

UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS

MÁRCIA PATRÍCIA NASCIMENTO CIDADE

RIQUEZA E ABUNDÂNCIA DE FORMIGAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) EM
DIFERENTES CLASSES DE SOLO EM UMA ÁREA DE SAVANA PRÓXIMA DE BOA
VISTA, RR

Boa Vista

2011

MÁRCIA PATRÍCIA NASCIMENTO CIDADE

RIQUEZA E ABUNDÂNCIA DE FORMIGAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) EM
DIFERENTES CLASSES DE SOLO EM UMA ÁREA DE SAVANA PRÓXIMA DE BOA
VISTA, RR

Dissertação apresentada como requisito
parcial para a obtenção do título de Mestre
em Recursos Naturais.

Orientador: Prof. Dr. José Frutuoso do
Vale Júnior

Co-orientador: Prof. Dr. Jorge L. Pereira de
Souza

Boa Vista

2011

Dedico:

*Á minha família (Germano,
Bernadete, Luana e Ada) que
sem ajuda deles nada seria
possível*

AGRADECIMENTOS

À CAPES pela concessão da Bolsa durante todo o mestrado.

Ao PRONAT por ter custeado meu estágio no INPA. Aos professores e coordenadores do curso, Marcos Vital e Gardênia Cabral.

Minha família, minha mãe Maria Bernadete e meu pai Germano Drews, as minhas irmãs e motoristas na hora de coletar as formigas (Luana Drews e Ada Drews) que sem elas este trabalho não teria acontecido. Meu primo Eduardo Silveira que fazia a parte pesada do trabalho: “cavar os buracos”. A meu irmão de coração Luis Carlos (Pecos) pelos momentos engraçados no mestrado e pela ajuda na formatação da dissertação.

A Dr^a Elisabeth Franklin Chilson, que me apresentou ao maravilhoso mundo das formigas. Ao Fabrício Baccaro, que ajudou nas correções do projeto. Ao pessoal do laboratório de entomologia do INPA: Camila Brito, Nete, Breno e Renato que fizeram minha estadia mais alegre e bastante construtiva.

Não posso esquecer as pessoas que estiveram nas várias tentativas de localizar as parcelas permanentes do PPBio, uma missão quase impossível, Adriano, Pedro Paulo, e aos que me matavam de rir durante o caminho, Rafael e Fernando Robert.

Ao Pedro Paulo pela coleta de solo para fazer a umidade e penetração

As minhas amigas: Mariana Monteiro, Anne Priscila, Licya Sampaio e Bruninha Aquino.

A professora Vânia que cedeu o laboratório de invertebrados aquático para a triagem e identificação das formigas. A Patrícia a laboratorista, ao Gabriel que sempre estava no laboratório pra descontrair o clima.

E ao meu orientador Dr. Frutuoso que com seu jeito tranquilo e paciência me orientou.

Ao meu co-orientador Dr. Jorge L. P. Souza, que devo tudo a ele, tudo que sei hoje sobre formigas foi graças a ele.

Aos meus amigos do mestrado Luis Carlos, Marlene Camargo, Karen Ribeiro, James, Professor Ilzo, Tiago Condé.

À Deus que tornou o impossível em possível, a Ele sempre toda Honra, Glória e minha adoração.

*“Pra Deus não há impossíveis
Da morte ele tira vida
De um deserto ele faz brotar
Um rio de águas tão profundas.
Pra Deus não há impossíveis
Das cinzas ele ergue a sua fé
Troca esse coração por um novo
E tudo volta ao lugar”*

RESUMO

A savana (Lavrado) de Roraima ocupa 17% de seu território. Estas áreas apresentam um mosaico de vegetações e uma diversidade pedológica devido aos fatores de formação do solo. As formigas estão presentes praticamente em todos os ambientes terrestres e desempenham inúmeros papéis no ecossistema. O objetivo desta pesquisa foi avaliar as relações entre as características físicas e químicas do solo com as assembleias de formigas em uma área de savana próxima de Boa Vista, RR, situadas no Campus do Cauamé/UFRR. O trabalho foi desenvolvido nas 12 parcelas permanentes do Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio). Foram utilizadas duas técnicas de coleta (iscas e pitfalls), sendo instaladas 10 sub-amostras em cada parcela, separadas 25 m uma da outra, totalizando 120 sub-amostras por método de coleta. Os pitfalls permaneceram em operação por 48 horas e as iscas ficaram expostas por 40 minutos. O material foi coletado e levado ao laboratório para identificação. Os dados químicos e físicos do solo foram obtidos através dos metadados disponíveis no site do PPBio. Adicionalmente foram coletadas as variáveis umidade e resistência a penetração (RP). Os dados das classes de solo foram obtidos de estudos detalhados do campus Cauamé. As assembleias de formigas foram ordenadas com base na presença/ausência dos indivíduos utilizando o escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS). Para verificar a influência das variáveis ambientais sobre a distribuição das formigas, foi realizada uma Análise Multivariada da Variância (MANOVA). A similaridade entre as técnicas de coleta foram analisadas com o teste de Mantel. Na área de estudo identificou-se cinco classes de solos, e nestas foram coletadas 8936 formigas distribuídas em 7 subfamílias, 22 gêneros e 49 espécies onde 39 são morfotipos. A espécie *Kalathomyrmex emery* foi registrada pela primeira vez para o estado de Roraima. Os gêneros mais abundantes encontrados nas iscas foram *Crematogaster* (46,3%) e *Camponotus* (25,5%). A similaridade entre as técnicas pitfall e isca foi baixa (35%), porém o pitfall foi 92% similar as duas técnicas em conjunto. Dentre as variáveis ambientais testadas, verificamos que não houve diferença significativa em relação às classes de solo, umidade e pH com a distribuição das formigas, sendo que a argila foi a única variável que influenciou em sua distribuição. Os pitfalls podem ser o único método de coleta de formigas em áreas de savanas. A maior riqueza de espécies de formigas foi verificada no Latossolo Amarelo. O solo com menor riqueza foi o Gleissolo, porém, foi o que apresentou maior número de espécies exclusivas.

Palavras-chave: fatores ambientais, argila, pitfall, iscas.

ABSTRACT

Savanna (Lavrado) of Roraima occupy 17% of its territory. These areas have a mosaic of vegetation and pedological diversity due to factors of soil formation. The ants are present in virtually all terrestrial environments, and playing numerous roles in the ecosystem. The objective of this research was to evaluate the relationships between the physical and chemical characteristics of soil with ant assemblages in a savanna area near Boa Vista, Roraima (Campus Cauamé/UFRR). The study was conducted in 12 permanent plots of the Biodiversity Research Program (PPBio). We used two techniques (baits and pitfalls), and 10 sub-samples from each plot, 25 m apart from each other, a total of 120 sub-samples using the method of collection. The pitfalls remained in operation for 48 hours and the baits were exposed for 40 minutes. The material was collected and taken to the laboratory for identification. The chemical and physical soils were obtained from the metadata available from the PPBio. Additionally we collected moisture content and resistance to penetration (RP). Data from the soil classes were obtained from detailed studies of Cauamé campus. Ant assemblages were sorted based on the presence / absence of individuals using non-metric multidimensional scaling (NMDS). To check the influence of environmental variables on the distribution of ants, we performed a Multivariate Analysis of Variance (MANOVA). The similarity between the techniques was analyzed with the Mantel test. In the study area were identified five classes of soil, and these were collected 8,936 ants distributed in 7 subfamilies, 22 genera and 49 species which are 39 morphotypes. The species *Kalathomyrmex emery* was first recorded for the state of Roraima. The most abundant genera were found in the bait *Crematogaster* (46.3%) and *Camponotus* (25.5%). The similarity between the techniques and bait pitfall was low (35%), but the pitfall was 92% similar the two techniques together. Among the environmental variables tested, we found that there was no significant difference in the classes of soil, moisture and pH with the distribution of ants, and the clay was the only variable that influenced the distribution of ants. The pitfalls may be the only method of collecting ants in savanna areas. The highest species richness of ants was found in the Yellow Latosol. And the soil with less wealth was the Gleysol, however, was the soil with the highest number of exclusive species.

Keywords: environmental factors, clay, pitfall, bait.

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| Dedicatória | |
| Agradecimento | |
| Epigrafe | |
| Resumo | |
| Abstract | |
| Sumário | |
| Lista de Figura | |
| Lista de tabela | |
| 1 INTRODUÇÃO | 12 |
| 1.1 Solos das savanas de Roraima..... | 12 |
| 1.2 Fauna do solo: macrofauna | 13 |
| 1.3 Distribuição e importância das formigas..... | 15 |
| 1.4 Fatores ecológicos associados à distribuição de formigas | 16 |
| 2 OBJETIVOS | 18 |
| 2.1 Objetivo geral..... | 18 |
| 2.2 Objetivos específicos..... | 18 |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS | 19 |
| 3.1 Área de estudo..... | 19 |
| 3.2. Caracterização da Área de Estudo..... | 20 |
| 3.2.1 Caracterização climática | 20 |
| 3.2.3 Caracterização pedológica e fitofisionômica da área de estudo | 20 |
| 3.3 Trabalhos de Campo..... | 22 |
| 3.3.1 Delineamento experimental e coleta das formigas..... | 23 |
| 3.3.1.1 Identificação do material coletado | 24 |
| 3.3.2 Análise química e física do solo..... | 25 |
| 3.3.3 Determinação da umidade do solo | 25 |
| 3.3.4 Avaliação da resistência mecânica à penetração | 27 |
| 3.4 Análises dos dados | 27 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 29 |
| 4.1 Composição, Riqueza e Abundância de formigas..... | 29 |
| 4.2 Determinação da melhor técnica de amostragem da riqueza e abundância de formigas em solos de savana. | 37 |

| | |
|---|----|
| 4.3 Relação entre a diversidade de formigas com as variáveis ambientais | 38 |
| CONCLUSÕES..... | 43 |
| REFERÊNCIAS | 43 |
| Apêndices | 53 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| FIGURA 1 - Localização da área do estudo com destaque da Grade do PPBio nas savanas da região do Monte Cristo (CCA/UFRR); linhas vermelhas = limites do campo experimental; linhas azuis = trilhas de caminhada norte-sul e leste-oeste; linhas amarelas = parcelas permanentes; linhas pretas = trilhas de acesso no Campus, símbolos humanos = parcelas antropizadas.----- | 19 |
| FIGURA 2 - Mapa detalhado de solos do Campus do Cauamé – UFRR com ênfase nas 12 parcelas permanentes do PPBio ----- | 21 |
| FIGURA 3 - Fitofisionomia da área de estudo: A: <i>Mauritia flexuosa</i> B: Poáceas e Ciperáceas, campo limpo úmido C: Campo sujo D: campo limpo seco E: savana arbórea com predomínio de <i>Curatella americana</i> e <i>Byrsonima</i> spp F: área queimada ----- | 22 |
| FIGURA 5 - A: Trado utilizado para cavar os orifícios. B: armadilha de pitfall instalada. C: iscas atrativas. D: Iscas após 40 minutos----- | 24 |
| FIGURA 7- Aparelho de penetração (A e B)----- | 27 |
| FIGURA 8 - Curva de acúmulo de espécies das assembleias de formigas coletadas com as duas técnicas de coleta Pitfall e Isca e sua combinação nas 12 parcelas em região de Savana em Monte Cristo (CCA/UFRR) – Roraima.----- | 29 |
| FIGURA 9 - Distribuição das espécies de formigas nas cinco classes de solo encontradas na área de estudo (GXbd- Gleissolo; PAdx-Argissolo amarelo; PVAd- Argissolo Vermelho Amarelo; LVD- Latossolo Vermelho; LAdx-Latossolo Amarelo)----- | 30 |
| FIGURA 10 - Diagrama do Escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) das assembleias de formigas coletadas pelas duas técnicasde coleta (armadilhas pitfall e iscas).----- | 38 |
| FIGURA 11 - Distribuição de formigas ao longo do gradiente de argila nas 12 parcelas nas savanas coletadas com iscas.----- | 40 |
| FIGURA 12 - Distribuição de formigas ao longo do gradiente de argila nas 12 parcelas nas savanas coletadas com pitfall. ----- | 41 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| TABELA 1- Valores absolutos dos atributos Morfológico e físicos dos perfis de solos estudados. | 30 |
| TABELA 2 - Abundância e frequência relativa e total das espécies de Formicidae coletados por pitfall e isca em área de savana próxima de Boa Vista-RR, 2010. | 33 |
| TABELA 3 - Valores da similaridade de Mantel (rM) e sua significância entre as assembleias coletadas pelas técnicas de coleta e sua combinação. | 37 |
| TABELA 4 - Resultados da Análise Múltipla de Variância Multivariada (MANOVA) entre as variáveis preditoras (pH, teor de argila, classe e umidade do solo) e a composição das assembleias de formigas coletadas com Pitfall, Iscas e Pitfall+Isca em 12 parcelas nas Savanas no campus Monte Cristo (CCA/UFRR) – Roraima..... | 39 |

1 INTRODUÇÃO

Roraima está situada dentro do domínio morfoclimático de Hiléia, sendo caracterizada por apresentar uma peculiar vegetação composta por áreas abertas e fechadas, as quais dão identidade regional e condicionam a presença de fauna e flora adaptadas a estes ambientes (CARVALHO, 2009). A savana de Roraima é caracterizada como a maior área de savana da Amazônia Brasileira (MIRANDA; ABSY, 2000), equivalendo a 17% do seu território. Essa região é conhecida localmente como “Lavrado” (BARBOSA et al., 2007). Apresenta a maior área contínua aberta do bioma Amazônia, com cerca de 54 mil km², sendo mais de 80% em território brasileiro, formando o complexo paisagístico “Rio Branco-Rupununi”. O lavrado agrupa fitofisionomias encontradas em todo o sistema geomorfológico da Formação Boa Vista e quase toda Formação Surumu (BARBOSA; MIRANDA, 2005). Estas áreas oferecem muitos recursos naturais para serem estudados devido à fitofisionomias existentes. Carvalho (2009) cita as importâncias destas fitofisionomias:

Estas áreas são recortadas por igarapés intermitentes, os quais chegam a secar em várias partes durante os períodos de estiagem (agosto-maio). Um lago do lavrado é onde geralmente se originam estes pequenos igarapés próximos aos rios maiores, para onde se dirigem e se conectam. Associados a estes igarapés estão os buritis rodeados por vegetação arbustiva e arvoretas. A vegetação dos buritizais vai ficando mais complexa ao se aproximar das matas galerias dos rios maiores. Recobrimdo o solo ocorrem ciperáceas e gramíneas em proporções que podem variar de acordo com a granulometria e a umidade retida no solo. Alguns igarapés do lavrado, também intermitentes, são mais largos que os buritizais, bem como mais encorpadas e diversas as suas vegetações ciliares. Os rios maiores quando atravessam o lavrado formam matas galerias tão interessantes quanto complexas nas porções marginais que ocupam, desde o dique marginal até as áreas varzeadas em contato com o lavrado. Em algumas regiões ocorrem lagos de diversos tamanhos, formando um sistema ecológico e paisagístico muito interessante no lavrado, contribuindo para a identidade regional de Roraima (CARVALHO, 2009, p.9)

1.1 Solos das savanas de Roraima

O solo é resultante da ação conjunta dos cinco fatores de formação (material de origem, relevo, clima, organismos e o tempo), o clima e os organismos são considerados os fatores ativos na formação do solo, pois eles conseguem favorecer mudanças nas propriedades e características do solo (DOKUCHAIEV, 1949 apud SERAFIM, 2010). Os solos das savanas de Roraima possuem grande diversidade pedológica, devido aos fatores de formação, principalmente o material de origem, que é formado por sedimentos pré-intemperizados, sendo mais semelhantes aos solos das savanas do Amapá, cujo material de origem são

sedimentos do Grupo Barreiras, do que os solos do cerrado do Brasil Central (VALE JUNIOR; SOUSA, 2005).

Vale Junior e Sousa (2005), identificaram 12 classes de solo das 13 possíveis, e essa diversidade pedológica está associada a processos de erosão e deposições cíclicas, desde o Jurássico, e a alternâncias climáticas. Os principais solos encontrados nessas áreas são: Plintossolo, Gleissolos, Neossolos Quartzarênicos, ocorrendo à predominância dos Argissolos e Latossolos.

De acordo com Vale Júnior e Sousa (2005) existe uma relação geomorfológica da área com a distribuição dos solos nas savanas. Constataram que as superfícies aplainadas de baixos platôs, de sedimentos terciários são geralmente associados à Latossolos Amarelos e Argissolos Amarelos; Já em áreas de rochas cristalinas, Latossolos Vermelho-Amarelos, Neossolos Litólicos e Cambissolos; nos terços médios e inferior das colinas ou residuais aplainados, solos Argissolizados com plintita, e nas áreas abaciadas os Neossolos Quartzarênicos, e Gleissolos e ao longo dos principais rios a classe Plintossolos dominam a vasta extensão de terras baixas.

Esses solos são caracterizados como de baixa fertilidade natural, baixa saturação por bases, conseqüentemente terão uma elevada saturação por alumínio, embora apresentem boas características morfológicas e físicas (BRASIL, 1975; VALE JÚNIOR, 2000; VALE JUNIOR; SOUSA, 2005; BENEDETTI, 2007; FEITOSA, 2007).

