



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SANTA CRUZ - UESC
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO -
PROPP

PPG Ecologia da Conservação



Universidade Estadual de Santa Cruz

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS - DCB
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO DA
BIODIVERSIDADE - PPGE CB

CONTRIBUIÇÃO DE CACAUAIS NA MANUTENÇÃO DAS ASSOCIAÇÕES
ENTRE ORGANISMOS MIRMECÓFILOS E DUAS ESPÉCIES DE
***PACHYCONDYLA* NO SUL DA BAHIA, BRASIL**

JULIANA MENDONÇA DOS SANTOS LOPES

ILHÉUS – BAHIA – BRASIL

Março de 2012

JULIANA MENDONÇA DOS SANTOS LOPES

**CONTRIBUIÇÃO DE CACAUAIS NA MANUTENÇÃO DAS ASSOCIAÇÕES
ENTRE ORGANISMOS MIRMECÓFILOS E DUAS ESPÉCIES DE
PACHYCONDYLA NO SUL DA BAHIA, BRASIL**

ILHÉUS – BAHIA – BRASIL

Março de 2012

JULIANA MENDONÇA DOS SANTOS LOPES

**CONTRIBUIÇÃO DE CACAUAIS NA MANUTENÇÃO DAS ASSOCIAÇÕES
ENTRE ORGANISMOS MIRMECÓFILOS E DUAS ESPÉCIES DE
PACHYCONDYLA NO SUL DA BAHIA, BRASIL**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Santa Cruz, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação da Biodiversidade.

Área de concentração: Ecologia e Conservação de Comunidades

Orientador: Prof. Dr. Jacques Hubert Charles Delabie

Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Cléa dos Santos Ferreira Mariano

ILHÉUS – BAHIA – BRASIL

Março de 2012

L864

Lopes, Juliana Mendonça dos Santos

Contribuição de cacauais na manutenção das associações entre organismos mirmecófilos e duas espécies de *Pachicondyla* no Sul da Bahia, Brasil / Juliana Mendonça dos Santos Lopes. – Ilhéus, BA: UESC, 2012.

58 f.: il.; anexo.

Orientador: Jacques Hubert Charles Delabie.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Santa Cruz. Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Biodiversidade.

Inclui bibliografia.

1. Formiga – Comportamento – Mata Atlântica. 2. Cacaueiro - Cultivo. 3. Vida selvagem - Conservação. 4. Biodiversidade. 5. Florestas tropicais – Conservação. I. Título.

CDD 595.796

JULIANA MENDONÇA DOS SANTOS LOPES

**CONTRIBUIÇÃO DE CACAUAIS NA MANUTENÇÃO DAS ASSOCIAÇÕES
ENTRE ORGANISMOS MIRMECÓFILOS E DUAS ESPÉCIES DE
PACHYCONDYLA NO SUL DA BAHIA, BRASIL**

Ilhéus-BA, 07 de março 2012

Prof. Dr. Jacques Hubert Charles Delabie
(orientador)
Universidade Estadual de Santa Cruz

Profa. Dra. Cléa dos Santos Ferreira Mariano
(Co-orientadora)
Universidade Estadual de Santa Cruz

Dr. Sébastien Lacau
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Dr. Anibal Ramadan Oliveira
Universidade Estadual de Santa Cruz

A Flor do Maracujá

Catulo da Paixão Cearense

*Encontrando-me com um sertanejo
Perto de um pé de maracujá
Eu lhe perguntei:
Diga-me caro sertanejo
Porque razão nasce roxa
A flor do maracujá?
Ah, pois então eu lhi conto
A estória que ouvi contá
A razão pro que nasci roxa
A flor do maracujá
Maracujá já foi branco
Eu posso inté lhe ajurá
Mais branco qui caridadi
Mais brando do que o luá
Quando a flor brotava nele
Lá pros cunfim do sertão
Maracujá parecia
Um ninho de argodão
Mais um dia, há muito tempo
Num meis que inté num mi alembro
Si foi maio, si foi junho
Si foi janero ou dezembro
Nosso sinhô Jesus Cristo
Foi condenado a morrer
Numa cruiz crucificado
Longe daqui como o quê
Pregaro cristo a martelo
E ao vê tamanha crueza
A natureza inteirinha
Pois-se a chorá di tristeza
Chorava us campu
As foia, as ribera
Sabiá também chorava
Nos gaio a laranjera
E havia junto da cruiz
Um pé de maracujá
Carregadinho de flor
Aos pé de nosso sinhô
I o sangue de Jesus Cristo
Sangui pisado de dô
Nus pé du maracujá
Tingia todas as flor
Eis aqui seu moço
A estoria que eu vi contá
A razão proque nasce roxa
A flor do maracujá*

*Aos meus pais, Rodolfo e Marizete,
por toda confiança, apoio, amor e
dedicação.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador Dr. Jacques H. C. Delabie pela valiosa orientação e por todo apoio. Muito obrigada por todo o carinho com que trabalha e guia suas “formiguinhas” do meio acadêmico. Serei eternamente grata por seus ensinamentos, compreensão e amizade.

À Dra. Cléa S. F. Mariano, minha querida co-orientadora. Foi com ela que aprendi grande parte do que precisei para a execução deste estudo. Obrigada pela paciência em transmitir conhecimento e pela ajuda nos momentos mais importantes.

À Universidade Estadual de Santa Cruz e ao Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação, pelo suporte acadêmico. Muito obrigada aos docentes do PPGECB por fazer valer o que chamamos de “professor”. Agradeço em especial à Vanessa e Iky, secretárias do PPGECB, por serem sempre tão solícitas.

Ao CNPq pelo suporte financeiro, fundamental para a minha dedicação integral na realização deste estudo.

À CEPLAC pelo apoio logístico e laboratorial.

Aos colegas do Laboratório de Mirmecologia da CEPLAC, em especial Ana Flávia, Fátima, Leonny e Thalles por me situar em uma área até então desconhecida. Meu muito obrigada à Roberta J. Santos pela parceria. Agradeço de coração à José Raimundo, José Abade e José Crispim pelas coletas e pelo aprendizado no campo.

Ao Prof. Dr. Anibal Ramadan Oliveira, pelos ensinamentos, conselhos e empréstimos de material de pesquisa.

Ao Dr. Luis F. Alberti pelo apoio estatístico. Por me ajudar nos momentos de pânico, meu muito obrigada.

Aos meus amigos de Alfenas que sempre se fazem presentes de alguma forma.

Às pessoas super queridas que convivi durante esses dois anos em Ilhéus. Meus queridos colegas de curso em especial aos parceiros Adriana, Victória e Henrique Gava “meu irmão”. Às Luluzetes que tanto me apóiam e que tanto amo: Isabel, Makelly, Luciana, Renata (Pepa), Dani Trigueirinho e Gisele. À turma de “quinta-feira”: Márcia Rocca, Oswaldo e Flávio, vocês são fundamentais.

À minha querida amiga Márcia Rocca. Não tenho como agradecer por tudo o que fez por mim. Obrigada pelo carinho, amizade, exemplo de vida e de profissional.

Aos meus familiares que sempre torceram por mim.

Meu agradecimento mais que especial à meu pai Rodolfo e à minha mãe Marizete pelas mãos de ferro capazes de apoiar todas as dificuldades. Pela história de vida que traçamos juntos, por cada etapa vencida, cada barreira, cada obstáculo. Por nunca me deixarem esquecer por onde começamos e de onde viemos. Pelo amor incondicional que só vocês me fazem sentir. À Camila que faz parte dessa história e é mais que irmã, é amiga, companheira. Mesmo distante está sempre presente e é um dos meus motivos de felicidade. Amo muito minha linda família. Estaremos juntos para sempre!

Ao Ronaldo (Juninho), meu grande amor, companheiro, amigo. Obrigada pelo apoio e incentivo sempre. Por me fazer tão feliz mesmo nos momentos mais tensos e me mostrar um mundo de um jeitinho mais simples, mais calmo, mais sereno... Por isso e muito mais: Te amo!

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS.....	viii
RESUMO	xi
ABSTRACT	xii
1- INTRODUÇÃO GERAL.....	13
2 - OBJETIVO GERAL.....	18
2.1 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
3 - HIPÓTESES.....	18
4 - LITERATURA CITADA.....	19
5 - ARTIGO – Contribuição de Plantações de Cacau na Manutenção de Organismos Mirmecófilos Associados à <i>Pachycondyla</i> spp. no Sul da Bahia, Brasil.....	25
5.1- RESUMO.....	26
5.2- ABSTRACT.....	27
5.3- INTRODUÇÃO.....	28
5.4- MATERIAL E MÉTODOS.....	30
5.5- RESULTADOS.....	34
5.6- DISCUSSÃO.....	44
5.7- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50
6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	57
7 – FONTES DE FINANCIAMENTO.....	57
8 – ANEXO.....	58

RESUMO

A Mata Atlântica baiana é caracterizada principalmente por florestas úmidas, ricas em espécies e com alto grau de endemismo. Parte da biodiversidade dessas florestas tem sido conservada pelo cultivo tradicional do cacau na região Sul da Bahia. Nestas plantações (“cabruças”), os cacauais são plantados sob um dossel de Mata Atlântica raleada e ficam sombreados por árvores nativas. Outro meio de plantio de cacau é a “derruba total”- a vegetação original é eliminada e o cacau é plantado sob árvores exóticas ou de valor econômico. As agroflorestas são importantes para a conservação da fauna florestal, em particular formigas. A fauna de Formicidae possui grande diversidade de espécies, ocupa uma ampla variedade de nichos ecológicos em quase todos os habitats e contribui para a manutenção dos ecossistemas tropicais. As formigas influenciam na evolução de outros organismos, tais como uma variedade de espécies miméticas. Animais mimercófilos vivem dentro ou perto de formigueiros e mimetizam sinais químicos, morfológicos e/ou comportamentais da comunicação intra-específica das formigas. Poucos são os estudos sobre organismos associadas à formigas poneromorfas da Região Neotropical, em particular do gênero *Pachycondyla*, foco deste estudo. Nossos objetivos foram amostrar e comparar a fauna associada a formigueiros de *Pachycondyla apicalis* e *P. verenae* da região Sul da Bahia em ambientes de Mata Atlântica, “cabruca” e “derruba total”, além de buscar inferir sobre a capacidade de manutenção de redes tróficas em ninhos de tais espécies por ambientes com diferentes gradientes de perturbação. Devido à baixa amostragem em Mata Atlântica, focamos áreas de cabruças e derruba total. Foram encontrados 25 grupos de invertebrados, entre os quais Hexapoda, Chelicerata, Myriapoda, Crustacea, Mollusca e outros, associados a *P. apicalis-verenae*. Ácaros e colêmbolas foram os mais frequentes. Não foram encontradas diferenças significativas entre áreas de cabruca e derruba total. Porém os resultados apontam diferenças na composição das comunidades de artrópodes associados a *P. apicalis-verenae* a depender do substrato dos ninhos (tronco e frutos de cacau em decomposição). Dessa forma, existe possibilidade das cabruças e áreas de derruba total atuarem positivamente na manutenção de parte da mesofauna da região, sendo importante a manutenção desses ambientes no Sul da Bahia.

Palavras-chave: Complexo *apicalis*; *Pachycondyla apicalis*; *Pachycondyla verenae*; Ponerinae; Formicidae; Mirmecófilos; Mata Atlântica; Cabruca; Interação.

ABSTRACT

The Atlantic Forest of Bahia is characterized by rainforests, with abundance of species and high degree of endemism. Part of the biodiversity of these forests has been preserved by the traditional farming of cacao in the south of Bahia. In these plantations ("cabruças") the cacao plantations are planted under a canopy of thin Atlantic Forest and they are shaded by native trees. Another way of planting cocoa is the "total felling" - the original vegetation is removed and the cocoa is planted under exotic or economic value trees. The agroforestry systems are important for the conservation of forest fauna, in particular ants. The fauna of Formicidae has a great diversity of species, it occupy a wide variety of ecological niches in almost all habitats, and contribute to the maintenance of tropical ecosystems. Ants influence the evolution of other organisms, such as a variety of mimetic species. Myrmecophilous animals live in or near nests and mimic chemical, morphological and/or behavioral signals of ants intraspecific communication. There are few studies on organisms associated with Ponerinae ants from the Neotropical region, particularly the genus *Pachycondyla*, focus of this study. Thus, our objectives were to sample and compare the associated fauna with the nests of *Pachycondyla apicalis* and *P. verenae* of southern Bahia Atlantic Forest, "cabruça" and "total felling" environments. In order to infer about the maintainability of food webs in the nests of such species in environments with different gradients of disturbance. Due to the low sampling in Atlantic Forest, we focus cabruça and total felling areas. There were found 25 invertebrate groups, including Hexapoda, Chelicerata, Myriapoda, Crustacea, Mollusca, and others, associated with *P. apicalis-verenae*. Mites and collembolans were the most frequent. There were no significant differences between cabruça and total felling areas. But the results show differences in the composition of arthropod communities associated with *P. apicalis-verenae* depending on the substrate of the nests (trunk and cocoa fruits in decomposing). Thus, the cabruças and the total felling areas can play a positive role in maintaining of part the mesofauna in the region, being important to maintain those environments in the south of Bahia.

Key words: Complex *apicalis*; *Pachycondyla apicalis*; *Pachycondyla verenae*; Ponerinae; Formicidae; Mirmecófilos; Atlantic Forest; Cabruça; Interaction.

INTRODUÇÃO GERAL

As regiões tropicais caracterizam-se por apresentar florestas úmidas muito ricas em espécies e com alto grau de endemismo, incluindo a Mata Atlântica baiana (Mori *et al.*, 1983; Thomas *et al.*, 1998; Sarmiento-Soares & Martins-Pinheiro, 2006), a qual abriga numerosas espécies endêmicas de plantas vasculares, anfíbios, répteis, aves e mamíferos (Mori *et al.*, 1983, Thomas *et al.*, 1998; Tabarelli *et al.*, 2005). Um fator que vem contribuindo para a conservação de parte da biodiversidade dessa floresta é o cultivo tradicional do cacau sob a mata raleada (Rice & Greenberg, 2000). Nestas plantações, também chamadas de “cabruças”, os cacauais são plantados sob um dossel de Mata Atlântica raleado, de forma a ficarem sombreados por árvores nativas selecionadas em função de seu porte (Mandarino, 1981; Rolim & Chiarello, 2004). Além da grande importância econômica na região, o agrossistema cacau/cabruca tem sido recentemente defendido por pesquisadores por favorecer a conservação de uma grande proporção da paisagem de Mata Atlântica em vista dos outros sistemas (Delabie, 1999; Sperber *et al.*, 2004, Faria & Baumgarten, 2007; Schroth *et al.*, 2011). O cacau é nativo da região amazônica e foi introduzida no sudeste da Bahia no Século XVIII (Delabie, 1990). Outra forma de plantio de cacau é a chamada “derruba total”- a vegetação original é eliminada e o cacau é plantado sob sombras de árvores exóticas ou de valor econômico (Delabie *et al.*, 2007). Os sistemas agroflorestais tropicais, principalmente as cabruças, são importantes para a conservação da fauna florestal, em particular a de formigas (Delabie *et al.*, 2007).

