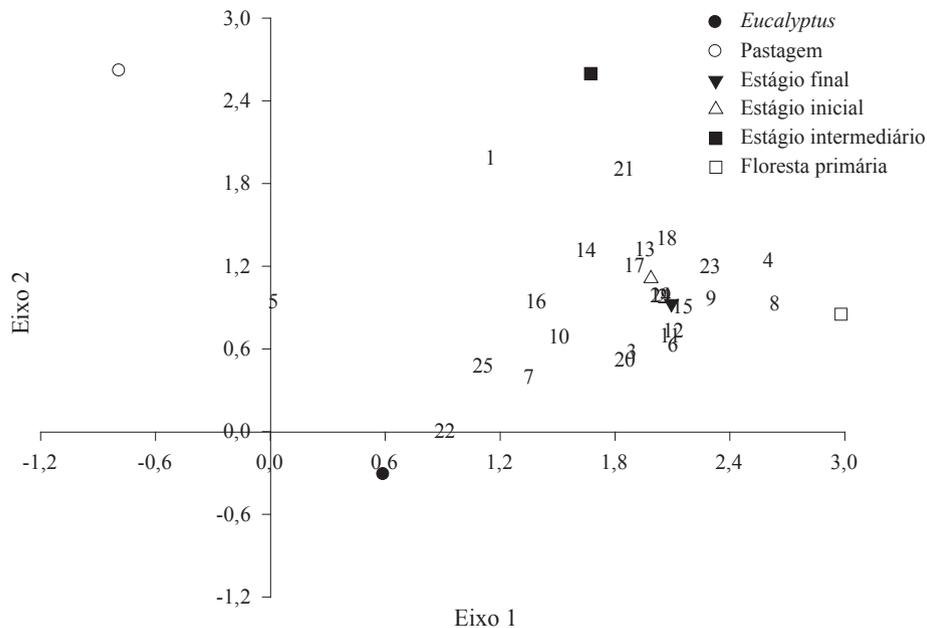


Fig 3 Distribuição dos sistemas de uso em função da incidência das 25 espécies mais frequentes no estudo segundo a análise de correspondência tipo DCA (Detrended Correspondence Analysis). (1) *Brachymyrmex* sp3, (2) *Pheidole* sp10, (3) *Pheidole* sp11, (4) *Pheidole* sp19, (5) *Solenopsis* sp4, (6) *Pyramica eggersi*, (7) *Odontomachus meinerti*, (8) *Pachycondyla harpax*, (9) *Hypoponera* sp2, (10) *Paratrechina* sp3, (11) *Paratrechina* sp4, (12) *Octostruma stenognatha*, (13) *Pheidole* sp1, (14) *Solenopsis* sp2, (15) *Rogéria* sp3, (16) *Strumigenys* sp2, (17) *Solenopsis* sp3, (18) *Hypoponera* sp3, (19) *Hypoponera* sp5, (20) *Pheidole* sp14, (21) *Solenopsis* sp5, (22) *Strumigenys* sp3, (23) *Wasmannia auropunctata*, (24) *Solenopsis* sp6, (25) *Pyramica denticulata*.

espécies associadas ao eixo 1 (Fig 3), o que mostra que mesmo apresentando similaridade na composição (Fig 2) e densidade de espécies às áreas florestais em diferentes estágios sucessionais, observa-se, nesse agroecossistema, uma redução da frequência de várias espécies tipicamente de floresta (Fig 3, *Online Supplementary Material 2*).

A floresta primária apresenta-se no extremo do eixo 1 da DCA, evidenciando a alta frequência de várias espécies. O Eixo 1 apresenta associação positiva com espécies tipicamente florestais. A pastagem está separada dos demais sistemas de uso na porção superior do gráfico, evidenciando tanto uma elevada redução na frequência de espécies que tipicamente são frequentes nos sistemas florestais, quanto um incremento na frequência de algumas espécies, aparentemente invasoras (Fig 3, *Online Supplementary Material 2*).

Desta forma o cultivo de eucalipto apresenta maior incidência de espécies encontradas nos sistemas florestais mais conservados quando comparado à pastagem, embora com redução da incidência dessas espécies, quando comparado aos demais sistemas florestais, de forma semelhante aos relatos de Marinho *et al* (2002) ao comparar áreas de cerrado com eucaliptais.

