

**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENTOMOLOGIA – PPGEnt**

**INFLUÊNCIA DE FATORES AMBIENTAIS SOBRE A COMPOSIÇÃO DE
ESPÉCIES DE BARATAS (INSECTA: BLATTARIA) NA RESERVA DUCKE
MANAUS, AMAZONAS, BRASIL**

VITOR DIAS TARLI

Manaus, Amazonas

Junho, 2012

VITOR DIAS TARLI

**INFLUÊNCIA DE FATORES AMBIENTAIS SOBRE A COMPOSIÇÃO DE
ESPÉCIES DE BARATAS (INSECTA: BLATTARIA) NA RESERVA DUCKE
MANAUS, AMAZONAS, BRASIL**

Orientador: Dr. José Wellington de Moraes

Co-orientadores: Dra. Elizabeth Franklin Chilson

Dra. Sonia Maria Lopes Fraga

Dissertação apresentada ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas, área de concentração em Entomologia.

Manaus, Amazonas

Junho, 2012

BANCA EXAMINADORA DA DEFESA PÚBLICA PRESENCIAL

Dissertação Defendida em 15/06/2012

Dr. Jorge Luiz Pereira de Souza

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA)

Membro Titular

Dr. Alexandre Ururahy Rodrigues

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA)

Membro Titular

Dra. Ana Karina Moreyra Salcedo

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA)

Membro Titular

Dr^a. Ana Lucia M. Tourinho

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA)

Suplente

Dr. Marcio Luiz de Oliveira

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA)

Suplente

T188 Tarli, Vitor Dias
Influência de fatores ambientais sobre a composição de espécies de baratas (Insecta: Blattaria) na Reserva Ducke, Manaus, Amazonas, Brasil / Vitor Dias Tarli.--- Manaus : [s.n.], 2012.
xiii, 45f. : il. color.

Dissertação (mestrado) --- INPA, Manaus, 2012
Orientador : José Wellington de Moraes
Coorientador : Elizabeth Franklin Chilson e Sonia Maria Lopes Fraga
Área de concentração : Entomologia

1. Baratas. 2. Composição e espécies. 3. Distribuição espacial. 4. Fauna de solo. I. Título.

CDD 19. ed. 595.722

Sinopse:

Em uma floresta ombrófila densa de terra firme próxima a Manaus, AM, foi investigada a influência de fatores ambientais sobre a riqueza e composição de morfoespécies de Blattaria. Também foi avaliado se as relações ecológicas obtidas com a comunidade total de morfoespécies poderiam ser encontradas com a comunidade reduzida, visando à diminuição do esforço de coleta e triagem.

Palavras-chave: Baratas, composição de espécies, distribuição espacial, fauna de solo.

Agradecimentos

Ao INPA e à Coordenação de Pesquisas em Entomologia, pela infraestrutura, e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Nível Superior – CAPES, pela concessão de bolsa de estudo de mestrado.

Ao professor Dr. José Wellington de Moraes pelo incentivo, auxílio e orientação durante o mestrado.

À professora Dra. Elizabeth Franklin Chilson pela orientação, auxílio e sugestões em diversas questões ao longo de todo o estudo.

À Professora Sonia Maria Lopes e ao Biólogo Edivar Heeren de Oliveira do Museu Nacional da Universidade Federal do Rio de Janeiro, por terem cedido tempo para me receber e auxiliar na identificação do material coletado.

A grande amiga e quase irmã Valdeana Linard por topar me ajudar nas coletas de campo, com todas difíceis idas e vindas para os acampamentos “Central” e “Bolívia”. Sem a enorme ajuda não seria possível a realização deste trabalho, assim como ao Diego Guilherme, que também pode contribuir bastante.

Ao Sr. Aires e Sr. Zé pelo grande auxílio no campo.

Ao Jorge Luiz Pereira de Souza pelas correções do plano de trabalho, sugestões na aula de qualificação e com a ajuda nos resultados da dissertação.

Ao Pedro Aurélio Costa Lima Pequeno pela grande ajuda nos resultados do trabalho.

Ao Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio) pela coleta e disponibilização dos dados das variáveis ambientais utilizadas neste estudo em especial à Tania P. Pimentel, Albertina Lima, Carolina Volkmer de Castilho, pelos dados de solo, inclinação e estrutura da vegetação da Reserva Ducke.

À minha mãe Ana Maria e ao meu irmão Kiko, por sempre terem me incentivado a fazer o mestrado, e à minha irmã Ana Carolina, por me ajudar sempre que necessário.

A minha família, principalmente as “Tias” e os “Tios”, pelo incentivo e apoio durante esses dois anos de ausência.

A todos os amigos do INPA - Valdeana, Emiliano, Galileu, Leonardo, Lucas, Alexandre, Gizelle, Claudio Jr., Claudio Neto, Marcos e Renato que nesses dois anos de muita “mulambagem” permitiram-me compartilhar diversas experiências.

Aos membros da banca pelas sugestões e correções da dissertação.

E a todos que, de alguma forma, ajudaram a realização desse trabalho.

Resumo

As baratas (Hexapoda; Blattaria), são abundantes e adaptáveis ao ambiente, causam um impacto significativo na repartição do volume de nutrientes, além de serem componentes da dieta de invertebrados e pequenos vertebrados. Em um gradiente de 5 X 5 km numa floresta ombrófila densa de terra firme (Reserva Ducke), foi avaliada a riqueza e abundância das morfoespécies de baratas e o papel das variáveis ambientais (porcentagem de argila do solo, inclinação do terreno, concentração de alumínio no solo, altura da serrapilheira e número de árvores) sobre a assembléia de morfoespécies. Visando a diminuição do esforço de coleta e triagem, também foi verificado se as relações ecológicas capturadas com a comunidade total de morfoespécies de baratas poderiam ser capturadas com a comunidade reduzida, após a exclusão das morfoespécies muito frequentes e raras. O gradiente estudado possui 30 parcelas de 250 m, instaladas em curva de nível e distribuídas uniformemente. Foram efetuados dois períodos amostrais: novembro/dezembro de 2010 e maio de 2011. A partir das 18:30, foi feita uma amostragem ativa com um esforço de 1 hora em cada parcela, totalizando 30 horas de esforço por período amostral. Cada parcela foi percorrida por dois coletores, distantes por 30 metros e vistoriando um metro a cada um dos lados da parcela. Foram coletados 979 espécimes, identificados em 19 gêneros e 40 morfoespécies. As 40 morfoespécies estão dentro da estimativa do número de morfoespécies previsto e supomos que a meso-escala espacial de 5 X 5 km de esforço de coleta influenciou positivamente esse número. Análises de redundância (RDA) mostraram que a altura da serrapilheira, porcentagem de argila e concentração de alumínio foram as variáveis que mais contribuíram para capturar o padrão de distribuição das baratas na floresta, tanto ao nível de comunidade total quanto ao nível de comunidade reduzida para 10 morfoespécies. Este padrão foi mais claramente mostrado para dados de presença-ausência de espécies. A variação total explicada em todos os casos foi menor que 20% para dados de abundância e de presença-ausência. Isto pode ser devido à grande mobilidade das baratas, tornando difícil estabelecer os limites dos seus territórios. Análises de regressões múltiplas lineares indicaram que estas variáveis também foram importantes para explicar a distribuição de 10 morfoespécies selecionadas. A relação do alumínio no solo com as baratas pode ser indireta, uma vez que baratas herbívoras podem estar se alimentando de folhas de plantas com maiores concentrações de alumínio. Tanto a concentração de alumínio quanto a porcentagem de argila do solo exerceram o mesmo efeito sobre a assembléia de baratas uma vez que essas variáveis são altamente correlacionadas. A comunidade reduzida, composta por 10 morfoespécies, pode ser selecionada para a elaboração de um protocolo de pesquisa que vai resultar na redução do tempo de coleta, triagem, identificação. A economia poderá ser usada para expandir a coleta em outros locais e em monitoramentos da biodiversidade e de impactos ambientais.

Abstract

Cockroaches (Hexapoda; Blattaria) are abundant and well adaptable to the environment, cause a significant impact on the distribution of the nutrients, and are components of the diet of invertebrates and small vertebrates. In a gradient of 5 x 5 km in an ombrophilous dense terra firme forest, we evaluated the morphospecies richness and abundance of cockroaches and the role of environmental variables (clay content, slope, concentration of aluminum in the soil, litter height and number of trees) on the assembly of morphospecies. Aiming at reducing the effort of collecting and sorting we also verified if the ecological relationships captured with the total community of morphospecies of cockroaches could be captured with the reduced community, after the exclusion of very common and very rare morphospecies. The gradient studied has 30 plots of 250 m, installed in contour line and are evenly distributed. We sampled in two periods: November/December 2010 and May 2011. From 18:30 an active sampling with one hour of effort was undertaken in each plot, totaling 30 hours of effort per amostral period. Each plot was sampled by two collectors, distant 30 meters from each other and inspecting one meter at each side of the plot. A total of 979 specimens was recorded, identified in 19 genera and 40 morphospecies. The 40 morphospecies are within the estimated number of morphospecies provided and we suppose that the meso-spatial scale of 5 X 5 km of sampling effort positively influenced this number. Redundancy Analysis (RDA) showed that the litter height, clay content, and soil aluminum were the variables that contributed most to capture the pattern of cockroaches distribution in the forest at both total and reduced community to ten morphospecies levels. This pattern was most clearly shown for species presence-absence data. The total variation explained in all cases was less than 20% for data abundance and presence/absence. This may be due to the high mobility of the cockroaches, making it difficult to establish the boundaries of their territories. Multiple linear regression analyzes indicated that these variables were also important in explaining the distribution of 10 selected morphospecies. The relationship of soil aluminum in with cockroaches can be indirect, because herbivorous cockroaches may be feeding on leaves of plants with higher concentrations of this element in their leaves. Both the concentration of aluminum and the clay percentage in the soil exerted the same effect on the assembly of cockroaches since these variables are highly correlated. The reduced community, comprising 10 morphospecies can be selected to elaborate a research protocol that will result in the reduction of the time of sampling, sorting, and identification. The economy can be used to expand the collection at other sites and in the monitoring of biodiversity and environmental impacts.

Sumário

Lista de Tabelas.....	x
Lista de Figuras.....	xii
1.Introdução.....	1
2. Objetivos.....	6
3. Materiais e Métodos.....	6
3.1. Área de estudo.....	6
3.2. Delineamento amostral.....	8
3.3. Coleta dos dados.....	9
3.4. Variáveis ambientais.....	12
3.5. Análise dos dados.....	12
4. Resultados.....	14
4.1. Padrões de abundância e distribuição dos morfotipos de baratas.....	14
4.2. Relações ecológicas capturadas com a comunidade de morfoespécies de baratas.....	18
4.2.1. Relações ecológicas capturadas com a comunidade de baratas (dados de abundância).....	19
4.2.2. Relações ecológicas capturadas com a comunidade de baratas (dados de presença-ausência).....	20
4.3. Efeito das variáveis ambientais na abundância e presença-ausência das 10 morfoespécies de baratas.....	22
4.3.1. Efeito das variáveis ambientais na abundância das 10 morfoespécies de baratas.....	22
4.3.2. Efeito das variáveis ambientais na presença-ausência das 10 morfoespécies de baratas.....	27
5.Discussão	31
6. Conclusões.....	36
7. Referências Bibliográficas.....	37

Lista de Tabelas

Tabela 1. Frequência e abundância das morfoespécies de baratas registradas para floresta ombrófila densa de terra firme, Manaus, Amazonas (n = 30 parcelas). Lista em ordem alfabética.....17

Tabela 2. Média e a faixa de variação dos valores de cada uma das variáveis utilizadas no estudo realizado na floresta ombrófila densa de terra firme, Manaus, Amazonas.....18

Tabela 3. Proporção da variância da comunidade total e da comunidade reduzida de morfoespécies de baratas explicadas através das variáveis ambientais em análises de redundância (RDA) para dados de abundância. Os valores de *P* foram estimados através de 999 aleatorizações no teste de Monte Carlo. As variáveis preditoras usadas nas análises de RDA foram número de árvores, altura da serrapilheira e concentração de alumínio. Em negrito, os valores significativos.....19

Tabela 4. Proporção da variância da comunidade total e da comunidade reduzida de morfoespécies de baratas explicadas através das variáveis ambientais em análises de redundância (RDA) para dados de abundância. Os valores de *P* foram estimados através de 999 aleatorizações no teste de Monte Carlo. As variáveis preditoras usadas nas análises de RDA foram altura da serrapilheira, porcentagem de argila e inclinação do terreno. Em negrito, os valores significativos..... 20

Tabela 5. Proporção da variância da comunidade total e da comunidade reduzida de morfoespécies de baratas explicadas através das variáveis ambientais em análises de redundância (RDA) para dados de presença-ausência. Os valores de *P* foram estimados através de 999 aleatorizações no teste de Monte Carlo. As variáveis preditoras usadas nas análises de RDA foram número de árvores, altura da serrapilheira e concentração de alumínio. Em negrito, os valores significativos.....21

Tabela 6. Proporção da variância da comunidade total e da comunidade reduzida de morfoespécies de baratas explicadas através das variáveis ambientais em análises de redundância (RDA) para dados de presença-ausência. Os valores de *P* foram estimados através de 999 aleatorizações no teste de Monte Carlo. As variáveis preditoras usadas nas análises de RDA foram altura da serrapilheira, porcentagem de argila e inclinação do terreno. Em negrito, os valores significativos.....22

Tabela 7. Resultados do primeiro modelo de regressão linear múltipla referente aos dados de abundância das morfoespécies de baratas coletadas na floresta ombrófila densa de terra firme, Manaus, Amazonas. Em negrito, os valores significativos.23

Tabela 8. Resultados do segundo modelo de regressão linear múltipla referente aos dados de abundância das morfoespécies de baratas coletadas na floresta ombrófila densa de terra firme, Manaus, Amazonas. Em negrito, os valores significativos.....25

Tabela 9. Resultados do primeiro modelo de regressão linear múltipla referente aos dados de presença-ausência das morfoespécies de baratas coletadas na floresta ombrófila densa de terra firme, Manaus, Amazonas. Em negrito, os valores significativos.....27

Tabela 10. Resultados do segundo modelo de regressão linear múltipla referente aos dados de presença-ausência das morfoespécies de baratas coletadas na floresta ombrófila densa de terra firme, Manaus, Amazonas. Em negrito, os valores significativos.....29