A caulinita é o mineral de argila predominante nos solos que tem um grau relativamente avançado de intemperização química (BENEDETTI, 2007). São solos susceptíveis à erosão, devido ao horizonte coeso que reduz a infiltração no período chuvoso (VALE JUNIOR, 2000; BENEDETTI, 2007).

1.2 Fauna do solo: macrofauna

Nos solos estão presentes quase todas as ordens ou classes de invertebrados (CORREIA; OLIVEIRA, 2000), que podem viver permanentemente, passando a maior parte do ciclo de vida em ninhos ou cavidades do solo, ou passar por um estágio no seu ciclo de vida. Apenas as espécies sexuadas vêm à superfície para fecundação, que é realizada no ar, o macho morre após a fecundação e a fêmea começa a construção de sua colônia abaixo da superfície (SILVA; SILVESTRE, 2004; AQUINO; CORREIA, 2005).

A fauna do solo pode influenciar os processos edáficos através de duas vias principais: uma direta, pela modificação física da liteira e do ambiente do solo, e uma indireta através da interação com a comunidade microbiana (GONZALEZ et al., 2001).

A fauna do solo pode ser classificada de acordo com o tamanho corporal em microfauna, mesofauna e macrofauna (PETERSEN; LUXTON, 1982). Esta é considerada bioindicadora de uso do solo ou de sua fertilidade, pois é sensível e reage a mudanças induzidas por atividades antrópicas e naturais dos solos (MELO et al., 2009). A maioria dos organismos são importantes componentes da fauna do solo por contribuir com a decomposição da matéria orgânica e com a reorganização e transporte dos elementos químicos do solo (PETERSON; LUXTON, 1982; LAVELLE; SPAIN, 2001).

A macrofauna é caracterizada por organismos acima de 2 mm (PETERSEN; LUXTON, 1982). Nas regiões temperadas as minhocas são o grupo mais importante da macrofauna, e nas regiões tropicais, temos como maiores representantes as formigas e os térmitas (BIGNELL et al, 2008). Participam da criação de galerias, transporte de materiais, subdivisão de materiais mais grosseiros e na homogeneização dos horizontes (LAVELLE; SPAIN, 2001), influenciam as propriedades físicas e químicas dos solos, na criação de macroporos da transformação e redistribuição da matéria orgânica (BIGNELL et al., 2008), além disso, atuam no funcionamento do ecossistema, agindo em diversos níveis tróficos dentro da cadeia alimentar dos organismos terrestres e afetando indireta e diretamente a produção primária, podendo agir como vetor de microorganismos simbióticos, como os fungos micorrízicos e os fixadores de nitrogênio, e contribuir com ação mecânica na formação de agregados estáveis (SILVA et al., 2006). Podem responder às diversas intervenções antrópicas realizadas no ambiente (LAVELLE; SPAIN, 2001).

Na Região Amazônica, a fauna de solo tem sido bastante estudada (HÖFER et al., 2001; FRANKIN et al., 2008), a mesofauna e os ácaros (FRANKLIN et al., 2004; FRANKLIN; MORAES, 2006; SANTOS et al., 2008), a macrofauna (BARROS et al., 2006), os pseudoescorpiões (CONSTANTINO; ACIOLI, 2006), as formigas (MOURA, 2006; BACCARO; SOUZA, 2007, SOUZA et al., 2007; NOGUEIRA, 2009; OLIVEIRA et al., 2009, SOUZA et al., 2009; SOUZA, 2009). Em Roraima diferentemente, poucos trabalhos sobre as formigas foram realizados em florestas (BACCARO; SOUZA 2007, SOUZA et al., 2009; SOUZA, 2009) e em savana (PEIXOTO et al., 2010; OLIVEIRA, 2010).

1.3 Distribuição e importância das formigas

As formigas (Hymenoptera, Formicidae), se diferenciam dos demais himenópteros ápteros pela presença de um escapo e pela conformação do pecíolo (segmento que une o tronco ao gáster) (BRANDÃO, 1999). Estão distribuídas em 16 subfamílias, 296 gêneros e 12,637 espécies descritas no mundo (BOLTON, 1994; AGOSTI; JOHNSON, 2010). São estimadas aproximadamente 20,000 espécies em todo mundo, na região neotropical estima-se que existam entre 3,000 a 8,000 espécies (MELO et al., 2009) e no Brasil já foram identificadas 2.500 espécies dentro de uma estimativa de 5.000 (BRANDÃO, 1999). O Brasil possui 85,71% dos gêneros e 46,14% das espécies neotropicais descritas e, na Amazônia, aproximadamente 64,70% dos gêneros e 24,85% das espécies, ou seja, muitas espécies permanecem ainda não identificadas (HARADA; KETELHUT, 2009).

Em uma floresta tropical estima-se que a biomassa de formigas seja quatro vezes maior que o grupo de vertebrados (HOLLDOBLER; WILSON, 1990). Aproximadamente 1/3 da biomassa animal da Amazônia é composta por formigas e térmitas (FITTKAU; KLINGE; 1973), que constituem um grupo importante de insetos sociais do solo, alimentando-se de grande variedade de produtos vegetais (DUCATTI, 2002). Vivem em colônias que podem conter de algumas dezenas até milhões de indivíduos, diferentemente dos cupins, as formigas não ingerem solo; apenas o transportam com suas mandíbulas na construção de ninhos (MELO et al., 2009).

As formigas possuem ampla distribuição geográfica e alta diversidade (ALONSO; AGOSTI, 2000). Cerapachyinae, Dolichoderinae, Formicinae, Myrmicinae, Ponerinae e Pseudomyrmicinae são os grupos que tem maior amplitude geográfica ocorrendo em todas as regiões zoogeográficas (HARADA; KETELHUT, 2009). Apresentam papel importante no transporte de materiais que poderão ser utilizados na construção de ninhos e galerias, são conhecidas como engenheiros do ecossistema, modificando as propriedades físicas e químicas do solo. Essas galerias, ninhos ou agregados possuem o efeito de descompactar o solo, consequentemente facilitam a infiltração da água, nutrientes em solução e oxigênio para as plantas (PETERSEN; LUXTON, 1982, LAVELLE; SPAIN, 2001). Conseguem modificar as propriedades dos solos, tornando-o rico em matéria orgânica, Nitrogênio, Fósforo e Potássio (VASCONCELOS, 2006). E são caracterizadas como um dos principais organismos a tornar o Nitrogênio disponível para as plantas (HOLLDOBLER; WILSON 1990).

Formigas são capazes de colonizar ambientes terrestres que oferecem poucos recursos para o desenvolvimento da vida, como praias, dunas, áreas de minas a céu aberto (MELO et al., 2009). Atuam na poda de algumas espécies de plantas que facilita o crescimento vegetal, na dispersão e na germinação de sementes, através da remoção do fruto e da polpa, e na predação de outras formigas e de artrópodes, proteção de plantas contra herbívoros, além de serem cultivadores de fungos (VASCONCELOS, 2006; UNDERWOOD; FISHER, 2006; MELO et al., 2009).

As formigas exercem um papel importante na maioria dos ecossistemas terrestres devido às suas características biológicas e ecológicas, são consideradas sensíveis a mudanças no ambiente e por isso têm sido utilizadas como indicadores biológicos, da degradação ambiental e sua regeneração, além de serem fáceis de coletar, são consideradas relativamente fáceis de identificar (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990; VASCONCELOS, 1998; ALONSO; AGOSTI, 2000). A nidificação de algumas espécies de formigas está relacionada com a qualidade do solo. Formigas do gênero *Atta*, escolhem os solos pobres em calcário para fundar suas colônias, pois a acidez favorece o fungo simbiote celulósico, acelerando a decomposição e a reciclagem dos nutrientes minerais retidos na matéria vegetal morta (MELO et al., 2009).

1.4 Fatores ecológicos associados à distribuição de formigas

Os fatores ambientais ligados à distribuição das espécies de formigas tanto na sua composição, riqueza e abundância estão correlacionados com fatores climáticos, tipo de solo e composição da vegetação como, por exemplo, a temperatura, umidade, incidência de fogo, sazonalidade, disponibilidade de abrigos e fontes de alimento (LEVINGS, 1983, HÖLLDOBLER; WILSON, 1990; ANDERSEN, 2000). Mudanças na disponibilidade de água e temperatura são fatores conhecidos por afetar as funções fisiológicas e comportamentais das formigas (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990).

Na Reserva de Barro Colorado no Panamá a umidade foi caracterizada como fator que pode influenciar a atividade e composição de espécies de formigas. A abundância e a riqueza das formigas aumentaram em locais com maior umidade do solo. O estresse por calor também afetou o padrão de distribuição na área de estudo (LEVINGS, 1983).

No cerrado brasileiro (Goiás, São Paulo e Distrito Federal) as variáveis ambientais que influenciaram a distribuição das formigas foram as mesmas que afetavam o forrageio que foram a densidade, distribuição e disponibilidade de alimento (SILVESTRE et al., 2003). Em área de Restinga, em Santa Catarina, a riqueza de espécies de formigas está correlacionada com a riqueza de espécies de plantas e com a cobertura do solo em escala local. Sendo que a salinidade não influenciou a riqueza de formigas nestas áreas (CARDOSO, 2009).

As áreas de campina aberta existentes no Parque Nacional do Viruá (RR) foram caracterizadas como condições estressantes para a maioria das espécies de formigas dominantes, conseqüentemente a riqueza e a abundância destas espécies foram baixas. O gradiente de estresse hídrico observado no local é considerado um fator que regula a abundância das espécies dominantes (BACCARO; SOUZA, 2007).

Na Reserva Florestal Adolpho Ducke (AM), o gênero *Hypoponera* estava correlacionado com percentual de argila, inclinação terreno e a quantidade de liteira (FAGUNDES, 2003). Em outro estudo nesta reserva, foi verificado que as formigas coletadas com o extrator de Winkler estavam correlacionadas negativamente com a percentagem de argila, ou seja, à medida que a percentagem de argila aumentava, diminuía a abundância e o número de espécies de formigas na área estudada (OLIVEIRA et al., 2009).

Moura (2006) trabalhou com a temperatura do solo, umidade do solo, volume de liteira, abertura de dossel, temperatura do ponto de orvalho, temperatura do ar, umidade relativa do ar, pH do solo, bases trocáveis, teor de Al e granulometria, nas parcelas do Projeto TEAM, Caxiuanã/PA, e observou que não houve correlação entre os gêneros *Gnamptogenys* e *Pachycondyla* e as variáveis ambientais.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

- Avaliar a s relações entre as características físicas e químicas do solo com as assembléias de formigas em uma área de savana próxima de Boa Vista, RR.

2.2 Objetivos específicos

- Realizar a caracterização química e física do solo da área amostral.
- Realizar inventário da composição, riqueza e abundância das assembléias de formigas.
- Determinar a melhor técnica de amostragem da riqueza e abundância de formigas em solos de savana.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

O trabalho foi realizado em Boa Vista/Roraima em área de savana conhecida popularmente como lavrado, (BARBOSA, 1997). A área (figura 1) está localizada no Campus do Cauamé da Universidade Federal de Roraima, na região do Monte Cristo, Município de Boa Vista – RR, aproximadamente 10 km ao norte da cidade de Boa Vista, e localizado à margem esquerda do rio Cauamé, a 1,1 km da BR 174 do lado esquerdo, sentido Boa Vista-Pacaraima. As coordenadas da área em projeção Universal Transversa de Mercator (UTM) são: Oeste – 751900,0870, Leste – 755006,4836, Norte – 319275,0668 e Sul – 316200,5681 área total de 624,8 ha (figura 1).

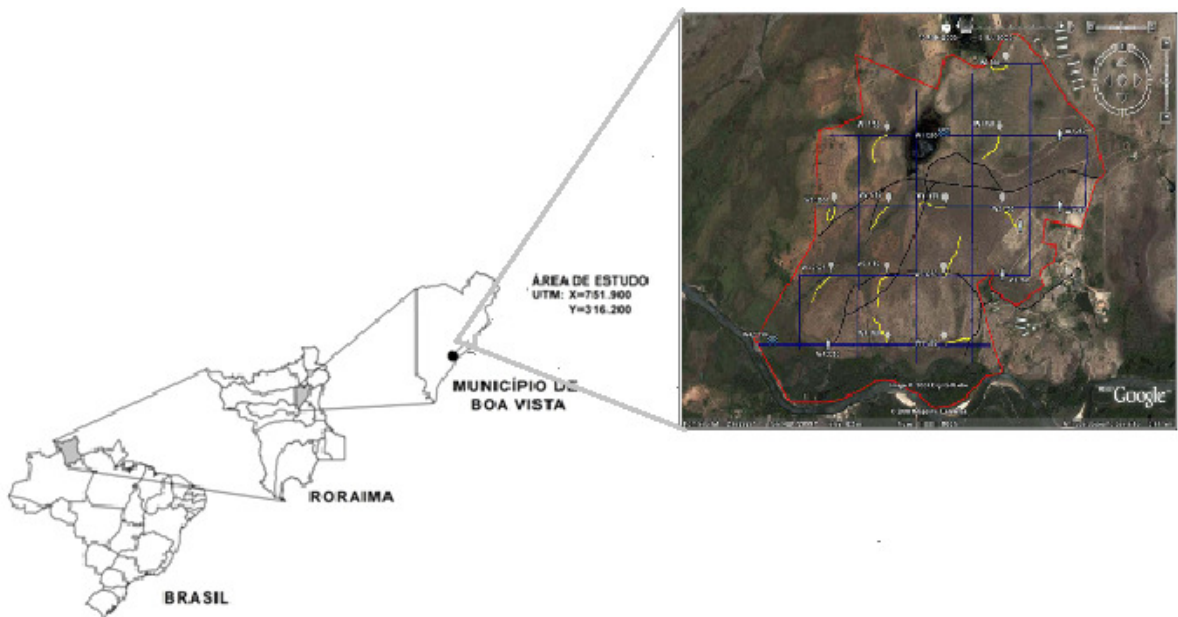


FIGURA 1 - Localização da área do estudo com destaque da Grade do PPBio nas savanas da região do Monte Cristo (CCA/UFRR); linhas vermelhas = limites do campo experimental; linhas azuis = trilhas de caminhada norte-sul e leste-oeste; linhas amarelas = parcelas permanentes; linhas pretas = trilhas de acesso no Campus, símbolos humanos = parcelas antropizadas.

Fonte: adaptado de Benedetti et al. (2011) e PPBio (2010).

O trabalho de campo foi desenvolvido na grade do PPBio onde são encontradas 12 parcelas permanentes localizadas em área de savana. As parcelas foram construídas em curvas de nível, para minimizar mudanças bruscas nos gradientes de solo, permitindo observações

mais homogêneas da vegetação. Diferente dos sítios florestais, em que as grades são de 25 Km² as grades de savanas foram adaptadas às condições locais, com as parcelas sendo distanciadas a cada 500 m em vez de 1000 m como nas grades florestais (MAGNUSSON et al., 2005).

3.2. Caracterização da Área de Estudo

3.2.1 Caracterização climática

O clima das savanas de Roraima é do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen (BRASIL, 1975). O tipo Aw pertencente ao domínio climático Tropical Chuvoso, quente e úmido, apresentando nítido período seco, entre dezembro e março. A temperatura média é da ordem de 25°C e a precipitação pluviométrica anual na área do estudo é em torno de 1.600 mm, com o mais chuvoso concentrado entre os meses de abril a setembro, com cerca de 70% da precipitação anual. A média anual de umidade relativa do ar gira em torno de 70 a 80% (BARBOSA, 1997).

3.2.3 Caracterização pedológica e fitofisionômica da área de estudo

Para caracterizar pedologicamente a topossequência estudada, foram utilizados os dados gerados nos trabalhos de Benedetti (2007) e Benedetti et al., (2011). Conforme estes estudos, a área do Campus do Cauamé apresenta 11 classes de solos ARGISSOLO AMARELO Distrocoeso típico (PA_{dx}), ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico latossólico (PV_{Ad}) e ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico (PV_{Ad}), LATOSSOLO VERMELHO Distrófico (LV_d), NEOSSOLO FLÚVICO Ta Eutrófico vertissólico (RY_{ve}), GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico argissólico (GX_{bd}), PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário (FF_{cb}), GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico plúntico (GX_{bd}), NEOSSOLO FLÚVICO Psamítico típico (RY_q), VERTISSOLO HIDROMÓRFICO Órtico (VGo) e GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico (GX_{bd}, figura 2).