As espécies com grande associação ao Eixo 1 da DCA podem potencialmente ser utilizadas como bioindicadoras de qualidade ambiental, visto que formam um gradiente de aumento de frequência, onde em um extremo estão os agroecossistemas e do outro a floresta primária. *Pyramica eggersi* (Emery) apresentou correlação apenas com os sistemas florestais (eixo 1), sendo bastante representativa para a área de eucalipto, assim como relatado anteriormente (Ramos *et al* 2003, Conceição *et al* 2006). Por outro lado, *Pheidole* sp1 apresentou aumento de frequência apenas em áreas abertas (eixo 2), o que pode ser indicativo de distúrbio. Outras espécies do gênero *Pheidole* (*Pheidole* sp10 e *Pheidole* sp11) apresentaram maior frequência nos sistemas florestais. De maneira geral, o gênero *Pheidole* mostrou-se bastante generalista, possuindo espécies características de ambiente florestal e de ambiente aberto. Este fato dificulta sua utilização como bioindicador, dada a exigência quanto à identificação correta de espécies de um gênero bastante diversificado.

Pachycondyla harpax (Fabricius) e *Pyramica denticulata* (Mayr) também apresentaram alto grau de correlação com os sistemas florestais estudados, e são comuns em áreas caracterizadas por baixo impacto, e em áreas com alto impacto humano, respectivamente (Conceição *et al* 2006). Assim, aparentemente, *P. harpax* apresenta potencial elevado de bioindicação de sistemas conservados.

Vandermeer & Perfecto (2007) ressaltam a importância em se reconhecer as consequências da matriz agrícola em uma estrutura de paisagem. Segundo os autores, em uma escala global, mesmo depois que todos os parques e reservas concebíveis tenham se estabelecido, provavelmente a grande maioria da biodiversidade do mundo venha a existir em fragmentos de habitats que ocorram dentro de uma matriz agrícola.

Vários trabalhos relatam o papel de agroecossistemas na conservação da biodiversidade de insetos em escala regional (Perfecto & Snelling 1995, Watt *et al* 2002, Armbrrecht and Perfecto 2003). Este trabalho evidencia a importância relativa

de agroecossistemas e de diferentes estágios sucessionais da Mata Atlântica para a conservação da diversidade de formigas. O agroecossistema eucaliptal apresentou importância similar a áreas florestais em diferentes estágios sucessionais na conservação da diversidade de formigas, em contraste com as áreas de pastagem dessa região.

Referências

- Armbrrecht I, Perfecto I (2003) Litter-twig dwelling ant species richness and predation potential within a forest fragment and neighboring coffee plantations of contrasting habitat quality in México. *Agric Ecosyst Environ* 97: 107-115.
- Bestelmeyer B T, Agosti D, Alonso L E, Brandão C R F, Brown Jr W L, Delabie J H C, Silvestre R (2000) Field techniques for the study of ground-dwelling ants: an overview, description, and evaluation, p.122-144. In Agosti D, Majer J D, Alonso L E, Schultz T R (eds) *Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Washington, Smithsonian Institution Press, 280p.
- Bolton B (1994) *Identification guide to the ant genera of the world*. Cambridge, Harvard University, 222p.
- Buckley Y M, Briese D T, Rees M (2003) Demography and management of the invasive plant species *Hypericum perforatum*. I. Using multi-level mixed-effects models for characterizing growth, survival and fecundity in a long-term data set. *J Appl Ecol* 40: 481-493.
- Campiole S, Delabie J H C (2000) Caractérisation de la myrmécofauna de la litière de la forêt atlantique du sud de Bahia-Brésil. *Insectes Soc* 13: 65-70.
- Carvalho R M M A, Soares T S, Valverde S R (2005) Caracterização do setor florestal: uma abordagem comparativa com outros setores da economia. *Ciência Florestal*, Santa Maria 15: 105-118.
- Conceição E S, Costa-Neto A O, Andrade F P, Nascimento I C, Martins L C B, Brito B N, Mendes L F, Delabie J (2006) *Assembléias de Formicidae da serapilheira como bioindicadores da conservação de remanescentes de Mata Atlântica no extremo sul do estado da Bahia*. *Sitientibus Sér Ci Biol* 6: 296-305.
- Colwell R K (2004) *EstimateS: statistical estimation of species richness and shared species from samples. User's guide and application*. University of Connecticut, Storrs. Disponível em: <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>.
- Crawley M J (2002) *Statistical computing – an introduction to data analysis using S-plus*. John Wiley & Sons, London 761p.
- Dias N S, Zanetti R, Santos M S, Louzada J, Delabie J (2008) Interação de fragmentos florestais com agroecossistemas adjacentes de café e pastagem: respostas das comunidades de formigas (Hymenoptera, Formicidae). *Iheringia Ser Zool* 98: 136-142.
- Ellison A M, Record S, Arguello A, Gotelli N (2007) Rapid inventory of the ant assemblage in a temperate hardwood forest: Species composition and assessment of sampling methods. *Environ Entomol* 36: 766-775.