Lista de Figuras

- Figura 1. Localização da floresta ombrófila densa de terra firme da Reserva Ducke ao norte de Manaus, na região central do estado do Amazonas, Brasil. (Adaptado de: Google Earth, acesso em 20 de fevereiro de 2012).....07
- Figura 2. Mapa da Reserva Ducke mostrando as trilhas permanentes (linhas pontilhadas pretas) e a posição dos 30 transectos de 250 m de comprimento da grade do PPBio (círculos pretos). Cores em branco ou cinza claro indicam gradientes de altitude a partir das áreas mais baixas (cor cinza claro, menos de 40 m de altitude) para as áreas mais escuras (cinza escuro, > 120 m de altitude). Os quadrados pretos indicam os acampamentos da floresta ombrófila densa de terra firme e o limite dela é mostrado pela linha tracejada preta (Adaptado de PPBio, 2010).....09
- Figura 3. (A) Desenho esquemático da área de cada parcela vistoriada na coleta. (B) Figura esquemática das parcelas em curva de nível (Adaptado de PPBio).....10
- Figura 4. (A) Coleta dos espécimes na folhagem com auxílio de recipiente plástico. (B) Procura dos indivíduos em troncos caídos. (C) Procura dos indivíduos na serrapilheira.....11
- Figura 5. Abundância das 40 morfoespécies de baratas coletadas nos dois períodos de coleta na floresta ombrófila densa de terra firme, Manaus, Amazonas. As morfoespécies estão organizadas em ordem decrescente de abundância.....15
- Figura 6. Frequência de ocorrência das 40 morfoespécies de baratas coletadas nos dois períodos de coleta na floresta ombrófila densa de terra firme, Manaus, Amazonas. As morfoespécies estão organizadas em ordem decrescente de frequência.....16
- Figura 7. Curva de acumulação do número total de morfoespécies com base no estimador de riqueza Jackknife 1 e no modelo de rarefação. As linhas tracejadas representam o intervalo de confiança.....18
- Figura 8. Parciais do primeiro modelo de regressão múltipla linear da variação na abundância das morfoespécies de baratas coletadas na floresta ombrófila densa de terra firme, Manaus, Amazonas, em relação às variáveis ambientais (número de árvores, altura da serrapilheira e a concentração de alumínio). Apenas as relações significativas ($p < 0,05$) foram apresentadas..... 24

Figura 9. Parciais do segundo modelo de regressão múltipla linear da variação na abundância das morfoespécies de baratas coletadas na floresta ombrófila densa de terra firme, Manaus, Amazonas, em relação as variáveis ambientais (altura da serrapilheira, porcentagem de argila do solo e inclinação do terreno). Apenas as relações significativas ($p < 0,05$) foram apresentadas..... 26

Figura 10. Parciais do primeiro modelo de regressão múltipla linear da variação na presença-ausência das morfoespécies de baratas coletadas na floresta ombrófila densa de terra firme, Manaus, Amazonas, em relação as variáveis ambientais (número de árvores, altura da serrapilheira e a concentração de alumínio). Apenas as relações significativas ($p < 0,05$) foram apresentadas.....28

Figura 11. Parciais do segundo modelo de regressão múltipla linear da variação na presença-ausência das morfoespécies de baratas coletadas na floresta ombrófila densa de terra firme, Manaus, Amazonas, em relação as variáveis ambientais (altura da serrapilheira, porcentagem de argila do solo e inclinação do terreno). Apenas as relações significativas ($p < 0,05$) foram apresentadas.....30

1. Introdução

A inclusão de artrópodes terrestres em inventários de biodiversidade, monitoramentos e em pesquisas de avaliação de impacto ambiental aumentou nos últimos 15 anos, uma vez que estes têm sido frequentemente utilizados como indicadores ecológicos, além de representarem 80% da riqueza das espécies mundiais e possuírem papéis essenciais nos ecossistemas (Work *et al.*, 2002; Sabu e Shiju, 2010).

Há um alto número de artrópodes que podem ser facilmente coletados com várias técnicas de coletas e, por essa razão, são organismos escolhidos para monitoramentos biológicos (Kremen *et al.*, 1993). Muitos estudos ambientais têm se apoiado primariamente nos vertebrados e nas plantas superiores como grupos indicadores ecológicos para avaliar as mudanças naturais e antropomórficas no ambiente (Lewinsohn *et al.*, 2005b). Porém, as espécies do grupo dos hexápodes são influenciadas pela heterogeneidade do hábitat, pois possuem respostas demográficas e dispersivas mais rápidas que a dos organismos com ciclos de vida longos, como os vertebrados e as plantas superiores. Assim a maioria dos hexápodes pode ser facilmente estudados e amostrados (Longcore, 2003; Lewinsohn *et al.*, 2005a)

Informações sobre a distribuição das espécies de artrópodes fornecem dados ecológicos de cada espécie e também são úteis nas estratégias de conservação (Morrison *et al.*, 1998). Essas informações não servem somente para criação de uma lista de espécies para área estudada, uma vez que essas listas não respondem qual a influência do ambiente sobre a distribuição dessas espécies. Os fatores que influenciam as comunidades dos artrópodes podem ser bióticos e abióticos, e têm sido muito ligados ao comportamento e à dinâmica populacional (Price, 1997) e também à distribuição espacial de artrópodes terrestres na Amazônia (Fagundes, 2003; Guimarães, 2003; Morais e Franklin, 2008; Oliveira *et al.*, 2009; Moraes, 2010; Dambros, 2010; Moraes *et al.*, 2011).

Estudos dos artrópodes da serrapilheira, do solo e das vegetações arbustivas devem ser realizados, uma vez que 80 a 90% dos táxons tropicais nunca foram o foco dos estudos de conservação tropical (Andre *et al.*, 2002; Missa *et al.*, 2008). A fauna da serrapilheira é importante nesse contexto, uma vez que está envolvida nos processos de funcionamento dos ecossistemas, como a decomposição e ciclagem

de nutrientes (Medianero *et al.*, 2007). A fauna arbustiva também é importante, já que as florestas tropicais, devido à variação vertical dos estratos vegetais, possuem elevada complexidade ambiental (Lewinsohn *et al.*, 2005b). A diversidade de insetos associados aos distintos estratos do solo e da vegetação da floresta pode variar devido à qualidade e a quantidade de recursos oferecidos (Grimbacher e Stork, 2007), a presença de inimigos naturais e as pressões ambientais presentes em cada estrato (Stork *et al.*, 1997).

Porém, o tempo e os custos financeiros limitam o emprego de invertebrados, em geral nos programas de biodiversidade e monitoramento das florestas amazônicas (Santos *et al.*, 2008; Costa e Magnusson, 2010). A redução dos custos e do tempo de triagem de invertebrados edáficos para gerar protocolos de pesquisas eficientes tem sido efetuada na Amazônia (1) para a comunidade de formigas, através da redução do número de técnicas de coleta (Souza *et al.*, 2012); (2) para a comunidade de ácaros oribatídeos edáficos, através da redução do esforço amostral, ou seja, da redução do número de sub-amostras no campo e em laboratório, para reduzir a proporção da amostra a ser triada (Santos *et al.*, 2008; Moraes *et al.*, 2011); e (3) para a comunidade de cupins, através da redução do número de sub-parcelas amostradas (Dambros, 2010).

Outro meio de otimizar o protocolo é reduzir o número de espécies que devem ser identificadas (Lavoie *et al.*, 2009). Porém, a exclusão de espécies em uma análise ecológica pode reduzir a informação obtida originalmente. Por isso devemos nos assegurar que as informações ecológicas obtidas com a comunidade reduzida também capturem os padrões ecológicos obtidos com a comunidade total (Santos *et al.*, 2008; Lavoie *et al.*, 2009; Moraes *et al.*, 2011). Se isso for possível, então, tempo e dinheiro podem ser usados para expandir a coleta em outros locais e em futuros monitoramentos da biodiversidade e de impactos ambientais.

Nesse contexto, as baratas são raramente mencionadas em textos de ciência do solo ou de ecologia, apesar da maioria das espécies serem classificadas como pertencentes à fauna do solo. Em climas temperados, as baratas possuem um papel menor na biologia dos solos uma vez que sua densidade populacional é comparativamente baixa (Eisenbeis e Wichard, 1985). Esse papel também não é muito destacado nas florestas tropicais uma vez que as formigas, os ácaros e os colêmbolos são dominantes, sendo as baratas citadas apenas ocasionalmente (Fittkau e Klinge, 1973). As baratas de uma floresta tropical úmida no México

correspondem somente a 3,0% da biomassa de artrópodes da serrapilheira (Lavelle e Kohlmann, 1984). Por outro lado na floresta do Pasoh no oeste da malásia, elas são bastante comuns, com 6,7 indivíduos por metro quadrado (Saito, 1976). Dados de coleta na Ducke, com método de Kempson (Adis, 1987), mostraram que as baratas também são bastante comuns, havendo aproximadamente 18 indivíduos por metro quadrado, sendo a maioria ninfas (Morais e Adis, 2009). A maior densidade de ninfas ocorreu, naturalmente, em consequência do método de coleta não ser apropriado para os adultos de Blattaria.

Como na maioria dos decompositores, as baratas são tão adaptáveis ao ambiente que o seu papel ecológico não é bem definido (Scheu e Setälä, 2002). Elas são fontes importantes de alimento para muitos animais, participando da cadeia trófica de ecossistemas (Crespo e Valverde, 2008). A distribuição espacial destes invertebrados é relacionada com a proximidade da sua fonte de alimento, com o número e a diversidade de microhabitats, com a temperatura e o microclima e também com o tipo e a profundidade da serrapilheira e do solo (Abenserg-Traun *et al.*, 1996; Roach e Rentz, 1998; Sinclair *et al.*, 2001). Neste estudo, supomos que algumas variáveis ambientais (porcentagem de argila, inclinação de terreno, concentração de alumínio do solo, altura da serrapilheira e número de árvores) podem explicar a composição de espécies e da comunidade.

- **A porcentagem de argila:** na Amazônia a correlação positiva entre a altitude e o teor de argila do solo indica que uma variação de 20 m de altitude pode causar um aumento de até 20% no teor de argila (Costa e Magnusson, 2010). Diversas investigações foram feitas pelo método RAPELD (Magnusson *et al.*, 2005; Costa e Magnusson, 2010) na floresta ombrófila densa de terra firme da Reserva Ducke em Manaus, Amazonas. O método utiliza parcelas que seguem curvas de nível, para o controle das condições ambientais. Entre as investigações, diversas foram feitas para grupos de invertebrados. Para formigas (Oliveira *et al.*, 2009), ácaros (Moraes, 2010; Moraes *et al.*, 2011) e cupins (Dambros, 2010), a porcentagem de argila do solo pode prever a presença ou ausência de algumas espécies, uma vez que algumas eram relacionadas com solos mais arenosos, outras com os solos mais argilosos. Porém, para outros invertebrados como escorpiões (Araújo, 2007) e pseudoescorpiões (Aguiar *et al.*, 2006) esse fator não esteve associado com o solo e a topografia, provavelmente por serem grupos de predadores. Por outro lado, efeitos

indiretos podem ser detectados uma vez que a resposta de duas espécies de cupins (*Anoplotermes banksi* e *Neocapritermes braziliensis*) aos gradientes de textura do solo e alimento foram bimodais, sugerindo um efeito indireto mediado pela umidade do solo (Pequeno, 2011).

- **A inclinação do terreno:** as variações topográficas são determinantes nas variações da estrutura da floresta e da ocorrência de espécies (Ribeiro *et al.*, 1994; Ribeiro *et al.*, 1999) e as variações da textura do solo estão fortemente relacionadas à topografia na Amazônia (Chauvel *et al.*, 1987). As parcelas do método RAPELD nos terrenos mais inclinados da floresta da Reserva Ducke, são mais úmidas que os platôs e são as áreas mais iluminadas e perturbadas devido à queda de troncos e erosão do terreno (Costa, 2006). Assim sendo, a inclinação do terreno pode ser responsável pela geração de gradientes de habitat para as plantas e outros organismos como os artrópodes (Castilho, 2004).

- **Os nutrientes do solo** (concentrações de Alumínio, Fósforo, Potássio, Cálcio e Ferro): no Cerrado brasileiro e na Amazônia, algumas espécies de árvores e arbustos acumulam alumínio em suas folhas, para evitar a toxicidade desse elemento para a planta (Haridasan, 2008). As plantas acumuladoras de alumínio no cerrado foram intensamente atacadas por Coleoptera, Hemiptera, Blattaria e Orthoptera; as plantas com maior porcentagem da área foliar danificada eram as que possuíam maiores concentrações de alumínio acumulado (Gonçalves-Alvim *et al.*, 2006). Na floresta ombrófila densa a ser estudada, a baixa, ou a alta frequência de algumas espécies de cupins foi relacionada ao baixo ou ao alto teor de fósforo no solo (Dambros, 2010). Os nutrientes do solo (Magnésio, Potássio, Ferro, Zinco, Manganês e Nitrogênio) são altamente correlacionados com o alumínio. Portanto, acreditamos que principalmente o alumínio pode explicar a distribuição das baratas ao longo do gradiente a ser estudado.

- **A altura da serrapilheira:** a produção e umidade da serrapilheira são importantes na distribuição espacial dos artrópodes. Esse componente não só é uma parte essencial da ciclagem de nutrientes, mas também age como um protetor para alterações no conteúdo de água no solo, da temperatura, impede a erosão, a lixiviação e a compactação do solo, além de fornecer um microhabitat favorável à

maioria dos grupos da fauna de solo (Sayer, 2006). Alterações quantitativas da camada de serrapilheira afetam a população, a dinâmica e a estrutura das comunidades de invertebrados do solo que, por sua vez, afetam a decomposição de matéria orgânica e sua incorporação ao solo (Hector *et al.*, 2000; Sayer, 2006). A influência da fauna de artrópodes do solo é mais forte nos trópicos, uma vez que a reduzida variabilidade climática sazonal não restringe a atividade de organismos do solo e também a qualidade da serrapilheira pode controlar a diversidade e a ação dos organismos do solo (Lavelle *et al.* 1993).

- **A estrutura da vegetação (número de árvores):** as baratas são classificadas na estratificação vertical do sub-bosque de florestas tropicais através da sua sensibilidade para as zonas de temperatura, umidade e correntes de vento (Appel *et al.*, 1983), refletindo na seleção do microhabitat com base em suas preferências fisiológicas (Schal e Bell, 1986). Essas passam o dia refugiadas na serrapilheira podendo ser no solo ou suspensa, e ao anoitecer voam para as folhagens do sub-bosque; no amanhecer elas voltam a se refugiar na serrapilheira. As baratas quando saem da serrapilheira do solo não atingem grandes alturas nos troncos e nas folhagens, podendo variar de 0,5 m a 3 m na maioria das espécies (Schal e Bell, 1986). Os ecossistemas florestais possuem habitats estruturalmente complexos, onde as baratas são encontradas com uma diversidade relativamente alta uma vez que possuem muitos nichos favoráveis para a manutenção de suas populações, tais como folhas vivas e mortas, ramos, fendas e espaços em cascas de árvores, galhos ocos, ocos de árvores, entre outros (Bell *et al.*, 2007).

Na presente investigação, observamos a distribuição das morfoespécies de baratas e sua relação com as cinco variáveis ambientais acima citadas ao longo de um gradiente de 5 X 5 km numa floresta ombrófila densa de terra firme (Reserva Ducke).

2. Objetivos

Geral

- Descrever os padrões de distribuição espacial de baratas num gradiente de floresta ombrófila densa de terra firme baseados nas respostas às variáveis ambientais.