Segundo estimativas publicadas sobre a diversidade da mirmecofauna (Kempf, 1972; Hölldobler & Wilson, 1990), três a oito mil espécies de formigas vivem na Região Neotropical. A fauna de Formicidae constitui uma das maiores parcelas da biomassa animal e há uma extrema diversidade de espécies caracterizadas por uma grande capacidade de adaptação, que permite a esses insetos ocupar uma ampla variedade de nichos ecológicos em quase todos os habitats terrestres, com exceção das regiões polares. Além disso, as densidades elevadas de formigueiros, os quais podem contar também com uma população importante, sendo as formigas organismos dominantes em muitas comunidades ecológicas, contribuem muito para a manutenção da estabilidade dos ecossistemas tropicais (Hölldobler & Wilson, 1990; Fowler *et al.*, 1991; Silva, 1999). Pela classificação atual (antbase.org), existem atualmente 21 subfamílias de formigas no mundo, das quais 13 ocorrem na Região Neotropical. Na

família Formicidae, até então, são conhecidos cerca de 300 gêneros com mais de 12.000 espécies descritas (antbase.org) sendo estimado em 21.000 o número total de espécies na família, todas eusociais, isto é, vivendo em colônias onde as gerações se superpõem, com cuidado cooperativo à prole e divisão de trabalho reprodutivo (Hölldobler & Wilson, 1990; Shattuck, 1992).

O número de espécies de formigas atualmente descritas representa apenas 1,5% das espécies conhecidas de insetos, porém, elas somam mais de 15% da biomassa animal de florestas tropicais (Fittkau & Klinge 1973; Agosti *et al.*, 2000). Dessa forma, os formicídeos são corriqueiramente empregados como modelos em estudos de biodiversidade, devido à sua grande importância ecológica e por possuírem características tais como: distribuição geográfica ampla, alta riqueza local e regional, dominância numérica, taxonomia e ecologia relativamente bem conhecidas (Alonso & Agosti, 2000). Além disso, existe uma íntima associação de formigas à vegetação, as quais respondem rapidamente a mudanças do ambiente e participam de praticamente todas as interações ecológicas de qualquer ecossistema terrestre das regiões tropicais (Hölldobler & Wilson, 1990). Esses animais desempenham um papel de destaque dentre os invertebrados terrestres, uma vez que participam da reciclagem de nutrientes no ambiente, atuam como dispersoras de sementes, controlam as populações de outros artrópodes, contribuem para a estruturação das camadas superficiais do solo, etc. (Hölldobler & Wilson, 1990). Como as formigas respondem rapidamente às mudanças ambientais, as mesmas têm sido amplamente utilizadas como indicadores biológicos pela comunidade científica (Delabie *et al.*, 2005).

As formigas têm influenciado na evolução de vários outros organismos, com os quais podem apresentar relações mutualísticas ou mesmo de simbiose, e têm servido de modelo para a evolução de uma notável variedade de espécies miméticas. Como por exemplo, diversas famílias de aranhas (Clubionidae, Salticidae) convergem na imitação morfológica ou comportamental de formigas (mirmecomorfia) com a finalidade de não serem atacadas por predadores ou a fim de se aproximar das formigas das quais são predadoras (Aphantochilidae, Zodariidae) (Oliveira & Sazima, 1985; Cushing, 1997; Lucas *et al.*, 2002).

Os mirmecomorfos (Donisthorpe, 1921) são animais que formam um subconjunto de organismos miméticos que se assemelham a formigas através da convergência de características morfológicas, químicas e comportamentais. Além do mais, outros organismos usam seus ninhos para desenvolver-se durante a fase larval,

fenômeno conhecido como mirmecofilia. Tais animais (mirmecófilos) formam um importante grupo de espécies miméticas, bem como aqueles artrópodes que se associam estreitamente com as formigas, mas não necessariamente se assemelham a elas (Kistner, 1982). Isso ocorre devido à habilidade desses simbiossiontes em mimetizar sinais químicos, morfológicos e/ou comportamentais utilizados na comunicação intra-específica pelas formigas, de forma que muitas espécies de artrópodes fazem dos ninhos de formigas suas casas e desfrutam de todos os seus benefícios (Hölldobler, 1971). Essas associações variam de facultativas a obrigatórias, do mutualismo ao parasitismo (Hölldobler & Wilson, 1990). Embora em alguns casos as espécies invasoras se alimentam dos juvenis de formigas no ninho, geralmente as formigas aceitam os mirmecófilos e chegam a tratá-los como se fossem da própria ninhada (Hölldobler, 1971). Esses invertebrados vivem dentro ou perto de formigueiros, tais como os das formigas dos gêneros *Atta*, *Typhlomyrmex*, *Pachycondyla*, dentre outros, sendo considerados mutualistas, às vezes, verdadeiros simbiossiontes ou parasitas (Cushing, 1997; Lacau *et al.*, 2001; Hölldobler & Wilson, 1990). Mais de 2.000 espécies de artrópodes mirmecófilos foram descritos até o momento, distribuídos em mais de 200 gêneros e 54 famílias (Hölldobler & Wilson, 1990; MacIver & Stonedahl, 1993).

Entre esses artrópodes, estão, por exemplo, os ácaros (Acari), aranhas (Araneae), diplópodes (Diplopoda), colêmbolos (Collembola), uma grande variedade de besouros (Coleoptera), moscas (Diptera) e borboletas (Lepidoptera) (Witte *et al.*, 2002). Muitas espécies de aranhas e ácaros são encontradas perto ou em ninhos de formigas e alguns colocam seus ovos nos ninhos, além de serem vistos ao longo das trilhas de migração ou de forrageamento de várias espécies de formigas (Clark & Van Pelt, 2007).

O gênero *Pachycondyla* é considerado um dos mais antigos grupos de formigas ainda vivos, sendo uma espécie fóssil (*Pachycondyla rebeckae* Rust & Andersen) descrita de formações calcárias dos primórdios do Terciário (± 55 m.a.) em formação do Nordeste da Dinamarca (Rust & Andersen, 1999). Este gênero pertence à subfamília Ponerinae que parece tão antiga quanto outros grupos de formigas já extintos (Grimaldi *et al.*, 1997).

A distribuição geográfica de *Pachycondyla* é pantropical e conta com mais de 200 espécies conhecidas (Bolton, 1995), sendo 92 descritas somente na Região Neotropical (Mackay & Mackay, 2010). Este gênero é cosmopolita, ocorrendo desde o sul dos Estados Unidos até o norte da Argentina, onde a maioria das espécies é tropical (Fernandez, 2003). Espécies desse gênero são encontradas especialmente em bosques

úmidos. Sua diversidade se reflete em sua biologia, ocupando uma grande variedade de habitats e nichos ecológicos. Todas são predadoras, variando de generalistas a especialistas, mas oportunamente também se alimentam de fontes ricas em carboidratos como néctar ou exsudatos de hemípteros (Auchenorrhyncha ou Sternorrhyncha). Os vôos nupciais acontecem geralmente com as primeiras chuvas da estação chuvosa. As gines de *Pachycondyla* que iniciam um ninho devem sair para caçar a fim de alimentar sua cria. Elas constroem seus ninhos em cavidades preexistentes e sua população raramente ultrapassa uma centena de indivíduos (Hölldobler & Wilson, 1990; Fernandez, 2003; Lattke, 2003). Há também espécies arborícolas que fazem seus ninhos associados à arquitetura de epífitas ou em solos suspensos na base de Bromeliaceae ou outras epífitas (D’Ettorre *et al.*, 2005; Fernandez, 2003). As larvas tecem um casulo enquanto desenvolvem-se e a reprodução é realizada pela rainha, raramente ocorrendo poliginia, ou reprodução através de operárias férteis (gamergates), tais como em *Dinoponera* (Hölldobler & Wilson, 1990).

Apesar de existirem pouquíssimos estudos sobre interações de organismos com Ponerinae para a região Neotropical, alguns estudos, como os de Samways *et al.* (1997), Wild (2005), Weng *et al.* (2007) e Jiménez-Ferbans & Amat-García (2009), descrevem a associação entre formigas do gênero *Pachycondyla* com algumas espécies de Coleoptera e outros organismos para a Região Neotropical. Wilson (1971) e Hölldobler & Wilson (1990) fizeram um exaustivo levantamento sobre tudo que tinha sido publicado a respeito de artrópodes que se abrigam nos formigueiros, detalhando uma grande variedade de relações desde detritívoros a parasitas ou ainda predadores de adultos ou da cria, simples comensais ou organismos foréticos. As comunidades de organismos mirmecófilos são extremamente ricas e diversificadas, e o conhecimento é mais taxonômico do que comportamental, mas paradoxalmente, estão mais bem conhecidas para alguns grupos de Formicidae tais como as formigas de correição (Ecitoninae e Dorylinae) e formigas cortadeiras (Myrmicinae: Attini) (Kistner, 1982; Hölldobler & Wilson, 1990). São praticamente desconhecidas informações em relação às formigas poneromorfas da Região Neotropical, em particular do gênero *Pachycondyla* da subfamília Ponerinae no qual pretendemos focalizar nosso estudo.

O objetivo deste estudo é conhecer a fauna associada a ninhos de formigas do complexo *apicalis* (*Pachycondyla apicalis* e *P. verenae*) (Delabie *et al.*, 2008; MacKay & MacKay, 2010) e comparar a existência de organismos associados aos ninhos de tais formigas nos diferentes substratos em área de cabruca, área de mata (Mata Atlântica) e

área de plantação de cacau de “derruba total”. Pretende-se, assim inferir sobre a manutenção de redes tróficas nos ninhos do complexo de espécies em ambientes diferencialmente perturbados.

OBJETIVO GERAL

Amostrar e comparar a fauna associada aos ninhos do complexo *apicalis* (*P. apicalis* e *P. verenae*) na região cacauqueira da Bahia, em três diferentes ambientes, de modo a inferir sobre a capacidade de manutenção de redes tróficas em ninhos de tais espécies por ambientes com diferentes gradientes de perturbação.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Amostrar a fauna associada a formigueiros de *P. apicalis* e *P. verenae* da região cacauqueira da Bahia.
- Comparar a fauna associada a formigueiros de *P. apicalis* e *P. verenae* em áreas de mata, sistema agro-florestal “cabruca” e plantações de cacauzeiros de “derruba total” a fim de inferir se o uso da terra pode modificar as interações entre um grupo de espécies nativas e sua fauna associada.
- Comparar a fauna associada a formigueiros de *P. apicalis* e *P. verenae* em diferentes substratos de nidificação.

HIPÓTESES:

- Em todos os ninhos de *P. apicalis* e *P. verenae*, ocorre sistematicamente uma complexa fauna associada constituída por invertebrados como Coleoptera, Thysanura, Acari, Myriapoda, Mollusca, Araneae, etc.
- É possível que o agrossistema “cabruca” permita a manutenção das redes tróficas em volta dos ninhos de *P. apicalis* e *P. verenae*, de forma similar ao ambiente nativo (floresta úmida).
- No entanto, não se pode excluir que a complexidade das redes tróficas diminui em função do grau de perturbação do meio analisado (mata>cabruca>derruba total).

LITERATURA CITADA

AGOSTI, D.; MAJER, J.D.; ALONSO, L.E.; SCHULTZ, T.R. 2000. *Ants, Standard Methods For Measuring and Monitoring Biodiversity*. 1ed., Smithsonian Institution Press, Washington, 280p.

ALONSO, L.E.; AGOSTI, D. 2000. Biodiversity Studies, Monitoring, and Ants: An Overview. In: AGOSTI, *et al.* (eds.), *Ants: Standard Methods for Measuring and Monitoring Biodiversity*. Biological Diversity Handbook Series. Washington, Smithsonian Institution Press: 1–8.

BOLTON, B. 1995. *A new general catalogue of the ants of the World*. Cambridge: Harvard University Press.

CLARK, W.H.; VAN PELT, A. 2007. Myrmecophiles in ant nests, Big Bend National Park, Texas. *Journal of the Idaho Academy of Science* 43(1): 39–40.

CUSHING, P.E. 1997. Myrmecomorphy and myrmecophily in spiders: a review. *The Florida Entomologist*, 80 (2): 16–193.

DELABIE, J.H.C. 1990. The ant problems of cocoa farms in Brazil. In: Vander Meer RK, Jaffe K, Cedeño A (eds) *Applied myrmecology: a world perspective*, Westview Press, Boulder, Colorado USA, pp 555–569.

DELABIE, J.H.C. 1999. Comunidades de formigas (Hymenoptera; Formicidae): métodos de estudo e estudos de casos na Mata Atlântica. In: XII Encontro de Zoologia do Nordeste, 1999. Feira de Santana, Bahia, Brasil. *Resumos...* Feira de Santana, Bahia, Brasil.

DELABIE, J.H.C.; CAMPIOLO, S. 2005. As formigas como indicadores biológicos: questões e limitações. Resumo - *XVII Simpósio de Mirmecologia, Biodiversidade e Bioindicação*, Campo Grande.

DELABIE, J.H.C.; JAHYNY, B.; NASCIMENTO, I.C.; MARIANO, C.S.F.; LACAU, S.; CAMPIOLO, S.; PHILPOTT, S.M.; LEPONCE, M. 2007. Contribution of cocoa plantations to the conservation of native ants (Insecta: Hymenoptera: Formicidae) with a special emphasis on the Atlantic Forest fauna of southern Bahia, Brazil. *Biodiversity and Conservation*, 16: 2359 – 2384.

DELABIE, J.H.C.; MARIANO, C.S.F.; MENDES, L.F.; POMPOLO, S.G.; FRESNEAU, D. 2008. Problemas apontados por estudos morfológicos, ecológicos e citogenéticos no gênero *Pachycondyla* na Região Neotropical: o caso do complexo *apicalis*. In: E.F. Vilela; I.A. Santos; J.H. Schoereder; J.E. Serrão; L.A.O. Campos & J. Lino Neto (Org.). *Insetos Sociais: da Biologia à Aplicação*. Viçosa, Minas Gerais, Brasil: Editora da Universidade Federal de Viçosa, 196 – 222.

D'ETTORRE, P.; KELLNER, K.; DELABIE, J.H.C.; HEINZE, J. 2005. Number of queens in founding associations of the Ponerinae ant *Pachycondyla villosa*. *Insectes Sociaux*. 52: 327 – 332.

DONISTHORPE, H. 1921. Mimicry of ants by other arthropods. *Trans. Entomol. Soc: London*, 307 – 311.

FARIA, D.M., BAUMGARTEN J. 2007. Shade cacao plantations (*Theobroma cacao*) and bat conservation in southern Bahia, Brazil. *Biodiv Conserv* 16:291–312.

FERNÁNDEZ F. 2003. (ed.); *Introducción a las hormigas de la región Neotropical*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos.

FITTKAU, E.J.; KLINGE, H. 1973. On biomass and trophic structure of the Central Amazonian rain forest ecosystem. *Biotropica* 5: 2-14.

FOWLER, H.G; FORTI, L.C; BRANDÃO, C.R.F.; DELABIE, J.H.C.; VASCONCELOS, H.L. 1991. Ecologia Nutricional de formigas, In: *Ecologia Nutricional de Insetos e suas Implicações no Maneio de Pragas*. Ed. Manole, São Paulo.

GREIG-SMITH, P. 1983. Quantitative plant ecology. *Blackwell Scientific Publication*. Oxford.