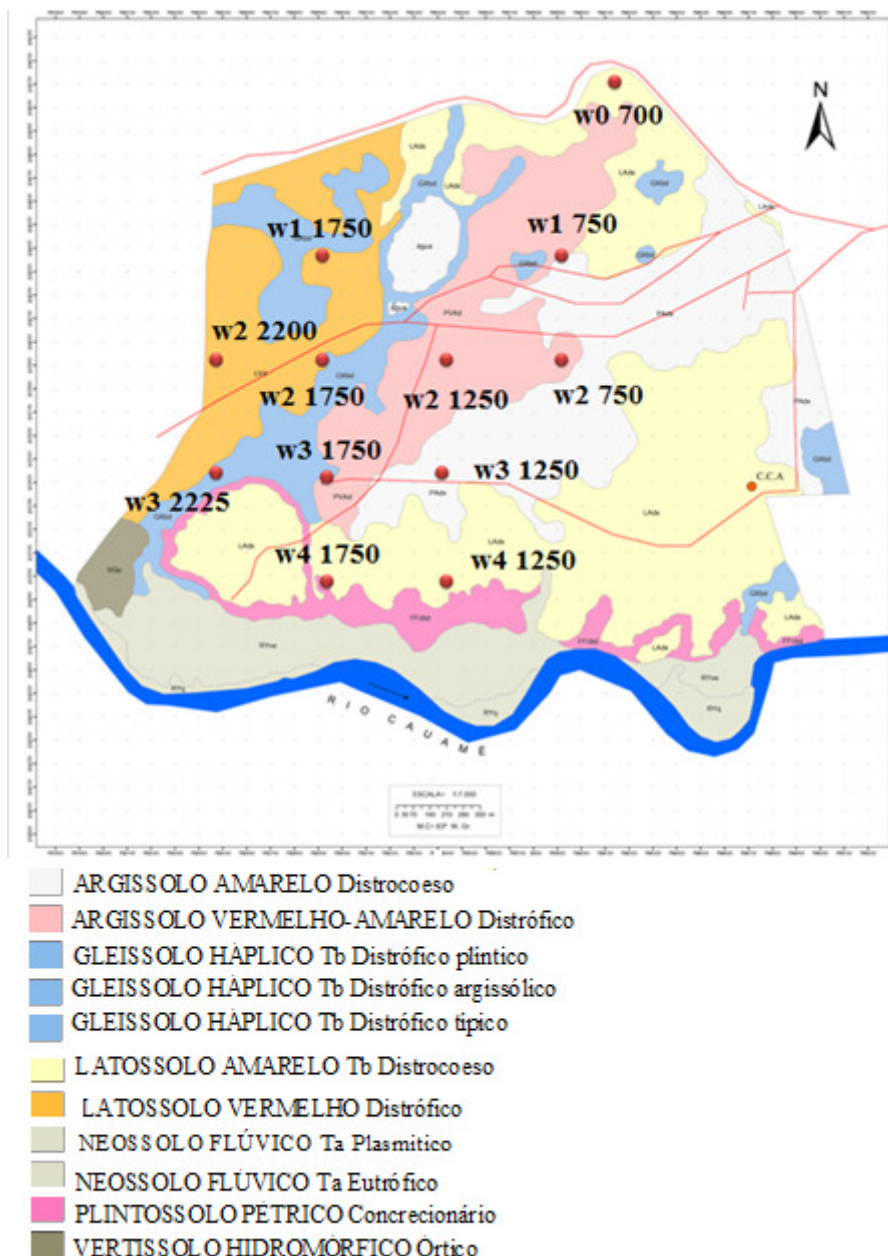


FIGURA 2 - Mapa detalhado de solos do Campus do Cauamé – UFRR com ênfase nas 12 parcelas permanentes do PPBio

Fonte: Adaptado de Benedetti, (2007).

A vegetação da área de estudo (figura 3) é caracterizada por um mosaico de savana parque com gramíneo-lenhosa, com predominância desta última, formando um tapete contínuo de Cyperaceae (maior abundância) e Poaceae em ambientes alagáveis sazonalmente. A vegetação ao longo do rio Cauamé é do tipo mata ciliar. Nas áreas de savanas a espécie arbórea dominante na área estudada é a *Curatella americana* L. (caimbé), seguida de *Byrsonima spp* (murici ou mirixi), *Bowdichia virgilioides* Kunth. (paricarana) e *Himatanthus*

articulatus (sucuba). Nas formações pioneiras ocorre o domínio da *Mauritia flexuosa* (buriti) (ARAÚJO; BARBOSA, 2007)

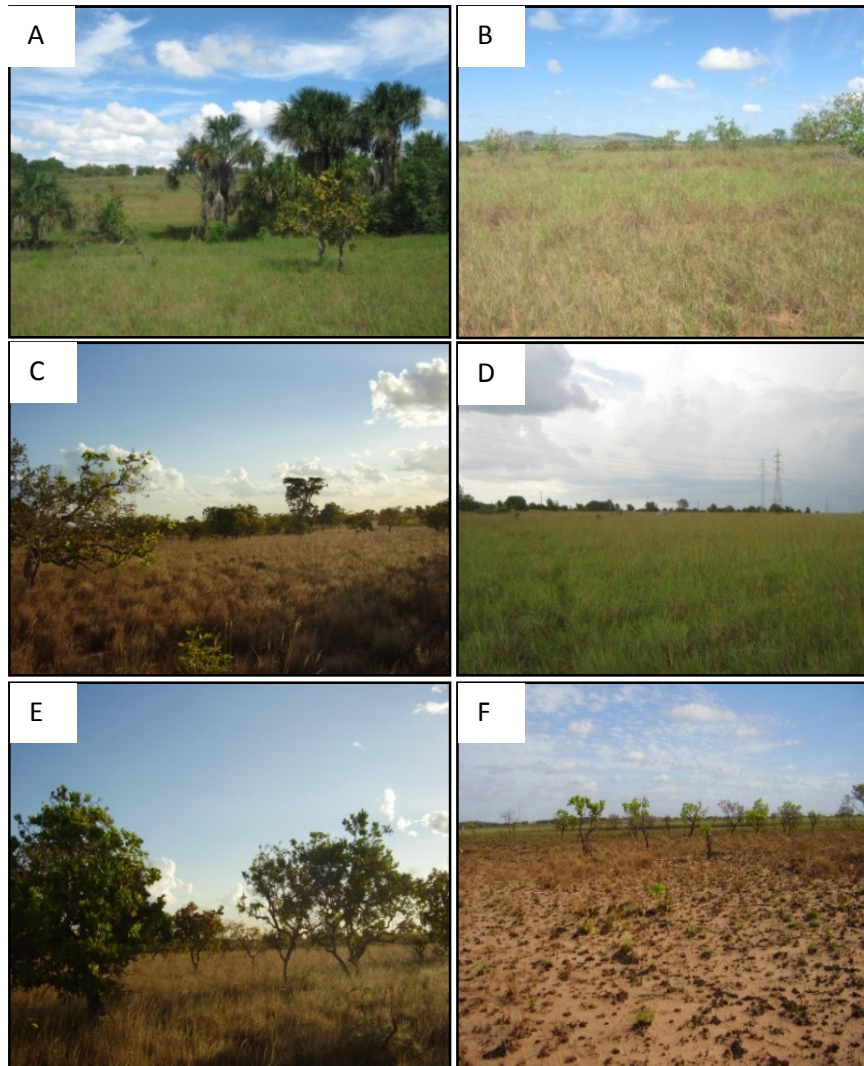


FIGURA 3 - Fitofisionomia da área de estudo: A: *Mauritia flexuosa* B: Poáceas e Ciperáceas, campo limpo úmido C: Campo sujo D: campo limpo seco E: savana arbórea com predomínio de *Curatella americana* e *Byrsonima* spp F: área queimada

3.3 Trabalhos de Campo

3.3.1 Delineamento experimental e coleta das formigas

Para a coleta das formigas de solo foram utilizados dois métodos: as armadilhas de pitfall e as iscas de sardinha. A utilização de diferentes métodos de coletas possui a vantagem de produzir informações complementares sobre a riqueza e a diversidade dos ambientes estudados (SOUZA et al., 2007). As coletas foram realizadas durante os meses de dezembro de 2010 e janeiro de 2011 no período da manhã, nas 12 parcelas permanentes da grade do PPBio. Foram coletadas 10 sub-amostras em cada parcela, separadas 25 m uma da outra, totalizando 120 sub-amostras por método de coleta (figura 4).

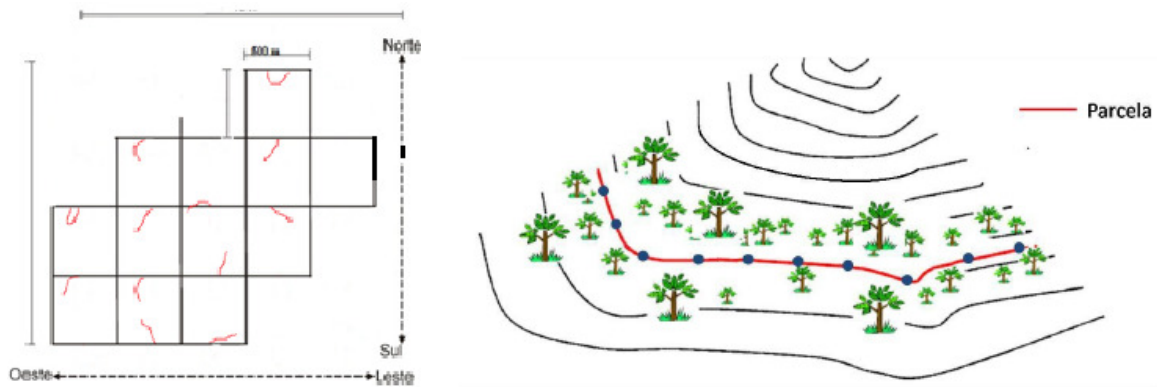


FIGURA 4 - A: Grade do PPBio no savana da região do Monte Cristo (CCA/UFRR); as linhas vermelhas confere as parcelas permanentes do PPBio; B: Esquema da disposição das armadilhas nas parcelas permanentes
Fonte: modificado Souza (2009).

Para a armadilha de pitfall foi utilizado um copo de 500 mL (9,5 cm de diâmetro; 8 cm de altura) parcialmente preenchido com um método alternativo que consiste em água, sal e detergente (VAN DEN BERGHE, 1992) (figura 6 A e B), sendo que o detergente serve para quebrar a tensão superficial da água e o sal para conservar. Os copos foram enterrados no solo, de forma que a borda do copo ficou no nível do solo. As armadilhas permaneceram instaladas por 48 horas (ALONSO; AGOSTI, 2000). Após esse período, os recipientes foram coletados, vedados e etiquetados para evitar problemas de identificação e de procedência das formigas.

As iscas atrativas foram depositadas em um pedaço de papel (10x10cm) contendo uma colher de chá de sardinha, estas ficaram expostas por 40 minutos (figura 5 C e D), e, posteriormente, estas amostras foram coletadas e depositadas em sacos plásticos devidamente

etiquetados e levados ao Laboratório de Invertebrados Aquáticos do Centro de Biodiversidade (CBIO/UFRR) para a triagem e identificação. As iscas foram intercaladas com as armadilhas de fosso.



FIGURA 4 - A: Trado utilizado para cavar os orifícios. B: armadilha de pitfall instalada. C: iscas atrativas. D: Iscas após 40 minutos

O material coletado foi coado em papel filtro e posto em bandejas plásticas brancas, onde foi realizada a coleta das formigas visíveis a olho nu, posteriormente foi utilizada a lupa para a retirada das formigas menores. Nesse procedimento foi utilizado pinças, pincéis, agulha histológica e micro tubos plásticos de 2mL. Para a fixação das formigas foi utilizado álcool 70%.

3.3.1.1 Identificação do material coletado

Foi realizado um treinamento taxonômico no Laboratório de Sistemática e Ecologia de Invertebrados do Solo no Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, em Manaus-AM com o Dr. Jorge L. P. de Souza, para a identificação dos gêneros e espécies de formigas. Todas as formigas foram identificadas até o nível de gênero com o auxílio das chaves identificação de Fernandes e Feitosa “Chaves para as subfamílias e gêneros de formigas do Brasil” e Baccaro (2010) “Chave para as principais subfamílias e gêneros de formigas (Hymenoptera: Formicidae)”. Posteriormente o material foi comparado com o depositado na coleção para a identificação no nível específico. O material testemunho se encontra depositado nas coleções do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia.

3.3.2 Análise química e física do solo

As análises químicas e físicas do solo foram obtidas através dos metadados e dados das pesquisas realizadas nas grades e módulos do PPBio, disponível no site <http://ppbio.inpa.gov.br/Port/inventarios/nrrr/cauame/solos>. E também dos trabalhos de Benedetti (2007 e 2011), onde foi possível correlacionar as assembleias de formigas com as variáveis ambientais na topossequência estudada.

As análises físico-químicas do solo (pH em água, macro e micronutrientes, umidade gravimétrica e granulometria), foram obtidas de amostras compostas (juntando as sub-amostras das parcelas: 0, 50, 100, 150, 200 e 250 m) para cada profundidade (0-5, 5-10 e 10-20 cm). As análises foram realizadas no Laboratório Temático de Solos e Plantas – LTSP / INPA.

3.3.3 Determinação da umidade do solo

Foram coletadas cinco amostras de solo em cada parcela (figura 6). A determinação da umidade foi realizada pelo método gravimétrico. Neste método o solo coletado foi levado ao laboratório para obtenção do peso úmido e em seguida colocado em estufa para secá-lo a 105°C. A amostra foi pesada novamente após a secagem, e desta forma, foi possível verificar a porcentagem de água existente neste solo.

$$U_g (\%) = 100 (a-b) / b$$

$U_g (\%)$ = umidade gravimétrica

a = peso da amostra úmida(g)

b = peso da amostra seca(g)

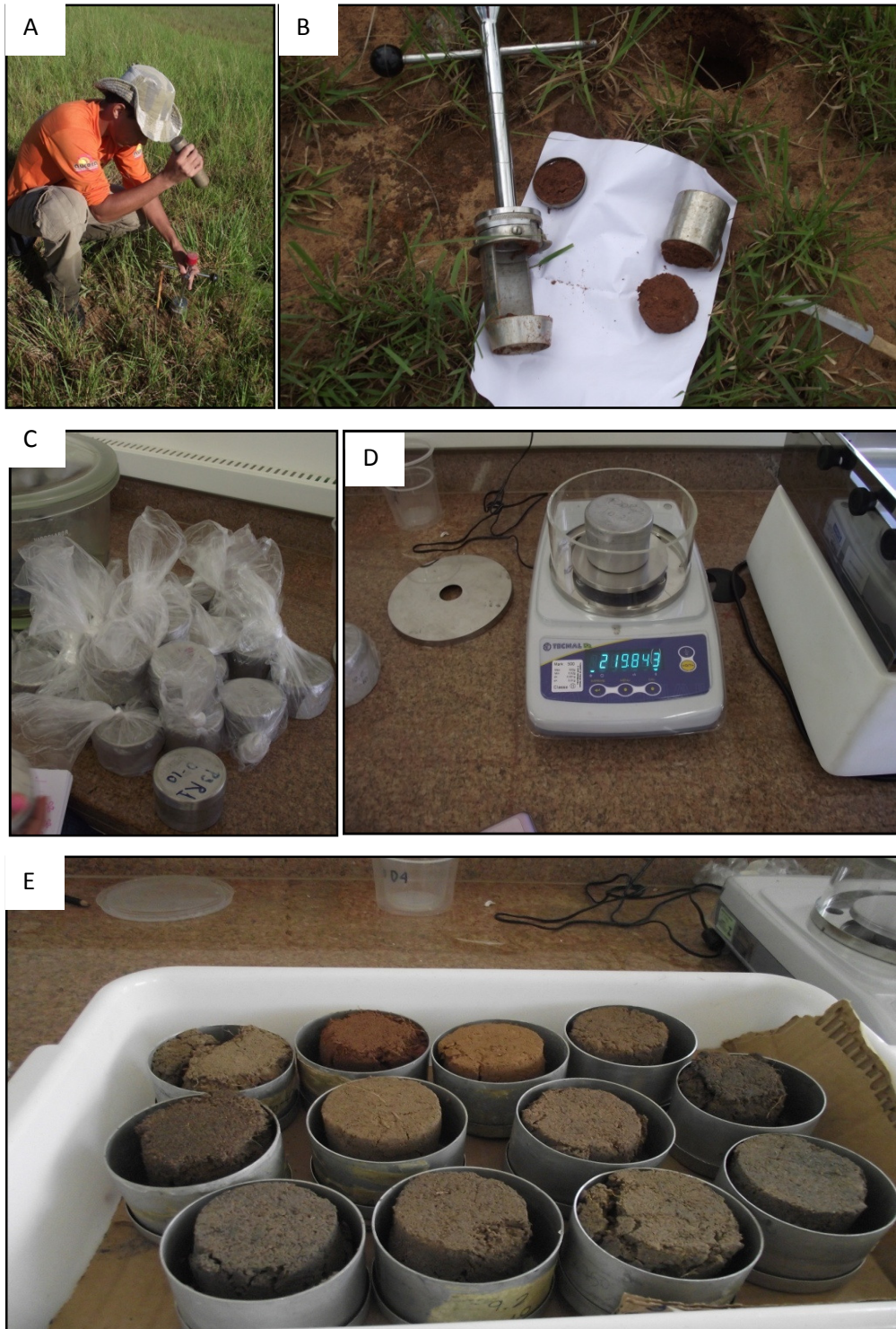


FIGURA 6 - A: coleta de solo para determinação da umidade, B: detalhe do solo coletado, C: amostra de solo no laboratório e D: peso úmido do solo, E: solo seco após 24 horas.