Específicos

- Avaliar o papel das variáveis ambientais porcentagem de argila, inclinação do terreno, concentração de alumínio no solo, altura da serrapilheira e número de árvores para estimar a distribuição das morfoespécies de baratas nos níveis de comunidade total, de comunidade reduzida e de abundância e presença-ausência das morfoespécies mais representativas.
- Verificar se as relações ecológicas capturadas com a comunidade total de morfoespécies de baratas também poderiam ser capturadas com a comunidade reduzida, visando à diminuição do esforço de coleta e triagem.

3. Material e Métodos

3.1. Área de Estudo

O estudo foi realizado com espécimes da Ordem Blattaria (Insecta:Blattaria) , coletados na floresta ombrófila densa de terra firme da Reserva Ducke, (02°55' 03°01' S e 59°53' 59°59' W) localizada nas proximidades da cidade de Manaus, Amazonas (Figura 1). Devido à rápida expansão urbana adjacente, atualmente a periferia urbana a reserva faz limite com a margem sul da área e no entorno das bordas são constatados pontos de fragmentação e degradação, que aceleram o isolamento da reserva de outras áreas de florestas contínuas.

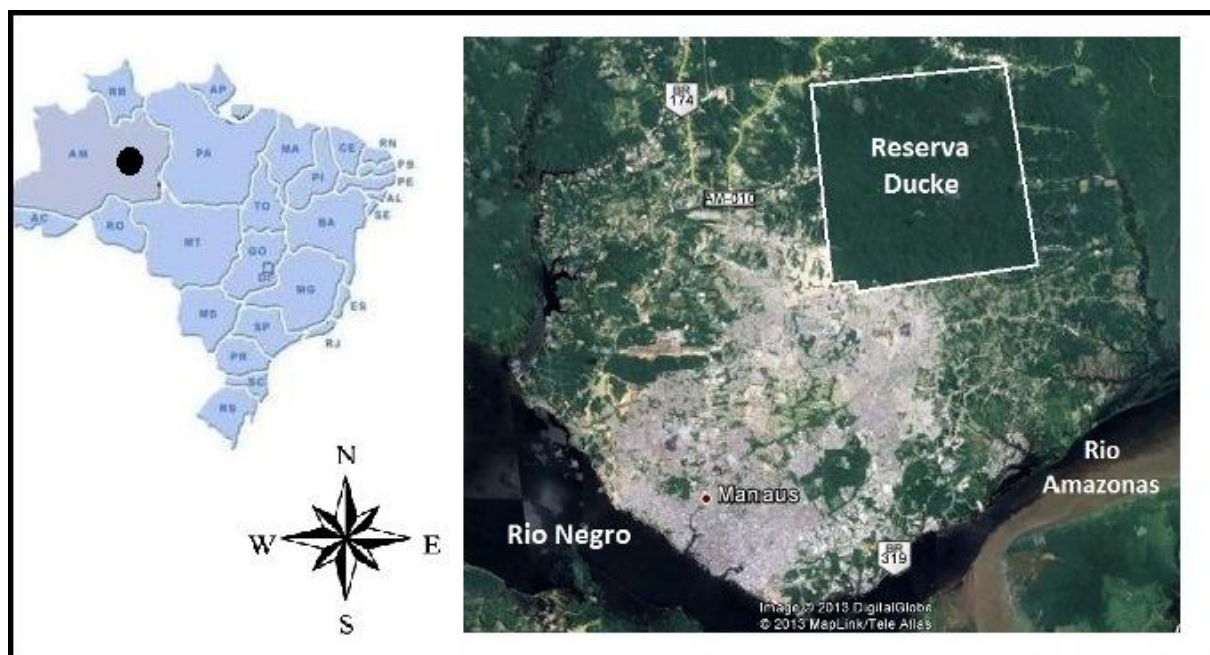


Figura 1. Localização da floresta ombrófila densa de terra firme da Reserva Ducke ao norte de Manaus, na região central do estado do Amazonas, Brasil. (Adaptado de: Google Earth, acesso em 20 de fevereiro de 2012).

A reserva possui um platô central no sentido Norte-Sul que forma duas bacias principais de drenagem: a Leste os corpos d'água são drenados para o Rio Amazonas e a Oeste para o Rio Negro (Ribeiro *et al.*, 1999). O clima é classificado como tropical úmido, com umidade relativa nos anos de 2010 e 2011 de 86% e precipitação média de 2.763 mm. A estação chuvosa ocorre de novembro a maio, sendo os meses de março e abril os de maior precipitação. A estação seca ocorre de junho a outubro, sendo setembro normalmente o mês mais seco. A temperatura média anual é de 25°C, existindo pouca variação térmica durante o ano. (Coordenação de Pesquisas em Clima e Recursos Hídricos/INPA, comunicação pessoal).

A vegetação é uma floresta tropical úmida de terra-firme que pode ser diferenciada em floresta de platô (com predominância de solos argilosos; latossolo amarelo-álco), floresta de vertente (situada na transição entre platô e baixio, onde predomina solos arenosos; areias quartzosas) e floresta de campinarana ou baixio (onde predomina solos arenosos) (Ribeiro *et al.*, 1999).

Na floresta ombrófila densa de terra firme, o terreno é formado basicamente por platôs com altitudes variando de 80 a 140 m. Os baixios são frequentemente inundados na época das chuvas, sendo que grande parte deles possuem igarapés, mesmo durante a estação seca. No eixo Norte-Sul a reserva é cortada por um platô

central, que é o divisor de águas entre duas bacias hidrográficas. No lado oeste estão os igarapés que deságuam no rio Negro e a leste drenam os igarapés que são afluentes do rio Amazonas. Quase todas nascentes desses corpos de água estão dentro da reserva, o que preserva a integridade desse sistema (Ribeiro *et al.*, 1999).

3.2. Delineamento Amostral

A floresta ombrófila densa de terra firme possui uma grade padrão de amostragem usada pelo Programa de Pesquisas em Biodiversidade (PPBio) (<http://ppbio.inpa.gov.br>). Essa grade foi adotada/implementada para o monitoramento da biodiversidade brasileira, servindo para implementação de um delineamento padronizado para os diversos grupos animais e vegetais (Magnusson *et al.* 2005; Costa e Magnusson, 2010).

O delineamento para inventários do RAPELD, utilizado pelo PPBio, busca ajustar as necessidades amostrais de diversos grupos biológicos dentro das mesmas unidades amostrais (parcelas), propiciando a integração dos dados bióticos e abióticos, bem como a integração de dados de diferentes grupos biológicos (Zuquim *et al.*, 2007). Essa grade é constituída de 30 parcelas distribuídas uniformemente a cada 1 km (Figura 2). Cada parcela possui 250 m de comprimento, que seguem as curvas de nível do relevo para minimizar a variação edáfica dentro da parcela (Magnusson *et al.* 2005; Costa e Magnusson, 2010). A largura da parcela varia de acordo com o grupo estudado e, para o caso das baratas, foi estabelecida uma parcela com 2 m de largura (Figura 3A, B).

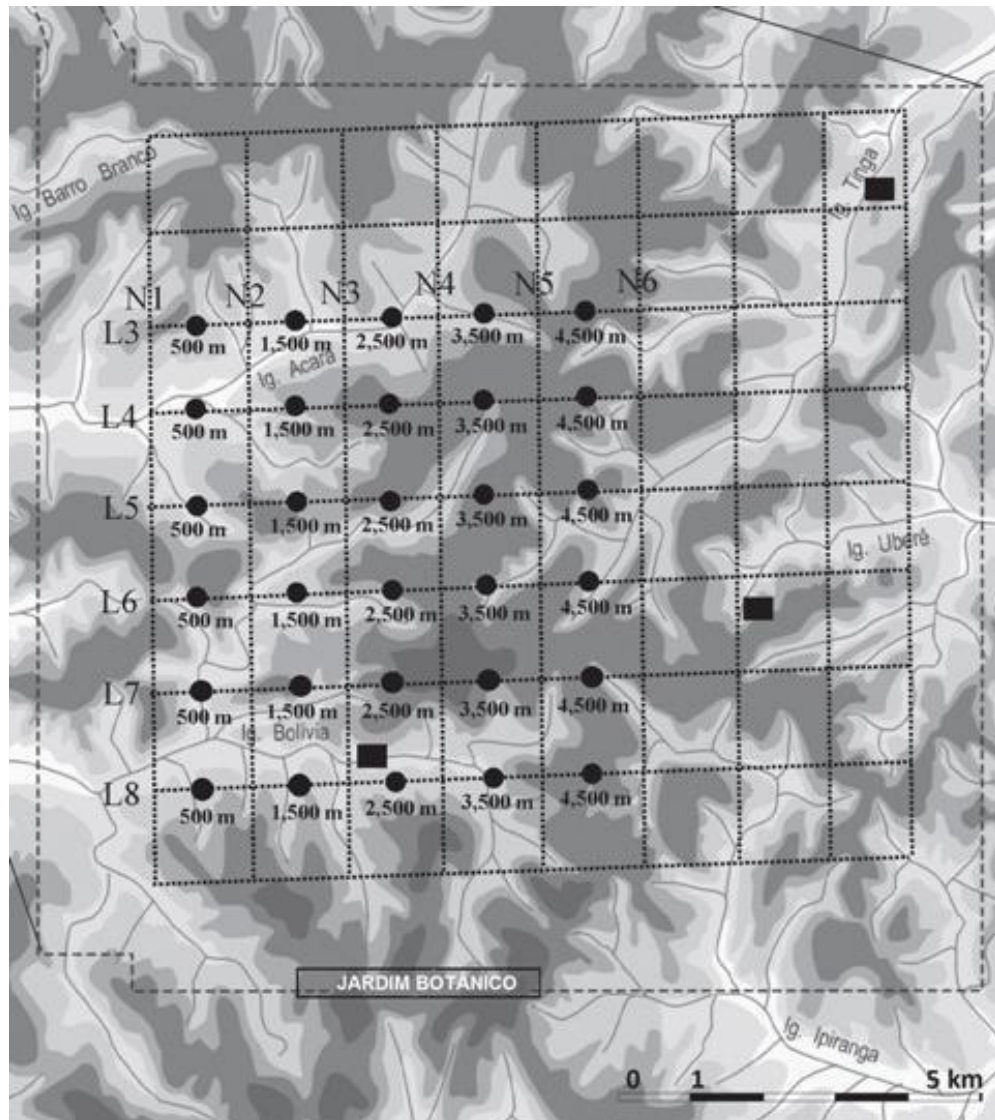


Figura 2. Mapa da Reserva Ducke mostrando as trilhas permanentes (linhas pontilhadas pretas) e a posição dos 30 transectos de 250 m de comprimento da grade PPBio (círculos pretos). Cores em branco ou cinza claro indicam gradientes de altitude a partir das áreas mais baixas (cor cinza claro, menos de 40 m de altitude) para as áreas mais escuras (cinza escuro, > 120 m de altitude). Os quadrados pretos indicam os acampamentos na floresta ombrófila densa de terra firme e o limite dela é mostrado pela linha tracejada preta (Adaptado de PPBio, 2011).

3.3. Coleta de Dados

As baratas foram amostradas nos 30 transectos da grade da floresta ombrófila densa de terra firme em uma área total de 25 km² (2.500 ha) nos meses de novembro/dezembro de 2010 (início do período mais chuvoso). A amostragem foi repetida em maio de 2011 (final do período mais chuvoso) para aumentar a quantidade e a qualidade de dados biológicos e não para comparação entre períodos.

Foram amostrados os transectos pertencentes às trilhas Leste-Oeste 3 até a 8. As coletas foram realizadas em dois períodos de seis dias, tendo início às 18:30 de cada dia com esforço amostral de 1 hora em cada transecto, totalizando 60 horas de esforço ao final das duas coletas. Cada um dos transectos foi percorrido por dois coletores, distantes 30 m um do outro, vistoriando um metro de cada um dos lados da parcela. Para melhor eficiência no número de indivíduos coletados, evitou-se mexer o mínimo possível na folhagem (Figura 3).

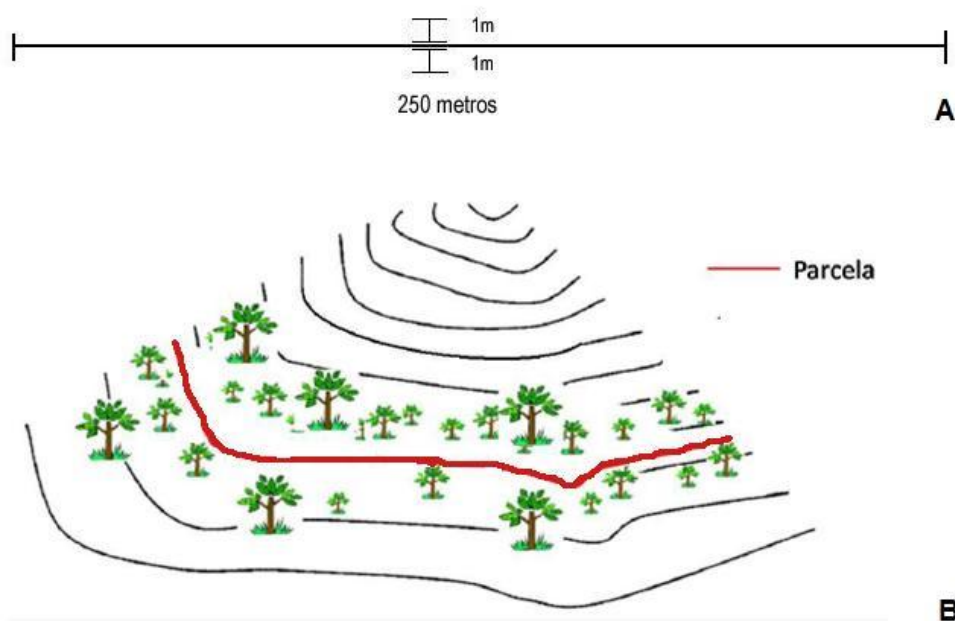


Figura 3. (A) Desenho esquemático da área de cada parcela vistoriada na coleta. (B) Figura esquemática das parcelas em curva de nível (Adaptado de PPBio).

A coleta foi focada nos indivíduos adultos encontrados na serrapilheira, em galhos, em troncos caídos e na folhagem. Todos os insetos da subordem Blattaria foram coletados com auxílio de um recipiente plástico contendo como líquido mortífero/conservador 50 ml de álcool a 70%. As coletas foram realizadas pelos mesmos coletores nos dois períodos de amostragem (Figura 4). Segundo Grandcolas e Pellens (2012) o melhor método de coleta é por meio de amostragem direta durante as primeiras quatro horas da noite, utilizando uma rede para captura de insetos ou um recipiente acrílico. Através da observação direta é possível capturar indivíduos na serrapilheira, em troncos caídos, nos troncos das árvores e na folhagem da vegetação do sub-bosque, além de permitir a observação do habitat e do comportamento dos espécimes.



Figura 4. (A) Coleta dos espécimes na folhagem com auxílio de recipiente plástico. (B) Procura dos indivíduos em troncos caídos. (C) Procura dos indivíduos na serrapilheira.