GRIMALDI, D.; AGOSTI, D.; CARPENTER, J.M. 1997. New and rediscovered primitive ants (Hymenoptera: Formicidae) in *Cretaceous amber* from New Jersey, and their phylogenetic relationships. *American Museum Novitates*, v. 3208: 1-43.

HÖLLDOBLER, B. 1971. Communication between ants and their guests. *Scientific American*, 224: 86-93.

HÖLLDOBLER, B., WILSON, E. O. 1990. *The Ants*. Cambridge: Harvard University Press.

JIMÉNEZ-FERBANS, L., AMAT-GARCÍA, G. 2009. Sinopsis de los passalidae (coleoptera: scarabaeoidea) del caribe colombiano. *Caldasia*: 31(1): 155-173.

KEMPF, W.W. 1972. Catálogo abreviado das formigas da Região Neotropical (Hym., Formicidae). *Studia Entomol.* 15: 3-344.

KISTNER, D.H. 1982. The social insects' bestiary. In *Social Insects*, Vol 3, ed. H. R. HERMANN. New York: Academic. 491: 1-244.

KISTNER, D.H., BERGHOFF, S.M., MASCHWITZ, U. 2003. Myrmecophilous Staphylinidae (Coleoptera) associated with *Dorylus (Dichthadia) laevigatus* (Hymenoptera: Formicidae) in Malaysia with studies of their behavior. *Sociobiology*, 41 (1): 209-266.

LACAU, S., FRESNEAU, D., DELABIE, J., JAHYNY, B., MONTREUIL, O., VILLEMANTI, C. 2001. Uma nova associação entre as larvas mirmecófilas de duas espécies de Lampyridae (Insecta: Coleoptera) e a formiga *Typhlomyrmex rogenhoferi* Mayr, 1862 (Formicidae, Ponerinae). *XV Encontro de Mirmecologia*. Londrina, PR.

LATTKE, J.E. 2003. Subfamilia Ponerinae. In: FERNÁNDEZ, F. (Ed.). *Introducción a las hormigas de la región Neotropical*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos.

LUCAS, C.; FRESNEAU, D.; KOLMER, K.; HEINZE, J.; DELABIE, J.H.C., PHO. D.B. 2002. A multidisciplinary approach to discriminating different taxa in the species complex *Pachycondyla villosa* (Formicidae). *Biological Journal of the Linnean Society*, 75: 249-259.

MACKAY, W.P., MACKAY E. E., 2010. *The Systematics and Biology of the New World Ants of the Genus Pachycondyla (Hymenoptera: Formicidae)*. The Edwin Mellen Press, Lewiston. 642 pp.

MANDARINO, E. P. 1981. *Implantação de cacauzeiros sob mata raleada nas condições da Bahia*. Boletim Técnico n. 85. Ilheus, CEPLAC.

MORI, S. A., BOOM, B. M., CARVALHO, A. M., SANTOS, T. 1983. Southern Bahian moist forests. *The Botanical Review*, 49:155-232.

OLIVEIRA, P.S., SAZIMA, I. 1985. Anthunting behavior in spiders with emphasis on *Strophius nigricans* (Thomisidae). *Bull. Br. Arachnol. Soc.*, 6: 309-12.

RICE, R. A., GREENBERG, R. 2000. Cacao Cultivation and the Conservation of *Biological Diversity*. *Ambio* 29(3): 167- 173.

ROLIM, S.G., CHIARELLO, A.G. 2004. Slow death of Atlantic forest trees in cocoa agroforestry in southeastern Brazil. *Biodiv Conserv* 13: 2679–2694.

RUST, J., ANDERSEN, N.M. 1999. Giant ants from the Paleogene of Denmark with a discussion of the fossil history and early evolution of ants (Hymenoptera: Formicidae). *Zoological Journal of the Linnean Society*. 125: 331-348.

SAMWAYS, M.J., OSBORN, R., CARLIEL, F. 1997. Effect of a highway on ant (Hymenoptera: Formicidae) species composition and abundance, with a recommendation for roadside verge width. *Biodiversity and Conservation* 6: 903-913.

SARMENTO-SOARES, L.M., MARTINS-PINHEIRO, F.R. 2006. *Rachoviscus graciliceps* (Characidae: Incertae Sedis) sobrevivente nos pequenos riachos do extremo sul da Bahia, Brasil. *Boletim Sociedade Brasileira de Ictiologia*, João Pessoa, nº85.

SCHROTH, G., FARIA, D., ARAUJO, M., BEDE, L., VAN BAELE, S.A., CASSANO, C.R., OLIVEIRA, L.O., DELABIE, J.H.C. 2011. Conservation in tropical landscape mosaics: the case of the cacao landscape of southern Bahia, Brazil. *Biodivers Conserv* 20:1635–1654.

SHATTUCK, S.O. 1992. Higher classification of ant subfamilies Aneuretinae, Dolichonderinae and Formicinae (Hymenoptera: Formicidae). *Syst. Ent.*, 17:199-206.

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

SPERBER, C.F.; NAKAYAMA, K.; VALVERDE, M.A.; NEVES, F.S. 2004. Tree species richness and density affect parasitoid diversity in cocoa agroforestry. *Basic Appl Ecol* 5: 241–245.

TABARELLI, M., PINTO, L.P., SILVA, J.M.C., HIROTA, M.M., BEDÊ, L.C. 2005. Desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade na Mata Atlântica brasileira. *Megadiversidade* 1.

THOMAS, W., CARVALHO, A.M.V., AMORIM, A.M.A., GARRISON, J., ARBELÁEZ, A.L. 1998. Plant endemism in two forests in southern Bahia, Brazil. *Biodiversity and Conservation*, 7: 311-322.

WENG, JU-LIN, NISHIDA, K., HANSON, P., LAPIERRE, L. 2007. Biology of *Lissoderes* Champion (Coleoptera, Curculionidae) in *Cecropia* saplings inhabited by *Azteca* ants. *Journal of Natural History*, 41(25–28): 1679–1695.

WILD, A. 2005. Taxonomic revision of the *Pachycondyla apicalis* species complex (Hymenoptera: Formicidae). *Zootaxa*, 834: 1–25.

WILSON, E.O. 1971. *The insect societies*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.

WITTE, V., JANSSEN, R., EPPENSTEIN, A.; MASCHWITZ, U. 2002. *Allopeas myrmekophilos* (Gastropoda, Pulmonata), the first myrmecophilous mollusc living in colonies of the ponerine army ant *Leptogenys distinguenda* (Formicidae, Ponerinae). *Insectes Sociaux*, 49, 301e305.

ARTIGO

CONTRIBUIÇÃO DE CACAUAIS NA MANUTENÇÃO DAS ASSOCIAÇÕES ENTRE ORGANISMOS MIRMECÓFILOS E DUAS ESPÉCIES DE *PACHYCONDYLA* NO SUL DA BAHIA, BRASIL

Juliana M. S. Lopes^{1,2,3,4}, **Cléa S. F. Mariano**^{2,3}, **Jacques. H. C. Delabie**^{1,2,3,4}

Periódico a ser submetido: Annales de la Société Entomologique de France

1. Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação da Biodiversidade - UESC
2. Universidade Estadual de Santa Cruz - UESC
3. Laboratório de Mirmecologia, Convênio UESC-CEPLAC
4. Comissão Executiva da Lavoura Cacaueira – CEPLAC
5. Autora para correspondência, e-mail: julianabiologia@hotmail.com

Resumo

O cultivo do cacau é uma importante atividade econômica da região Sul da Bahia. As chamadas cabruças são defendidas por favorecerem a conservação de parte da paisagem da Mata Atlântica. Em sistemas naturais e agrícolas, as formigas contribuem para a estabilidade e conservação de ecossistemas tropicais. Elas podem influenciar na evolução de organismos como os chamados mirmecófilos. Este estudo tem como objetivos descrever e comparar fauna associada aos ninhos de *Pachycondyla apicalis* e *P. verenae* na região cacauzeira da Bahia em ambientes de cabruca e derruba total Mata Atlântica, bem como inferir se ambientes com diferentes graus de perturbação mantêm a fauna associada e o padrão dessas associações. Foram coletados 87 formigueiros de *P. apicalis* e *P. verenae*, no estado da Bahia, em ambientes de Mata Atlântica, cabruca e derruba total nos municípios de Aritaguá, Barro Preto, Belmonte, Camacan, Gandu, Ilhéus, Itajuípe, Itamaraju, Porto Seguro e São José da Vitória. Poucos ninhos foram encontrados em Mata Atlântica, portanto o foco deste estudo são as áreas de cabruca e derruba total. A fauna associada aos ninhos foi triada e identificada, quando possível, até o nível de ordem. Os ninhos foram discriminados quanto ao substrato (fruto seco de cacau e tronco em decomposição). Foram encontrados 25 grupos de invertebrados associados às formigas (Hexapoda, Chelicerata, Myriapoda, Crustacea, Mollusca, entre outros), além de imaturos ou larvas. Os mais frequentes foram ácaros, colêmbolas, imaturos (larvas) e Hymenoptera de outras espécies de Formicidae. Não houve diferença significativa entre as faunas associadas a *P. apicalis-verenae* nos ambientes cabruca e derruba total. Portanto, as classes ambientais provavelmente não refletiram os fatores que influenciam nas comunidades de organismos mirmecófilos. Porém, houve alterações nesses padrões em formigueiros de diferentes substratos, o que sugere que os agrossistemas podem interferir nas associações naturais. O presente estudo colaborou com o conhecimento das associações que ocorrem nos ninhos de *P. apicalis* e *P. verenae* e sugere que os agrossistemas cabruca e derruba total contribuem para a manutenção de parte da biodiversidade da fauna associada a *P. apicalis* e *P. verenae* e suas interações através dos substratos que disponibilizam. Tais observações são indicativas da importância das cabruças como também das áreas de derruba total atuando positivamente na manutenção da mesofauna de invertebrados no Sul da Bahia.

Palavras-chaves: Complexo *apicalis*; *Pachycondyla apicalis*; *Pachycondyla verenae*; Ponerinae; Formicidae; Mata Atlântica; Cabruca; Interação

Abstract

The farming of cocoa is an important economic activity in the southern region of Bahia. The called cabruças are held to encourage the conservation of the landscape of the Atlantic Forest. In natural and agricultural systems, the ants contribute to the stability and conservation of tropical ecosystems. They can influence the evolution of organisms such myrmecophiles. The objectives of this study are to describe and compare associated fauna with the nests of *Pachycondyla apicalis* and *P. verenae* in the cocoa region of Bahia in cabruça environments, total felling and Atlantic Forest, as well to infer whether environments with different degrees of disturbance maintain the associated fauna and the pattern of these associations. We collected 87 nests of *P. apicalis* and *P. verenae* in environments of Atlantic Forest, cabruça and total felling in the regions of Aritaguá, Barro Preto, Belmonte, Camacan, Gandu, Ilhéus, Itajuípe, Itamaraju, Porto Seguro and São José da Vitória. Few nests were found in the Atlantic Forest, so the focuses of this study are the areas of cabruça and total felling. The associated fauna with the nests was sorted and identified when possible to the level of the order. Nests were discriminated according on the substrate (dried fruit of cocoa and trunk in decomposition). There were 25 groups of invertebrates associated (Hexapoda, Chelicerata, Myriapoda, Crustacea, Mollusca, among others), in addition of larvae. The most common were mites, collembolans, immature larvae and Hymenoptera of others species at the Formicidae. There were no significant differences between the associated fauna with *P. apicalis-verenae* in cabruça and total felling environments. Therefore, the environmental classes probably will not reflect the factors that influence the communities of the organisms myrmecophiles. However, this study showed changes in patterns of the nests of different substrates. A simple proof that changes occur in relation to nest in cocoa fruits, suggest that agrosystems interfere with natural processes. Thus this study contributed to the knowledge of the associations that occur in the nests of *P. apicalis-verenae*. However, it was possible to demonstrate that the agrosystems of cabruça and total felling contribute to the maintenance of the biodiversity of associated fauna with *P. apicalis-verenae* and their interactions. With such observations we can infer about the importance of cabruças areas as well as total felling for acting positively in maintaining total of invertebrates in southern Bahia.

Key words: Complex *apicalis*; *Pachycondyla apicalis*; *Pachycondyla verenae*; Ponerinae; Formicidae; Atlantic Forest; Cabruça; Interaction

Introdução

A região Sul da Bahia, juntamente com o norte do Espírito Santo, é considerada um centro de endemismo dentro do *hotspot* Mata Atlântica (Myers, 1988; Mittermeier et al., 1998; Thomas *et al.*, 1998; Sambuichi, 2003). Nativo da região amazônica, o cacauero *Theobroma cacao* L., foi introduzido na região Sul da Bahia no Século XVIII e se consagrou como a principal atividade econômica do século XIX (Delabie, 1990). A principal forma de cultivo do cacau é o agrossistema denominado “cabruca”, em que os cacauais são plantados sob árvores nativas selecionadas em função principalmente de seu porte (Rolim & Chiarello, 2004; Sambuichi & Haridasan, 2004; Pardini *et al.*, 2009; Schroth *et al.*, 2011). Outra maneira comum de plantio de cacau é a chamada derruba total, em que a floresta nativa é suprimida e os cacauais são cultivados sob o dossel de árvores exóticas e/ou plantadas regularmente (Alvim & Pereira, 1970; Delabie *et al.*, 2007). Além de sua grande importância econômica na região, o agrossistema cacau/cabruca tem sido recentemente defendido por pesquisadores por favorecer a conservação de uma grande proporção da paisagem de Mata Atlântica em vista dos outros sistemas (Delabie, 1999, 2007; Sperber *et al.*, 2004; Faria & Baumgarten, 2007; Cassano *et al.*, 2009; Schroth *et al.*, 2011).

Em sistemas naturais e agrícolas, as formigas (Hymenoptera: Formicidae) possuem extrema importância para a biodiversidade (Delabie *et al.*, 2007), contribuindo para a manutenção da estabilidade e conservação de ecossistemas tropicais (Hölldobler & Wilson 1990; Fowler *et al.*, 1991; Silva & Brandão, 1999). Entre muitos papéis de destaque, nas regiões tropicais, as formigas participam de diversas interações ecológicas nos ambientes terrestres (Hölldobler & Wilson, 1990). Elas podem controlar as populações de outros artrópodes e ainda influenciar na evolução de vários organismos como os chamados mirmecófilos (Hölldobler & Wilson, 1990).

Mirmecófilos são organismos que vivem em associação estreita com as formigas. Geralmente se beneficiam da proteção e dos recursos abundantes nos seus ninhos, e ainda podem depender delas em alguma fase dos seus ciclos de vida (Wheeler, 1910; Hölldobler, 1971; Kistner, 1982; Wilson, 1971; Hölldobler & Wilson, 1990; Uppstrom, 2010). Entre eles, estão incluídas espécies de Araneae e Acari, Collembola, Zygentoma, Coleoptera, Diptera, Isopoda, Pulmonata e outros grupos zoológicos (Hölldobler, 1971; Oliveira & Sazima, 1985; Witte *et al.*, 2002; Janssen & Witte, 2002; Kistner *et al.*, 2003). Organismos mirmecófilos são considerados mutualistas e algumas

vezes parasitas. Porém, as relações entre formigas e organismos mirmecófilos são amplamente variadas. Eles podem ser detritívoros, parasitas, predadores das crias ou mesmo dos adultos, comensais ou organismos foréticos (Hölldobler & Wilson 1990). A fauna mirmecófila pode viver dentro ou nas proximidades de ninhos de formigas, como por exemplo, as dos gêneros *Atta*, *Typhlomyrmex*, *Pachycondyla*, dentre outras (Cushing, 1997; Hölldobler & Wilson, 1990; Lacau *et al.*, 2001).