3.3.4 Avaliação da resistência mecânica à penetração

Para medir o grau de compactação do solo, utilizou-se um penetrômetro de pressão. Esta avaliação foi repetida cinco vezes em cada parcela de solo (figura 7 A e B).

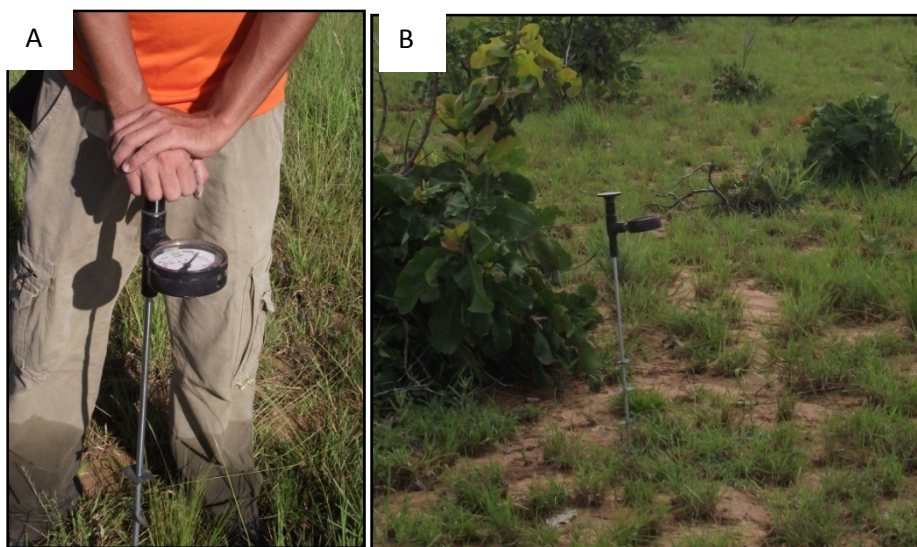


FIGURA 5- Penetrômetro de pressão (A e B)

3.4 Análises dos dados

As análises dos dados foram realizadas apenas com a casta de operárias e utilizando dados de presença e ausência, para evitar a superestimação das espécies já que as formigas são insetos coloniais (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990).

Foi realizado o teste de Mantel (rM) para comparar a similaridade entre as assembleias de formigas coletadas com as diferentes técnicas de coleta e suas combinações.

Para verificar a influência das variáveis ambientais nas assembleias de formigas, primeiramente foi realizada uma correlação de Pearson para saber quais variáveis ambientais estão correlacionadas. Foram considerados os valores que atendiam os seguintes parâmetros $r^2 > 0,3$; $p < 0,05$. Este coeficiente varia entre os valores -1 e 1. O valor 0 (zero) significa que não há relação linear, o valor 1 indica uma relação linear positiva perfeita e o valor -1 também indica uma relação linear perfeita, mas inversa, ou seja, quando uma das variáveis aumenta a outra diminui. Quanto mais próximo estiver de 1 ou -1, mais forte é a associação linear entre as duas variáveis.

A assembléia das espécies de formigas foi ordenada utilizando o método de escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS), usando a distância de Bray-Curtis como medida de similaridade, que é mais indicada para medir diferenças na composição de comunidade biológicas (KREBS, 1989).

Posteriormente, foi realizada uma Análise de Variância Multivariada (MANOVA) para verificar se as variáveis selecionadas (percentual de argila, umidade, resistência à penetração e classe de solo) estavam influenciando a distribuição das formigas (riqueza e composição das assembleias) nas parcelas. Todos os testes estatísticos foram realizados utilizando o programa R (R Development Core Team, 2008).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Composição, Riqueza e Abundância de formigas

Foram coletadas 8.936 formigas distribuídas em 7 subfamílias, 22 gêneros e 48 espécies onde 39 são morfotipos (tabela 2). A subfamília Myrmicinae foi a mais representativa com 12 gêneros e 27 espécies/morfotipos, seguida de Formicinae com três gêneros e 10 espécies/morfotipos e Dolichoderinae com três gêneros e 6 espécies. Comparando os dois métodos utilizados, aproximadamente 53% dos indivíduos coletados estavam presentes nas iscas e 47% nas armadilhas pitfalls. Neste estudo registramos pela primeira vez para o estado de Roraima espécie *Kalathomyrmex emery* (Myrmicinae).

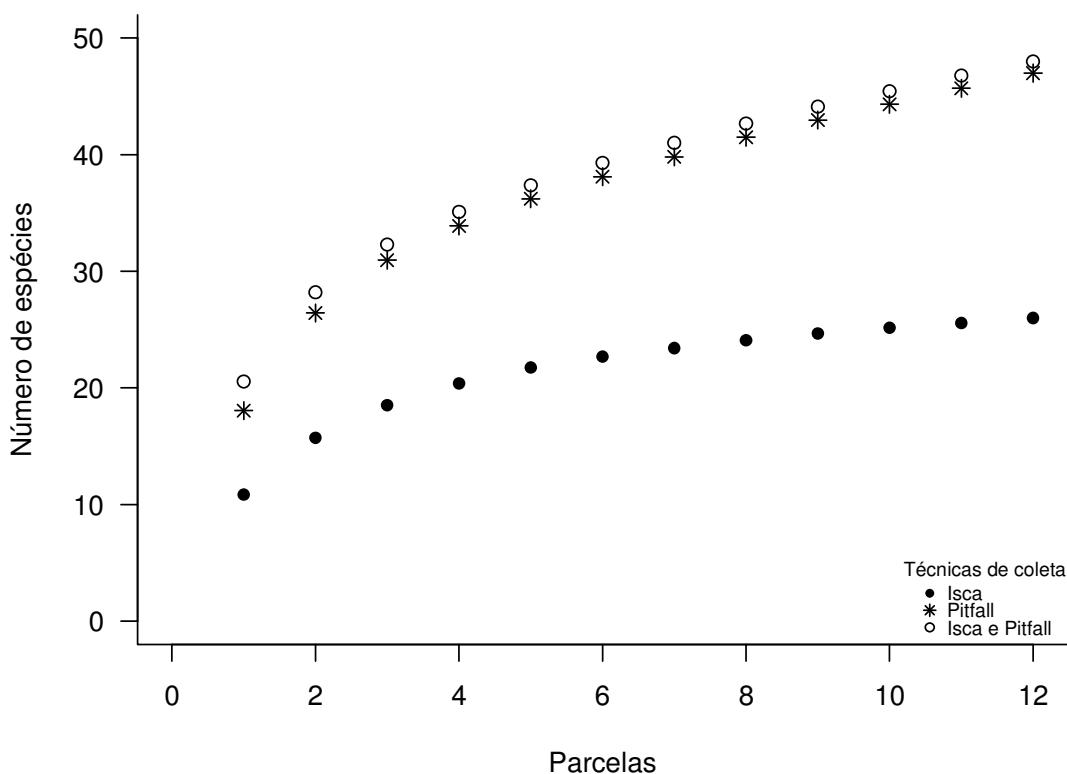


FIGURA 6 - Curva de acúmulo de espécies das assembleias de formigas coletadas com as duas técnicas de coleta Pitfall e Isca e sua combinação nas 12 parcelas em região de Savana em Monte Cristo (CCA/UFRR) – Roraima.

Nas três curvas de acumulo de espécies foi observado um aumento no número de espécies de formigas com o aumento do número das parcelas. As curvas da técnica de coleta Pitafll e da combinação Ptfall+Isca tem este acréscimo mais pronunciado, enquanto que a curva relativa a Isca parece ter uma maior tendência a estabilização (Figura 2). As curvas relativas do Pitfall e da combinação Pitafall+Isca são muito parecidas devido a similaridade entre as assembleias coletadas ($rM=0,992$; $p\leq 0,01$). As similaridades entre a Isca e o Pitfall($rM=0,354$; $p\leq 0,05$) e Isca e a combinação Pitfall+Isca($rM=0,439$; $p\leq 0,01$) foram bem mais baixas (figura 8).

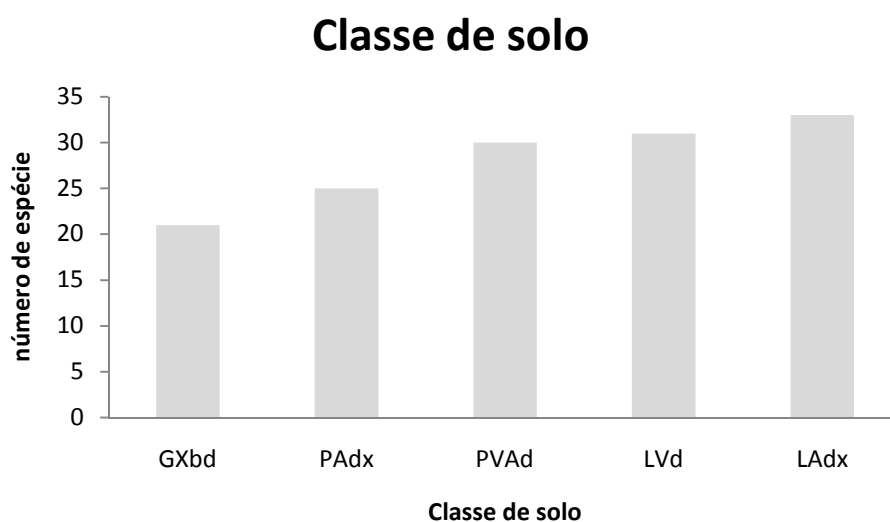


FIGURA 7 - Distribuição das espécies de formigas nas cinco classes de solo encontradas na área de estudo (GXbd- Gleissolo; PAdx-Argissolo amarelo; PVAd- Argissolo Vermelho Amarelo; LVd- Latossolo Vermelho; LAdx-Latossolo Amarelo)

TABELA 1- Valores absolutos dos atributos Morfológico e físicos dos perfis de solos estudados (Legenda: GXbd- Gleissolo; PAdx-Argissolo amarelo; PVAd- Argissolo Vermelho Amarelo; LVd- Latossolo Vermelho; LAdx-Latossolo Amarelo).

| Parcela | Linha | Classe de solo | Umidade g kg ⁻¹ | Resistência a penetração (MPa) | | | |
|---------|-------|----------------|-------------------------------|--------------------------------|------------|----------|----------|
| | | | | 0-10 cm | 10 - 20 cm | 20-30 cm | 30-40 cm |
| W0 | 700 | LAdx | 20.212 | 0.2352 | 1.0192 | 1.4308 | 1.7248 |
| W1 | 750 | PAdx | 14.838 | 0.6272 | 1.3916 | 2.1168 | 2.4892 |
| W1 | 1750 | LAdx | 23.942 | 0.3136 | 0.9212 | 1.4504 | 1.3524 |
| W2 | 750 | LAdx | 16.36 | 0.5292 | 1.4896 | 1.7052 | 1.568 |
| W2 | 1250 | PVAd | 15.032 | 0.2744 | 1.2152 | 2.0188 | 2.2736 |
| W2 | 1750 | PAdx | 20.44 | 1.8032 | 2.45 | 2.5676 | 2.4696 |
| W2 | 2200 | LAdx | 18.422 | 0.8036 | 1.568 | 1.8424 | 1.9992 |
| W3 | 1250 | PAdx | 17.612 | 0.1372 | 0.7056 | 1.0388 | 1.3328 |

| | | | | | | | |
|----|------|------|--------|--------|--------|--------|--------|
| W3 | 1750 | PVAd | 27.81 | 2.3912 | 2.45 | 2.5088 | 2.5872 |
| W3 | 2250 | GXbd | 10.74 | 0.3332 | 1.0584 | 1.2544 | 1.0388 |
| W4 | 1250 | GXbd | 26.258 | 0.4312 | 0.9996 | 1.1368 | 0.9016 |
| W4 | 1750 | PAdx | 19.982 | 2.156 | 2.0972 | 1.7052 | 1.666 |

No Gleissolo (GXbd, parcela w3 2225) foi obtido um total de 21 espécies de formigas (Figura 10). Quatro espécies foram exclusivas (*Camponotus* sp08, *Chyphomyrmex* sp01, *Hypoponera* sp01 e *Ochetomyrmex brasiliensis*). Este solo ocorreu em apenas uma parcela na área de estudo, sendo o de maior número de espécies exclusivas. Este solo apresentou uma baixa resistência à penetração nas quatro profundidades analisadas conforme a tabela 1. Por se tratar de solos hidromórficos e próximo de um igarapé existente na área, este gleissolo apresentou maior umidade que os demais solos.

O Latossolo Amarelo (LAdx) foi encontrado 33 espécies de formigas, sendo o mais rico em número de espécies de formigas (figura 10). Foram encontradas três espécies exclusivas (*Pheidole* sp 12, *Solenopsis* sp 05 e *Solenopsis* sp 02). Este solo foi encontrado em três parcelas (w0 700, w4 1250, w4 1750). Foi observada na borda de duas parcelas (w4 1250 e w4 1750). Ocorrendo abundante presença de concreções ferruginosas (Petroplintitas). Foi identificado o caráter plintico, que conferiu a esta parcela uma alta resistência a penetração (tabela 1), sendo que aumento da resistência a penetração em profundidade está provavelmente associado ao processo de coesão natural presente nas savanas (VALE JUNIOR, 2000; BENEDETTI et al., 2011).

O Argissolo Vermelho Amarelo (PVAd) foi predominante na área de estudo parcelas, com quatro parcelas (w1 750, w2 750, w2 1250 e w3 1750). Apresentou 30 espécies de formigas (figura 10). As espécies exclusivas deste solo foram: *Crematogaster* sp 15, *Labidus* sp 01 e *Pheidole* sp 03. Na parcela w3 1750, obtivemos um valor acima de 2 MPa para resistência a penetração (tabela 1), significa um solo com poder impeditivo ao crescimento radicular das plantas. Essa resistência a penetração pode estar associada à presença elevada de Petroplintitas, características diagnosticada para os Plintossolo Pétricos (EMBRAPA, 2006), entretanto este impedimento parece não afetar a nidificação das formigas, pois registramos 30 espécies nesta parcela.

O Latossolo Vermelho (LVd) ocorreu em duas parcelas (w1 1750 e w2 2200) com 31 espécies de formigas (figura 10). Duas espécies foram exclusivas (*Pheidole* sp 15 e *Trachymyrmex* sp 01). A umidade foi 23,94 e 18,42. A resistência a penetração do solo

variou de 0,031- 1,999 MPa (tabela 1). São solos profundos, bem drenados, não pedregosos e rochosos e apresentam erosão laminar severa (BENEDETTI, 2007; BENEDETTI et al., 2011).

Por último o Argissolo Amarelo (PA_{dx}) ocorreu em duas parcelas (w2 1750 e w3 1250) com um total de 25 espécies (figura 10). Apenas uma espécie exclusiva foi encontrada *Myrmicocrypta* sp 01. Verificamos nesta parcela manchas de Latossolo Amarelo, porém, ocorreu o predomínio do Argissolo. Apresenta o horizonte coeso com consistência duro a extremamente duro. Apresentam também fortes sinais de erosão laminar ligeira, são Distróficos, conforme estudos de Benedetti (2007) e Benedetti et al. (2011).

Os gêneros com ocorrência em todas as parcelas foram *Camponotus*, *Crematogaster*, *Dorymyrmex*, *Pheidole* e *Solenopsis* (Apêndice B). Estes gêneros, com exceção de *Dorymyrmex*, possuem uma grande diversidade de espécies, ampla distribuição geográfica e abundância na região neotropical, sendo considerados os gêneros mais prevalentes em escala global (WILSON, 1976 apud GOMES et al, 2010). *Tapinoma* foi registrado em onze parcelas, *Pseudomyrmex* e *Brachymyrmex* em dez. Os gêneros mais abundantes encontrados foram *Camponotus*, *Crematogaster* e *Dorymyrmex* equivalente a 67% dos indivíduos coletados (tabela 2).

A subfamília com maior número de gêneros coletados foi Myrmicinae, o mesmo foi registrado por outros estudos em regiões diferentes de savanas (SILVESTRE 2000; CARVALHO; VASCONCELOS, 2002; FAGUNDES 2003). Esta subfamília possui dieta onívora apresentando hábitos generalistas tornando-as adaptáveis ao ambiente (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990; LOPES, 2007). Os gêneros mais abundantes desta subfamília foram: *Crematogaster*, *Pheidole*, *Solenopsis* e *Pogonomyrmex* respectivamente. *Pogonomyrmex* é um gênero típico de muitas savanas da América do sul sendo adaptado ao clima árido e temperado (LATTKE, 2003).

Na região neotropical o gênero *Solenopsis* é o segundo mais rico em número de espécies ficando atrás apenas de *Pheidole* (WARD, 2000). Este gênero foi de maior ocorrência no cerrado do que em áreas com eucalipto, estando entre as mais agressivas na utilização dos recursos da liteira (MARINHO, 2002), dominando tanto ambientes superficiais do solo quanto a fauna subterrânea em riqueza de espécie e abundância (SILVA; SILVESTRE, 2004).