O material coletado em cada um dos 30 transectos foi colocado em recipientes de plástico com álcool 70% e 8 ml de glicerina, identificados com informações sobre coletor, data, horário da coleta e número da parcela. Os espécimes foram levados ao laboratório para serem separados, morfotipados e alfinetados. A identificação do material foi realizada até morfoespécies, uma vez que a identificação de baratas em espécies depende da preparação de suas respectivas genitálias em lâminas semipermanentes e da confirmação do taxônomo. Este processo é bastante complexo e demanda tempo, o que impossibilitou ser realizado no período do mestrado. Além disso, só existe uma especialista em Blattaria na América do Sul, co-orientadora deste estudo, que possui uma valiosa coleção e literatura capaz de elucidar as possíveis dúvidas e identificar o material até espécie.

A identificação das morfoespécies até gênero foi efetuada no Museu Nacional do Rio de Janeiro, com auxílio de chaves de identificação para gênero de Rocha-Silva Albuquerque modificadas por (Lopes e Oliveira), porém ainda não publicadas, sob supervisão da co-orientadora, Dra. Sonia Maria Lopes Fraga, e do técnico e especialista Edivar Heeren de Oliveira. Concomitantemente, foi efetuada a comparação do material com a coleção de Blattaria do referido museu. Uma parte do

material foi cedida para a coleção do museu e a restante foi depositada na coleção de invertebrados do INPA.

3.4. Variáveis ambientais

Para analisar a relação da influência do ambiente sobre as espécies de baratas coletadas, foram utilizados os dados de cada parcela amostrada. As variáveis utilizadas para os modelos de regressões foram a porcentagem de argila, a inclinação de terreno, a concentração de alumínio no solo (cmolc.kg), a altura da serrapilheira e o número de árvores. Exceto a altura da serrapilheira, que foi medida no presente trabalho, todas as outras variáveis estão disponíveis no site do PPBio (<http://ppbio.inpa.gov.br>).

A inclinação do terreno (graus) foi obtida com a média de seis medidas tomadas ao longo da parcela, no início e a cada 50 m, na linha central da parcela. A porcentagem de argila no solo foi obtida também com a média de seis amostras coletadas a cada 50 m, na linha central da parcela com uma profundidade de 5 m. Todas as amostras foram agrupadas, homogeneizadas e secas ao ar. Houve uma variação entre 1,62% e 87,26% de argila em todas as parcelas. A metodologia da granulometria do solo está descrita em Embrapa (1997) e dos nutrientes do solo em Embrapa Solos (1999). As análises foram feitas no Laboratório Temático de Solos e Plantas, do Departamento de Ciências Agronômicas do INPA.

A altura da serrapilheira foi medida com auxílio de uma régua graduada (em cm) a cada 5m, totalizando 50 medidas em cada parcela. Para isso, a cada 5 m foi considerada a altura entre o ponto mais alto das folhas no ponto de amostragem e a superfície do solo. Foram utilizados valores médios por parcela.

A coleta das informações do número de árvores por parcela para determinar a estrutura da vegetação está descrita em Castilho *et al.* (2006). Foi utilizado o número de árvores representadas pelo DAP entre 1 cm e 9,9 cm.

3.5. Análise dos Dados

A riqueza observada foi mensurada como o número de morfoespécies para a área de estudo e a estimada foi obtida pelo método de Jackknife 1. A curva de acúmulo de morfoespécies foi construída pelo método de rarefação (Colwell *et al.*, 2004). Foram consideradas raras as morfoespécies que tiveram ocorrência em apenas uma parcela. Para a realização dos testes estatísticos, os dados dos dois períodos amostrais foram agrupados.

Foi utilizada uma matriz de correlação de Pearson com correção de Bonferroni com as variáveis preditoras, a fim de verificar sua colinearidade. Foram consideradas apenas as correlações que apresentaram $r > 0,4$ e $p < 0,05$. Então, foram elaborados dois modelos para as regressões, uma vez que algumas variáveis apresentaram colinearidade e não foram inclusas no mesmo modelo (Apêndice A).

Análise de Redundância (RDA), que é uma extensão da regressão múltipla, para o caso multivariado (Legendre e Legendre, 1998), foi utilizada para verificar a importância das variáveis ambientais sobre a comunidade total de baratas (comunidade total) e para a comunidade composta por morfoespécies selecionadas (comunidade reduzida). A RDA é uma análise de ordenação canônica de gradiente direto, onde pressupõe respostas lineares da abundância das morfoespécies ao longo dos gradientes ambientais (Legendre e Legendre, 1998). Esse método permite a ordenação conjunta de espécies e fatores ambientais. Inicialmente foram utilizadas uma matriz de abundância e de presença/ausência com a comunidade total (40 morfoespécies) e com a comunidade reduzida (10 morfoespécies) e uma matriz das variáveis ambientais. A significância estatística dos eixos de ordenação e das variáveis ambientais foi avaliado pelo teste de permutação de Monte Carlo (999 aleatorizações) para os dois modelos testados. Foram criados dois modelos de RDA e as variáveis ambientais consideradas foram: porcentagem de argila no solo, inclinação do terreno, concentração de alumínio no solo, altura da serrapilheira e número de árvores. Essa análise foi feita para estimar o quanto da variância da variável dependente (matriz de composição de espécies) poderia ser explicado pelas variáveis ambientais, como também para verificar se o padrão ecológico capturado com a comunidade total também seria capturado com a comunidade reduzida.

A redundância, no nosso caso, diz respeito à utilização não necessária de todas as espécies para detectar os padrões da comunidade com variáveis

ambientais. Para a seleção, foram utilizadas morfoespécies de baratas, onde as mais abundantes (*Xestoblatta* sp. 1 e *Neoblattella* sp.1) e as pouco abundantes, ou seja, as morfoespécies raras, que tiveram um e dois indivíduos não foram incluídas. A seleção foi baseada nas morfoespécies que possuíam abundância total maior que 15 indivíduos. As morfoespécies mais abundantes foram retiradas por serem amplamente distribuídas e as menos abundantes por possuírem uma distribuição muito restrita. Foram considerados tanto os dados de abundância quanto os de presença e ausência.

Em seguida, foram efetuadas análises de regressões múltiplas lineares, dessa vez utilizando dados quantitativos e dados qualitativos de algumas morfoespécies de baratas como variável dependente. Nessas regressões é assumido que existe uma relação linear entre uma variável dependente (a espécie de barata) e mais de uma variável independente. Os testes de regressões lineares múltiplas foram conduzidos com três variáveis independentes para que fossem mantidos graus de liberdade. Foram testados os seguintes modelos para as análises de RDA e para as regressões lineares múltiplas:

- (1) Abundância ou presença-ausência da morfoespécie. = constante + número de árvores + altura da serrapilheira + concentração de alumínio
- (2) Abundância ou presença-ausência da morfoespécie = constante + altura da serrapilheira + porcentagem de argila + inclinação do terreno

Todas as análises foram realizadas utilizando o software R (R Development Core Team, 2011).

4. Resultados

4.1. Padrões de abundância e distribuição dos morfotipos de baratas

Foram encontradas 979 baratas distribuídas em 40 morfoespécies e quatro famílias (Tabela 1). O número de indivíduos por parcela variou entre 13 e 65. A família mais frequente e abundante foi Ectobiidae com 844 indivíduos, seguida de Blaberidae e Corydiidae, com 129 e com seis indivíduos, respectivamente.

Ectobiidae teve o maior número de morfoespécies (30), representando 75% da riqueza total registrada.

No primeiro (novembro/dezembro de 2010) e no segundo (maio de 2011) períodos de coleta, ocorreram 36 e 33 morfoespécies, respectivamente, totalizando 40 morfoespécies. Entre essas, *Xestoblatta* sp. 1 representou 30% e *Neoblattella* sp. 1 representou 19% do total de espécimes coletados. Oito foram singletons, com apenas um indivíduo, e três foram doubletons, com dois indivíduos (Figura 5). O número de morfoespécies por parcela variou entre 5 e 16. O número de morfoespécies que ocorreram em comum para as duas coletas foi 29 e o número das que ocorreram exclusivamente no primeiro ou segundo período de coleta foi sete e quatro, respectivamente.

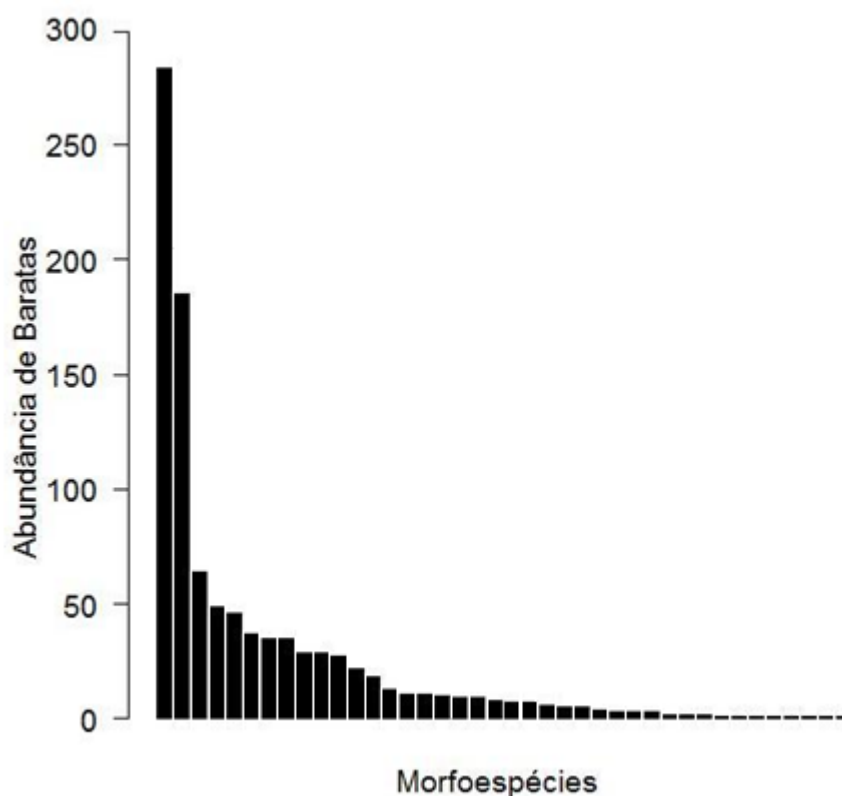


Figura 5. Abundância das 40 morfoespécies de baratas coletadas nos dois períodos de coleta na floresta ombrófila densa de terra firme, Manaus, Amazonas. As morfoespécies estão organizadas em ordem decrescente de abundância.

Neoblattella sp.1 foi detectada em todas as 30 parcelas amostradas. A distribuição da frequência das morfoespécies forneceu uma curva que se assemelha visualmente à distribuição log-normal, indicando a presença de muitas

morfoespécies com poucas ocorrências (próximas a uma) e poucas morfoespécies muito frequentes (ocorrência próxima ao máximo de 30) (Figura 6). As morfoespécies que foram registradas em mais de 50% das parcelas foram: *Xestoblatta* sp. 1 (presente em 29 parcelas), *Amazonina* sp. 1 (26 parcelas), *Cariblatta* sp. 1 (20 parcelas), *Xestoblatta* sp. 2 (19 parcelas), *Cariblatta* sp. 2 (17 parcelas), *Epilampra* sp. 2 (16 parcelas) e *Ischnoptera* sp. 1 (15 parcelas)

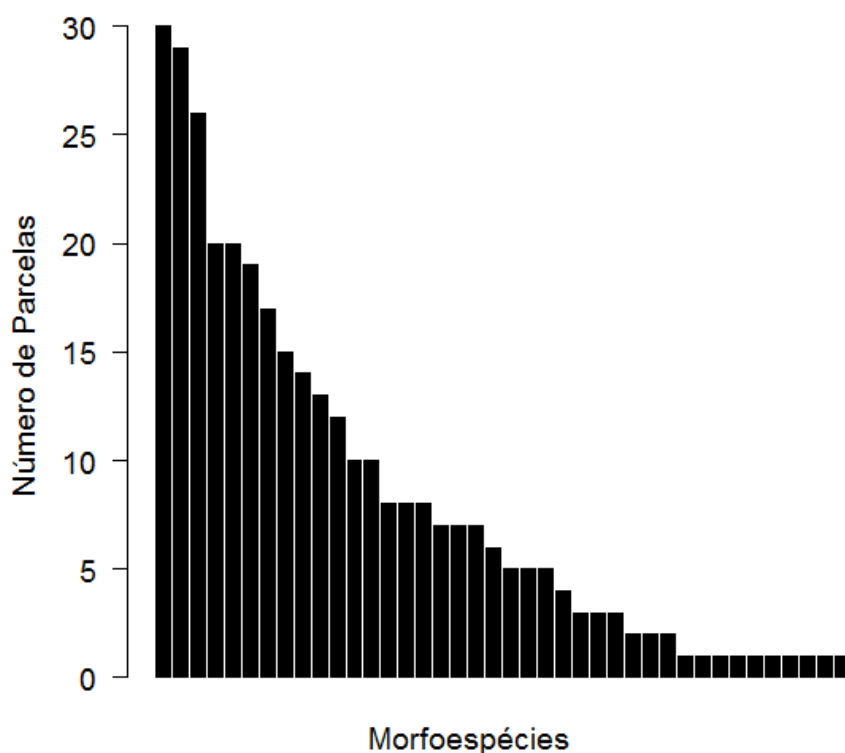


Figura 6. Frequência de ocorrência das 40 morfoespécies de baratas coletadas nos dois períodos de coleta na floresta ombrófila densa de terra firme, Manaus, Amazonas. As morfoespécies estão organizadas em ordem decrescente de frequência.

Tabela 1. Frequência e abundância das morfoespécies de baratas registradas para floresta ombrófila densa de terra firme, Manaus, Amazonas (n = 30 parcelas). Lista de morfoespécies dentro de cada subfamília em ordem alfabética.