O conhecimento sobre as comunidades mirmecófilas é mais taxonômico e mais direcionado para formigas de correição e formigas cortadeiras (Kistner, 1982; Hölldobler & Wilson, 1990). Existem poucos estudos sobre as interações de organismos com Ponerinae na região Neotropical. Dessa forma, este estudo tem como objetivos descrever a fauna associada aos ninhos de formigas do complexo *apicalis* (Delabie *et al.*, 2008; MacKay & MacKay, 2010), com foco nas espécies *Pachycondyla apicalis* e *Pachycondyla verенаe* na região cacauera da Bahia e comparar essa fauna associada a ninhos em três tipos de ambientes (cabruca, derruba total e Mata Atlântica). Visando inferir sobre a capacidade de manutenção da fauna associada em ninhos de tais espécies por ambientes com diferentes gradientes de perturbação e se o uso da terra pode modificar as interações entre um grupo de espécies nativas e sua fauna associada.

Material e Métodos

Foram coletados 87 formigueiros (ver anexo, figura I) completos de formigas do complexo *apicalis* (*P. apicalis* e *P. verenae*) durante os anos de 2010 e 2011 em cada um dos seguintes ambientes: Mata Atlântica, sistema agroflorestral “cabruca” e plantações de cacauzeiros após “derruba total”.

Durante o andamento desse estudo, notamos a possibilidade dos resultados diferirem entre os tipos dos substratos nos quais os ninhos foram encontrados, portanto foram discriminados em fruto de cacau (Figura II e III do anexo), tronco ou bromélia, todos em decomposição, e solo (microsítios).

As áreas de coleta foram localizadas no Sul da Bahia nos municípios: Aritaguá, Barro Preto, Belmonte, Camacan, Gandu, Ilhéus, Itajuípe, Itamaraju, Porto Seguro e São José da Vitória (Tabela 1). Para cada área, o esforço de coleta foi de dois dias de procura das colônias por três pessoas. Poucos ninhos foram encontrados em áreas de Mata Atlântica, apesar do mesmo esforço de coleta, por isso o foco deste trabalho passou a ser as áreas de cabruca e derruba total.

Tabela 1: Total de ninhos coletados para cada e ambientes (cabruca, Mata Atlântica e derruba total), município, locais de coleta (área), espécie de formiga de cada ninho (*P. apicalis* ou *P. verenae*) e substratos nos quais os ninhos se encontram (microsítio).

AMBIENTE	MUNICÍPIO	ÁREA	ESPÉCIE	MICROSÍTIO	TOTAL	
Cabruca	Aritaguá	Lagoa Encantada	<i>P. verenae</i>	Tronco	2	
			<i>P. apicalis</i>	Cacau	1	
	Barro Preto	Faz. Vencedora		<i>P. verenae</i>	Cacau	7
				<i>P. apicalis</i>	Cacau	1
				<i>P. verenae</i>	Cacau	5
					Tronco	3
					Tronco	1
	Gandu	Faz. Petrolina		<i>P. apicalis</i>	Tronco	4
				<i>P. verenae</i>	Cacau	3
					Solo	1
	Itamaraju	Faz. Vitória		<i>P. apicalis</i>	Tronco	1
				<i>P. verenae</i>	Cacau	8
					Cacau	2
					Tronco	2
	São José da Vitória	Faz. Bela Vista		<i>P. verenae</i>	Cacau	6
				Tronco	1	
Derruba total	Barro Preto	Faz. Santa Cruz	<i>P. apicalis</i>	Tronco	1	
			<i>P. verenae</i>	Cacau	7	
				Tronco	2	
	Belmonte	EGREB(CEPLAC)		<i>P. verenae</i>	Cacau	8
					Tronco	1
	Ilhéus	CEPEC(CEPLAC)		<i>P. apicalis</i>	Bromélia	1
				<i>P. verenae</i>	Solo	2
					Cacau	2
	Itajuípe	ESJOB(CEPLAC)		<i>P. apicalis</i>	Tronco	1
				<i>P. verenae</i>	Cacau	2
Itamaraju	Monte Minério		<i>P. verenae</i>	Cacau	7	
				Tronco	5	
Mata	Porto Seguro	ESPAB(CEPLAC)	<i>P. apicalis</i>	Tronco	1	
			<i>P. verenae</i>	Tronco	1	

Os formigueiros foram levados para o Laboratório de Mirmecologia do Centro de Pesquisas do Cacau (CEPLAC-CEPEC) e registradas as datas de coleta, localidades, substratos dos ninhos (microhabitats), ambientes coletados e coordenadas geográficas.

A fauna associada aos ninhos (Hexapoda, Chelicerata, Myriapoda, Crustacea, Mollusca, entre outros) foi triada manualmente ou com o auxílio de um funil de Berlese-Tullgren e identificada quando possível até o nível de ordem. Imaturos ou larvas não foram identificados. Uma coleção de referência foi mantida no laboratório.

Análise dos dados:

Os dados foram inseridos em uma tabela com presença e ausência (1 ou 0) de cada táxon nos ninhos e foram utilizados os somatórios das ocorrências de cada grupo taxonômico encontrado em cada formigueiro. Tratamos como invertebrados todos os grupos taxonômicos encontrados (ordens, classes e larvas).

Para uma visão geral dos dados, foi construído um box plot contendo as medianas das riquezas de invertebrados em cada microsítio discriminando também as áreas em cada agrossistema (cabruca e derruba total) e Mata Atlântica e os municípios de coleta. Como a grande maioria dos ninhos coletados é referente aos microsítios cacau e tronco, os ninhos coletados em bromélia e solo e em área de Mata Atlântica (no município de Porto Seguro) foram suprimidos das análises seguintes. Dessa forma, foi apresentado um box plot contendo as medianas das riquezas de invertebrados nos microsítios (cacau e tronco em decomposição) para cada agrossistema (cabruca e derruba total) em cada município de coleta.

Cada táxon foi disposto da maior para a menor frequência de sua presença nas unidades amostrais cacau ou tronco (microsítios), discriminados ainda em cabruca ou derruba total. Tal procedimento originou quatro distribuições de frequência de invertebrados nos microsítios e ambientes estudados. As porcentagens de invertebrados nos microsítios cacau e tronco para os tratamentos cabruca e derruba total foram calculadas e delas retirou-se duas categorias: uma para invertebrados do tipo raros (táxon encontrado em apenas um ninho nos tratamentos: microsítio e agrossistema) e outra para invertebrados ausentes (táxon não encontrado em um tipo de tratamento: microsítio e agrossistema). Com esses dados, foi gerado um gráfico das porcentagens de invertebrados raros e de invertebrados ausentes em cada ambiente.

Para testar as diferenças entre as distribuições de frequências de invertebrados em todos os ambientes foi aplicado o teste de Kolmogorov-Smirnov (Sokal & Rohlf 1969) sobre as frequências de invertebrados comparando todos os tratamentos entre si (Cabruca-cacau; Cabruca-tronco; Derruba-cacau; Derruba-tronco). O teste de

Kolmogorov-Smirnov testa as diferenças entre os maiores (Max Pos) e menores (Max Neg) valores encontrados em cada tratamento.

A partir das distribuições de frequência, os dados foram testados com análises não lineares em relação aos modelos ecológicos de distribuição frequência relativa das espécies (neste estudo utilizou-se a frequência de cada táxon) através do teste Kolmogorov-Smirnov (Sokal and Rohlf 1969).

A disposição da riqueza acumuladas de invertebrados, através do estimador Mao Tau (Colwell *et al.* 2004), no eixo Y *versus* o número de unidades amostrais de cacau ou tronco (microsítios), discriminados em cabruca e derruba no eixo X, foi utilizada para originar curvas de esforço de coleta.

Para verificar se microsítios cacau e tronco e municípios (exceto Aritaguá e Porto Seguro) aninhados em ambientes (cabruca e derruba total) diferem quanto à riqueza de invertebrados foi calculada uma ANOVA aninhada ou hierárquica com contrastes ortogonais (decomposição de variância do tipo III).

Resultados

Foram encontrados 25 grupos taxonômicos (invertebrados) associados a formigas do complexo *apicalis* (*Pachycondyla apicalis* e *P. verenae*), além de larvas (ou imaturos) que não foram identificadas. Foi apresentada a situação geral das riquezas de invertebrados contidos nos ninhos de diferentes microsítios (cacau, tronco, solo e bromélia) em cada ambiente e município (Figura 1). Assim como, um panorama geral das médias das riquezas de invertebrados nos microsítios cacau e tronco para cada agrossistema em cada área de coleta (Figura 2), exceto no município de Porto Seguro (área de Mata Atlântica).

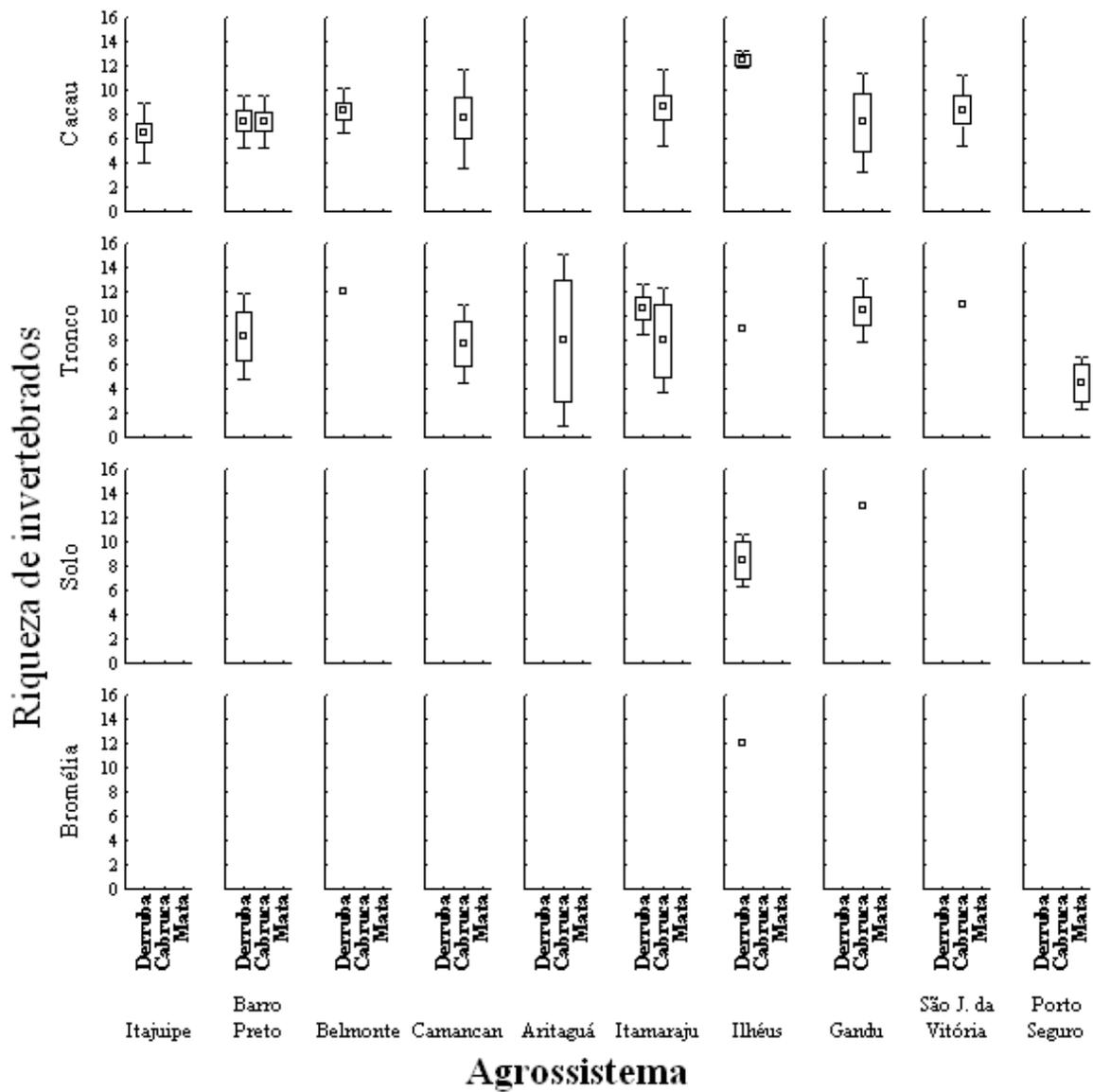


Figura 1. Box plot contendo as medianas das riquezas de invertebrados pelas áreas em cada agrossistema (cabruca e derruba total) e Mata Atlântica em todos os municípios de coleta.

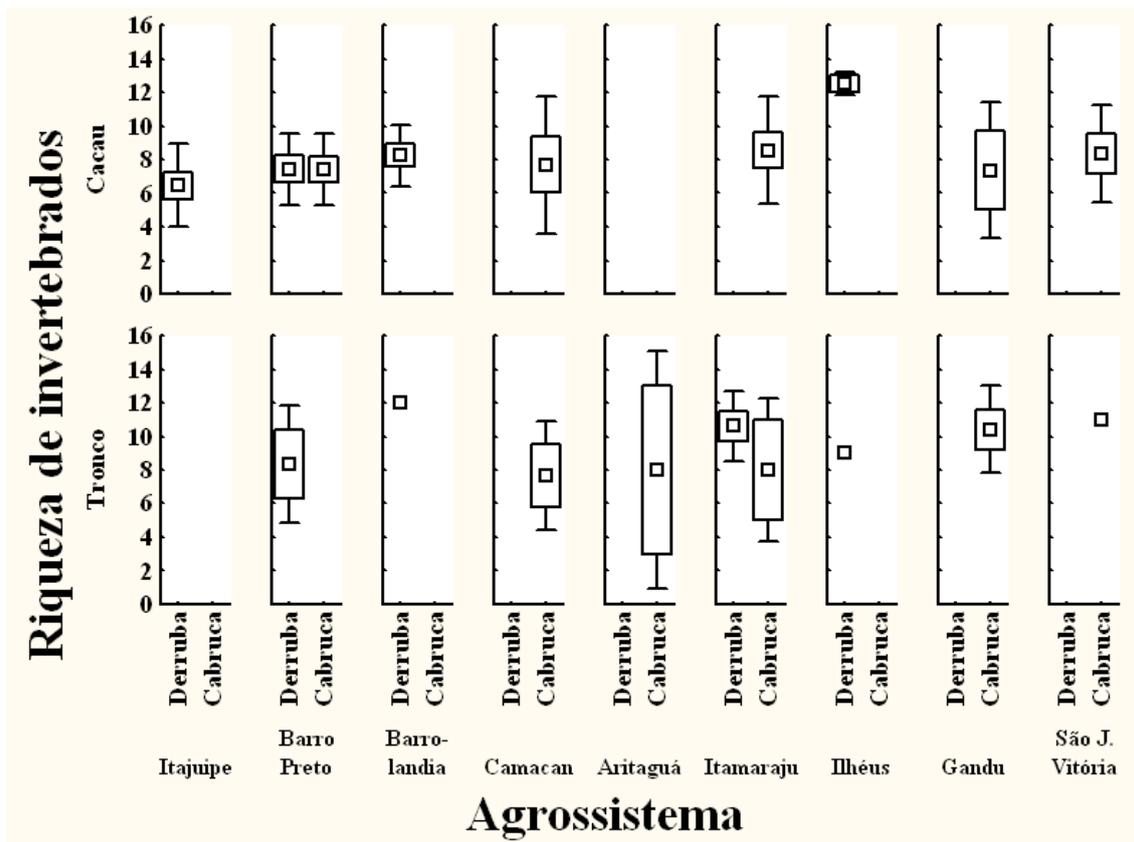


Figura 2. Box Plot das médias das riquezas de invertebrados nos microsítios cacau e tronco para cada agrossistema (cabruca e derruba total) em cada município de coleta.