TABELA 2 - Abundância, frequência relativa e número total de indivíduos das espécies de Formicidae coletados em 12 parcelas por Pitfall e Isca em área de Savana no campus Monte Cristo (CCA/UFRR) – Roraima.

| Subfamília | espécie | ABUNDÂNCIA RELATIVA | | FREQUENCIA RELATIVA | | Nº de indivíduos |
|------------------|-----------------------------------|---------------------|--------------|---------------------|----------|------------------|
| | | pitfall (%) | isca (%) | pitfall (%) | isca (%) | |
| Dolichoderinae | <i>Dorymyrmex sp 01</i> | 8.70 | 3.96 | 83.33 | 83.33 | 554 |
| | <i>Dorymyrmex sp 02</i> | 4.72 | 0.28 | 58.33 | 41.67 | 212 |
| | <i>Dorymyrmex sp 03</i> | 7.71 | 0.81 | 66.67 | 41.67 | 363 |
| | <i>Forelius sp 01</i> | - | 0.06 | - | 16.67 | 3 |
| | <i>Tapinoma melanocephalum</i> | 0.02 | 0.02 | 8.33 | 8.33 | 2 |
| | <i>Tapinoma sp 01</i> | 17.39 | 1.78 | 91.67 | 50.00 | 817 |
| subtotais | | 38.54 | 6.91 | | | 1951 |
| Ecitoninae | <i>Labidus sp 01</i> | 0.02 | - | 8.33 | - | 1 |
| subtotais | | 0.02 | - | | | 1 |
| Ectatominae | <i>Ectatoma ruidum</i> | 0.71 | - | 50.00 | - | 30 |
| subtotais | | 0.71 | - | | | 30 |
| Formicinae | <i>Brachymyrmex sp 01</i> | 1.14 | 0.02 | 66.67 | 8.33 | 49 |
| | <i>Brachymyrmex sp 02</i> | 0.50 | 1.74 | 58.33 | 25.00 | 103 |
| | <i>Camponotus crassus</i> | 1.45 | 2.99 | 66.67 | 58.33 | 202 |
| | <i>Camponotus novogranadensis</i> | 12.05 | 19.92 | 91.67 | 91.67 | 1448 |
| | <i>Camponotus sp 02</i> | 1.92 | - | 66.67 | - | 81 |
| | <i>Camponotus sp 06</i> | 0.26 | - | 8.33 | - | 11 |
| | <i>Camponotus sp 08</i> | 0.09 | - | 8.33 | - | 4 |
| | <i>Camponotus sp 15</i> | 2.59 | 2.65 | 50.00 | 58.33 | 234 |
| | <i>Nylanderia sp 01</i> | 0.02 | - | 8.33 | - | 1 |
| | <i>Nylanderia sp 02</i> | 2.47 | 2.18 | 75.00 | 66.67 | 207 |
| subtotais | | 22.49 | 29.49 | | | 2340 |
| Myrmicinae | <i>Acromyrmex sp 01</i> | 0.19 | 0.02 | 33.33 | 8.33 | 9 |
| | <i>Atta sp 01</i> | 0.50 | 0.02 | 50.00 | 8.33 | 22 |
| | <i>Atta sp 02</i> | 0.09 | - | 16.67 | - | 4 |
| | <i>Chyphomyrmex sp 01</i> | 0.02 | - | 8.33 | - | 1 |
| | <i>Crematogaster abstinens</i> | 13.73 | 16.21 | 75.00 | 66.67 | 1344 |
| | <i>Crematogaster jardineri</i> | 2.68 | 30.00 | 75.00 | 75.00 | 1529 |
| | <i>Crematogaster sp 15</i> | 0.02 | - | 8.33 | - | 1 |
| | <i>Kalathomyrmex emryi</i> | 0.07 | - | 25.00 | - | 3 |
| | <i>Myrmicocrypta sp 01</i> | 0.02 | - | 8.33 | - | 1 |
| | <i>Ochetomyrmex brasiliensis</i> | 0.05 | - | 8.33 | - | 2 |
| | <i>Pheidole sp 01</i> | 0.02 | - | 8.33 | - | 1 |
| | <i>Pheidole sp 03</i> | 0.02 | - | 8.33 | - | 1 |
| | <i>Pheidole sp 08</i> | 5.38 | 1.59 | 75.00 | 41.67 | 302 |
| | <i>Pheidole sp 105</i> | 1.94 | 5.19 | 58.33 | 33.33 | 327 |
| | <i>Pheidole sp 12</i> | 0.02 | - | 8.33 | - | 1 |
| | <i>Pheidole sp 15</i> | 0.02 | - | 8.33 | - | 1 |
| | <i>Pheidole sp 32</i> | 0.64 | 0.17 | 33.33 | 16.67 | 35 |
| | <i>Pheidole sp 75</i> | 0.93 | 1.99 | 58.33 | 83.33 | 133 |
| | <i>Pogonomyrmex sp 01</i> | 2.02 | 0.13 | 66.67 | 25.00 | 91 |
| | <i>Solenopsis sp 01</i> | 6.29 | 7.65 | 83.33 | 66.67 | 626 |
| | <i>Solenopsis sp 02</i> | 0.12 | 0.02 | 16.67 | 8.33 | 6 |
| | <i>Solenopsis sp 03</i> | 0.31 | - | 16.67 | - | 13 |
| | <i>Solenopsis sp 04</i> | 0.21 | - | 41.67 | - | 9 |
| | <i>Solenopsis sp 05</i> | 0.17 | - | 8.33 | - | 7 |
| | <i>Solenopsis sp 06</i> | 0.05 | - | 16.67 | - | 2 |
| | <i>Trachymyrmex sp 01</i> | 0.02 | - | 8.33 | - | 1 |
| | <i>wasmannia auropunctata</i> | 0.78 | 0.28 | 33.33 | 33.33 | 46 |
| subtotais | | 36.34 | 63.26 | | | 4518 |
| Ponerinae | <i>Hypoponera sp 01</i> | 0.02 | - | 8.33 | - | 1 |
| subtotais | | 0.02 | - | | | 1 |
| Pseudomyrmicinae | <i>Pseudomyrmex sp 05</i> | 1.66 | 0.28 | 41.67 | 33.33 | 83 |
| | <i>Pseudomyrmex sp 06</i> | 0.21 | 0.06 | 50.00 | 25.00 | 12 |
| subtotais | | 1.87 | 0.34 | | | 95 |
| | Total | 100.00 | 100.00 | | | 8936 |

Pheidole é considerado na região amazônica um gênero bastante abundante (BACCARO, 2006; BACCARO et al., 2011), podendo ser encontrados em todos os estratos florestais, com maior frequência no estrato superior (HARADA; KETELHUT, 2009). Mesmo em áreas com presença constante de fogo na região amazônica *Pheidole* foi o gênero mais rico com 28 espécies (SANTOS et al., 2008b). Em áreas de capoeiras apresentam dominância numérica (PEIXOTO et al., 2010). Essa diversidade é típica da região neotropical (WARD, 2000), que possui 201 espécies descritas (LATTKE, 2003).

Wasmannia auropunctata é uma espécie que pode ser abundante em qualquer ambiente, porém é mais abundante em ambientes alterados (SOSA-CALVO, 2007). Podem colonizar novos habitats, incluindo áreas urbanas (DELABIE et al., 2000), costumando se estabelecer na liteira, em casca de troncos, em madeira em decomposição e, ainda, entre pedras (LOPES, 2007). Possuem uma área de forrageio muito maior que outras formigas (BACCARO, 2006), sendo consideradas dominantes em Viruá e Maracá (BACCARO; SOUZA 2007).

Na subfamília Formicinae, os três gêneros, *Camponotus*, *Brachymyrmex* e *Nylanderia* representaram 27% das formigas coletadas. A espécie *C. novogranadensis* (tabela 2) teve uma frequência elevada, tanto na isca quanto no pitfall sendo coletada em todas as parcelas, seguida de *C. crassus* (t=10). *C. crassus* é considerada uma espécie agressiva e pode competir pela dominância da fonte alimentar (SILVESTRE 2000). É uma espécie generalista e comum nos ambientes degradados (MARINHO et al., 2002).

Peixoto et al. (2010) observaram que as espécies mais abundantes e mais frequente em área de savana localizada no Campo Experimental Água Boa (Embrapa) em Boa Vista (RR), foram *Crematogaster* sp. 1 e *Camponotus femoratus*. O gênero *Brachymyrmex* ocorre naturalmente em grande número em área de cerrado, e sua frequência diminui em áreas de eucalipto (MARINHO et al., 2002). São onívoras e forrageiam o solo e a liteira (DELABIE et al., 2000).

A subfamília Dolichoderinae foi à terceira subfamília mais coletada, onde *Dorymyrmex*, *Tapinoma* e *Forelius*, juntos, representaram 46% dos indivíduos (tabela 2). Foi observado que os gêneros *Dorymyrmex* e *Tapinoma* foram predominantes na área de estudo. Esta subfamília é considerada dominante de ambientes abertos e quentes, tanto numericamente quanto funcionalmente (ANDERSEN et al., 2000). Os gêneros *Azteca*, *Forelius* e *Linepithema* são considerados dominantes no Novo Mundo e são altamente agressivos (ANDERSEN et al., 2000). Entretanto, foram coletados apenas três indivíduos de

Forelius, mostrando que este gênero não foi dominante em áreas abertas, como as savanas, porém, este gênero foi exclusivo das iscas (tabela 2).

Vargas et al. (2007) observaram a influência de fatores ambientais sobre a diversidade, riqueza e abundância de formigas em comunidade de restinga em Marambaia, litoral sul do estado do Rio de Janeiro. Os autores constataram que os gêneros *Dorymyrmex*, *Ectatomma*, *Camponotus* e *Brachymyrmex* são encontrados em áreas com alta temperatura do solo, sendo, portanto, dominantes neste ambiente. Justificando, assim, sua frequência de 36,83% na área de estudo.

O gênero *Ectatomma* é classificado como caçador, utilizando de ferrão bemdesenvolvido para dominar suas presas, sendo abundante em áreas de vegetação aberta ou ambientes alterados (LAPOLLA et al., 2003). Algumas espécies de *Pheidole*, *Solenopsis*, *Camponotus* e *Crematogaster* podem ser dominantes do solo, generalistas e algumas oportunistas (SILVESTRE et al., 2003). Devido a estas características, elas representam juntas 70,73% das formigas coletadas.

Nas armadilhas Pitfalls foi registrado uma maior diversidade com 47 gêneros amostrados. Uma menor riqueza de gêneros e espécies (13 e 26 respectivamente) foi registrada com as Iscas, mesmo esta possuindo uma abundancia maior quando comparada com os Pitfalls. Os gêneros mais abundantes nas Iscas foram *Crematogaster* e *Camponotus* com 46,3% e 25,5%, respectivamente. Uma menor riqueza de gêneros (13) e espécies (26) foi registrada com as iscas, mesmo esta possuindo um maior número de indivíduos coletados (Tabela 2). Os gêneros mais abundantes encontrados nas iscas foram *Crematogaster* e *Camponotus* com 46,3% e 25,5%, respectivamente (tabela 2).

A elevada similaridade entre a armadilha Pitfall e a combinação de Pitfall+Isca já foi detectada em outros tipos de vegetação na Amazônia (SOUZA et al., 2012), porém é a primeira vez que é reportado para ambientes de savana amazônica. As armadilhas Pitfalls são consideradas mais eficientes em vários tipos de ambientes como: florestas amazônicas (SOUZA et al., 2012), savanas africanas (PARR; CHOWN, 2001), cerrado (LOPES; VASCONCELOS, 2008). A eficácia desta armadilha pode estar relacionada com a umidade no período noturno (SOUZA et al., 2012) e com o tempo que a armadilha permanece a campo (DELABIE et al., 2000). As espécies coletadas com as iscas apresentaram uma baixa riqueza que pode estar relacionada ao horário de coleta, pois, essa armadilha captura as espécies que estão em atividade naquele momento. Utilizando somente um turno de coleta podemos ter deixado de amostrar uma importante parte da fauna que tem atividade em outro período do dia (TAVARES et al., 2008).

Vasconcelos et al., (2008) amostrou 68 espécies coletadas com iscas em área de savana em Alter do Chão (PA). As formigas, em geral, onívoras, oportunistas e exploram o solo e a vegetação constantemente em busca de alimento, sendo facilmente atraídas à isca que simulam os itens alimentares que procuram (BRANDÃO, 1999; SILVESTRE, 2000). Por essa razão, é considerada a técnica mais simples e barata para estudar as formigas e fornece informações importantes sobre atividade, utilização e hierarquia na utilização dos recursos pelas espécies de formigas (BESTELMEYER et al., 2000; BACARRO; SOUZA, 2007), porém ela atrai espécies onívoras (OLIVEIRA et al., 2009). As espécies mais frequentes são generalistas ou dominantes (SARMIENTO, 2003), normalmente não sendo atraídas as formigas cultivadoras de fungos (UNDERWOOD; FISHER, 2006).

Onze espécies tiveram ocorrências únicas (singletons), todas registradas na técnica de coleta Pitfall. Sendo que na área de estudo foi capturado um único exemplar da subfamília Ponerinae (*Hypoponera* sp. 01). Em relação as duplicatas foram obtidos apenas três espécies (*Tapinoma melanocephalum*, *Ochetomyrmex semipolitus* e *Solenopsis sp06*) coletadas em ambas as técnicas.

Na área de estudo foi capturado um único exemplar da subfamília Ponerinae (*Hypoponera* sp. 01). *Hypoponera* é um gênero encontrado com uma maior abundância e diversidade em ambientes de florestas (ANDERSEN et al., 2000), sendo bastante abundante e frequente em inventários de formigas de liteira (SOUZA, 2007). Toro e Ortega (2006), em Valle de Aburrá na Colômbia, consideraram o gênero *Myrmicocrypta* raro por ter aparecido uma única vez e com apenas um indivíduo na área amostrada. O mesmo foi observado neste trabalho. De acordo com Longino et al. (2002), as espécies raras em uma amostra podem ser causadas pela metodologia utilizada na hora da coleta, podendo existir casos em que as espécies são abundantes na área de estudo, porém, devido à inadequação dos métodos utilizados, elas são sub-amostradas.

De acordo com Peixoto et al. (2010), as áreas abertas como as savanas têm baixa riqueza e abundância devido ao ambiente ser mais seletivo. Encontramos 48 espécies de formigas na área de estudo, um número intermediário entre o encontrado por Peixoto et al. (2010) (25 espécies) e o obtido por Vasconcelos et al., (2008) (84 espécies) em área de savana. Lopes e Vasconcelos (2008) observaram uma maior riqueza de espécies em área de cerrado (105) que na área de floresta (96). Em área de campinarana (Vuruá), tanto a riqueza quanto a abundância de espécies dominantes foram baixas, pois estas áreas são extremamente secas no período menos chuvoso, e alagadas na estação chuvosa, sendo este estresse hídrico

considerado, um fator limitante para a maioria das espécies de formigas (BACCARO; SOUZA, 2007).

No período de coleta, foram verificadas algumas parcelas queimadas devido à seca e as altas temperaturas, porém, a presença constante de fogo nas áreas de savana não influenciou a riqueza de formigas. Isto foi verificado por Parr et al. (2004) nas savanas Africanas, e por Vasconcelos et al. (2008) nas savanas de Alter do Chão-PA, onde foi constatado que o fogo não teve efeitos sobre a riqueza de espécies ou abundância das formigas.

4.2 Determinação da melhor técnica de amostragem da riqueza e abundância de formigas em solos de savana.

Ao comparar a similaridade entre as assembleias de formigas, verificou-se que a assembleia coletada com a armadilha pitfall foi 92 % similar a combinação das técnicas (tabela 3). A armadilha pitfall, individualmente, capturou uma maior diversidade de formigas, sendo considerado o método isolado que melhor representa a fauna de formigas coletadas (SOUZA, 2007). Podendo ser utilizado como único método de coleta na área de estudo, assim como em áreas abertas como as savanas africanas (PARR; CHOWN, 2001) e os cerrados (LOPES; VASCONCELOS, 2008),

Assembleia coletada nas iscas foi 35% similar aquela coletada com pitfall e 44% com a coletada com a combinação de ambos os métodos de coleta (tabela 3). A armadilha pitfall foi mais eficiente em capturar a diversidade de formigas que as iscas, uma vez que capturou mais de 80% das espécies coletadas em florestas amazônicas (SOUZA, 2009). Nenhum método de coleta é 100% eficaz para a coleta de todos os grupos de invertebrados (SOUZA, 2007), sendo necessária a utilização de mais de um método de coleta que se complementam (SOUZA, 2007; SOUZA et al., 2007, 2009).

TABELA 3 - Valores da similaridade de Mantel (rM) e sua significância entre as assembleias coletadas pelas técnicas de coleta e sua combinação.

| | Pitfall e isca | | Pitfall | | Iscas | |
|-----------------------|----------------|-------|---------|-------|-------|-------|
| | rM | p | rM | P | rM | P |
| Pitfall e isca | 1.000 | 0.000 | | | | |
| Pitfall | 0.922 | 0.001 | 1.000 | 0.000 | | |
| Isca | 0.440 | 0.009 | 0.354 | 0.034 | 1.000 | 0.000 |

Pelo gráfico da ordenação (NMDS), foi observado que as comunidades de formigas coletadas com pitfall estão mais próximas e mais agrupadas, diferenciando das iscas, em que as parcelas estão mais separadas indicando uma menor similaridade entre elas (figura 10).