- Fonseca G A B (2001) Proposta para um programa de avaliação rápida em âmbito nacional, p.150-156. In Garay I, Dias B (orgs) Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais. Editora vozes, Petrópolis, 167p.
- Galindo-Leal C, Câmara I G (2005) Status do hotspot Mata Atlântica: uma síntese, p.3-11. In Galindo-Leal C, Câmara I G (eds) Mata Atlântica: biodiversidade, ameaças e perspectivas. São Paulo, Fundação SOS Mata Atlântica – Belo Horizonte, Conservação Internacional, 472p.
- Gardner T, Ribeiro Jr MA, Barlow J, Ávila-Pires T C S, Hoogmoed M, Peres C A (2007) The value of primary, secondary, and plantation forests for a Neotropical herpetofauna. *Conserv Biol* 21: 775-787.
- Hites N L, Mourao M A N, Araujo F O, Melo M V, Biseau J C, Quinet Y (2005) Diversity of the ground-dwelling ant fauna (Hymenoptera : Formicidae) of a moist, montane forest of the semi-arid Brazilian “Nordeste”. *Rev Biol Trop* 53: 165-173.
- IBGE (1992) Manual técnico da vegetação brasileira. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 245p.
- Lassau S A, Hochuli D F (2005) Wasp community responses to habitat complexity in Sidney sandstone forest. *Austral Ecol* 30: 179-187.
- Lobry de Bruyn LA (1999) Ants as bioindicators of soil functions in rural environments. *Agric Ecosyst Environ* 74: 425-441.
- Marinho C G S, Zanetti R, Delabie J H C, Schlindwein M N, Ramos L S (2002) Diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) da serrapilheira em eucaliptais (Myrtaceae) e área de cerrado de Minas Gerais. *Neotrop Entomol* 31: 187-195.
- Morellato L P C, Haddad C F B (2000) Introduction: the Brazilian Atlantic Forest. *Biotropica* 32: 786-792
- Niemi G J, McDonald M E (2004) Application of ecological indicators. *Annu Rev Ecol Evol Syst* 35: 89-111.
- Perfecto I, Snelling R (1995) Biodiversity and the transformation of a tropical agroecosystem: ants in coffee plantations. *Ecol Appl* 5: 1084-1097.
- R Development Core Team (2005) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0. Disponível em: <http://www.R-project.org>.
- Ramos L S, Marinho C G S, Zanetti R, Delabie J H C, Schlindwein M N (2003) Impacto de iscas formicidas granuladas sobre a mirmecofauna não-alvo em eucaliptais segundo duas formas de aplicação. *Neotrop Entomol* 32: 231-237.
- Read J L, Andersen A N (2000) The value of ants as early warning bioindicators: responses to pulsed cattle grazing at an Australian arid zone locality. *J Arid Environ* 45: 231-251.
- Saatchi S, Agosti D, Alger K, Delabie J H C, Musinsky J (2001) Examining fragmentation and loss of primary forest in the southern Bahian Atlantic Forest of Brazil with radar imagery. *Conserv Biol* 15: 867-875.
- Schonberg L A, Longino J T, Nadkarni N M, Yanoviak S P (2004) Arboreal ant species richness in primary forest, secondary forest, and pasture habitats of a tropical montane landscape. *Biotropica* 36: 402-409.
- Sperber C F, Nakayama K, Valverde M J, Neves F S (2004) Tree species richness and density affect parasitoid diversity in cacao agroforestry. *Basic Appl Ecol* 5: 241-251.
- Stevens S M, Husband T P (1998) The influence of edge on small mammals: evidence from Brazilian Atlantic forest fragments. *Biol Conserv* 85: 1-8.
- Soares S M, Marinho C G S, Della-Lucia T M C (1998) Riqueza de espécies de formigas edáficas em plantações de eucalipto e em mata secundária nativa. *Revta Bras Zool* 15: 889-898.
- Thomas W W, Carvalho A M A, Garrison J, Arbelaez A L (1998) Plant endemism in two forests in southern Bahia, Brazil. *Biod Conser* 7: 311-322.
- Vandermeer J, Perfecto I (2007) The agricultural matrix and a future paradigm for conservation. *Conserv Biol* 21: 274-277.
- Watt A D, Stork N E, Bolton B (2002) The diversity and abundance of ants in relation to forest disturbance and plantation establishment in southern Cameroon. *J Appl Ecol* 39: 18-30.
- Wilson E O (1976) Which are the most prevalent ant genera? *Stud Entomol Petrópolis* 19: 187-200.