Alguns organismos se apresentaram mais frequentes nas unidades amostradas como os ácaros e colêmbolas, além dos imaturos (larvas) e outros Hymenoptera. A maioria das larvas é de Diptera ou de Coleoptera, apesar de não ter sido identificada ao nível de família. Dessa forma, os invertebrados apresentam um *ranking* de frequência nos microsítios em cada tratamento (cabruca e derruba total) (figura 3, 4, 5 e 6).

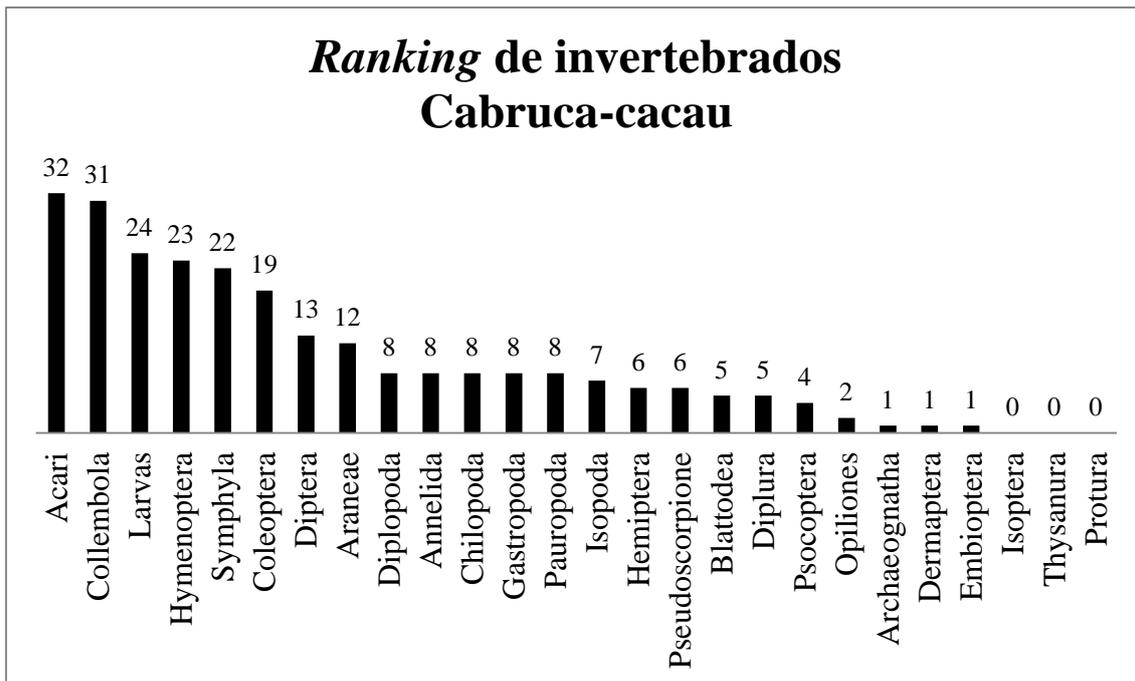


Figura 3: Frequências absolutas de cada táxon em ambientes de cabruca e ninhos em fruto de cacau (N=32).

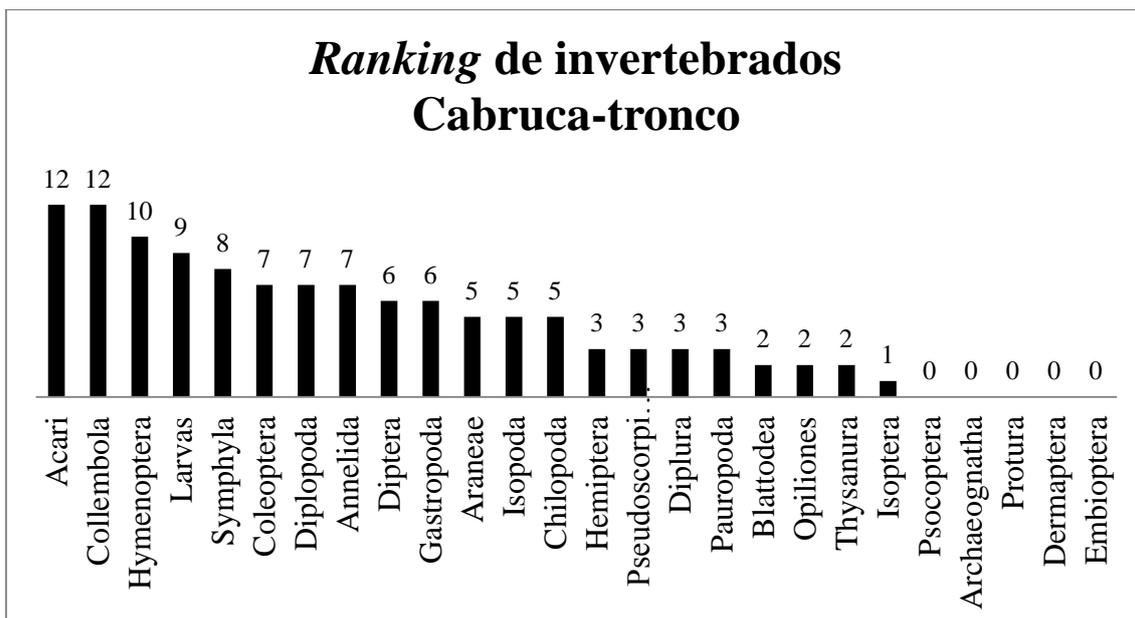


Figura 4: Frequências absolutas de cada táxon ordens em ambientes de cabruca e ninhos em tronco (N=12).

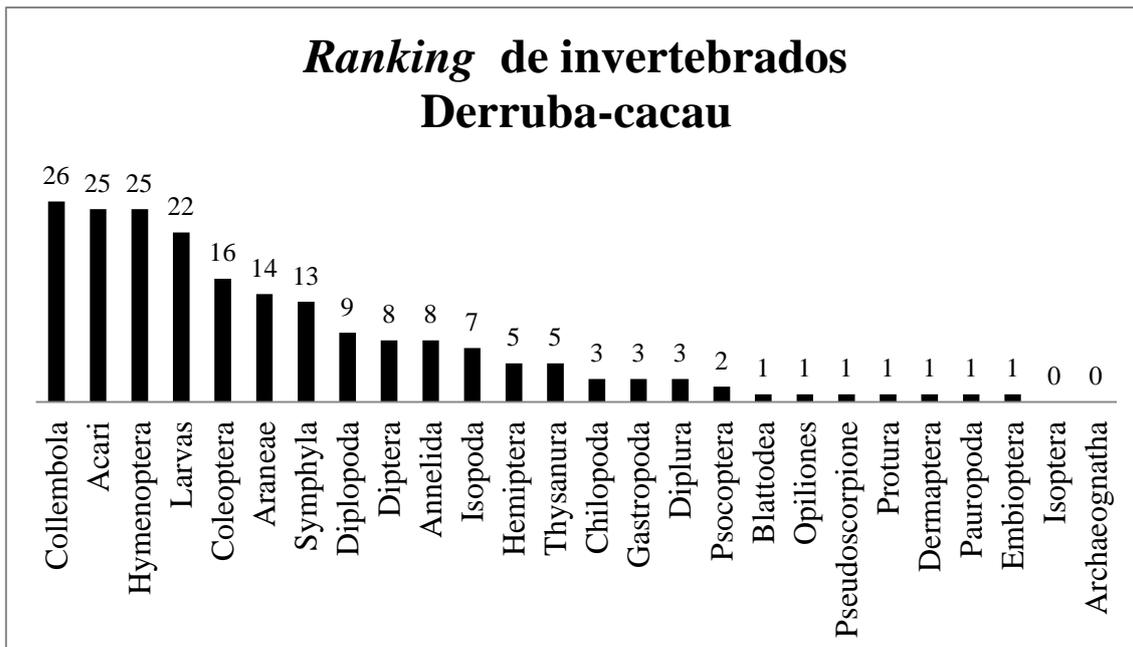


Figura 5: Frequências absolutas de cada táxon em ambientes de derruba total e ninhos em cacau (N=26).

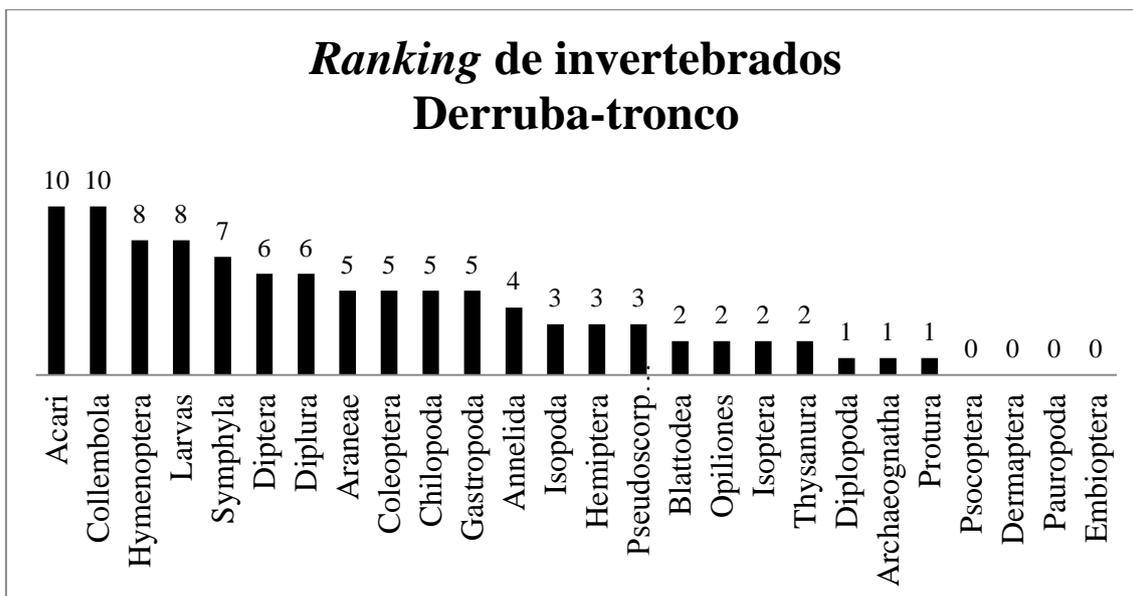


Figura 6: Frequências absolutas de cada táxon em ambientes de derruba total e ninhos em tronco (N=10).

Do total de grupos taxonômicos encontrados associados às colônias, alguns se mostraram raros e outros ausentes em algum dos tratamentos (microsítios cacau ou tronco em cada agrossistema) (figura 7). As porcentagens de invertebrados raros nos ninhos de fruto de cacau da cabruca diferem dos demais tratamentos (cacau-derruba,

tronco-cabruca, tronco-derruba). As porcentagens de invertebrados ausentes nos ninhos de fruto seco de cacau diferem dos ninhos de tronco nos dois agrossistemas, cabruca e derruba total.

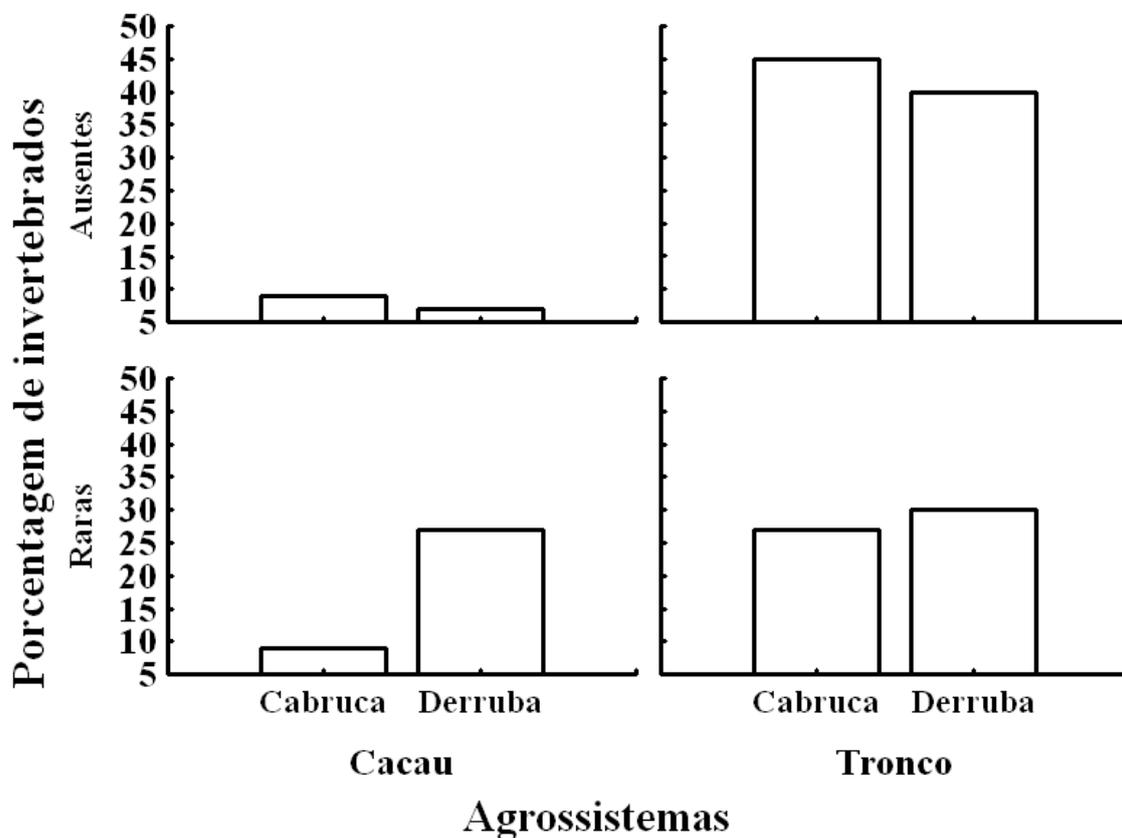


Figura 7: Porcentagens de grupos de invertebrados ausentes e raros nos microsítios cacau e tronco nos agrossistemas cabruca e derruba total.

As distribuições de frequências de invertebrados em todos os tratamentos não diferiram significativamente entre si (Tabela 1).