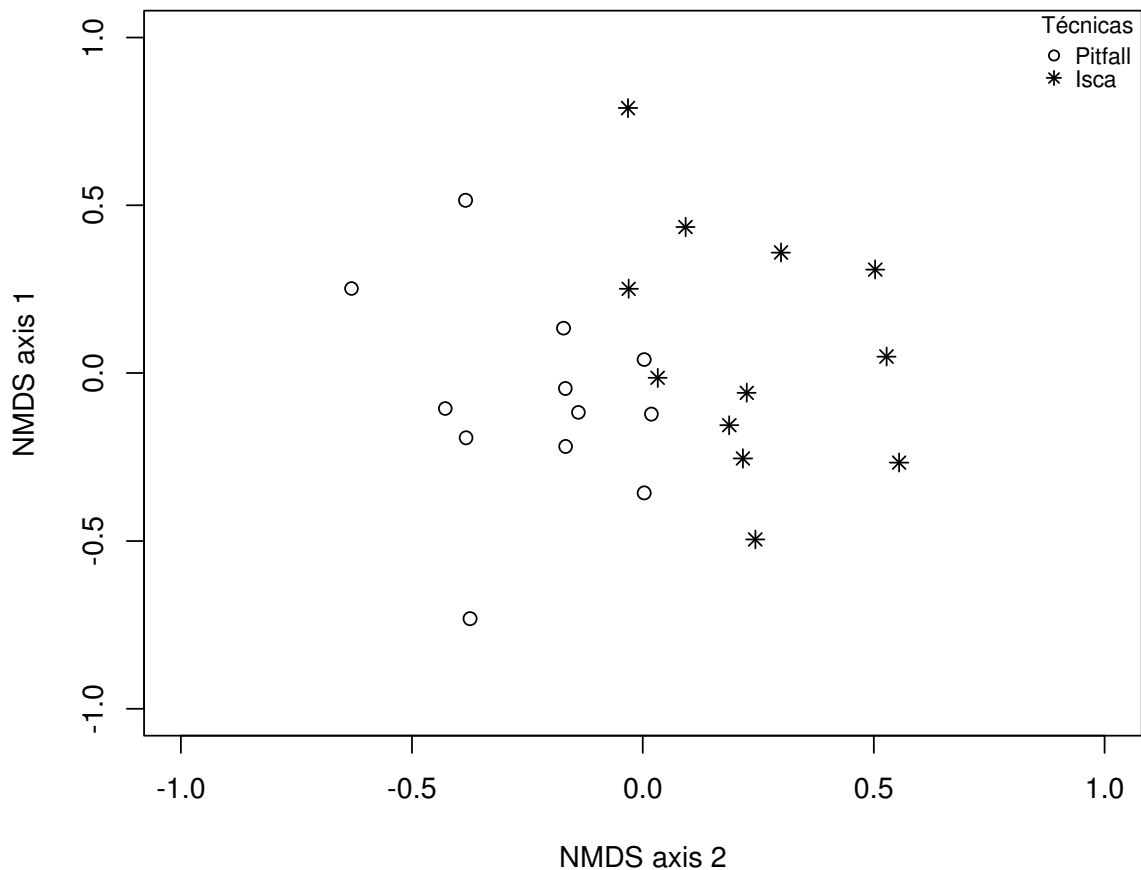


FIGURA 8 - Diagrama do Escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) das assembleias de formigas coletadas pelas duas técnicas de coleta (armadilhas pitfall e iscas).

4.3 Relação entre a diversidade de formigas com as variáveis ambientais

De todas as variáveis ambientais coletadas (Apêndice A), selecionamos estas com base na correlação de Pearson: pH do solo, teor de argila umidade e classe do solo. Apenas o teor de argila influenciou a distribuição de formigas (tabela 3). A mesma tendência foi observada por Souza (2009), onde a argila foi à variável que exerceu um maior efeito num aspecto regional. Em muitos trabalhos realizados, foi constatado que o percentual de argila influencia

na distribuição dos gêneros (FAGUNDES, 2003; SOUZA, 2009) e espécies de formigas (OLIVEIRA, 2007; SOUZA et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2009; SOUZA, 2009).

TABELA 4 - Resultados da Análise Múltipla de Variância Multivariada (MANOVA) entre as variáveis preditoras (pH, teor de argila, classe e umidade do solo) e a composição das assembleias de formigas coletadas com Pitfall, Iscas e Pitfall+Isca em 12 parcelas nas Savanas no campus Monte Cristo (CCA/UFRR) – Roraima

| Técnicas | Variáveis | Pillai-Trace | F | P |
|---------------|-----------------|--------------|-------|--------------|
| Pitfall+ Isca | pH do solo | 0,067 | 0,107 | 0,901 |
| | Teor de Argila | 0,848 | 8,399 | ≤0,05 |
| | Classe do solo | 1,360 | 1,699 | 0,232 |
| | Umidade do solo | 0,790 | 3,773 | 0,210 |
| Isca | pH do solo | 0,578 | 2,055 | 0,274 |
| | Teor de Argila | 0,868 | 9,904 | ≤0,05 |
| | Classe do solo | 1,339 | 1,620 | 0,253 |
| | Umidade do solo | 0,790 | 3,769 | 0,210 |
| Pitfall | pH do solo | 0,578 | 2,054 | 0,274 |
| | Teor de Argila | 0,868 | 9,901 | ≤0,05 |
| | Classe do solo | 1,339 | 1,619 | 0,253 |
| | Umidade do solo | 0,651 | 1,868 | 0,349 |

Nas coletas realizadas com isca foram observadas apenas duas espécies exclusivas (*Atta* sp. 01 e *Brachymyrmex* sp. 01) em área com argila em torno de 205 g kg⁻¹. Comparado-se os dois extremos, áreas com teor de argila de 85 g kg⁻¹ verificou-se 15 espécies de formigas, enquanto, nas áreas com teor de argila de 310 g kg⁻¹ constatou-se apenas 10 espécies (figura 11). Diferentemente das iscas, as armadilhas pitfalls coletaram 25 espécies de formigas nas áreas com teor de argila de 85 g kg⁻¹ enquanto áreas com teor de argila de 310 g kg⁻¹ foram coletadas apenas 8 espécies. Apenas *Pheidole* sp. 12 e *Crematogaster* sp. 15 foram exclusivas de áreas com teor de argila acima de 255 g kg⁻¹ (figura 12).

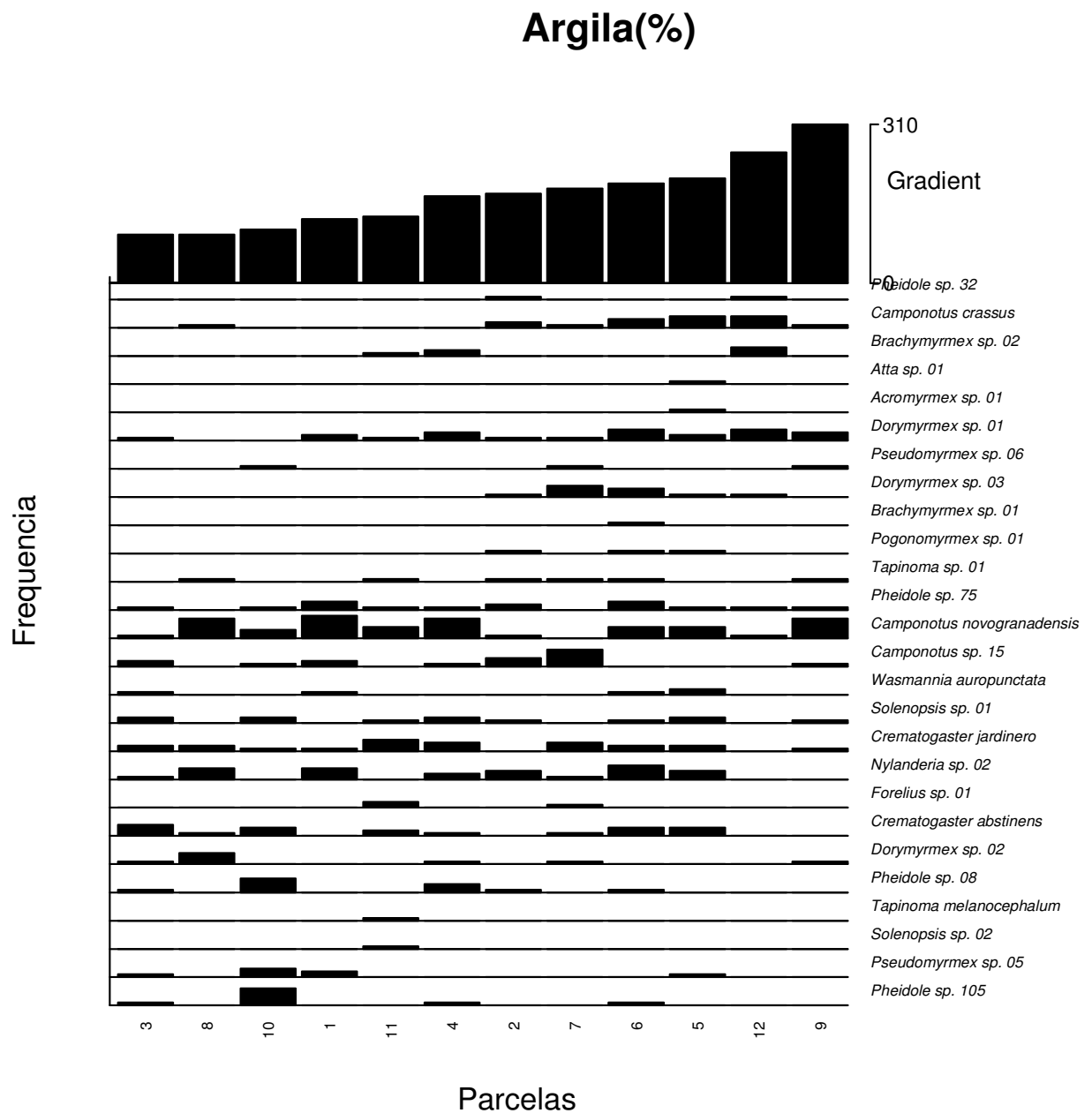


FIGURA 9 - Distribuição de formigas ao longo do gradiente de argila nas 12 parcelas nas savanas coletadas com iscas.

De acordo com Fagundes (2003) o gênero *Hypoponera* possui correlação positiva com a variável argila. Desta forma, quando aumentou a densidade desse gênero, aumentou também o percentual de argila do solo. Oliveira (2007) verificou que as variáveis argila e inclinação do terreno contribuíram para a distribuição das formigas do gênero *Crematogaster* indicando que o percentual de argila afetava negativamente a população de formigas. Souza (2007) também observou que locais onde há menos argila, a abundância das formigas é menor.

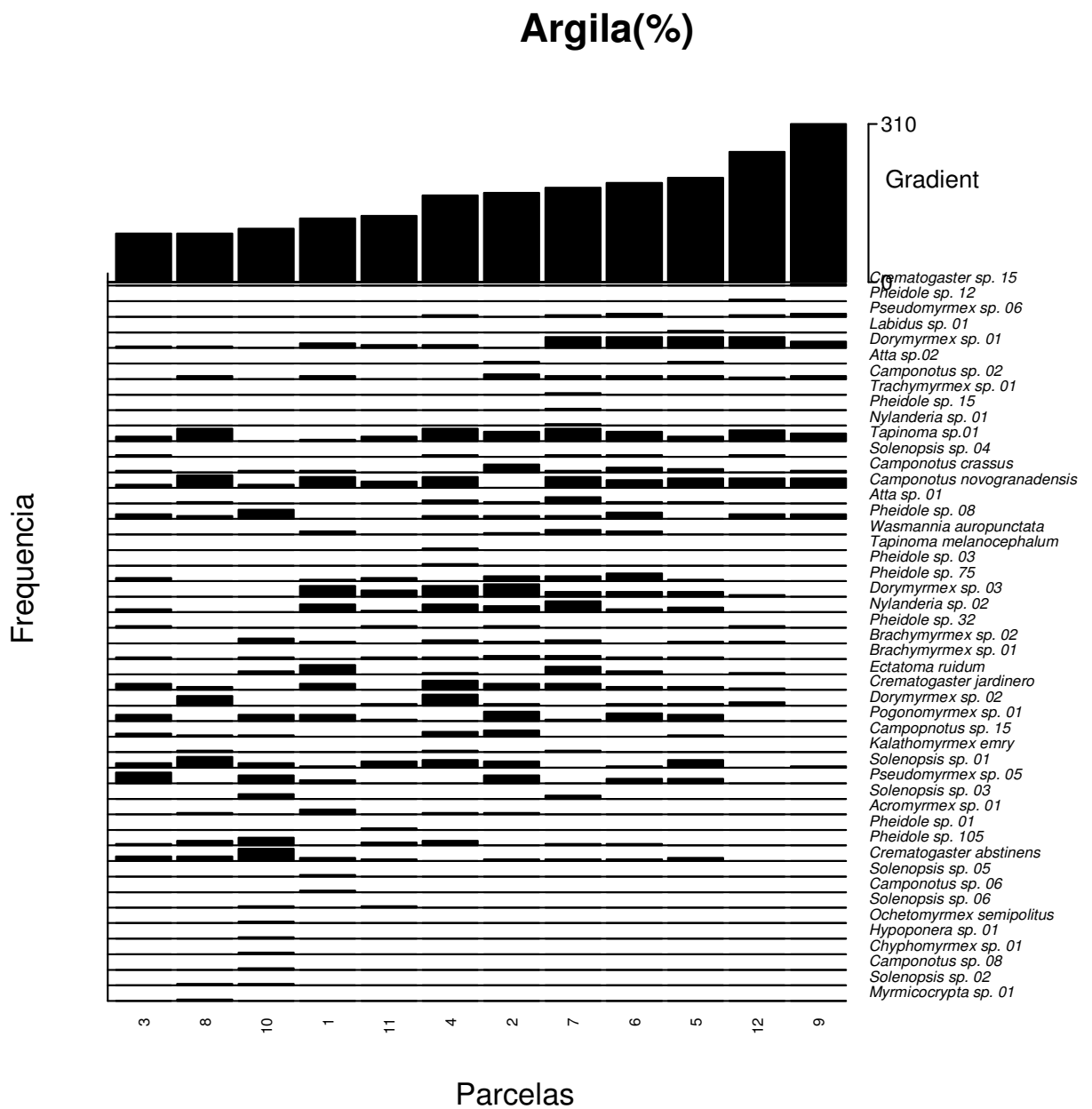


FIGURA 10 - Distribuição de formigas ao longo do gradiente de argila nas 12 parcelas nas savanas coletadas com pitfall.

O pH do solo não foi correlacionado a distribuição das formigas (tabela 4). Bandeira; Harada (1998) observaram uma correlação negativa com os invertebrados, e verificaram que o pH inferior a 4 atraía mais organismos. Como possível explicação, os autores afirmaram que os organismos procuram maiores concentrações de matéria orgânica consequentemente, resultando em menores valores de pH. Mas para a comunidade de pseudoescorpiões

(AGUIAR et al., 2006), constatou que a argila e o pH do solo não influenciaram na sua distribuição, indicando que estes não são sensíveis aos fatores ambientais analisados.

Na área de estudo foi verificada uma pequena variação das propriedades químicas e físicas dentro das classes de solo (Latosolo, Argissolo e Gleissolo). Estes solos são formados a partir de sedimentos da Formação Boa Vista, conseqüentemente, apresentando uma alta homogeneidade nos seus atributos químicos, conferindo a estes solos uma similaridade das espécies de formigas coletadas.

A umidade é um fator limitante para a presença ou ausência da comunidade de invertebrados na liteira (KASPARI, 1996 apud FAGUNDES, 2003). Bandeira e Harada (1998) observaram que a maioria dos grupos de invertebrados apresentava uma correlação positiva com a umidade do solo. Baccaro (2006) constatou que a umidade e a temperatura não influenciaram no padrão de dominância das formigas.

Outras variáveis ambientais que não foram quantificadas neste trabalho podem estar influenciando a diversidade e distribuição das formigas, como no caso do microclima, a disponibilidade de alimento e a composição da vegetação (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990), podendo as diferentes fitofisionomias das savanas influenciarem de modo direto ou indireto as espécies de formigas. Normalmente nas áreas de solos mais vermelhos (Latosolo vermelho) são melhores quimicamente e isto influencia na disponibilidade de alimento, visto que, a cobertura vegetal é diferente.