Família	Subfamília	Morfoespécie	Frequência	Abundância		
Blaberidae	Epilamprinae	<i>Audreia</i> sp.	6	7		
		<i>Epilampra</i> sp. 1	13	27		
		<i>Epilampra</i> sp. 2	16	35		
		<i>Epilampra</i> sp. 3	7	9		
		<i>Epilampra</i> sp. 4	4	11		
		<i>Epilampra</i> sp. 5	10	29		
		<i>Epilampra</i> sp. 6	1	1		
		<i>Galiblatia</i> sp.	5	8		
Ectobiidae	Zetoborinae	<i>Lanxoblatta</i> sp.	1	2		
	Anaplectinae	<i>Anaplecta</i> sp. 1	3	3		
		<i>Anaplecta</i> sp. 2	2	2		
		<i>Anaplecta</i> sp. 3	1	1		
		<i>Riatia</i> sp.	1	1		
	Blattellinae	<i>Chromatonotus</i> sp. 1	8	11		
		<i>Chromatonotus</i> sp. 2	8	11		
		<i>Dasyblatta</i> sp.	2	2		
		<i>Ischnoptera</i> sp. 1	15	34		
		<i>Ischnoptera</i> sp. 2	8	9		
		<i>Xestoblatta</i> sp. 1	29	292		
		<i>Xestoblatta</i> sp. 2	19	50		
		Nyctiborinae	<i>Nyctibora</i> sp.	1	2	
			Pseudophyllodromiinae	<i>Amazonina</i> sp. 1	26	67
				<i>Amazonina</i> sp. 2	8	29
	<i>Cariblatia</i> sp.1			20	40	
	<i>Cariblatia</i> sp. 2			17	32	
	<i>Cariblatia</i> sp. 3			8	13	
	<i>Cariblatia</i> sp. 4			11	18	
	<i>Chorisoneura</i> sp.			1	1	
<i>Dendroblatta</i> sp. 1	3			5		
<i>Dendroblatta</i> sp. 2	1			1		
<i>Euphyllodromia</i> sp. 1	1	4				
<i>Euphyllodromia</i> sp. 2	3	3				
<i>Euphyllodromia</i> sp. 3	5	5				
<i>Euphyllodromia</i> sp. 4	1	1				
<i>Lophometopum</i> sp.	7	7				
<i>Neoblattella</i> sp. 1	30	185				
<i>Neoblattella</i> sp. 2	10	13				
<i>Neoblattella</i> sp. 3	1	1				
<i>Neoblattella</i> sp. 4	1	1				
Corydiidae		<i>Melestora</i> sp.	5	6		
Total de indivíduos				979		

A curva de acumulação baseada nas 40 morfoespécies encontradas nas 30 parcelas, nos dois períodos de coleta, não atingiu a assíntota, porém se aproximou do número estimado para área, que foi de 50 morfoespécies utilizando o estimador Jackknife 1 (Figura 7).

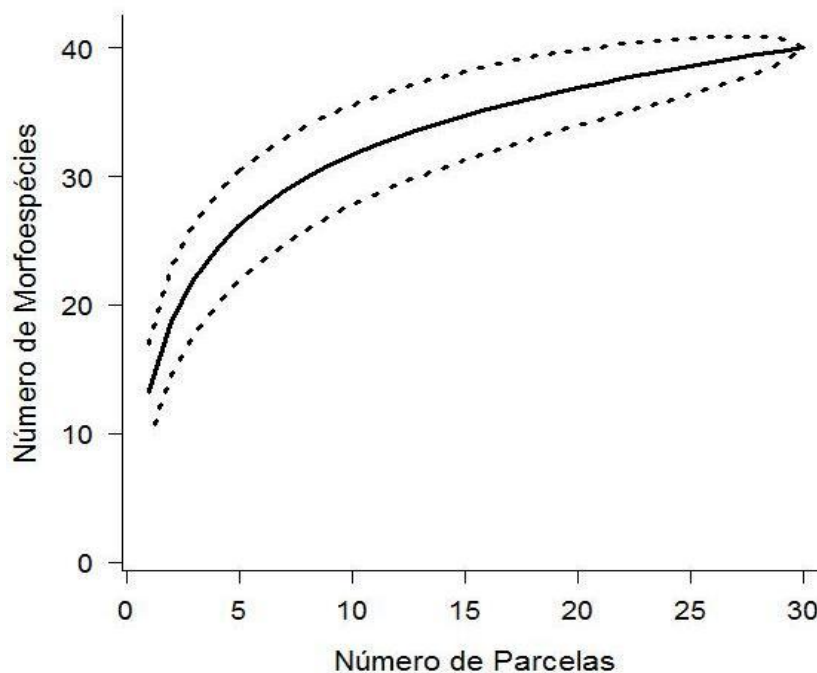


Figura 7. Curva de acumulação do número total de morfoespécies com base no estimador de riqueza Jackknife 1 e no modelo de rarefação. As linhas tracejadas representam o intervalo de confiança.

4.2. Relações ecológicas capturadas com a comunidade de baratas

Foram utilizadas cinco variáveis ambientais. Os seus valores médios, assim como os limites mínimos e máximos de cada variável ambiental são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Valores médios e faixa de variação dos valores de cada uma das variáveis utilizadas no estudo realizado na floresta ombrófila densa de terra firme, Manaus, Amazonas.

Variáveis Ambientais	Valores Médios	Limites máximos e mínimos
Porcentagem de argila (%)	42,6	1,6 – 87,3
Inclinação do terreno (graus)	8,5	0,6 – 26,3
Concentração de alumínio (cmolc.kg)	1,3	0,02 – 2,9
Altura da serrapilheira (cm)	1,4	0,8 – 2,2
Número de árvores	3.934	2.280 – 5.680

4.2.1. Relações ecológicas capturadas com a comunidade de baratas (dados de abundância)

Foram realizadas análises de redundância (RDA) entre a abundância da comunidade total (40 morfoespécies) e da comunidade reduzida (10 morfoespécies) de baratas utilizando dois modelos de regressão.

As variáveis independentes do primeiro modelo foram: número de árvores, altura da serrapilheira e concentração de alumínio no solo. O modelo geral da regressão mostrou que conjunto dessas variáveis explicou a distribuição da comunidade total de morfoespécies de baratas (Tabela 3). A porcentagem da variância explicada ficou em torno de 14% da variação dos dados. As parciais do modelo apontam para um possível efeito da altura da serrapilheira, uma vez que o valor obtido ($p = 0,053$) está muito próximo do nível de aceitação da hipótese.

Assim como na comunidade total, o modelo geral da regressão mostrou que o conjunto das variáveis ambientais também pôde explicar a distribuição da comunidade reduzida de baratas (Tabela 3). A porcentagem da variância explicada ficou em torno de 16% da variação dos dados. Porém, nas parciais do modelo a variável que melhor explicou a distribuição das baratas foi a concentração de alumínio, o que não foi detectado na comunidade total.

Tabela 3. Proporção da variância da comunidade total e da comunidade reduzida de morfoespécies de baratas explicadas através das variáveis ambientais em análises de redundância (RDA) para dados de abundância. Os valores de P foram estimados através de 999 aleatorizações no teste de Monte Carlo. As variáveis preditoras usadas nas análises de RDA foram número de árvores, altura da serrapilheira e concentração de alumínio. Em negrito, os valores significativos.

Comunidade de baratas	Número de árvores	Altura da serrapilheira	Concentração de alumínio (cmolc.kg)	R ²	P
	p (parcial)	p (parcial)	p (parcial)		
Comunidade total de 40 morfoespécies (abundância)	0,063	0,053	0,104	0,144	0,026
Comunidade reduzida de 10 morfoespécies (abundância)	0,474	0,903	0,001	0,164	0,022

O segundo modelo de regressão também explicou a relação entre a abundância da comunidade total e reduzida de morfoespécies de baratas (Tabela 4). As variáveis independentes foram: altura da serrapilheira, a porcentagem de argila e

a inclinação do terreno. Apesar do modelo geral de regressão não ter sido significativo ($p = 0,170$), as parciais indicaram que a porcentagem de argila foi a variável que melhor explicou a distribuição da comunidade total de baratas (Tabela 4).

Assim como na comunidade total, as variáveis ambientais também puderam explicar a distribuição da comunidade reduzida de baratas. A porcentagem da variância explicada ficou em torno de 18% da variação dos dados. As parciais da regressão indicaram que a porcentagem de argila também foi a variável que mais explicou a distribuição da comunidade reduzida (Tabela 4).

Tabela 4. Proporção da variância da comunidade total e da comunidade reduzida de morfoespécies de baratas explicadas através das variáveis ambientais em análises de redundância (RDA) para dados de abundância. Os valores de P foram estimados através de 999 aleatorizações no teste de Monte Carlo. As variáveis preditoras usadas nas análises de RDA foram altura da serrapilheira, porcentagem de argila e inclinação do terreno. Em negrito, os valores significativos.

Comunidade de baratas	Altura da serrapilheira	Porcentagem de argila	Inclinação do terreno	R^2	P
	p (parcial)	p (parcial)	p (parcial)		
Comunidade total de 40 morfoespécies (abundância)	0,079	0,004	0,866	0,121	0,170
Comunidade reduzida de 10 morfoespécies (abundância)	0,833	0,001	0,702	0,187	0,013

4.2.2 Relações ecológicas capturadas com a comunidade de baratas (dados de presença-ausência)

Foram realizadas Análises de Redundância (RDA) entre a presença-ausência da comunidade total (40 morfoespécies) e da comunidade reduzida (10 morfoespécies) de baratas utilizando dois modelos de regressão.

O modelo geral da regressão mostrou que o número de árvores, altura da serrapilheira e concentração de alumínio no solo, utilizadas no primeiro modelo de regressão, explicaram a distribuição da comunidade total de morfoespécies de baratas (Tabela 5). A porcentagem da variância explicada ficou em torno de 14% da variação dos dados. Nas parciais do modelo para os dados de presença-ausência, a variável que melhor explicou a distribuição das baratas foi a concentração de alumínio.

O modelo geral da regressão mostrou que, assim como na comunidade total, as variáveis ambientais também explicaram a distribuição da comunidade reduzida de baratas. A porcentagem da variância explicada para a comunidade reduzida de baratas ficou em torno de 16% da variação dos dados. As parciais das regressões indicaram que a concentração de alumínio foi a variável que mais explicou a distribuição da comunidade total assim como da comunidade reduzida de baratas (Tabela 5).

Tabela 5. Proporção da variância da comunidade total e da comunidade reduzida de morfoespécies de baratas explicadas através das variáveis ambientais em análises de redundância (RDA) para dados de presença-ausência. Os valores de *P* foram estimados através de 999 aleatorizações no teste de Monte Carlo. As variáveis preditoras usadas nas análises de RDA foram: número de árvores, altura da serrapilheira e concentração de alumínio. Em negrito, os valores significativos.

Comunidade de baratas	Número de árvores	Altura da serrapilheira	Concentração de alumínio (cmolc.kg)	R ²	<i>P</i>
	p (parcial)	p (parcial)	p (parcial)		
Comunidade total de 40 morfoespécies (presença-ausência)	0,133	0,872	0,004	0,142	0,015
Comunidade reduzida de 10 morfoespécies (presença-ausência)	0,271	0,994	0,002	0,160	0,039

Para o segundo modelo de regressão foi observado que as variáveis ambientais explicaram 15% da variação nos dados de presença-ausência comunidade total de baratas no modelo geral da regressão (Tabela 6). Assim como na comunidade total, as variáveis ambientais também puderam explicar a distribuição da comunidade reduzida de baratas (Tabela 6). Foi observado que as variáveis explicaram 18% da variação nos dados. A variável que mais explicou a distribuição da comunidade total e da comunidade reduzida de baratas foi a porcentagem de argila (Tabela 6).

Tabela 6. Proporção da variância da comunidade total e da comunidade reduzida de morfoespécies de baratas explicadas através das variáveis ambientais em análises de redundância (RDA) para dados de presença-ausência. Os valores de *P* foram estimados através de 999 aleatorizações no teste de Monte Carlo. As variáveis preditoras usadas nas análises de RDA foram altura da serrapilheira, porcentagem de argila e inclinação do terreno. Em negrito, os valores significativos.

Comunidade de baratas	Altura da serrapilheira	Porcentagem de argila	Inclinação do terreno	R ²	<i>P</i>
	p (parcial)	p (parcial)	p (parcial)		
Comunidade total de 40 morfoespécies (presença-ausência)	0,739	0,001	0,329	0,150	0,013
Comunidade reduzida de 10 morfoespécies (presença-ausência)	0,990	0,001	0,270	0,181	0,022

4.3. Efeito das variáveis ambientais na abundância e presença-ausência de 10 morfoespécies de baratas

Uma vez que apenas 10 morfoespécies de baratas foram suficientes para capturar o mesmo padrão ecológico que foi capturado pela comunidade total, essas foram usadas em modelos de regressão linear múltipla utilizando dados de abundância e de presença-ausência destas 10 morfoespécies.

4.3.1 Efeito das variáveis ambientais na abundância das 10 morfoespécies de baratas

No primeiro modelo de regressão linear múltipla (abundância da morfoespécie = constante + número de árvores + altura da serrapilheira + concentração de alumínio), foi detectada a relação do alumínio dissolvido no solo. Para *Cariblatta* sp. 1 e *Amazonina* sp. 2 e o modelo geral da regressão explicou 29% e 19% da variação na abundância, respectivamente (Tabela 7). As parciais da regressão mostraram que *Cariblatta* sp. 1 é mais abundante onde tem maior concentração de alumínio no solo, porém, *Amazonina* sp. 2 tem sua abundância reduzida com o aumento da concentração desse elemento (Figuras 8a, e).

Cariblatta sp. 4 foi relacionada com a serrapilheira e com o alumínio, e o modelo geral da regressão explicou 17% na variação na abundância. As parciais da regressão mostraram aumento de *Cariblatta* sp. 4 com o aumento da concentração

de alumínio no solo, porém o aumento da altura da serrapilheira exerce um efeito contrário, resultando na diminuição de indivíduos desta morfoespécie (Figuras 8c, d).

Apesar do modelo geral da regressão não ter sido significativo para a influência do alumínio para *Cariblatia* sp. 2, o valor obtido ($p = 0,064$) está próximo do nível de aceitação da hipótese; porém, na análise das parciais do modelo, foi detectada uma relação significativa do aumento no número de indivíduos desta morfoespécie com a maior concentração de alumínio no solo (Tabela 7, Figura 8).

Nas análises das parciais do modelo, também foi detectada a relação do aumento da abundância de *Ischnoptera* sp.1 com o aumento da concentração do alumínio no solo ($p = 0,047$), porém a variação explicada no modelo geral de regressão foi baixa e não significativa ($R^2 = 0,06$ e $P = 0,196$).

O modelo gerado não explicou a variação na abundância das morfoespécies de *Amazonina* sp. 1, *Xestoblatta* sp. 2 e *Epilampra* sp. 1, *Epilampra* sp. 2 e *Epilampra* sp. 5. O número de árvores não aportou capacidade explicativa significativa.

Tabela 7. Resultados do primeiro modelo de regressão linear múltipla referente aos dados de abundância das morfoespécies de baratas coletadas na floresta ombrófila densa de terra firme, Manaus, Amazonas. Em negrito, os valores significativos.