Tratamento1	Tratamento2	Max Neg	Max Pos	p
Cc	Ct	-0.102963	0.007874	p > .10
Cc	Dc	-0.008089	0.073295	p > .10
Cc	Dt	-0.099539	0.003937	p > .10
Ct	Dc	-0.014925	0.150645	p < .10
Ct	Dt	-0.011727	0.004708	p > .10
Dc	Dt			p > .10

Tabela 1: Kolmogorov-Smirnov sobre as distribuições de frequências (Máxima negativa e máxima positiva) entre os tratamentos, independentemente de suas distribuições. (Cc: Cabruca-cacau; Ct: Cabruca-tronco; Dc: Derruba-cacau; Dt: Derruba-tronco)

As distribuições dos dados que foram testadas em relação aos modelos ecológicos se encaixam ao modelo Log-normal (Preston, 1948), com exceção apenas do tratamento Cabruca-cacau que se diferenciou minimamente ($p < 0,05$). A figura 8 mostra as distribuições em log-normal. Os resultados do teste de Kolmogorov-Smirnov estão apresentados na tabela 2.

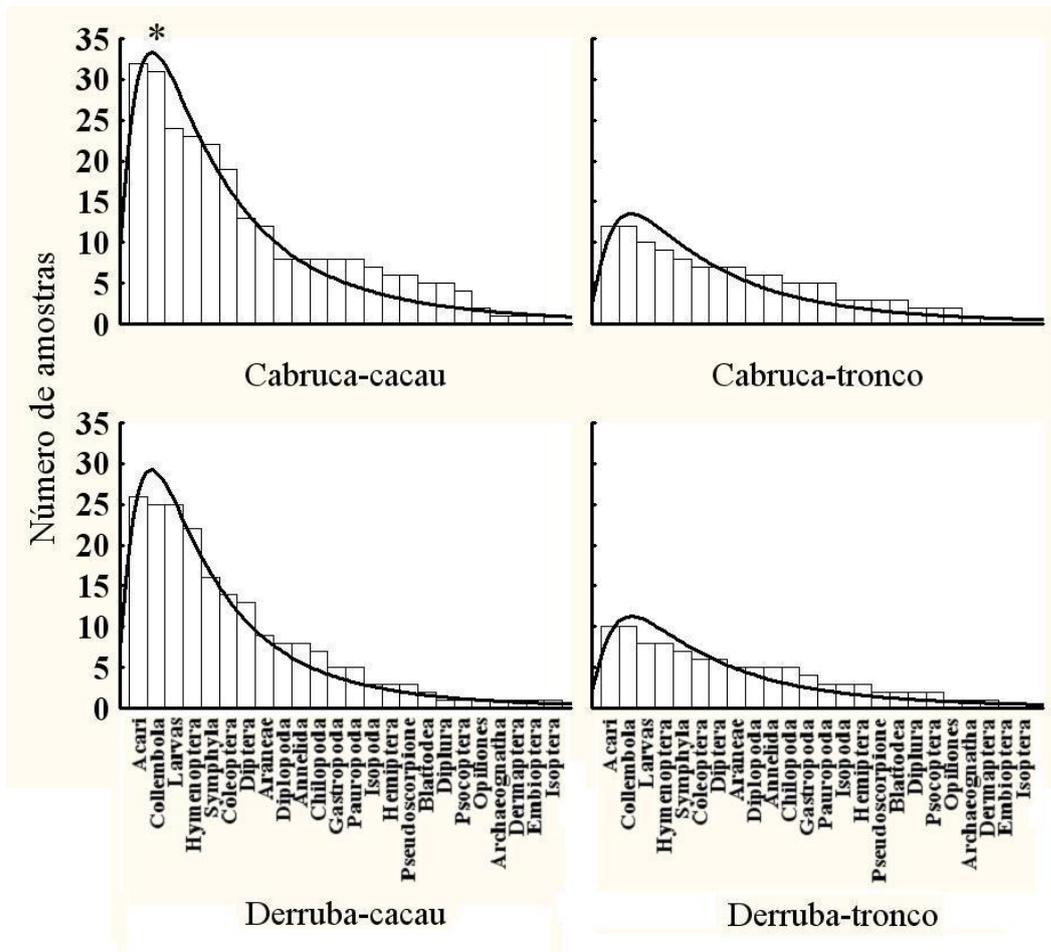


Figura 8: Distribuição de freqüência de invertebrados em ninhos de fruto de cacau e tronco em decomposição nos ambientes cabruca e derruba total. Distribuições log-normal, com exceção de Cabruca-cacau (* $p < 0,05$).

Tabela 2: Resultados do teste de Kolmogorov-Smirnov para o modelo log-normal nos quatro conjuntos de dados (Ambientes e micro-sítios: Cabruca-cacau; Cabruca-tronco; Derruba-cacau; Derruba-tronco) (*p = significativamente diferente de log-normal)

Tratamentos	D	P
Cabruca-cacau	0,08836	< 0,05 *
Cabruca-tronco	0,10937	< 0,15
Derruba-cacau	0,08948	< 0,10
Derruba-tronco	0,10278	p < 0,10

D = máxima diferença das frequências relativas acumuladas entre as duas distribuições comparadas (dados observados e o modelo testado: log-normal)

As curvas dos tratamentos de cabruca-cacau e cabruca- tronco tendem a atingir uma assíntota com menor esforço quando comparamos com os mesmos tratamentos de derruba total (Figura 9).

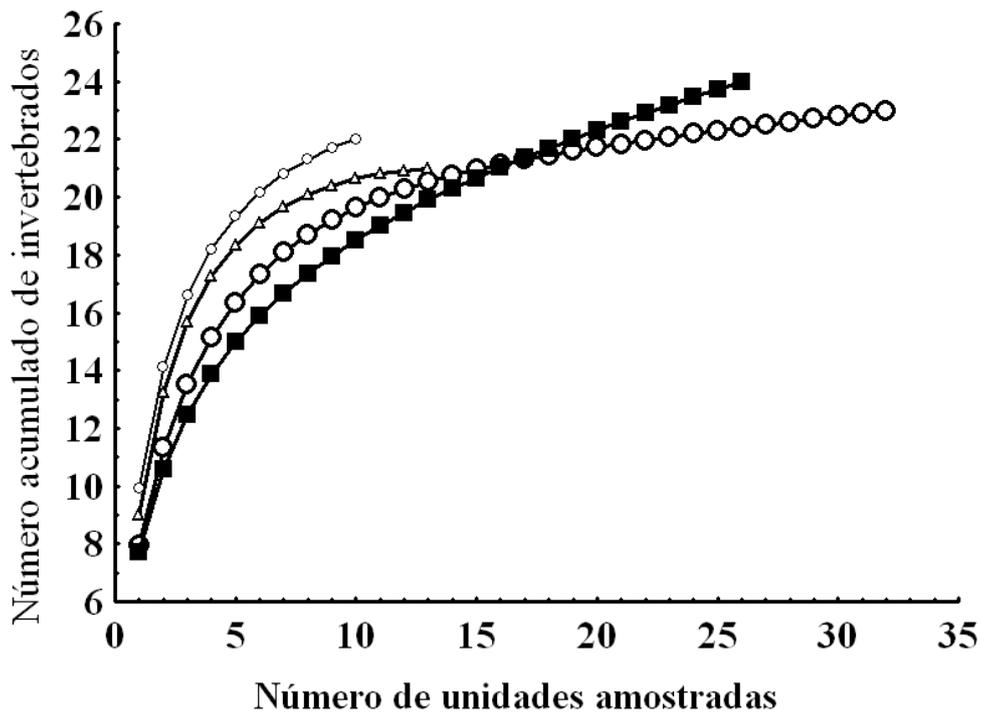


Figura 9: Curvas dos coletores (acumulação de grupos taxonômicos) com os números de grupos taxonômicos acumulados em função do esforço amostral, para os tratamentos Cabruca-cacau (—O—); Cabruca-tronco (—Δ—); Derruba-cacau (—■—); Derruba-tronco (—o—).

Os resultados da ANOVA aninhada ou hierárquica mostram que não há diferença entre microsítios, municípios aninhados em ambientes e também não mostra diferença entre ambientes (tabela 3, figuras 10 e 11). O mesmo foi confirmado pelo teste de Bonferroni que não foi significativo para nenhum dos tratamentos.

Tabela 3: Resultados da ANOVA Aninhada: Município e microsítio ambos aninhados em Ambiente (Testes univariados de significância para riqueza de taxa; Erro do tipo III: ortogonal).

	Graus de liberdade	F	p
Intercepto	1	551,5271	0,000000
Agrossistemas	1	0,4511	0,504123
Município (Agrossistema)	8	1,1520	0,341194
Microsítios (Agrossistema)	2	0,6704	0,514882
Erro	67		

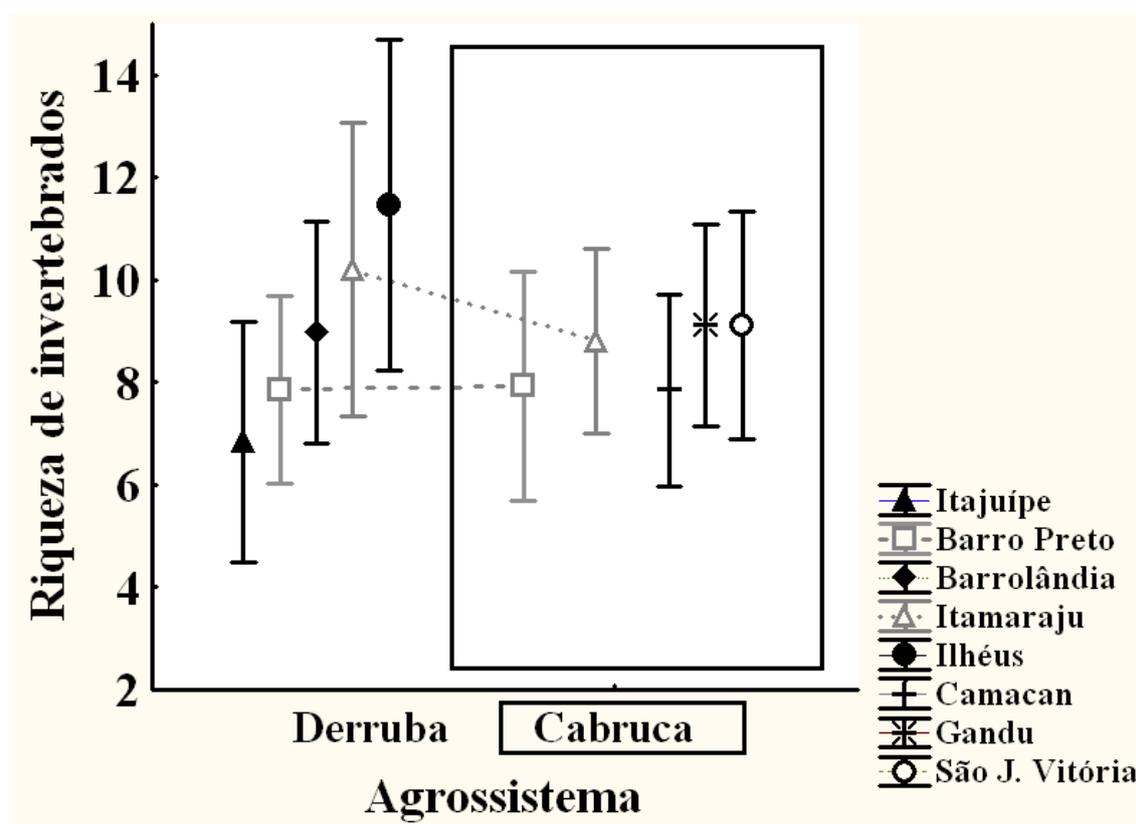


Figura 10: Resultados da ANOVA aninhada – Riqueza de invertebrados nos ninhos para municípios aninhados em ambientes (cabruca e derruba total).

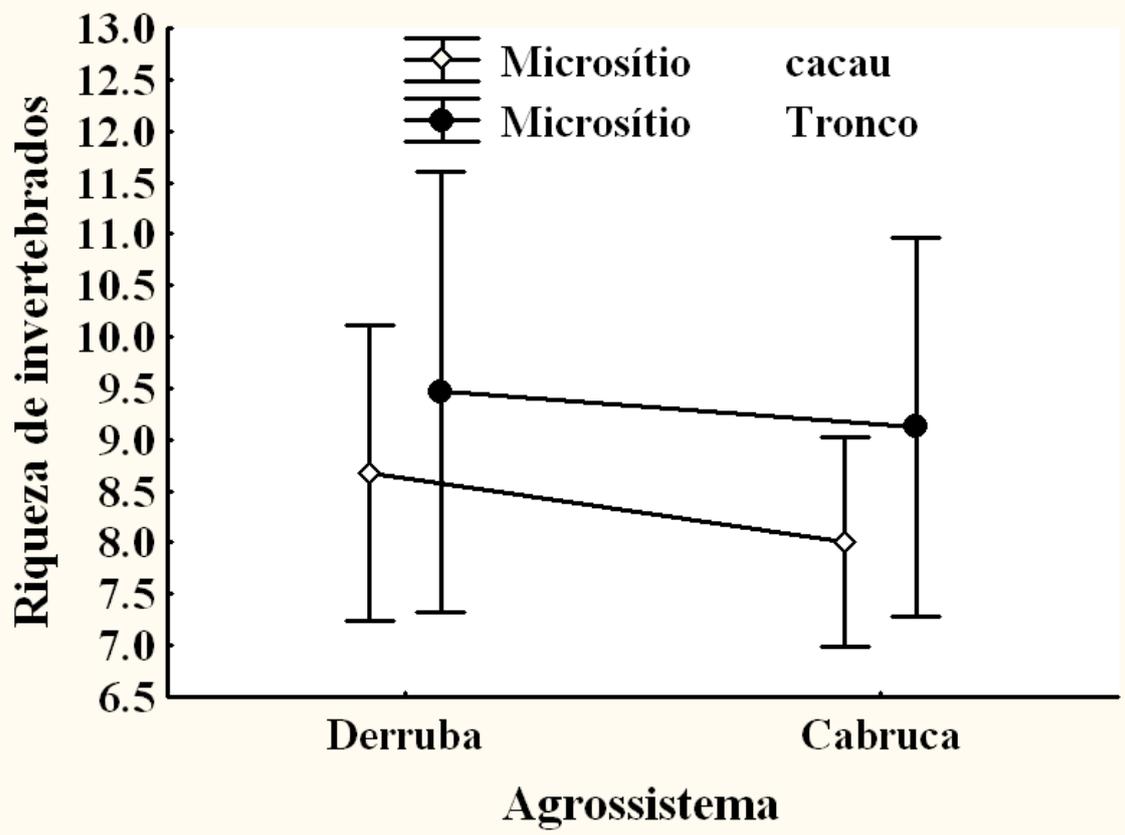


Figura 11: Resultados da ANOVA aninhada – Riqueza de invertebrados nos ninhos para microsítios (cacau e tronco) aninhados em ambientes (cabruca e derruba total).