CONCLUSÕES

- Foram encontradas cinco classes de solos na área de estudo;
- A maior riqueza de espécies de formigas foi verificada no Latossolo Amarelo. E o solo com menor riqueza foi o Gleissolo, porém, foi o solo que apresentou maior número de espécies exclusivas.
- Os dois métodos de coleta utilizados foram complementares, pois, ambos coletaram espécies exclusivas. Entretanto o pitfall coletou uma fauna de formigas muito similar àquela coletada com a combinação de pitfall e isca, sugerindo que esta técnica possa ser utilizada sozinha em estudos nas savanas similares.
- De todas as variáveis testadas, o teor de argila foi à variável ambiental que influenciou a distribuição das formigas. Enquanto, as diferentes classes de solo não causaram efeito na distribuição e nem na diversidade das espécies de formigas, o mesmo foi verificado para a umidade e o pH do solo.

REFERÊNCIAS

ALONSO, L. E.; AGOSTI, D. Biodiversity Studies, Monitoring, and Ants: An Overview. In: AGOSTI, D., MAJER, J. D., ALONSO, L. E., SCHULTZ, T. R., **Ants: standard methods**

for measuring and monitoring biodiversity. Washington: Smithsonian Institution Press, 2000. p.1-8.

AGUIAR, N. O.; GUALBERTO, T. L.; FRANKLIN, E. A medium-spatial scale distribution pattern of Pseudoscorpionida (Arachnida) in a gradient of topography (altitude and inclination), soil factors, and litter in a central Amazonia forest reserve. **Brazilian Journal of Biology**, v. 66, n. 3, p. 791-802, 2006.

AGOSTI, D.; ALONSO, L. E. El Protocolo ALL: un estándar para la colección de hormigas del suelo. In: FERNANDEZ, F. **Introducción a las hormigas de la Región Neotropical**. Bogotá: Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander von Humboldt, 2003. p.45-48.

AGOSTI, D.; JOHNSON, N.F. **Antbase**. World Wide Web electronic publication. antbase.org. Disponível em: <<http://www.antbase.org>>. Acesso em: 23 jan. 2010.

ANDERSEN, A. N., A global ecology of rainforest ants: functional groups in relation to environmental stress and disturbance. In: D. Agosti, J. D. Majer, L. E. Alonso & T.R. Schultz. **Ants: Standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Washington: Smithsonian Institution Press, 2000, p. 25-34.

AQUINO, A. M.; CORREIA, M. E. F. **Invertebrados Edáficos e o seu papel nos Processos do Solo**. Seropédica-RJ: Embrapa Agrobiologia, 2005.

BACCARO, F.B. **Densidade de iscas e variáveis ambientais influenciando a dominância nas comunidades de formigas em Florestas de Terra Firme- Amazônia**. MANAUS- AM, 2006, 56f, (dissertação de mestrado em entomologia) UFAM-INPA, 2006.

BACCARO, F. B. **Chave para as principais subfamílias e gêneros de formigas (Hymenoptera: Formicidae)**. Programa de Pesquisa em Biodiversidade – PPBIO, Manaus, AM. p. 34, 2006. Disponível em: <<http://ppbio.inpa.gov.br/Port/guias/>>. Acesso 10 mar. 2010.

BACCARO, F. B.; SOUZA, J. L. P. Relação entre dominância e riqueza de formigas em três florestas na Amazônia Central. **Biológico**, São Paulo, v.69, n 2, p.301-303, jul./dez. 2007.

BACCARO, F. B.; KETELHUT, S.; MORAIS, J. W. Efeitos da distância entre iscas nas estimativas de abundância e riqueza de formigas em uma floresta de terra-firme na Amazônia Central. **Acta Amazônica**. Manaus, v.41, n.1, p. 115-122, 2011.

BANDEIRA, A. G.; HARADA, A. Y. Densidade e distribuição vertical de macroinvertebrados em solos argilosos e arenosos na Amazônia Central. **Acta Amazonica**, Manaus, v.28, n. 2, p. 191-204. 1998.

BARBOSA, R. I. Distribuição das chuvas em Roraima. In: BARBOSA, R. I.; FERREIRA, E. J. G.; CASTELLÓN, E. G. **Homem, ambiente e ecologia no estado de Roraima**. Manaus: INPA, 1997. p.325-335.

BARBOSA, R. I.; MIRANDA, I. S. Fitofisionomias das savanas de Roraima. In: BARBOSA, R.I.; XAUD, H.A.M; COSTA E SOUZA, J. M. **Savanas de Roraima: Etnoecologia, Biodiversidade e Potencialidades Agrosilvipastoris**. Boa Vista, FEMACT. 2005, p.61-78

BARROS, E.; MATHIEU, J.; TAPIA-CORAL, J.; NASCIMENTO, A. R. L.; LAVELLE, P., Soil Macrofauna Communities in Brazilian Amazonia, In: MOREIRA, F. M. S.,SIQUEIRA, J. O.; BRUSSAARD, L. **Biodiversity in Amazonian and other Brazilian Ecosystems**, Cambridge: CAB International. 2006, p.43-55.

BENEDETTI, U. G. **Estudo Detalhado dos Solos do Campus do Cauamé da UFRR**, Boa Vista, Roraima. Boa Vista, 2007, 102f. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais), Universidade Federal de Roraima. 2007.

BENEDETTI, U. G.;VALE JÚNIOR, J. F.; SCHAEFER, C. E. G. R.; MELO, V. F.; UCHÔA, S. C. P. Gênese, química e mineralogia de solos derivados de sedimentos plio-pleistocênicos e de rochas vulcânicas básicas em Roraima – Norte Amazônico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 2, p. 299-312, mar/abril 2011.

BESTELMEYER, B. T.; AGOSTI D.; LEEANNE F.; ALONSO T.; BRANDÃO C. R. F.; BROWN W. L.; DELABIE J. H. C.; SILVESTRE R. Field techniques for the study of ground-living ants: An Overview, description, and evaluation. In: AGOSTI, D.; MAJER, J. D.; ALONSO, L. E.; SCHULTZ, T. R. **Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Washington: Smithsonian Institution Press, 2000, p. 122-144.

BIGNELL,D.; CONSTANTINO, R.; CSUZDI,C.; KARYANTO, A.; KONATÉ, S.; LOUZADA, J.; SUSILO, F. X; TONDOH, J.E; ZANETTI, R. Macrofauna. In: MOREIRA, F.M.S.; HUISING, E. J. BIGNELL, D. E.**A Handbook of Tropical Soil Biology Sampling and Characterization of Below-ground Biodiversity**. London: Earthscan, 2008, p. 43-84.

BOLTON, B. **Identification guide to the ant genera of the world**.Cambridge: Harvard University Press, 1994.

BRANDÃO, C.R.F. Reino animalia: Formicidae. In: JOLY, C.A.; CANCELLO, E. M. **Invertebrados terrestres**. São Paulo: FAPESP, 1999, P. 58-63.

BRASIL. Projeto RADAMBRASIL. **Folha NA. 20 Boa Vista e parte das Folhas NA. 21. Tumucumaque, NA. 20 Roraima e NA. 21.** Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia, v.8, 1975.

CARDOSO, D.C. **Determinantes de comunidades de formigas em Restinga**. 68f. 2009. (Dissertação de Mestrado em entomologia). UFV/Minas Gerais.

CARVALHO, C.M. O lavrado da Serra da Lua em Roraima e perspectivas para estudos da herpetofauna na região. **Revista Geográfica Acadêmica**, v.3, n.1, p. 4-7. 2009.

CARVALHO, K.S.; VASCONCELOS, H.L. Comunidade de formigas que nidificam em pequenos galhos da serrapilheira em floresta da Amazônia Central, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia** v.46 n.2, p.115-121, jun. 2002.

CORREIA, M. E. F.; OLIVEIRA, L. C. M. de. **Fauna de Solo: Aspectos Gerais e Metodológicos**. Seropédica: Embrapa *Agrobiologia*, p. 46, 2000. (Embrapa *Agrobiologia*. Documentos, 112).

CONSTANTINO, R.; ACIOLI, A. N. S. Termite Diversity in Brazil (Insecta: Isoptera). In: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSAARD, L. **Biodiversity in Amazonian and other Brazilian Ecosystems**. Cambridge: CAB International, 2006, p.117-128.

DELABIE, J.H.C.; AGOSTI, D.; NASCIMENTO, I.C. Litter ant communities of the Brazilian Atlantic rainforest region. In: Agosti, D.; Majer, J.D.; Alonso, L.; Schultz, T. **Sampling ground-dwelling ants: case studies from the worlds' rain forests**. School of Environmental Biology, (Bulletin,18).2000, p.1-18.

DUCATTI, F. **Fauna edáfica de fragmentos florestais e em area reflorestadas com espécies da Mata Atlântica**. Piracicaba-SP, 2002, 84f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais), Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiros", 2002.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2.ed. - Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

FAGUNDES, E. P. **Efeitos de fatores do solo, altitude e inclinação do terreno sobre os invertebrados da serrapilheira, com ênfase em Formicidae (Insecta, Hymenoptera) da**

reserva **Ducke**, Manaus, Amazonas, Brasil. Manaus – AM 70f. 2003. Dissertação (Mestrado) INPA/UFAM. 2003.

FEITOSA, K. K. A. **Indicadores físicos da qualidade de um argissolo amarelo sob savana e plantio direto com soja, no Município de Boa Vista – Roraima**. Boa Vista, 2007, 42f. Monografia (Especialização em Recursos Naturais). Universidade Federal de Roraima. 2007.

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

FRANKLIN, E.; HAYEK, T.; FAGUNDES, E. P.; SILVA, L. L. *Oribatid mite* (acari: oribatida) contribution to decomposition dynamic of leaf litter in primary forest, second growth, and polyculture in the central Amazon. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 64, n. 1, p. 59-72, fev. 2004.

FRANKLIN, E.; MORAES, J. W. Soil Mesofauna in Central Amazon In: MOREIRA, F. M. S.,SIQUEIRA, J. O.; BRUSSAARD, L. **Biodiversity in Amazonian and other Brazilian Ecosystems**. Cambridge: CAB International, 2006, p.43-55.

FRANKLIN, E.; AGUIAR, N. O.; SOARES, E. D. L. Invertebrados do Solo. In: OLIVEIRA, M. L.; BACCARO, F. B.;BRAGA-NETO, R.; MAGNUSSON, W. E. **Reserva Ducke: a biodiversidade Amazônica através de uma grade**. Manaus, AM, 2008, p. 109-122.

GONZÁLEZ, G.; LEY, R. E.; SCHMIDT, S. K.; ZOU, X.; SEASTEDT, T. R. Soil ecological interactions: comparisons between tropical and subalpine forests. **Oecologia**, v.128, p.549–556, 2001.

GOMES, J. B. V.; BARRETO, A. C.; MICHEREFF FILHO, M.; VIDAL, W. C. L.; COSTA, J. L. da S.; OLIVEIRA-FILHO, A. T. de; CURI, N.Relações entre atributos do solo e atividade de formigas em restingas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n.1, p. 67-78, 2010.

HARADA, A.Y.; KETELHUT, S.M; Formigas da Reserva Florestal Ducke: um grupo ainda pouco estudado. IN: FONSECA, C.R.V.; MAGALHÃES, C.; RAFAEL, J.A.; FRANKLIN, E. **Fauna de artrópodes da Reserva Florestal Ducke: estado atual do conhecimento taxonômico e biológico**, 2009, p. 231-247.

HÖFER, H.; HANAGARTH, W.; GARCIA, M.; MARTIUS, C.; FRANKLIN, E.; RÖMBKE, J.; BECK, L. Structure and function of soil fauna communities in Amazonian anthropogenic and natural ecosystems, **European Journal of Soil Biology**, Braunschweig, v. 37, p. 229–235, nov./dez. 2001.

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

KREBS, C. J. **Ecological methodology**. New York, US: Harper & Hall, 1989.

LAPOLA, D.M.; ANTONIALLI-JÚNIOR, W.F.; GIANNOTTI, E. Arquitetura de ninhos da formiga neotropical *Ectatomma brunneum* F. Smith, 1858 (Formicidae: Ponerinae) em ambientes alterados. **Revista Brasileira Zociências**, Juiz de Fora, v. 5, n. 2, p. 177-188. 2003.

LATTKE, J. E. Biogeografía de las hormigas neotropicales. In: FERNANDEZ, F. **Introducción a las hormigas de la Región Neotropical**. Bogotá: Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander von Humboldt, 2003, p.65-85.

LAVELLE, P.; SPAIN, A.V. **Soil Ecology**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001.

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

LONGINO, J. T.; CODDINGTON J.; COLWELL R. K. The ant fauna of a Tropical rain Forest: Estimating species richness three different ways. **Ecology**. Ithaca, v. 83, n.3, p.689-702, 2002.

LOPES, C. T., VASCONCELOS, H. L. Evaluation of three methods for sampling ground-dwelling Ants in the Brazilian Cerrado. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 37, n. 4, p. 399-405, jul./ago. 2008.

LOPES, L.F.C. **Identificação e avaliação das comunidades de formigas em floresta secundária na Amazônia oriental**. Belém-PA. 2007, 58f. Dissertação de Mestrado Universidade Federal Rural da Amazônia. 2007.

MAGNUSSON, W.E.; MARTINS, M.B. **Delineamento espacial e protocolos de coleta – PPBio Amazônia**. Belém/Manaus: INPA/MPEG – Programa de Pesquisa em Biodiversidade. 88 p. 2005.

MARINHO, C. G. S.; ZANETTI, R.; DELABIE, J. H. C.; SCHLINDWEIN, M. N.; RAMOS, L.S. Diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) da serapilheira em eucaliptais

(Myrtaceae) e área de cerrado de Minas Gerais. **Neotropical Entomology**, Londrina, v.31, n.2, pp. 187-195, 2002.

MELO, F.V. DE; BROWN, G. G.; CONSTANTINO, R.; LOUZADA, J. N. C.; LUIZÃO, F. J.; MORAIS, J. W. DE; ZANETTI, R. A importância da meso e macrofauna do solo na fertilidade e como bioindicadores. **Boletim Informativo da SBCS**, Viçosa. v.34, n.01, p. 38-43, jan./abr. 2009.

MIRANDA; I. S.; ABSY, M. L. Fitofisionomia das savanas de Roraima, Brasil. **Acta Amazônica** , Manaus, v. 30, n. 3, p. 423-440, 2000.

MOURA, C. A. R. **Esforço amostral e ecologia de formigas de liteira, com ênfase em *Gnamptogenyse Pachycondyla* (Hymenoptera: Formicidae) em uma floresta de terra firme na Amazônia Oriental**. MANAUS-AM , 2006, 39f. Dissertação (Mestrado em Ecologia). INPA, 2006.

NOGUEIRA, C. **Efeito do isolamento e perda de área de floresta sobre populações de saúvas (Hymenoptera, Formicidae, *Atta*) e seus inimigos naturais em ilhas do reservatório da UheBalbina, Amazônia Central, Brasil**. MANAUS-AM, 2009, 51f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas: Entomologia), INPA. 2009.

OLIVEIRA, A. H. C. **Composição e Riqueza de formigas (Hymenoptera: Formicidae), associadas a fitofisionomias presentes na savana do Campus do Cauamé, Boa Vista, RR**. 2010. Monografia (Graduação em Bacharelado em Agronomia) Universidade Federal de Roraima. 2010.

OLIVEIRA, P.Y. **Distribuição de formigas do gênero *Crematogaster* (Hymenoptera: Formicidae) em uma Reserva Florestal da Amazônia Central**. MANAUS-AM, 2007. Monografia (Graduação em Licenciatura em Ciências Biológica) Centro Universitário do Norte, 2007.

OLIVEIRA. P. Y.; SOUZA, J. L. P.; BACCARO, F.B; FRANKLIN, E. Ant species distribution along a topographic gradient in a terra-firme forest reserve in Central Amazonia, **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 8, p. 852-860, ago. 2009.

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

PARR, C.L.; ROBERTSON, H.G.; BIGGS, H.C.; CHOWN, S.L. Response of African savanna ants to long-term fire regimes. **Journal of Applied Ecology**, sl.,v.41, p. 630–642, 2004.

PEIXOTO, T. S.; PRAXEDES, C.L.; BACCARO, F.B.; BARBOSA, R.I.; MOURÃO JÚNIOR, M., Composição e riqueza de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em savana e ambientes associados de Roraima, **Revista Agro@ambiente On-line**, Boa Vista, RR. v. 4, n. 1, p. 1-10, jan-jun, 2010.

PETERSEN, H.; LUXTON, M. A comparative analysis of soil fauna populations and their role in decomposition processes. **Oikos**, Copenhagen, v. 39, n.3, p. 287-388, fev. 1982.

Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio). Disponível em: <<http://ppbio.inpa.gov.br/Port/inventarios/nrrr/cauame/>>. Acesso em 15 jan. 2010.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: a language and environment for statistical computing. Vienna: **R Foundation for Statistical Computing**, 2008. Disponível em: <<http://www.R-project.org>>. Acesso em 30 jan. 2010.

SANTOS, E. R.; FRANKLIN, E.; MAGNUSSON, W. E. Cost-efficiency of subsampling Protocols to evaluate Oribatid-Mite Communities in Amazonian Savanna. **Biotropica**, Malden, v. 40, n. 6, p. 728-735, jul. 2008a.