Morfoespécies	Número de	Altura da	Concentração de	R ²	P
	árvores	serrapilheira	alumínio (cmolc.kg)		
	p (parcial)	p (parcial)	p (parcial)		
<i>Cariblatia</i> sp. 1	0,927	0,35	<0,001	0,297	0,006
<i>Cariblatia</i> sp. 2	0,959	0,821	0,017	0,151	0,064
<i>Cariblatia</i> sp. 4	0,878	0,04	0,012	0,176	0,043
<i>Amazonina</i> sp. 1	0,948	0,951	0,365	-0,076	0,813
<i>Amazonina</i> sp. 2	0,304	0,228	0,011	0,197	0,033
<i>Ischnoptera</i> sp. 1	0,763	0,64	0,047	0,065	0,196
<i>Xestoblatta</i> sp. 2	0,401	0,787	0,32	-0,025	0,528
<i>Epilampra</i> sp. 1	0,215	0,751	0,106	0,088	0,148
<i>Epilampra</i> sp. 2	0,313	0,187	0,417	0,099	0,129
<i>Epilampra</i> sp. 5	0,131	0,937	0,131	-0,003	0,421

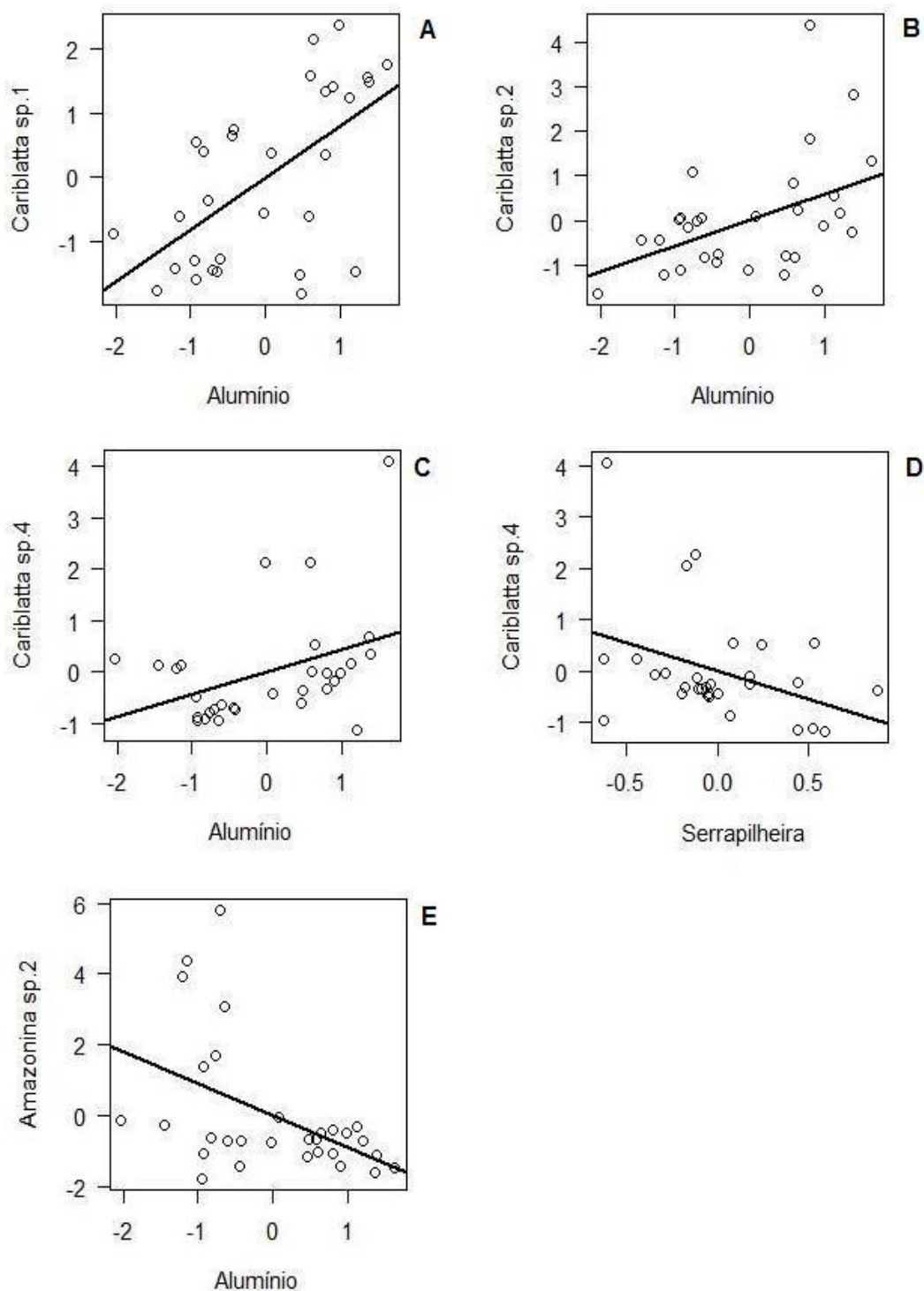


Figura 8. Parciais do primeiro modelo de regressão múltipla linear da variação na abundância das morfoespécies de baratas coletadas na floresta ombrófila densa de terra firme, Manaus, Amazonas, em relação às variáveis ambientais (número de árvores, altura da serrapilheira e a concentração de alumínio). Apenas as relações significativas ($p < 0,05$) foram apresentadas.

No segundo modelo de regressão (abundância da espécie = constante + altura da serrapilheira + porcentagem de argila + Inclinação do terreno), na abundância de *Cariblatta* sp. 1, *Cariblatta* sp. 2 e *Cariblatta* sp. 4 foi detectada a

relação destas espécies com a porcentagem de argila (Tabela 8). Porém, somente para *Cariblatta* sp.1 o resultado do modelo geral de regressão foi significativo; para *Cariblatta* sp. 2 e *Cariblatta* sp. 4, os valores obtidos ($p = 0.075$ e $p = 0.096$, respectivamente) ficaram próximos ao valor de aceitação do efeito. A variação na abundância explicada pelo modelo geral de regressão para as três morfoespécies foi de 30%, 13% e 14%, respectivamente. As parciais da regressão mostram que a abundância destas morfoespécies aumenta conjuntamente com a porcentagem de argila (Fig. 9a, b e c).

O modelo geral de regressão também mostrou relação da porcentagem de argila com *Amazonina* sp. 2, explicando 22% da variação na abundância; as análises das parciais mostram que a abundância de *Amazonina* sp. 2 diminui em solos mais argilosos (Tabela 8, Fig. 9d).

A inclinação do terreno foi uma variável que explicou significativamente a abundância de *Ischnoptera* sp. 1. O modelo geral explicou 17% da variação na abundância desta morfoespécie; as parciais do modelo mostram que a abundância de *Ischnoptera* sp. 1 diminui em terrenos mais inclinados (Figura 9e).

O modelo geral da regressão não foi significativo para a influência da serrapilheira sobre *Epilampra* sp. 2 ($p = 0,107$). Porém, nas parciais do modelo foi verificado um aumento da abundância desta espécie em locais com maior quantidade de serrapilheira (Tabela 8, Figura 9 f).

Tabela 8. Resultados do segundo modelo de regressão linear múltipla referente aos dados de abundância das morfoespécies de baratas coletadas na floresta ombrófila densa de terra firme, Manaus, Amazonas. Em negrito, os valores significativos.

Morfoespécies	Altura da Serrapilheira	Porcentagem de Argila	Inclinação do Terreno	R ²	P
	p (parcial)	p (parcial)	p (parcial)		
<i>Cariblatta</i> sp. 1	0,659	<0,001	0,918	0,304	0,002
<i>Cariblatta</i> sp. 2	0,879	0,019	0,652	0,137	0,075
<i>Cariblatta</i> sp. 4	0,336	0,049	0,203	0,149	0,096
<i>Amazonina</i> sp. 1	0,625	0,083	0,353	0,052	0,229
<i>Amazonina</i> sp. 2	0,667	0,002	0,56	0,221	0,023
<i>Ischnoptera</i> sp. 1	0,369	0,06	0,05	0,173	0,047
<i>Xestoblatta</i> sp. 2	0,977	0,389	0,804	-0,081	0,926
<i>Epilampra</i> sp. 1	0,866	0,07	0,49	0,055	0,221
<i>Epilampra</i> sp. 2	0,042	0,282	0,208	0,113	0,107
<i>Epilampra</i> sp. 5	0,912	0,078	0,935	0,025	0,31

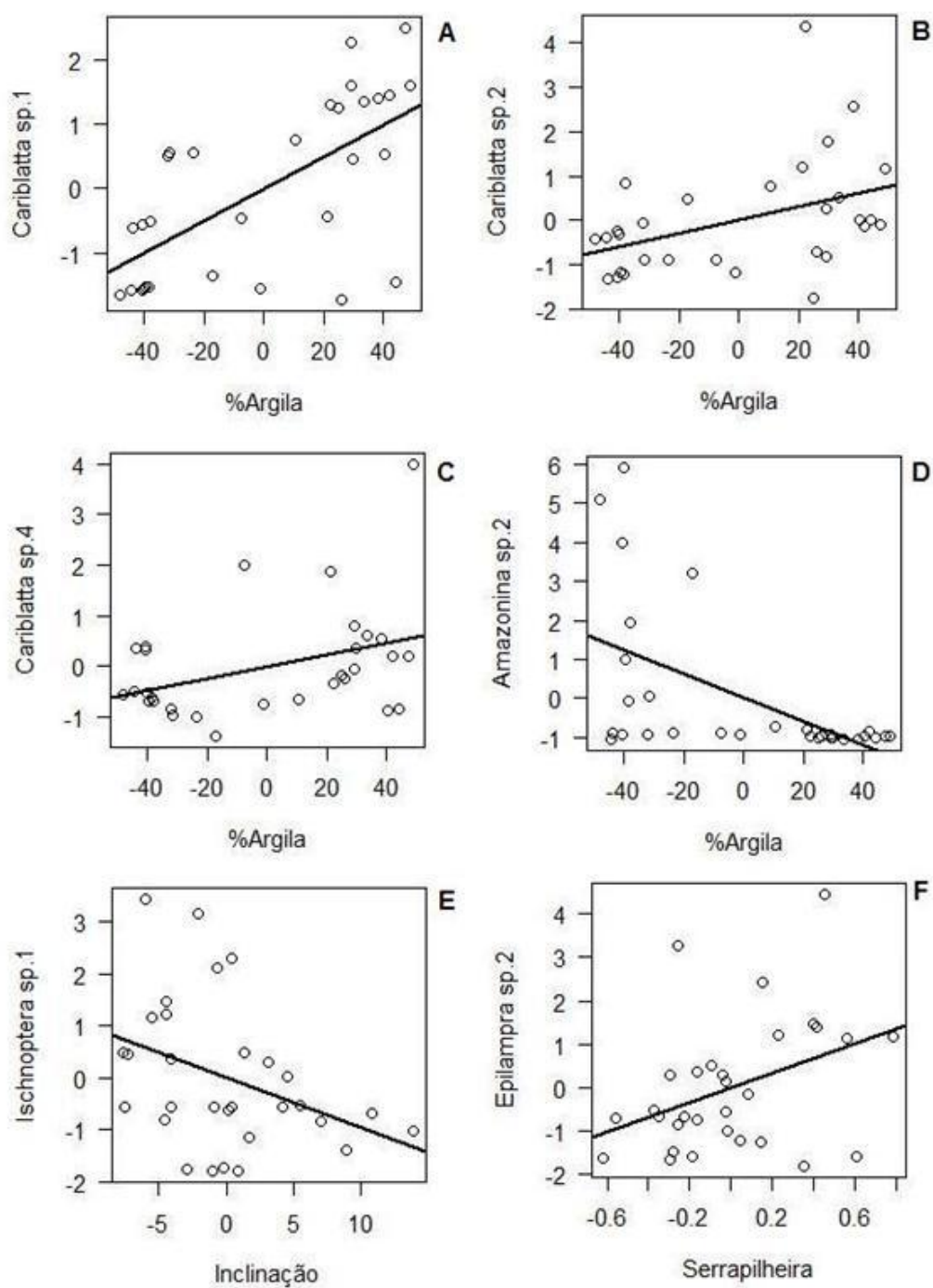


Figura 9. Parciais do segundo modelo de regressão múltipla linear da variação na abundância das morfoespécies de baratas coletadas na floresta ombrófila densa de terra firme, Manaus, Amazonas, em relação as variáveis ambientais (altura da serrapilheira, porcentagem de argila do solo e inclinação do terreno). Apenas as relações significativas ($p < 0,05$) foram apresentadas.

4.3.2 Efeito das variáveis ambientais na presença-ausência das 10 morfoespécies de baratas

No primeiro modelo de regressão linear múltipla (presença-ausência da morfoespécie = constante + número de árvores + altura da serrapilheira + concentração de alumínio), foi detectada a relação do alumínio dissolvido no solo para *Cariblatia* sp. 4 e *Amazonina* sp. 2. O modelo geral da regressão explicou 28% e 33% na variação da presença-ausência, respectivamente (Tabela 9, Fig. 10b e c). As parciais da regressão mostraram que *Cariblatia* sp. 4 é mais presente onde tem maior concentração de alumínio no solo, porém, *Amazonina* sp. 2 tem sua presença reduzida com o aumento da concentração deste elemento no solo. Tanto a maior concentração de alumínio sobre o solo quanto o aumento do número de árvores acarretaram numa maior presença de *Cariblatia* sp. 4 (Tabela 9, Fig. 10a).

O modelo não explicou a variação na presença-ausência de *Cariblatia* sp. 1, *Cariblatia* sp. 2, *Amazonina* sp. 1, *Ischnoptera* sp. 1, *Xestoblatta* sp. 2 e *Epilampra* sp. 1, *Epilampra* sp. 2 e *Epilampra* sp. 5. A altura da serrapilheira não aportou capacidade explicativa significativa no modelo.

Tabela 9. Resultados do primeiro modelo de regressão linear múltipla referente aos dados de presença-ausência das morfoespécies de baratas coletadas na floresta ombrófila densa de terra firme, Manaus, Amazonas. Em negrito, os valores significativos.