Received 29/III/07. Accepted 28/V/10.

Online Supplementary Material 1

Braga D L, Louzada J N C, Zanetti R, Delabie J (2010) Avaliação rápida da diversidade de formigas em sistemas de uso do solo no Sul da Bahia. *Neotrop Entomol* 39(4): 464-469.

Frequência de ocorrência das espécies de formigas nos ecossistemas avaliados no Sul da Bahia.

Espécie	Floresta primária	Floresta estágio tardio	Floresta intermediária	Floresta recente	Eucalipto	Pastagem
<i>Amblyopone</i> sp 1	0	0,1	0	0	0	0
<i>Amblyopone</i> sp 1	0	0,1	0	0	0	0
<i>Anochetus</i> sp 1	0	0	0	0	0,1	0,2
<i>Apterostigma</i> sp 1	0	0,1	0	0	0	0
<i>Apterostigma</i> sp 2	0	0,1	0	0	0	0
<i>Brachymyrmex</i> sp 1	0	0	0	0	0	0,2
<i>Brachymyrmex</i> sp 2	0	0	0,1	0	0	0
<i>Brachymyrmex</i> sp 3	0	0,1	0,2	0,1	0	0,2
<i>Brachymyrmex</i> sp 4	0	0	0	0	0,1	0
<i>Carebara</i> sp 1	0	0,1	0	0	0,1	0
<i>Carebara</i> sp 2	0	0	0,1	0	0	0
<i>Crematogaster tenvicula</i>	0	0,1	0	0,1	0	0
<i>Crematogaster victima</i>	0	0	0	0	0,1	0,5
<i>Crematogaster</i> sp 1	0	0,1	0	0,1	0	0
<i>Crematogaster</i> sp 2	0	0	0	0	0	0
<i>Crematogaster</i> sp 3	0	0,1	0	0,1	0	0
<i>Cyphomyrmex rimosus</i> (Spinola)	0,2	0	0	0,1	0	0
<i>Cyphomyrmex transversus</i> Emery	0	0,2	0	0	0,1	0,2
<i>Cyphomyrmex</i> sp 1	0	0	0	0	0,1	0
<i>Cyphomyrmex</i> sp 2	0	0,1	0	0	0	0
<i>Cyphomyrmex</i> sp 3	0	0	0,1	0,1	0	0
<i>Cyphomyrmex</i> sp 4	0	0,1	0	0,1	0,2	0
<i>Cyphomyrmex</i> sp 5	0	0	0	0,1	0	0
<i>Cyphomyrmex</i> sp 6	0	0	0	0,1	0	0
<i>Cyphomyrmex</i> sp 7	0	0,1	0	0	0,3	0
<i>Dolichoderus imitator</i> Emery	0,2	0	0	0,4	0	0
<i>Ectatomma brunneum</i> Fr. Smith	0	0	0	0,1	0	0
<i>Ectatomma edentatum</i> Roger	0	0,1	0	0,1	0	0
<i>Ectatomma permagnum</i> Forel	0	0	0	0	0,1	0
<i>Ectatomma tuberculatum</i> (Olivier)	0	0,1	0	0	0	0
<i>Eurhopalothrix</i> sp n	0	0	0	0,1	0	0
<i>Discothyrea</i> sp 1	0	0,1	0,1	0	0	0
<i>Discothyrea</i> sp 2	0	0,1	0	0	0	0
<i>Hylomyrma</i> sp 1	0	0	0	0,1	0	0
<i>Hylomyrma</i> sp 2	0	0,1	0	0	0	0
<i>Hypoponera</i> sp 1	0	0	0,2	0,3	0	0
<i>Hypoponera</i> sp 2	0	0,1	0,1	0	0,3	0
<i>Hypoponera</i> sp 3	0,2	0,1	0,2	0	0,4	0
<i>Hypoponera</i> sp 4	0,2	0,2	0	0	0	0