SANTOS, J. C.; DELABIE, J. H. C.; WILSON FERNANDES, G.. A 15-year post evaluation of the fire effects on ant community in an area of Amazonian forest. **Revista Brasileira de Entomologia** v.52, n., p. 82-87, março 2008b.

SARMIENTO, C. E. Metodologías de captura y estudio de lãs hormigas. In: FERNANDEZ, F. **Introducción a las hormigas de la región neotropical**. Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia, 2003, p.201-210.

SERAFIM, B. Fatores de formação dos Solos – Organismos. Disponível em: http://solosufv.blogspot.com/2007/05/fatores-de-formao-dos-solos-organismos_4218.html acesso em 01 de junho de 2010.

SILVA, R. F.; AQUINO, A. M.; MERCANTE, F. M.; GUIMARÃES, M. F. Macrofauna invertebrada do solo sob diferentes sistemas de produção em Latossolo da Região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.4, p.697-704, abr. 2006.

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

SILVESTRE, R. **Estrutura de comunidades de formigas do Cerrado**. Ribeirão Preto-SP, 2000, 216f. Dissertação (Doutorado em Entomologia), USP. 2000.

SILVESTRE, R. ; BRANDÃO, C.R.F.; ROSA DA SILVA, R. Grupos funcionales de hormigas: el caso de los gremios del Cerrado In: FERNANDEZ, F. **Introducción a las hormigas de la Región Neotropical**. Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia, 2003, p. 113-148.

SOSA-CALVO, J. Ants of the leaf-litter of two plateaus in Eastern Suriname.. In: ALONSO, L.E.; MOL, J.H. **A Rapid Biological Assessment of the Lely and Nassau Plateaus, Suriname** (with additional information on the Brownsberg Plateau). Washington: Smithsonian Institution Press, Conservation International. 2007, p.92-98.

SOUZA, J. L. P. **Avaliação do esforço amostral na coleta de formigas de liteira do gênero *Crematogaster* Lund, 1831 (Hymenoptera, Formicidae, Myrmicinae) numa floresta primária, Caxiuanã- PA, Brasil**. Manaus – AM. 2007. 70f. Dissertação (Mestrado em entomologia). INPA, 2007.

Avaliação do esforço amostral, captura de padrões ecológicos e utilização de taxóons substitutos em formigas (Hymenoptera - Formicidae) de serrapilheira com três métodos de coleta na floresta Amazônica. 2009, 84f. Manaus – AM. 2009. Tese (doutorado em entomologia). INPA, 2009.

MOURA, C. A. R.; HARADA, A. Y.; FRANKLIN, E. Diversidade de espécies dos gêneros de *Crematogaster*, *Gnamptogenys* e *Pachycondyla* (Hymenoptera: Formicidae) e complementaridade dos métodos de coleta durante a estação seca numa estação ecológica no estado do Pará, Brasil. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 37, n. 4, p. 649 – 656, nov. 2007.

_____.; MOURA, C. A. R.; FRANKLIN, E. 2009. Cost-efficiency and information reduction in inventories of ants in an Amazonian forest reserve. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.44, p. 940-948, ago. 2009.

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

TORO, E. A.; ORTEGA, O.E. Composición y diversidad de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) en algunas áreas protegidas del Valle de Aburrá. **Revista Colombiana de Entomología**, Colombia, v. 32, n.2 ,p.214-220. 2006.

UNDERWOOD, E.C.; FISCHER, B.L. The role of ants in conservation monitoring: if, when, and how. **Biological Conservation**, v.132, p.166–182, jun. 2006.

VALE JÚNIOR, J. F. **Pedogênese e alterações dos solos sob manejo itinerante, em áreas de rochas vulcânicas ácidas e básicas, no nordeste de Roraima**. Viçosa, MG, 2000. 185f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa. 2000.

VALE JÚNIOR, J. F.; SOUSA, M. I. L. Caracterização e distribuição dos solos das savanas de Roraima. In: BARBOSA, R. I.; XAUD, H. A. M.; COSTA E SOUZA, J. M. **Savanas de Roraima: Etnoecologia, Biodiversidade e Potencialidades Agrossilvipastoris**. Boa Vista: FEMACT, 2005, p.79-81.

VAN DEN BERGHE, E. On Pitfall trapping invertebrates. **Entomological News**, v.103, n. 4, p. 149-156, 1992.

VARGAS, A. B., MAYHÉ-NUNES, A. J.; QUEIROZ, J. M.; SOUZA, G. O.; RAMOS, E. F. Efeitos de Fatores Ambientais sobre a Mirmecofauna em Comunidade de Restinga no Rio de Janeiro, RJ. **Neotropical Entomology**, Londrina, v.36, n.1, Jan/ fev, 2007.

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

VASCONCELOS, H. L. Patterns of diversity and responses to Forest disturbance by ground-dwelling ants in Amazonia. In: MOREIRA, F. M. S.,SIQUEIRA, J. O.; BRUSSAARD, L.**Biodiversity in Amazonian and other Brazilian Ecosystems**, Cambridge: CAB International, 2006, p. 129-141.

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

WARD, F. S. Broad-scale Patterns of diversity in leaf litter Ant communities. In: AGOSTI, D., MAJER, J. D., ALONSO, L. E., SCHULTZ, T. R., **Ants: standard methods for**

measuring and monitoring biodiversity. Washington: Smithsonian Institution Press, 2000.
p.99-269.

Apêndices

Apêndice A : Correlação de Pearson com as variáveis ambientais dos solos

| | pHH ₂ O | pHKCl | Ca | Ca _{cmol} | Mg | Mg _{cmol} | K | K _{cmol} | Al | P | Fe | Zn | Mn | Argila | Silte | Areia | R.P | umidade |
|--------------------|--------------------|-------|-------|--------------------|-------|--------------------|-------|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|---------|
| pHH ₂ O | 1 | 0.2 | 0.21 | 0.21 | 0.27 | 0.27 | 0 | 0.04 | -0.17 | 0.22 | 0.1 | 0.37 | 0.43 | 0.1 | 0.31 | -0.19 | 0.51 | -0.36 |
| pHKCl | 0.2 | 1 | 0.27 | 0.27 | 0.14 | 0.14 | -0.15 | -0.23 | -0.53 | 0.12 | -0.3 | -0.42 | 0.82 | -0.22 | 0.15 | 0.14 | -0.53 | -0.18 |
| Ca | 0.21 | 0.27 | 1 | 1 | 0.7 | 0.7 | 0.14 | 0.17 | -0.25 | 0.08 | -0.2 | -0.3 | 0.42 | 0.45 | 0.11 | -0.43 | -0.18 | -0.05 |
| Ca _{cmol} | 0.21 | 0.27 | 1 | 1 | 0.7 | 0.7 | 0.14 | 0.16 | -0.26 | 0.08 | -0.2 | -0.3 | 0.42 | 0.45 | 0.11 | -0.43 | -0.18 | -0.05 |
| Mg | 0.27 | 0.14 | 0.7 | 0.7 | 1 | 1 | 0.25 | 0.31 | -0.23 | -0.2 | -0.27 | 0.15 | 0.21 | 0.22 | 0.09 | -0.23 | 0.09 | 0.02 |
| Mg _{cmol} | 0.27 | 0.14 | 0.7 | 0.7 | 1 | 1 | 0.25 | 0.31 | -0.23 | -0.2 | -0.27 | 0.15 | 0.21 | 0.22 | 0.09 | -0.23 | 0.09 | 0.02 |
| K | 0 | -0.15 | 0.14 | 0.14 | 0.25 | 0.25 | 1 | 0.99 | 0.65 | -0.72 | -0.53 | 0.43 | -0.19 | 0.57 | -0.05 | -0.48 | 0.22 | 0.43 |
| K _{cmol} | 0.04 | -0.23 | 0.17 | 0.16 | 0.31 | 0.31 | 0.99 | 1 | 0.66 | -0.71 | -0.48 | 0.47 | -0.23 | 0.6 | -0.03 | -0.51 | 0.31 | 0.4 |
| Al | -0.17 | -0.53 | -0.25 | -0.26 | -0.23 | -0.23 | 0.65 | 0.66 | 1 | -0.72 | -0.32 | 0.5 | -0.6 | 0.65 | 0.09 | -0.6 | 0.3 | 0.43 |
| P | 0.22 | 0.12 | 0.08 | 0.08 | -0.2 | -0.2 | -0.72 | -0.71 | -0.72 | 1 | 0.81 | -0.34 | 0.31 | -0.59 | 0.03 | 0.51 | 0.01 | -0.4 |
| Fe | 0.1 | -0.3 | -0.2 | -0.2 | -0.27 | -0.27 | -0.53 | -0.48 | -0.32 | 0.81 | 1 | 0.01 | -0.16 | -0.55 | 0.05 | 0.46 | 0.35 | -0.25 |
| Zn | 0.37 | -0.42 | -0.3 | -0.3 | 0.15 | 0.15 | 0.43 | 0.47 | 0.5 | -0.34 | 0.01 | 1 | -0.48 | 0.07 | -0.01 | -0.06 | 0.57 | 0.11 |
| Mn | 0.43 | 0.82 | 0.42 | 0.42 | 0.21 | 0.21 | -0.19 | -0.23 | -0.6 | 0.31 | -0.16 | -0.48 | 1 | -0.1 | 0.43 | -0.05 | -0.24 | -0.09 |
| Argila | 0.1 | -0.22 | 0.45 | 0.45 | 0.22 | 0.22 | 0.57 | 0.6 | 0.65 | -0.59 | -0.55 | 0.07 | -0.1 | 1 | 0.22 | -0.95 | 0.15 | 0.31 |
| Silte | 0.31 | 0.15 | 0.11 | 0.11 | 0.09 | 0.09 | -0.05 | -0.03 | 0.09 | 0.03 | 0.05 | -0.01 | 0.43 | 0.22 | 1 | -0.51 | 0.23 | 0.53 |
| Areia | -0.19 | 0.14 | -0.43 | -0.43 | -0.23 | -0.23 | -0.48 | -0.51 | -0.6 | 0.51 | 0.46 | -0.06 | -0.05 | -0.95 | -0.51 | 1 | -0.21 | -0.44 |
| Penetração | 0.51 | -0.53 | -0.18 | -0.18 | 0.09 | 0.09 | 0.22 | 0.31 | 0.3 | 0.01 | 0.35 | 0.57 | -0.24 | 0.15 | 0.23 | -0.21 | 1 | 0.05 |
| umidade | -0.36 | -0.18 | -0.05 | -0.05 | 0.02 | 0.02 | 0.43 | 0.4 | 0.43 | -0.4 | -0.25 | 0.11 | -0.09 | 0.31 | 0.53 | -0.44 | 0.05 | 1 |

Apêndice B - Distribuição das espécies de formigas coletadas nas 12 parcelas permanentes do PPBio.

| Espécies | w0 700 | w1 750 | w1 1750 | w2 750 | w21250 | w2 1750 | w2 2200 | w3 1250 | w3 1750 | w3 2225 | w4 1250 | w4 1750 | Total |
|-----------------------------------|------------|------------|------------|-------------|------------|------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|------------|-------------|
| <i>Dorymyrmex sp 01</i> | 14 | 1 | 14 | 16 | 126 | 103 | 98 | 5 | 36 | - | 58 | 83 | 554 |
| <i>Dorymyrmex sp 02</i> | - | 5 | 2 | 131 | 1 | 1 | 2 | 52 | 1 | - | 10 | 7 | 212 |
| <i>Dorymyrmex sp 03</i> | 44 | 93 | - | 57 | 12 | 21 | 101 | - | - | - | 23 | 12 | 363 |
| <i>Forelius sp 01</i> | - | - | - | - | - | - | 1 | - | - | - | 2 | - | 3 |
| <i>Tapinoma melanocephalum</i> | - | - | - | 1 | - | - | - | - | - | - | 1 | - | 2 |
| <i>Tapinoma sp 01</i> | 1 | 62 | 10 | 125 | 13 | 96 | 190 | 122 | 49 | - | 25 | 124 | 817 |
| <i>Labidus sp 01</i> | - | - | - | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | 1 |
| <i>Ectatoma ruidum</i> | 12 | - | - | 1 | - | 2 | 9 | - | - | 4 | - | 2 | 30 |
| <i>Brachymyrmex sp 01</i> | - | 17 | 23 | 1 | 2 | 2 | 2 | - | - | 1 | 1 | - | 49 |
| <i>Brachymyrmex sp 02</i> | 1 | 1 | - | 72 | 2 | - | 10 | - | - | 3 | 5 | 9 | 103 |
| <i>Camponotus crassus</i> | 4 | 32 | 2 | - | 38 | 42 | 30 | 12 | 7 | 2 | - | 33 | 202 |
| <i>Camponotus novogranadensis</i> | 397 | 2 | 14 | 236 | 97 | 59 | 102 | 313 | 122 | 10 | 82 | 16 | 1450 |
| <i>Camponotus sp 02</i> | 2 | 31 | - | - | 16 | 5 | 15 | 7 | 3 | - | - | 2 | 81 |
| <i>Camponotus sp 06</i> | 11 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 11 |
| <i>Camponotus sp 08</i> | - | - | - | - | - | - | 80 | - | - | 4 | - | - | 84 |
| <i>Camponotus sp 15</i> | 5 | 62 | 11 | 65 | 1 | - | - | 2 | 7 | 2 | - | - | 155 |
| <i>Nylanderia sp 01</i> | - | - | - | - | - | - | 1 | - | - | - | - | - | 1 |
| <i>Nylanderia sp 02</i> | 18 | 24 | 12 | 22 | 18 | 15 | 37 | 60 | - | - | 1 | - | 207 |
| <i>Acromyrmex sp 01</i> | 2 | 1 | - | 1 | 1 | - | - | 1 | - | - | - | - | 6 |
| <i>Atta sp 01</i> | - | 1 | - | 2 | 2 | 2 | 12 | 3 | - | - | - | - | 22 |
| <i>Atta sp 02</i> | - | 2 | - | - | 2 | - | - | - | - | - | - | - | 4 |
| <i>Chyphomyrmex sp 01</i> | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | - | 1 |
| <i>Crematogaster abstinens</i> | 17 | 2 | 117 | 58 | 65 | 15 | 201 | 18 | - | 842 | 11 | - | 1346 |
| <i>Crematogaster jardineri</i> | 399 | 4 | 83 | 460 | 93 | 23 | 23 | 339 | - | 1 | 103 | 2 | 1530 |
| <i>Crematogaster sp 15</i> | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | - | - | 1 |
| <i>Kalathomyrmex emryi</i> | - | - | - | 1 | - | - | 1 | 1 | - | - | - | - | 3 |
| <i>Myrmicocrypta sp 01</i> | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | - | - | - | 1 |
| <i>Ochetomyrmex brasiliensis</i> | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 2 | - | - | 2 |
| <i>Pheidole sp 01</i> | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | 1 |
| <i>Pheidole sp 03</i> | - | - | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 |
| <i>Pheidole sp 08</i> | - | 40 | 17 | 57 | - | 34 | 3 | 2 | 4 | 136 | - | 10 | 303 |
| <i>Pheidole sp 105</i> | - | - | 16 | 48 | - | 49 | 2 | 16 | - | 193 | 3 | - | 327 |
| <i>Pheidole sp 12</i> | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | 1 |
| <i>Pheidole sp 15</i> | - | - | - | - | - | - | 1 | - | - | - | - | - | 1 |
| <i>Pheidole sp 32</i> | - | 2 | 24 | - | - | - | - | - | - | - | 1 | 8 | 35 |
| <i>Pheidole sp 75</i> | 26 | 6 | 19 | 1 | 11 | 27 | 9 | - | 2 | 24 | 6 | 2 | 133 |
| <i>Pogonomyrmex sp 01</i> | 8 | 31 | 13 | - | 16 | 9 | 2 | - | - | 9 | 3 | - | 91 |
| <i>Solenopsis sp 01</i> | 4 | 75 | 46 | 73 | 273 | 17 | - | 50 | 3 | 76 | 13 | - | 630 |
| <i>Solenopsis sp 02</i> | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | 1 |
| <i>Solenopsis sp 03</i> | - | - | - | - | - | - | 6 | - | - | 7 | - | - | 13 |
| <i>Solenopsis sp 04</i> | - | - | 1 | 2 | - | - | 1 | - | - | - | - | 2 | 6 |
| <i>Solenopsis sp 05</i> | 7 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 7 |
| <i>Solenopsis sp 06</i> | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | 1 | - | 2 |
| <i>Trachymyrmex sp 01</i> | - | - | - | - | - | - | 1 | - | - | - | - | - | 1 |
| <i>Wasmannia auropunctata</i> | 6 | 20 | 2 | - | 6 | 4 | 8 | - | - | - | - | - | 46 |
| <i>Hypoponera sp 01</i> | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | - | 1 |
| <i>Pseudomyrmex sp 05</i> | 10 | 13 | 22 | - | 20 | 4 | - | - | - | 14 | - | - | 83 |
| <i>Pseudomyrmex sp 06</i> | - | - | - | 1 | - | 4 | 2 | - | 3 | 1 | - | 1 | 12 |
| Total | 988 | 527 | 448 | 1432 | 816 | 534 | 950 | 1004 | 238 | 1334 | 351 | 314 | 8936 |