Discussão

A região Sul da Bahia é caracterizada pela presença de florestas com elevada riqueza de espécies e alto grau de endemismo (Mori *et al.*, 1983; Thomas *et al.*, 1998). Porém, esses ambientes têm sido gravemente afetados por fatores antrópicos (Araujo *et al.*, 1998; Dias *et al.*, 2005). Neste estudo, realizado sobre a comunidade mirmecófila em ninhos de formigas *Pachycondyla* do complexo *apicalis* (*P. apicalis* e *P. verenae*), reafirmou-se a complexidade da rede de interações em colônias de formigas e foram descritos pela primeira vez os organismos associados a tais espécies.

Assim como afirmado por Rettenmeyer (1962), Kistner (1982), Krantz e Walter (2009) e Uppstrom (2010), os ácaros formam o grupo de organismos mais abundantes e encontrados com a maior frequência em formigueiros. Isso se confirmou no caso de *P. apicalis-verenae*. Esses animais podem ser parasitas, predadores, fungívoros, ou detritívoros, bem como utilizarem-nas para associações do tipo forésia (Krantz & Walter, 2009; Uppstrom, 2010). Outros organismos também aparecem como muito frequentes nos ninhos de *P. apicalis-verenae*, como os colêmbolos e as larvas de diversos artrópodes. Segundo Laakso & Setälä (1998), colêmbolas e ácaros são igualmente numerosos no solo das florestas, com alta abundância de espécies. O mesmo parece se confirmar para os formigueiros analisados neste estudo, em que ácaros e colêmbolas apresentam praticamente a mesma frequência e são muito abundantes. Aranhas e ácaros podem ser encontrados perto ou dentro dos ninhos ou ainda efetuar sua postura dentro dos formigueiros (Clark & Van Pelt, 2007). A maioria das larvas é de Diptera ou de Coleoptera. Os Diptera, como por exemplo os da família Phoridae, utilizam os ninhos para desenvolvimento de pelo menos uma fase do ciclo de vida, se alimentando próximo à ninhada das formigas (Van Pelt & Van Pelt, 1972). Segundo Kistner (1982), os besouros (Coleoptera) como os da família Staphylinidae são muito comuns nos ninhos de formigas e podem ser considerados parasitas sociais. Provavelmente tais organismos encontram nos ninhos um ambiente ideal, principalmente pela proteção contra eventuais predadores, intempéries, temperatura e umidade relativamente elevadas e constantes, detritos orgânicos essenciais como recursos alimentares e substrato adequado à reprodução (Wheeler, 1910). Estudos adicionais são necessários para um melhor entendimento das relações das ordens encontradas e suas hospedeiras.

Os ninhos de *Pachycondyla* são construídos preferencialmente em cavidades pré-existentes, como troncos de árvores em decomposição (Hölldobler & Wilson, 1990; Fernandez, 2003) ou ainda em epífitas e em solos suspensos na base de Bromeliaceae ou outras epífitas (D’Ettorre, 2005; Fernandez, 2003). No interior da Mata Atlântica, onde um número restrito de espécies de formigas nidificam em troncos mortos (Delabie *et al.*, 1997), encontrar os ninhos de *P. apicalis-verenae* foi muito difícil e o número de amostras decorrentes de formigueiros foi muito baixo. A capacidade de encontrar os ninhos segue um gradiente que vai das áreas de Mata Atlântica (extrema dificuldade de localização de formigueiros) para “cabruças” (localização mais fácil) e, por fim, para áreas de “derruba total” (grande facilidade de localização).

Tal diferença pode ser explicada pelo fato de que, nas áreas dos agrossistemas cabruca e derruba total, os principais locais de nidificação são os frutos de cacau em decomposição. Nesses ambientes há escassez de locais de nidificação, quando comparados com áreas naturais. Quanto mais perturbado for um ambiente, mais conspícuos são os ninhos de formigas. Os agrossistemas alteram a disponibilidade de recursos, como os de nidificação para as formigas. Sendo assim, é encontrado um cenário, no qual os cacauzeiros são os mais abundantes e por isso, os seus frutos caídos em decomposição formam uma alternativa preferencial para muitas espécies de formigas, assim como as do complexo *P. apicalis-verenae*. Dessa forma, existe uma indicação sobre a importância de tais agrossistemas para a conservação de tais espécies e suas interações.

Porém, não foi possível verificar se a fauna associada a essas formigas segue o mesmo padrão encontrado nas áreas naturais, pois poucos foram os ninhos encontrados em áreas de Mata Atlântica, apesar de o esforço amostral ter sido estritamente o mesmo para as coletas nos agrossistemas. Isso se deve ao fato de que nas áreas de Mata Atlântica, é mais difícil encontrar os ninhos devido à complexa organização do bioma.

Então, alguns questionamentos são necessários e tais questões precisam ser aprofundadas: 1) Na região Sul da Bahia, as formigas *P. apicalis-verenae* são mais bem adaptadas aos agrossistemas cabruca e derruba total? 2) Portanto espera-se que são espécies que, em condições naturais, deveriam ser mais comuns em formações secundárias (capoeira, por exemplo) do que em mata fechada? 3) Ou ainda em grandes clareiras na mata fechada? 4) As cabruças e as áreas de derruba total estariam contribuindo a alterar a ecologia de interações com demais organismos em *P. apicalis-verenae*? Os resultados do presente estudo são o início de tentativas para elucidar alguns

desses questionamentos. As formigas do complexo *P. apicalis-verenae* são encontradas forrageando pela Mata Atlântica, mas muitas vezes seus ninhos não são localizados e quando encontrados, a maioria são de *P. apicalis* em ninhos suspensos, associados a epífitas, no dossel das árvores. O oposto ocorreu nos agrossistemas observados, onde *P. apicalis-verenae* preferencialmente nidificam em frutos de cacau em decomposição localizados no solo.

Segundo Greenberg (1998), as fazendas de cacau sombreadas são formas modificadas de florestas tropicais que têm como consequência alterações nos microhabitats e mudanças críticas na diversidade global. Constatou-se que não houve diferenças significativas entre o número de grupos taxonômicos nos ninhos em ambientes de cabruca e derruba total. Porém, uma vez que ambientes alterados (cabruca e derruba) podem ser utilizados por vários organismos de ambientes de mata e devem contribuir para conservar parte da biodiversidade, devem ser mantidos (Dias *et al.*, 2005). As cabrucas são consideradas florestas simplificadas e possuem maior qualidade para a conservação da diversidade quando comparadas com monoculturas intensivas ou pastagens (Alves, 1990; Cassano *et al.*, 2009; Schroth *et al.*, 2011). Supondo que o agrossistema cabruca realmente conserve a diversidade da fauna associada a ninhos de *P. apicalis-verenae* o mais próximo possível das florestas tropicais, ao comparar cabrucas com áreas de derruba total, esperava-se uma diminuição na qualidade das comunidades (número de grupos taxonômicos) associadas a tais formigas. Porém, esse pressuposto não foi corroborado pelo presente estudo. Dessa forma, as classes ambientais (cabruca x derruba total) provavelmente não refletem os fatores que influenciam comunidades de organismos mirmecófilos. Segundo Schroth *et al.* (2011), existem certas condições em que mesmo as florestas artificiais formadas por espécies exóticas exercem papel importante nas estratégias de conservação, com impacto positivo na biodiversidade. A capacidade das áreas de derruba total em manter parte da mesofauna, como apontado pelo presente estudo, chama atenção para a necessidade de futuras pesquisas sobre a importância da manutenção desses ambientes em vista das monoculturas intensivas no Sul da Bahia. Estudos recentes comprovam que árvores exóticas em plantações de cacau (como *Erythrina* spp.) são hospedeiras potenciais de bromélias que abrigam uma rica fauna de invertebrados, como formigas e organismos a elas associados (Delabie *et al.*, 2007; Feitosa *et al.*, 2011).

Os resultados deste estudo não significam que as interações estudadas sejam imunes às modificações ambientais. Não podemos negar as perdas de biodiversidade ao

substituímos ecossistemas naturais por monoculturas intensivas, pastagens ou até mesmo equivalentes simplificados como as cabruças (Dias *et al.* 2005). É necessário salientar que este estudo foi realizado em nível de filo, subfilo, classe e ordem dos organismos e, talvez, observações mais aprofundadas em nível de espécies sejam imprescindíveis para tais comparações. Por sua vez, tal fato não diminui a importância de descrever mesmo que preliminarmente a desconhecida composição da fauna associada a formigas do gênero *Pachycondyla* em uma área da Região Neotropical. Muitos desses registros de distribuição e relações entre vários grupos taxonômicos são novos para a ciência (Clark e Van Pelt 2007).

Nos agrossistemas cabruca e derruba total, o fruto de cacau no chão e em decomposição serve como um abrigo alternativo ao tronco para numerosas espécies de formigas, inclusive as do grupo de espécies *P. apicalis-verenae* (Delabie *et al.* 2008). Se por um lado, as diferenças entre os ambientes não refletem alterações no padrão de composição dos organismos mirmecófilos nos ninhos, por outro, o presente estudo mostrou que podem existir alterações em tais padrões quando levamos em consideração formigueiros instalados em diferentes microsítios (microhabitats ou substratos dos ninhos) nos ambientes cabruca e derruba total. Isso implica que existiram, ao menos, mínimas diferenças entre os quatro tratamentos (ninhos em fruto de cacau e em tronco nos ambientes cabruca e derruba total). Os ninhos em frutos de cacau das cabruças apresentam maior frequência relativa de grupos taxonômicos considerados raros (aqueles que aparecem apenas uma vez nos tratamentos). E nos ambientes cabruca e derruba total, os ninhos de troncos são aqueles com maior proporção de invertebrados ausentes. Os resultados sugerem que algumas mudanças no padrão da comunidade ocorrem em diferentes microsítios. Quando comparamos os ambientes somente, como no caso da ANOVA aninhada, não encontramos diferenças significativas. Porém, os vários testes estatísticos aplicados e os gráficos gerados, mostram que pode existir alguma diferença entre os tratamentos, mesmo que muitos dos resultados sejam não significativos. Diferenças mínimas entre os microsítios (fruto de cacau e tronco) começam a aparecer quanto à composição de invertebrados e suas abundâncias em cada um dos tratamentos. O que pode ser observado pela porcentagem de invertebrados raros e ausentes em cada tratamento. Novas diferenças foram apontadas também pelos testes de frequência que começa a apontar que pode haver diferenças entre os ninhos em cacau da cabruca e ninhos em tronco na derruba total.

Como nos ambientes de Mata Atlântica os formigueiros são instalados em cavidades pré-existentes e principalmente em troncos, sugerimos que os ninhos em troncos dos agrossistemas refletem padrões de composição o mais próximo da realidade natural do que formigueiros em fruto de cacau em decomposição. Então, foi observado um aumento no número de grupos taxômicos que interagem com *P. apicalis-verenae* em ninhos instalados em fruto de derruba total, porém, também há maior frequência de invertebrados que aparecem em apenas um dos ninhos. Apesar de que, na escala macro ambiental (ambientes ou agrossistemas), não foi possível notar diferenças significativas na composição da fauna associada a *P. apicalis-verenae*, os ninhos podem ser tratados como microambientes (microhabitats) que são mais sensíveis às alterações nas comunidades. Outro fator que corrobora tais afirmações é a curva de acumulação de espécies. As curvas em ninhos de cabruca tendem a atingir uma assíntota com um menor número de amostras do que as curvas da derruba total, além disso, a curva dos ninhos de troncos das cabruças foi a que chegou a assíntota com menos amostras. Essa diferença sugere uma maior estabilidade nos ninhos em troncos na cabruca ou alguma alteração na composição e diversidade da fauna em ninhos de cacau e principalmente em ninhos da derruba total. Isso, provavelmente, porque existe uma maior facilidade em amostrar o conjunto de organismos associados ao fruto seco de cacau do que os dos troncos, onde parte da fauna escapa ou não pode ser amostrada. Sendo assim, os organismos na derruba total podem estar muito mais dispersos.

O porquê dessas alterações só poderá ser elucidado com estudos complementares. Sugerimos em pesquisas futuras um maior número de amostras em que as curvas de acumulação se tornem assintóticas. Porém, pode-se afirmar que o fato das formigas nidificarem em ninhos alternativos aos encontrados naturalmente pode estar mudando o padrão de interações entre as formigas e seus hospedeiros. Discretas alterações individuais em alguns tipos de organismos podem provocar modificações nas comunidades, em médio e em longo prazo (Dias *et al.* 2005). Sendo assim, características como o substrato dos ninhos, temperatura, luminosidade e umidade, tamanho dos microhabitats, tamanho da população da colônia, disponibilidade de recursos, entre outras, podem estar afetando as interações entre organismos mirmecófilos e seus hospedeiros e precisam ser analisados em pesquisas futuras.

Uma vez que os processos biológicos atuam sempre interligados, o fato das diferenças mais significativas apontarem para alterações nos padrões da fauna associada a *P. apicalis-verenae* em nível de microhabitat não significa que as mudanças nas

paisagens não possuem relações diretas com tais mudanças. A simples comprovação de que mudanças podem ocorrer com relação a ninhos em frutos de cacau, é uma afirmação de como os agrossistemas interferem nos processos naturais. Sendo assim, modificações físicas do ambiente têm como conseqüências modificações nas comunidades e na biologia de muitos organismos (Dias *et al.* 2005).

As curvas de distribuição de freqüência de invertebrados nos diferentes tratamentos seguem um modelo em log-normal. Exceto para os dados dos ninhos em frutos de cacau caídos nas cabruças, que apesar de não ser uma log-normal, sua distribuição é bem próxima ao modelo. Dessa forma, sugerem-se as mesmas implicações ecológicas para os ninhos de cacau da cabruca. O fato dos frutos de cacau nas cabruças não serem os únicos locais de abrigo disponíveis para as formigas pode explicar essa diferença (anteriormente discutida quanto às diferenças entre microsítios). O modelo log-normal se encaixa com freqüência em comunidades constituídas por espécies que são funcionalmente heterogêneas e nas quais a abundância é influenciada por uma variedade de fatores independentes (May, 1975). Dessa forma, o modelo sugere que as comunidades que habitam os ninhos de *P. apicalis-verenae*, uma vez que possuem papéis diferentes, não devem competir diretamente e por isso conseguem viver em estreita associação. O modelo também sugere a existência de espécies com grande abundância, poucas com abundância pequena e que a maioria das espécies apresentam abundância intermediária (Magurran, 1996), o que pôde se confirmar em nossos resultados.

Segundo Janzen (1974), um dos problemas apontados pela Biologia da Conservação é a perda sutil de interações bióticas em áreas tropicais antropizadas. Portanto, estudos ecológicos são indispensáveis para registro dos recursos naturais antes de se perderem com a degradação ambiental (Dias *et al.* 2005). Dessa forma, o presente estudo colaborou com o conhecimento científico em tais áreas e principalmente no que diz respeito a interações que ocorrem nos microhabitats que são os ninhos de formigas.

Enfim, conhecidos os organismos que estão associados a ninhos de *P. apicalis-verenae*, fato de grande relevância ecológica, é necessário responder de que forma as variações ambientais interferem nessa rede de interações, uma vez comprovada a existência de tais alterações. Contudo, foi possível atestar que os agrossistemas cabruca contribuem para a manutenção de parte da biodiversidade da fauna associada a *P. apicalis-verenae* e suas interações, e devem ser mantidos. Outro fato de comum importância encontrado em nossos resultados é a capacidade da derruba total na

manutenção de *P. apicalis* e *P. verenae*, bem como de organismos que vivem a elas associados. Com tais observações é possível inferir sobre a importância das cabruças como também das áreas de derruba total atuando positivamente na manutenção da mesofauna de invertebrados no Sul da Bahia.