Continue

Continuation

Espécie	Floresta primária	Floresta estágio tardio	Floresta intermediária	Floresta recente	Eucalipto	Pastagem
<i>Hypoconera</i> sp 5	0,4	0	0,2	0,1	0,3	0
<i>Hypoconera</i> sp 6	0	0,1	0	0	0	0
<i>Hypoconera</i> sp 7	0,2	0	0	0	0	0
<i>Leptogenys</i> sp 1	0	0	0,1	0	0	0
<i>Mycocephalus</i> sp 1	0	0,1	0	0	0	0
<i>Octostruma balzani</i> (Emery)	0	0	0,2	0	0	0
<i>Octostruma stenognatha</i> Brown & Kempf	0,6	0,1	0,2	0	0	0
<i>Odontomachus chelifer</i> (Latreille)	0	0	0	0	0	0,2
<i>Odontomachus haematodus</i> (L.)	0	0	0,1	0	0	0
<i>Odontomachus meinerti</i> Forel	0,2	0,2	0,1	0,1	0	0
<i>Pachycondyla arhuaca</i> (Forel)	0	0,1	0	0	0	0
<i>Pachycondyla harpax</i> (Fabricius)	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0
<i>Pachycondyla stigma</i> (Fabricius)	0,2	0	0	0	0	0
<i>Paratrechina</i> sp 1	0	0	0	0	0	0
<i>Paratrechina</i> sp 2	0	0	0,1	0	0	0
<i>Paratrechina</i> sp 3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0
<i>Paratrechina</i> sp 4	0,2	0,2	0	0,1	0,2	0
<i>Paratrechina</i> sp 5	0,2	0,2	0	0	0,1	0
<i>Pheidole</i> sp 1	0	0	0	0	0,4	0,3
<i>Pheidole</i> sp 2	0	0	0,1	0,1	0,1	0
<i>Pheidole</i> sp 3	0	0	0	0	0,1	0
<i>Pheidole</i> sp 4	0,4	0	0	0	0	0
<i>Pheidole</i> sp 5	0	0	0,1	0	0	0
<i>Pheidole</i> sp 6	0,2	0	0,2	0	0	0
<i>Pheidole</i> sp 7	0	0	0,2	0	0	0
<i>Pheidole</i> sp 8	0	0	0	0	0	0,2
<i>Pheidole</i> sp 9	0,2	0	0,1	0	0	0
<i>Pheidole</i> sp 10	0,2	0,2	0	0,1	0,1	0
<i>Pheidole</i> sp 11	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0
<i>Pheidole</i> sp 12	0,2	0	0,1	0	0	0,2
<i>Pheidole</i> sp 13	0	0,2	0	0,1	0	0
<i>Pheidole</i> sp 14	0,2	0	0,3	0,5	0,1	0
<i>Pheidole</i> sp 15	0	0,1	0	0,1	0	0
<i>Pheidole</i> sp 16	0	0	0	0	0,1	0
<i>Pheidole</i> sp 17	0	0,1	0	0,3	0,1	0
<i>Pheidole</i> sp 18	0	0	0,1	0	0	0
<i>Pheidole</i> sp 19	0	0,1	0,1	0,1	0,2	0
<i>Pyramica denticulata</i> (Mayr)	0,8	0,3	0,8	0,5	0,1	0,2
<i>Pyramica eggersi</i> (Emery)	0	0	0	0,1	0,4	0
<i>Pyramica</i> sp 1	0	0	0	0	0	0
<i>Pyramica</i> sp 2	0	0,1	0	0	0	0
<i>Pyramica</i> sp 3	0	0	0,1	0,1	0,1	0