Morfoespécies	Número de	Altura da	Concentração	R ²	P
	árvores	serrapilheira	de alumínio (cmolc.kg)		
	p (parcial)	p (parcial)	p (parcial)		
<i>Cariblatia</i> sp. 1	0,486	0,285	0,094	0,042	0,257
<i>Cariblatia</i> sp. 2	0,713	0,760	0,172	-0,017	0,486
<i>Cariblatia</i> sp. 4	0,009	0,142	0,055	0,287	0,007
<i>Amazonina</i> sp. 1	0,282	0,852	0,716	-0,064	0,743
<i>Amazonina</i> sp. 2	0,119	0,602	0,002	0,331	0,003
<i>Ischnoptera</i> sp. 1	0,755	0,359	0,066	0,025	0,309
<i>Xestoblatta</i> sp. 2	0,497	0,708	0,366	-0,017	0,489
<i>Epilampra</i> sp. 1	0,428	0,582	0,425	-0,049	0,654
<i>Epilampra</i> sp. 2	0,248	0,460	0,552	-0,028	0,541
<i>Epilampra</i> sp. 5	0,806	0,709	0,063	0,029	0,297

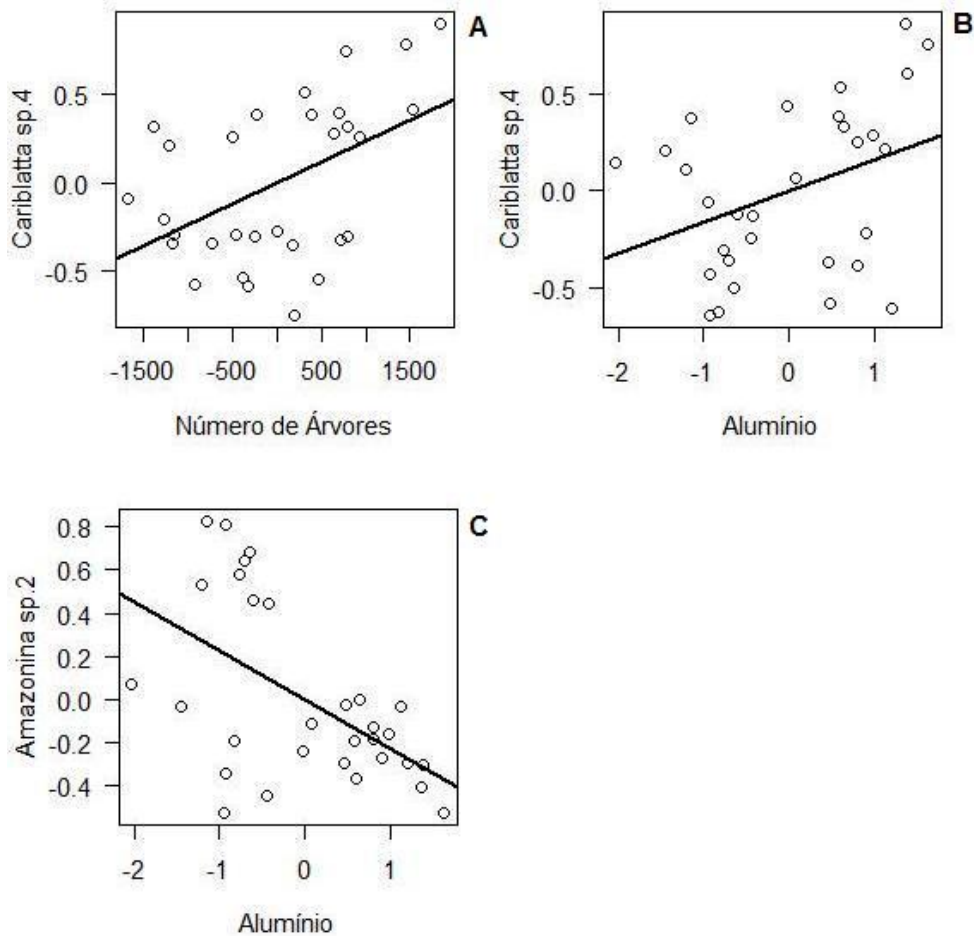


Figura 10. Parciais do primeiro modelo de regressão múltipla linear da variação na presença-ausência das morfoespécies de baratas coletadas na floresta ombrófila densa de terra firme, Manaus, Amazonas, em relação as variáveis ambientais (número de árvores, altura da serrapilheira e a concentração de alumínio). Apenas as relações significativas ($p < 0,05$) foram apresentadas.

No segundo modelo testado (presença-ausência da morfoespécie = constante + altura da serrapilheira + porcentagem de argila + Inclinação do terreno), foram detectadas relações com a porcentagem de argila do solo para *Cariblatta sp. 1*, *Cariblatta sp. 4*, *Amazonina sp. 2* e *Epilampra sp. 5* (Tabela 10, Fig. 11a, b, c, e). Porém, somente para *Amazonina sp. 2* o resultado do modelo geral de regressão foi significativo; para *Cariblatta sp. 1*, *Cariblatta sp. 4* e *Epilampra sp. 5* os valores obtidos ($p = 0,145$, $p = 0,148$ e $p = 0,096$ respectivamente) não foram significativos. A variação na presença-ausência explicada pelo modelo geral de regressão para as três morfoespécies ficou entre 9% a 12% (Tabela 10). As parciais da regressão mostram que as presenças de *Cariblatta sp. 1* e 4 (Figs. 11a, b) aumentam conjuntamente com a porcentagem de argila. Porém, a presença de *Epilampra sp. 5* diminui com o aumento da porcentagem de argila.

O modelo geral de regressão mostrou relação da porcentagem de argila com *Amazonina* sp. 2, explicando 38% da variação dos dados; as análises das parciais mostram que a presença de *Amazonina* sp. 2 diminui em solos mais argilosos (Tabela 10, Fig. 11c). As parciais do modelo indicam que a inclinação do terreno foi uma variável que explicou significativamente a presença de *Ischnoptera* sp. 1. Porém o valor do modelo geral ($p = 0,089$) indica que está próximo do nível de aceitação da hipótese da existência do efeito e explicou 12% da variação na presença-ausência desta morfoespécie. As análises das parciais do modelo mostram que a presença de *Ischnoptera* sp. 1 diminui em terrenos mais inclinados (Tabela 10, Fig. 11d). A altura da serrapilheira não aportou capacidade explicativa significativa.

Tabela 10. Resultados do segundo modelo de regressão linear múltipla referente aos dados de presença-ausência das morfoespécies de baratas coletadas na floresta ombrófila densa de terra firme, Manaus, Amazonas. Em negrito, os valores significativos.

Morfoespécies	Altura da Serrapilheira	Porcentagem de Argila	Inclinação do Terreno	R ²	P
	p (parcial)	p (parcial)	p (parcial)		
<i>Cariblatia</i> sp. 1	0,700	0,029	0,383	0,090	0,145
<i>Cariblatia</i> sp. 2	0,965	0,067	0,734	0,025	0,309
<i>Cariblatia</i> sp. 4	0,942	0,042	0,206	0,088	0,148
<i>Amazonina</i> sp. 1	0,475	0,765	0,082	0,017	0,340
<i>Amazonina</i> sp. 2	0,490	<0,001	0,194	0,389	0,001
<i>Ischnoptera</i> sp. 1	0,148	0,185	0,040	0,127	0,089
<i>Xestoblatta</i> sp. 2	0,904	0,694	0,157	0,009	0,368
<i>Epilampra</i> sp. 1	0,836	0,235	0,757	-0,053	0,679
<i>Epilampra</i> sp. 2	0,211	0,696	0,275	-0,029	0,548
<i>Epilampra</i> sp. 5	0,595	0,023	0,418	0,121	0,096

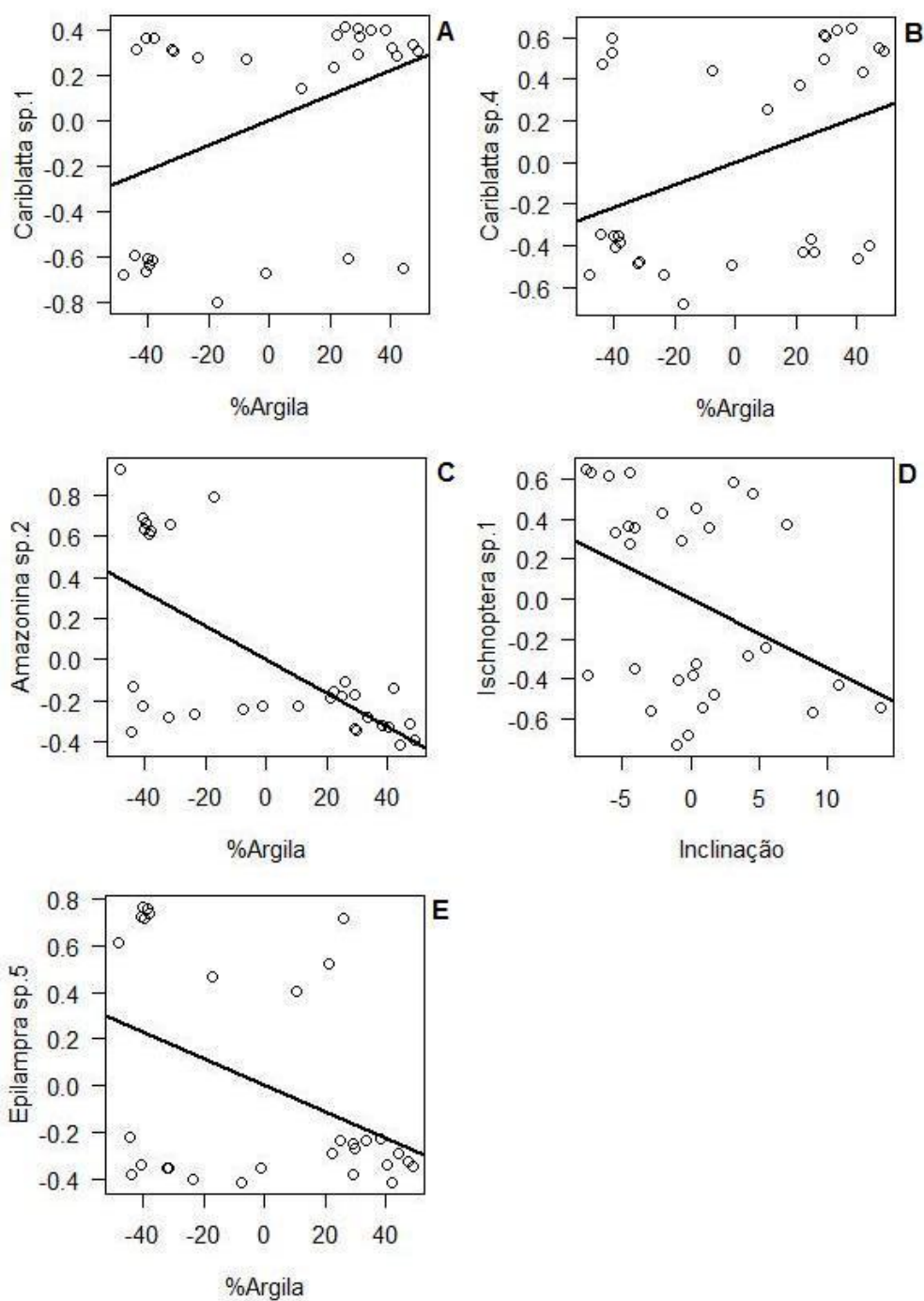


Figura 11. Parciais do segundo modelo de regressão múltipla linear da variação na presença-ausência das morfoespécies de baratas coletadas na floresta ombrófila densa de terra firme, Manaus, Amazonas, em relação as variáveis ambientais (altura da serrapilheira, porcentagem de argila do solo e inclinação do terreno). Apenas as relações significativas ($p < 0,05$) foram apresentadas.

5. Discussão

5.1. Padrões de abundância e distribuição dos morfotipos de baratas

Os gêneros *Xestoblatta*, *Epilampra*, *Ischnoptera* que encontramos em nosso estudo na floresta ombrófila densa de terra firme também são comuns em florestas tropicais da Costa Rica, do Panamá e para a Amazônia Brasileira, onde também coletamos gêneros como, *Amazonina*, *Caribblatta*, *Chromatonotus*, *Euphyllodromia*, *Neoblattella*, entre outros (Rocha e Silva Albuquerque, 1972; Fisk e Wolda, 1979; Fisk, 1983; Schal e Bell 1986). As 40 morfoespécies estiveram dentro da estimativa de riqueza prevista inicialmente, em função da Ordem Blattodea não ser um grupo megadiverso. Possivelmente a meso-escala espacial de 5 X 5 km abrangida pelo estudo influenciou positivamente na detecção deste número de morfoespécies.

Em um trabalho (não publicado) realizado com baratas na mesma floresta ombrófila densa de terra firme, uma diversidade menor foi registrada (25 táxons; nove espécies e 16 morfoespécies) (Araújo, M. C., CBio/INPA; comunicação pessoal). Em outro trabalho realizado no mesmo local, porém utilizando armadilhas com isca, foi detectada uma diversidade muito menor, onde apenas três morfotipos de baratas de serrapilheira foram coletados (Tarli, V e Guilherme, D., CBio/INPA; comunicação pessoal). Indicando que o método de coleta com recipientes plásticos utilizado neste estudo é a melhor forma de amostrar a fauna geral de Blattaria. Em uma floresta tropical do Panamá foram realizados seis anos de coletas com armadilhas Pensilvânia e a cada ano de coleta o número de espécies foi próximo a 40 morfoespécies (Wolda *et al.*, 1983). Porém, as diferenças na coleta, na forma de amostragem e os diferentes métodos de coleta, como a utilização de armadilhas Pensilvânia, não permitem uma comparação mais precisa.

5.2. Relações ecológicas capturadas com a comunidade de morfoespécies de baratas

No Brasil, assim como para a Amazônia brasileira, os estudos recentes realizados com baratas foram focados na taxonomia do grupo (Lopes *et al.*, 2004a; 2004b; 2007; Lopes, 2004; 2006; Lopes e Oliveira, 2005a; 2005b; 2006a; 2006b;

2007; 2010a; 2010b). Sendo assim, a falta de ecólogos trabalhando com o grupo, resulta na ausência ou no baixo número de informações sobre a ecologia destes insetos em ambientes de floresta no Brasil.

A altura da serrapilheira, a porcentagem de argila e principalmente a concentração de alumínio no solo foram as variáveis que mais contribuíram para capturar o padrão detectado utilizando os dois modelos de regressão nas análises RDA tanto para a comunidade total (40 morfoespécies) quanto para a comunidade reduzida (10 morfoespécies). Porém, tanto para os dados de abundância quanto para os dados de presença e ausência, a variação total explicada em todos os casos onde o efeito foi detectado foi menor que 20% e isto sugere que de uma maneira geral o efeito existe, mas é pequeno. O pequeno percentual da variância explicada pode ser pelo fato de que as baratas são insetos de grande mobilidade, tornando difícil estabelecer os limites dos seus territórios (Guo *et al.*, 2005).

Por outro lado, o padrão ecológico capturado pela RDA para a comunidade total de baratas (40 espécies) também foi capturado para a comunidade reduzida (10 espécies). Este padrão foi claramente detectado principalmente para os dados de presença-ausência. Em estudos de larga escala regional, a maioria da informação nos dados é mostrada através da presença-ausência das espécies (McCune e Grace, 2002). Supomos que em caso de não haver medidas absolutas da abundância, os dados de presença-ausência podem ser utilizados, principalmente quando as medidas forem repetidas, o que diminui casos de falsas ausências. Isso também significa que a comunidade reduzida pode ser selecionada para a elaboração de um protocolo de pesquisa que vai resultar na redução do tempo de coleta, triagem, identificação e redução do orçamento com mão de obra aos órgãos de fomento a pesquisa sem comprometer a qualidade inferencial do estudo. A economia poderá ser usada para expandir a coleta em outros locais e em futuros monitoramentos da biodiversidade e de impactos ambientais.

5.3. Efeito das variáveis ambientais na abundância e presença-ausência das 10 morfoespécies de baratas

A porcentagem da variância explicada para dados de abundância nos dois modelos de regressão variou entre 17% e 30%, indicando também a existência de

um efeito, mas que é relativamente pequeno. Nos dados de presença-ausência, esta variância aumentou, oscilando entre 29% e 39%.