Agradecimentos: Ao CNPq e PRONEX FAPESB/CNPq: “Rede multidisciplinares de estudos sobre formigas poneromorfas” pelo apoio financeiro. Ao PPGECB-UESC. À CEPLAC pelo apoio laboratorial e logístico. Ao José Raimundo, José Abade e José Crispim que contribuíram nas coletas de materiais. À Roberta J. Santos pelo apoio na triagem de materiais. Ao Dr. Ivan C. Nascimento por sua ajuda com os dados. Ao Dr. Luis F. Alberti pelas análises dos dados.

Referências Bibliográficas:

ALVES, M. C. 1990. The role of cacao plantations in the conservation of the Atlantic Forest of Southern Bahia, Brazil. Master Thesis, University of Florida. Gainesville, Florida.

ALVIM, P. T., PEREIRA, C. P. 1970. Sombra e espaçamento nas plantações de cacau da Bahia. In XXII Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência: Simpósio de pesquisas sobre o cacau, pp. 33–34.

ARAÚJO, M.; ALGER, K.; ROCHA, R.; MESQUITA, C. 1998. *A Mata Atlântica do Sul da Bahia: Situação atual, ações e perspectivas*. Caderno 08. Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica. São Paulo, SP. 35 p.

CASSANO, C.R.; SCHROTH G.; FARIA D.; DELABIE J.H.C.; BEDE L. 2009. Landscape and farm scale management to enhance biodiversity conservation in the cocoa producing region of southern Bahia, Brazil. *Biodivers Conserv* 18:577–603

CLARK, W.H., VAN PELT, A. 2007. Myrmecophiles in ant nests, Big Bend National Park, Texas. *Journal of the Idaho Academy of Science* 43(1):39-40.

COLWELL R.K., MAO C.X., CHANG J. 2004. Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. *Ecology* 85: 2717-2727.

CUSHING, P.E. 1997. Myrmecomorphy and myrmecophily in spiders: a review. *The Florida Entomologist*, 80 (2): 16-193.

DELABIE, J.H.C. 1990. The ant problems of cocoa farms in Brazil. In: Vander Meer RK, Jaffe K, Cedeño A (eds) *Applied myrmecology: a world perspective*, Westview Press, Boulder, Colorado USA, pp 555–569.

DELABIE, J.H.C., LACAU, S., NASCIMENTO, I.C., CASIMIRO, A.B., CAZORLA, I.M.. 1997. Communauté des fourmis des souches d'arbres morts dans trois réserves de la forêt Atlantique brésilienne (Hymenoptera, Formicidae). *Ecol. Aust.* 7: 95-103.

DELABIE, J.H.C. 1999. Comunidades de formigas (Hymenoptera; Formicidae): métodos de estudo e estudos de casos na Mata Atlântica. In: *XII Encontro de Zoologia do Nordeste, 1999. Feira de Santana, Bahia, Brasil. Resumos...* Feira de Santana, Bahia, Brasil.

DELABIE, J.H.C.; JAHYNY, B.; NASCIMENTO, I.C.; MARIANO, C.S.F.; LACAU, S.; CAMPIOLO, S.; PHILPOTT, S.M. & LEPONCE, M. 2007. Contribution of cocoa plantations to the conservation of native ants (Insecta: Hymenoptera: Formicidae) with a special emphasis on the Atlantic Forest fauna of southern Bahia, Brazil. *Biodiversity and Conservation*, 16: 2359-2384.

DELABIE, J.H.C.; MARIANO, C.S.F.; MENDES, L.F.; POMPOLO, S.G. & FRESNEAU, D. 2008. Problemas apontados por estudos morfológicos, ecológicos e citogenéticos no gênero *Pachycondyla* na Região Neotropical: o caso do complexo *apicalis*. In: E.F. Vilela; I.A. Santos; J.H. Schoereder; J.E. Serrão; L.A.O. Campos & J. Lino Neto (Org.). *Insetos Sociais: da Biologia à Aplicação*. Viçosa, Minas Gerais, Brasil: Editora da Universidade Federal de Viçosa, 196-222.

D'ETTORRE, P., KELLNER, K., DELABIE, J.H.C., HEINZE, J. 2005. Number of queens in founding associations of the Ponerinae ant *Pachycondyla villosa*. *Insectes Sociaux*. 52: 327-332.

DIAS, M. F. R.; BRESCOVIT, A.; MENEZES, M. 2005. Aranhas de solo (Arachnida: Araneae) em fragmentos florestais no sul da Bahia, Brasil. *Biota Neotropica*, v. 5.

FARIA, D.M., BAUMGARTEN, J. 2007. Shade cacao plantations (*Theobroma cacao*) and bat conservation in southern Bahia, Brazil. *Biodiv Conserv* 16:291–312.

FEITOSA R.M, LACAU, S., DA ROCHA, W.D., OLIVEIRA, A.R., DELABIE, J.H.C. 2011. A giant new arboreal species of the ant genus *Anochetus* from Brazil (Formicidae, Ponerinae). *Ann Soc Entomol France* (in press)

FERNÁNDEZ F. 2003. *Introducción a las hormigas de la región Neotropical*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos.

FOWLER, H.G; FORTI, L.C; BRANDÃO, C.R.F.; DELA8IE, J.H.C.; VASCONCELOS, H.L. 1991. Ecologia Nutricional de formigas, *In: Ecologia Nutricional de Insetos e suas Implicações no Maneio de Pragas*. Ed. Manole, São Paulo.

GREENBERG, R. 1998. Biodiversity in the cacao agroecosystems: shade management and landscape considerations. *Proceedings of the Smithsonian Migratory Bird center cacao conf. available from <http://nationalzoo.si.edu/conservationandscience/migratorybirds/research/cacao/papers.cfm>*

HÖLLDOBLER, B. 1971. Communication between ants and their guests. *Scientific American*, 224: 86-93.

HÖLLDOBLER, B., WILSON, E. O. 1990. *The Ants*. Cambridge: Harvard University Press.

JANZEN, D. H. 1974. The deflowering of Central America. *Natural History* 83: 49-53.

JANSSEN, R.; WITTE, V. 2002. *Allopeas myrmekophilos* n. sp., the first snail reported as living in army ant colonies (Gastropoda: Pulmonata: Subulinidæ). *Archiv für Molluskenkunde* 131:211–215.

KISTNER, D.H. 1982. The social insects' bestiary. *In: Social Insects*, Vol 3, ed. H. R. HERMANN. pp. 1-244. New York: Academic. 491 pp.

KISTNER, D.H., BERGHOFF, S.M. & MASCHWITZ, U. 2003. Myrmecophilous Staphylinidae (Coleoptera) associated with *Dorylus (Dichthadia) laevigatus* (Hymenoptera: Formicidae) in Malaysia with studies of their behavior. *Sociobiology*, 41 (1): 209-266.

KRANTZ, G. W.; WALTER, D. E. 2009. (EDS.) *A Manual of Acarology*. Third Edition. Texas Tech University Press; Lubbock, Texas, 807 pp.

LAAKSO, J.; SETÄLÄ, H. 1998. Composition and trophic structure of detrital food web in ant nest mounds of *Formica aquilonia* and in the surrounding forest soil. *Oikos*, 81: 266-278.

LACAU, S., FRESNEAU, D., DELABIE, J., JAHYNY, B., MONTREUIL, O., VILLEMANTI, C. 2001. Uma nova associação entre as larvas mirmecófilas de duas espécies de Lampyridae (Insecta: Coleoptera) e a formiga *Typhlomyrmex rogenhoferi* Mayr, 1862 (Formicidae, Ponerinae). *XV Encontro de Mirmecologia*. Londrina, PR.

MACKAY, W.P., MACKAY E. E., 2010. *The Systematics and Biology of the New World Ants of the Genus Pachycondyla (Hymenoptera: Formicidae)*. The Edwin Mellen Press, Lewiston. 642 pp.

MAGURRAN, A.E. 1996. Ecological diversity and its measurement. Princeton University, Princeton.

MAY, R.M. 1975. Patterns of species abundance and diversity. *In Ecology and evolution of communities* (M.L. Cody & J.M Diamond, eds.). Harvard University, Cambridge, p.81-120.

MITTERMEIER, R. A., MYERS, N., THOMSEN, J. B., DA FONSECA, G. A. B., OLIVIERI. 1998. Biodiversity hotspots and major tropical wilderness areas: approaches to setting conservation priorities. *Conservation Biology* 12:516–520.

MYERS, N. 1988. Threatened biotas: “hot-spots” in tropical forests. *The Environmentalist* 8:187–208.

MORI, S. A., BOOM, B. M., CARVALHO, A. M. de, SANTOS, T. S. 1983. Southern Bahian moist forests. *Botanical Review* 49: 155-232.

OLIVEIRA, P.S., SAZIMA, I. 1985. Anthunting behavior in spiders with emphasis on *Strophius nigricans* (Thomisidae). *Bull. Br. Arachnol. Soc.*, 6: 309-12.

PARDINI, R., FARIA, D., ACCACIO, G.M., LAPS, R.R., MARIANO-NETO, E., PACIENCIA, M.L.B., DIxO, M., BAUMGARTEN, J. 2009. The challenge of maintaining Atlantic forest biodiversity: A multi-taxa conservation assessment of specialist and generalist species in an agroforestry mosaic in southern Bahia. *Biol. Conserv.* 142: 1178-1190.

PRESTON, F.W. 1948. The commonness and the rarity of species. *Ecology* 29:254-283.

RETTENMEYER, C. W. 1962. Arthropods associated with neotropical army ants with a review of the behavior of these ants (Arthropoda; Formicidae: Dorylinae), Ph.D. Dissertation, University of Kansas, Lawrence, Kan, USA.

ROLIM, S.G., CHIARELLO, A.G. 2004. Slow death of Atlantic forest trees in cocoa agroforestry in southeastern Brazil. *Biodiv Conserv* 13: 2679–2694.

SAMBUICHI, R. H. R. 2003. Ecologia da vegetação arbórea de cabruca – mata atlântica raleada utilizada para cultivo de cacau - na região sul da Bahia. Tese de Doutorado. Departamento de Ecologia. Universidade de Brasília – Brasília.

SAMBUICHI, R. H. R., HARIDASAN, M. 2004. O consórcio cacau-floresta e a conservação de árvores nativas de grande porte na região sul da Bahia.. In: V Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais, 2004, Curitiba. *V Congresso brasileiro de Sistemas Agroflorestais - SAFs: Desenvolvimento com Proteção Ambiental*. Curitiba : Embrapa Florestas, 2004. p. 377-379.

SCHROTH, G., FARIA, D., ARAUJO, M., BEDE, L., VAN BAEL, S.A., CASSANO, C.R., OLIVEIRA, L.O., DELABIE, J.H.C. 2011. Conservation in tropical landscape mosaics: the case of the cacao landscape of southern Bahia, Brazil. *Biodivers Conserv* 20:1635–1654.

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

SOKAL, R.R., ROHLF, F.J. 1969. *Biometry*. W.H. Freeman and Co., San Francisco.

SPERBER, C.F., NAKAYAMA, K., VALVERDE, M.A; NEVES; F.S. 2004. Tree species richness and density affect parasitoid diversity in cocoa agroforestry. *Basic Appl Ecol* 5: 241–245.

THOMAS, W. W., CARVALHO, A. M. DE, AMORIM, A. M. A., GARRISON, J., ARBELÁEZ, A. L. 1998. Plant endemism in two forests in southern Bahia, Brazil. *Biodiversity and Conservation* 7: 311-322.

UPPSTROM, K. A. 2010. *Mites (Acari) Associated with the Ants (Formicidae) of Ohio and the Harvester Ant, Messor pergandei, of Arizona*. 2010. 248 f. Tese (Mestrado em Ciências) - Graduate Program in Evolution, Ecology and Organismal Biology The Ohio State University, Ohio.

VAN PELT, A., VAN PELT, S.A. 1972. *Microdon* (Diptera: Syrphidae) in nests of *Monomorium* (Hymenoptera: Formicidae) in Texas. *Annals of the Entomological Society of America* 65(4):977-979.

WHEELER, W. M. 1910. *Ants: Their structure, development and behavior*. New York, Columbia University Press.

WILSON, E.O. 1971. *The insect societies*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.

WITTE, V.; JANSSEN, R.; EPPENSTEIN, A.; MASCHWITZ, U. 2002. *Allopeas myrmekophilos* (Gastropoda, Pulmonata), the first myrmecophilous mollusc living in colonies of the ponerine army ant *Leptogenys distinguenda* (Formicidae, Ponerinae). *Insectes Sociaux*, 49, 301e305.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nosso estudo revelou a ampla complexidade das associações entre invertebrados e ninhos de *Pachycondyla apicalis* e *P. verенаe*. Nossos resultados nos mostraram que as comunidades mirmecófilas vivem em um micro-universo que pode ser colocado de certa forma, à parte. Pois, possuem condições particulares como temperatura e umidade relativamente elevadas e constantes, além de proteção contra predadores e uma variedade de recursos alimentares.

O presente estudo abre portas para pesquisas futuras sobre como se dão essas associações, quais os tipos de interações ocorrem nos ninhos de *Pachycondyla* e quais devem ser os fatores que podem vir a modificar a composição da fauna de organismos mirmecófilos em ambientes com diferentes gradientes de perturbação. Partindo assim, das hipóteses aqui afirmadas de que mudanças nos microhabitats podem ser tão ou mais importantes do que mudanças em escala macro-ambiental.

Outro fato importante de salientar é a influência positiva dos sistemas agroflorestais na conservação da mesofauna. Este estudo nos mostrou como os organismos podem se adaptar a novos ambientes e dessa forma conseguir a manutenção da espécie e de comunidades estritamente associadas. Como por exemplo, a fauna de organismos mirmecófilos associados aos ninhos de *Pachycondyla apicalis* e *P. verенаe*. Nesse caso os frutos de cacau em decomposição são microhabitats alternativos de grande importância para uma variedade de invertebrados.

Por fim, reafirmamos a importância das cabruças como de fundamental importância para a conservação de parte da biodiversidade da Mata Atlântica. E ainda, é possível sugerir investimentos na manutenção das áreas de plantio de cacauais de derruba total em vista de monoculturas intensivas na região Sul da Bahia. De modo que florestas plantadas, com árvores exóticas ou de valor comercial, também possuem um potencial para a conservação da mesofauna e merece atenção por parte de gestores e pesquisadores.

FONTES DE FINANCIAMENTO:

- CNPq: através de bolsa de Mestrado.
- PRONEX FAPESB/CNPq: “Rede multidisciplinares de estudos sobre formigas poneromorfas”.

ANEXO



Figura I: Fruto de cacau em decomposição



Figura II: Ninho de *Pachycondyla apicalis* em fruto de cacau em decomposição



Figura III: Pupas de *Pachycondyla* spp. em ninho de fruto de cacau em decomposição



Figura IV: Gastrópode em formigueiro de *Pachycondyla* spp.