Continue

Continuation

Espécie	Floresta primária	Floresta estágio tardio	Floresta intermediária	Floresta recente	Eucalipto	Pastagem
<i>Pyramica</i> sp 4	0,2	0,1	0	0	0	0,2
<i>Rogeria</i> sp 1	0,2	0	0	0	0	0
<i>Rogeria</i> sp 2	0	0,1	0	0,3	0	0
<i>Rogeria</i> sp 3	0	0,1	0	0,3	0,3	0
<i>Sericomyrmex</i> sp 1	0	0	0	0	0,1	0
<i>Sericomyrmex</i> sp 2	0	0	0	0,1	0	0
<i>Solenopsis</i> sp 1	0,2	0	0	0	0	0
<i>Solenopsis</i> sp 2	0,4	0	0	0,3	0,2	0
<i>Solenopsis</i> sp 3	0,2	0,3	0	0,3	0	0
<i>Solenopsis</i> sp 4	0	0,1	0,3	0,1	0	0
<i>Solenopsis</i> sp 5	0,2	0,2	0,6	0,3	0,3	0,2
<i>Solenopsis</i> sp 6	1	0,2	0,5	0,5	0,3	0,3
<i>Solenopsis</i> sp 7	0	0	0	0	0	0,2
<i>Solenopsis</i> sp 8	0	0	0	0	0,1	0
<i>Strumigenys</i> sp 1	0	0	0	0	0	0,3
<i>Strumigenys</i> sp 2	0,6	0,1	0	0,3	0	0
<i>Strumigenys</i> sp 3	0,4	0,4	0,2	0,6	0,2	0
<i>Trachymyrmex</i> sp 1	0	0	0,1	0	0	0
<i>Trachymyrmex</i> sp 2	0	0	0	0	0,1	0
<i>Trachymyrmex</i> sp 3	0	0	0,1	0	0	0
<i>Trachymyrmex</i> sp 4	0	0	0	0	0,1	0
<i>Thaumatomyrmex</i> sp 1	0,2	0,1	0	0	0	0
<i>Pseudomyrmex termitarius</i> (Fr. Smith)	0	0	0	0	0	0,2
<i>Pseudomyrmex tenuis</i> (Fabricius)	0	0	0,2	0	0	0
<i>Wasmannia auropunctata</i> (Roger)	0	0,2	0,4	0,3	0,6	0
<i>Wasmannia</i> sp 1	0,2	0	0,1	0	0	0

Online Supplementary Material 2

Braga D L, Louzada J N C, Zanetti R, Delabie J (2010) Avaliação rápida da diversidade de formigas em sistemas de uso do solo no Sul da Bahia. *Neotrop Entomol* 39(4): 464-469.

Associação das espécies de formigas aos dois primeiros eixos gerados pela análise de correspondência retificada (DCA).

Espécies	Eixo 1	Eixo 2
<i>Brachymyrmex</i> sp3	1,135	1,987
<i>Hypoponera</i> sp2	1,096	0,475
<i>Hypoponera</i> sp3	1,492	0,685
<i>Hypoponera</i> sp5	2,073	0,695
<i>Octostruma stenognatha</i>	2,585	1,244
<i>Odontomachus meinerti</i>	2,282	1,197
<i>Pachycondyla harpax</i>	2,024	0,984
<i>Paratrechina</i> sp3	2,035	0,976
<i>Paratrechina</i> sp4	1,873	0,579
<i>Pheidole</i> sp1	0,000	0,943
<i>Pheidole</i> sp10	2,090	0,730
<i>Pheidole</i> sp11	2,024	0,984
<i>Pheidole</i> sp14	1,941	1,323
<i>Pheidole</i> sp19	1,836	0,521
<i>Pyramica denticulata</i>	2,055	1,400
<i>Pyramica eggersi</i>	0,897	0,000
<i>Rogéria</i> sp3	1,334	0,398
<i>Solenopsis</i> sp2	2,087	0,629
<i>Solenopsis</i> sp3	2,287	0,966
<i>Solenopsis</i> sp4	1,833	1,905
<i>Solenopsis</i> sp5	1,632	1,311
<i>Solenopsis</i> sp6	1,886	1,201
<i>Strumigenys</i> sp2	2,619	0,927
<i>Strumigenys</i> sp3	2,139	0,907
<i>Wasmannia auropunctata</i>	1,372	0,945