No primeiro modelo de regressão, onde foram usados o número de árvores, altura da serrapilheira e a concentração de alumínio no solo, encontramos relação da abundância de cinco das dez morfoespécies com o alumínio. Houve aumento nas abundâncias de *Cariblata* sp. 1, *Cariblata* sp. 2 e *Cariblata* sp. 4 com o aumento da concentração deste elemento no solo. Para dados de presença-ausência, esta variável também explicou a maior presença de *Cariblata* sp. 4 ao longo do gradiente. Para *Amazonina* sp. 2, o alumínio no solo acarretou na diminuição tanto da abundância quanto da presença destas morfoespécies nos solos com maior concentração desse elemento. Porém, esta relação com o alumínio no solo pode ser indireta e pode estar relacionada com o hábito alimentar das cinco espécies, e isto pode ser reforçado pelo menos para *Cariblata* sp. 4, uma vez que o número de árvores foi uma variável que explicou a presença desta morfoespécie. Observamos em campo que todas as morfoespécies de *Cariblatta* e *Amazonina* se encontravam nas folhas dos arbustos. Espécies desses gêneros se deslocam ao anoitecer para as folhas das árvores e dos arbustos para se alimentarem de fezes de aves e outros vertebrados, pólen, pedaços de frutas, esporos, peças de flores, folhas vivas ou mortas, entre outros alimentos que ficam sobre a vegetação do sub-bosque (Schal e Bell, 1986). A falta de estudos da biologia de *Amazonina* não nos permite indicar qual a relação da diminuição da abundância e presença com a maior concentração de alumínio no solo. Sabe-se que *Amazonina* tem a preferência por bordas e clareiras (Grandcolas e Pellens, 2012) e que *Amazonina platystylata* já foi encontrada realizando a polinização de *Clusia* aff. *sellowiana* na Guiana Francesa (Vlasakova *et al.*, 2008).

Dial e Roughgarden (1995) observaram que a herbivoria realizada por baratas em florestas tropicais é mais comum do que se imagina. Eles verificaram que com a remoção de um gênero de lagarto em uma floresta da Costa Rica, houve o aumento significativo na herbívora realizada por insetos, tendo também forte correlação com a abundância de Blattaria e Orthoptera. A diferença essencial em locais com solos ácidos e pobres em nutrientes, como os solos da Amazônia e do cerrado brasileiro, é o maior estoque de nutrientes, especialmente de Ca e Mg, existente nas florestas da Amazônia (Haridasan, 2000). No Cerrado e na Amazônia, algumas espécies de árvores e arbustos podem acumular alumínio em suas folhas,

como forma de evitar a toxicidade deste elemento para a planta (Haridasan, 2008). Plantas acumuladoras de alumínio no cerrado foram intensamente atacadas por Coleoptera, Hemiptera, Blattaria e Orthoptera e plantas com maior porcentagem da área foliar danificada eram as que possuíam maiores concentrações de alumínio acumulado (Gonçalves-Alvim *et al.*, 2006). Esses resultados corroboram a nossa hipótese de que as baratas que se encontram na vegetação do sub-bosque são as que possuem relação com a concentração de alumínio do solo e podem apresentar hábitos alimentares herbívoros, com preferência para as plantas com maior concentração de alumínio em suas folhas. As mudanças na qualidade nutricional das folhas podem influenciar a história de vida, a composição e os padrões de abundância de insetos herbívoros. Apesar deste fator não ter sido medido em nossa investigação, acreditamos que a repetição temporal pode ter amenizado esta variação.

Mesmo que para muitos grupos da fauna de solo a serrapilheira desempenha um habitat favorável, mantendo a umidade do solo e servindo com abrigo, a maior altura da serrapilheira do solo parece não ser favorável para *Cariblatta* sp. 4 cuja abundância diminuiu com maior quantidade de serrapilheira. Indivíduos de pequeno porte da família Ectobiidae são localizados com maior facilidade na vegetação do sub-bosque e espécies de *Cariblatta* são especializadas em folhíço suspenso, ou seja, aquele encontrado sobre a vegetação do sub-bosque (Fisk, 1983; Grandcolas e Pellens, 2012).

No segundo modelo onde foram usados a altura da serrapilheira a porcentagem de argila e a inclinação do terreno, a porcentagem de argila foi a variável que influenciou tanto a abundância quanto a presença de *Cariblata* sp. 1, *Cariblata* sp. 2, *Cariblata* sp. 4 e *Amazonina* sp. 2. Acreditamos que esta relação pode estar ligada aos solos com alta porcentagem de argila ao longo da floresta estudada, uma vez que estes solos mais argilosos também possuem maior concentração de alumínio ($r^2 = 0,899$; $p < 0,001$). Portanto, tanto a concentração de alumínio quanto a porcentagem de argila do solo, estão exercendo o mesmo efeito sobre estas morfoespécies. Apenas para o caso de *Amazonina* sp. 2, a maior concentração de alumínio ou maior porcentagem de argila resultou na diminuição da abundância ou frequência da morfoespécie.

A abundância de *Ischnoptera* sp. 1 diminuiu com o aumento da inclinação. No campo, coletamos esta morfoespécie nas folhas de arbustos bem próximas ao solo,

e também na serrapilheira. Portanto, locais mais inclinados podem não favorecer a sua abundância. As parcelas situadas nos terrenos mais inclinados são mais úmidas que os platôs, são mais iluminadas e perturbadas devido à queda de troncos e erosão do terreno (Costa, 2006). Também observamos em campo que, quando em situação de perigo, os indivíduos deste gênero tendem a se esconder na serrapilheira, pulando da vegetação onde se encontram para o solo.

Epilampra é um gênero que ao anoitecer são encontrados no solo ou próximas a ele, escondidos em troncos ou na serrapilheira, ou localizados até uma altura de 50 cm. Essas características estão relacionadas à suas dietas, que são de detritos da serrapilheira, frutos, líquens, esporos, folhas mortas e outras matérias orgânicas (Schal e Bell, 1986). Este gênero é considerado o mais abundante da serrapilheira em termos de densidade e biomassa (Grandcolas e Pellens, 2012). Em campo, observamos que as morfoespécies deste gênero se localizavam nas folhas dos arbustos mais próximas ao solo, numa altura de aproximadamente 40 cm. *Epilampra* sp. 2 teve maior abundância com o aumento da quantidade de serrapilheira por possuir dieta relacionada aos detritos encontrados nesse ambiente. Este morfotipo pode possuir o hábito semelhante aos das espécies de *Epilampra irmleri* que podem consumir até cerca de 5,6% do serrapilheira produzida anualmente e possuem um papel ecológico muito importante, uma vez que fragmentam duas vezes mais a quantidade de serrapilheira consumida e suas fezes possuem alta quantidade de minerais (Grandcolas e Pellens, 2012). Por outro lado, Blaberidae possui reprodução ovovivípara, sendo necessário permanecer em locais escondidos no solo e com preferência para certas temperaturas (Schal e Bell, 1986).

Xestoblatta sp.1, uma espécie com alta abundância e frequência, e foram encontradas em alturas de 1 a 2 metros. Esse gênero tem como dieta os materiais encontrados no sub-bosque das florestas, como fezes de pássaros, plantas não vasculares e frutas em fermentação (Schal e Bell, 1986). Observamos em campo que esta morfoespécie possuiu uma grande mobilidade e parecem ser generalistas, pois as encontramos em todos ambientes da Reserva, o que provavelmente justifica o fato da mesma não possuir relação com as variáveis ambientais que avaliamos.

6. Conclusões

– As 40 morfoespécies estiveram dentro da estimativa de riqueza prevista inicialmente e supomos que, a meso-escala espacial de 5 X 5 km abrangida pelo estudo influenciou positivamente a detecção deste número de morfoespécies.

– A altura da serrapilheira, a percentagem de argila e a concentração de alumínio no solo foram as variáveis que mais contribuíram para capturar o padrão de distribuição das baratas ao longo da floresta ombrófila, tanto no nível de comunidade total quanto de comunidade reduzida. Estas variáveis também foram importantes para explicar a distribuição individual de 10 morfoespécies selecionadas.

– A pequena percentagem da variância explicada (14 a 39%) pode ser em função da grande mobilidade das baratas, tornando difícil estabelecer os limites dos seus territórios.

– A relação do alumínio no solo com as baratas pode ser indireta, uma vez que baratas herbívoras podem estar se alimentando de folhas de plantas com maiores concentrações de alumínio. Tanto a concentração de alumínio quanto a percentagem de argila do solo exerceram o mesmo efeito sobre a assembléia de baratas uma vez que estas variáveis são altamente correlacionadas.

– Os resultados obtidos com a comunidade total composta por 40 morfoespécies são similares aos obtidos com a comunidade reduzida para apenas 10 morfoespécies, indicando que são redundantes principalmente para os dados de presença-ausência. Neste caso, a comunidade reduzida pode ser selecionada para a elaboração de um protocolo de pesquisa que vai resultar na redução do esforço de coleta, do tempo de triagem e identificação, assim como despesas com mão de obra no campo e no laboratório.

7. Referências Bibliográficas

- Abenserg-Traun, M.; Arnold, G.W.; Steven, D.E.; Smith, G.T.; Atkins, L.; Viveen, J.J.; Gutter, M. 1996. Biodiversity indicators in semi-arid, agricultural Western Australia. *Pacific Conservation Biology*, 2:375–389.
- Adis, J. 1987. Extraction of arthropods from Neotropical soils with a modified Kempson apparatus. *Journal of Tropical Ecology* 2(3):131-138,
- Aguiar, N.O.; Gualberto, T.L.; Franklin, E. 2006. A medium-spatial scale distribution pattern of Pseudoscorpionida (Arachnida) in a gradient of topography (altitude and inclination), soil factors, and litter in a central Amazonian forest reserve, Brazil. *Brazil. Journal Biology*, 66(3): 791-802
- André, H.M.; Ducarme, X.; Lebrun, P. 2002. Soil biodiversity: myth, reality or conning? *Oikos*, 96:3–24.
- Appel, A.G.; Rierson, D.A; Rust, M.K. 1983. Comparative water relations and temperature sensitivity of cockroaches. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 74:357–361.
- Araújo, J. S. 2007. *Métodos de Amostragem, Influência dos Fatores Ambientais e Guia de Identificação dos Escorpiões (Chelicerata, Scorpiones) da Reserva Ducke, Manaus, Amazonas, Brasil*. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Brasil. 71pp.
- Bell, W. J.; Roth, L. M.; Nalepa, C. A. 2007. *Cockroaches : ecology, behavior, and natural history*. The Johns Hopkins University Press. Baltimore, Maryland. 230 pp.
- Castilho, C.V. 2004. *Variação espacial e temporal da biomassa arbórea viva em 64 km² de floresta de terra-firme na Amazônia Central*. Tese de Doutorado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Brasil. 72pp.
- Castilho, C.V. de; Magnusson, W.E.; Araujo, R.N.O. de; Luizão, R.C.C.; Luizão, F.J.; Lima, A.P.; Higuchi, N. 2006. Variation in aboveground tree life biomass in a central Amazonian forest: effects of soil and topography. *Forest Ecology and Management* 234:85-96.
- Chauvel, A.; Lucas, Y.; Boulet, R. 1987. On the genesis of the soil mantle of the region of Manaus, Central Amazonia, Brazil. *Experientia*, 43: 234-241.

- Colwell, R.K.; Chang, X.M.; Chang, J. 2004. Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. *Ecology*, 85:2717-2727.
- Costa, F.R.C. 2006. Mesoscale Gradients of Herb Richness and Abundance in Central Amazonia. *Biotropica*, 38:711-717
- Costa, F. R. C.; Magnusson, W. E. 2010. The Need for Large-Scale, Integrated Studies of Biodiversity – the Experience of the Program for Biodiversity Research in Brazilian Amazonia. *Natureza & Conservação*, 8(1): 3-12.
- Crespo, F.; Valverde, A. 2008. Blattaria. In: Claps, L.E. et al., 2008. Biodiversidad de Artrópodos Argentinos. Sociedade Entomológica Argentina, Mendoza. 615pp.
- Dambros, C. S. 2010. *Efeito do ambiente na composição de espécies de térmitas (Isoptera) e efeito da suficiência amostral em uma floresta primária de terra-firme na Amazônia central*. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas, Brasil. 30pp.
- Dial, R.; Roughgarden, J. 1995. Experimental removal of insectivores from rain forest canopy: direct and indirect effects. *Ecology*, 76:1821–1834.
- Eisenbeis, G.; Wichard, W. 1985. Atlas on the Biology of Soil Arthropods. Springer-Verlag, Berlin. 437 pp.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 1997. Manual de métodos de análises de solo. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 2ed, 212pp.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 1999. Serviço de Produção de Informações. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília, 412p.
- Fagundes, E.P. 2003. *Efeitos de fatores do solo, altitude e inclinação do terreno sobre os invertebrados da serapilheira, com ênfase em Formicidae (Insecta, Hymenoptera) da Reserva Ducke, Manaus, Amazonas, Brasil*. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/ Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas. 70pp.
- Fisk, F.W. 1983. Abundance and diversity of arboreal Blattaria in moist tropical forests of the Panama Canal área and Costa Rica. *Transactions of the American Entomological Society* 108:479–489.
- Fisk, F.W.; Wolda, H. 1979. Key to the cockroaches of Central Panama. Part I. Flying species. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 14:177–201.

- Fittkau, E.J.; Klinge, H. 1973. On biomass and trophic structure of the Central Amazonian rainforest ecosystem. *Biotropica*, 5:2–14.
- Gonçalves-Alvim, S.J.; Korndorf, G.; Fernandes, G.W. 2006. Sclerophylly in *Qualea parviflora* (Vochysiaceae): influence of herbivory, mineral nutrients, and water status. *Plant Ecology*, 187:153-162.
- Grandcolas, P.; Pellens, R. 2012. Blattaria. In: Rafael, J. A.; Melo, G. A. R.; Carvalho, C. J. B.; Casari, S. A.; Constantino, R. (Eds). Insetos do Brasil. Ribeirão Preto: Editora Holos, 1:333-346.
- Grimbacher, P.S & Stork, N. E. 2007. Vertical stratification of feeding guilds and body size in beetle assemblages from an Australian tropical rainforest. *Austral Ecology*, 32:77-85.
- Guimarães, R. L. 2003. *Topografia, serapilheira e nutrientes do solo: Análise dos seus efeitos sobre a mesofauna do solo na Reserva Florestal Adolpho Ducke, Manaus, AM, Brasil*. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/ Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas. 75 pp.
- Guo, O.; Taper, M.; Schoenberger, M.; Brandle, J. 2005. Spatial-temporal population dynamics across species range: from centre to margin. *Oikos* 108:47- 57
- Haridasan, M. 2000. Nutrição mineral de plantas nativas do cerrado. *Revista Brasileira Fisiologia Vegetal*, 12:54-64.
- Haridasan, M. 2008. Nutritional adaptations of native plants of the cerrado biome in acid soils. *Brazilian Journal Plant Physiology*, 20:183-195
- Hector, A.; Beale, A.J.; Minns, A.; Otway, S.J.; Lawton, J.H. 2000. Consequences of the reduction of plant diversity for litter decomposition: effects through litter quality and microenvironment. *Oikos*, 90:357–371.
- Kremen, C.; Colwell, R.K.; Erwin, T.L.; Murphy, D.D.; Noss, R.F.; Sanjayan M.A. 1993. Terrestrial arthropod assemblages: their use in conservation planning. *Conservation Biology*, 7:796-808.
- Landeiro, V.L. 2011. Introdução ao uso do Programa R. Disponível em: <http://ppbio.inpa.gov.br/Port/public/disciplinas2/Introducao%20ao%20R%20VictorLandeiro2011.pdf/> Acesso: 20/02/2012.
- Lavelle, P.; Kohlmann. B. 1984. Etude quantitative de La macrofaune du sol dans une foret tropicale humide Du Mexique (Bonampak, Chiapas). *Pedobiologia*, 27:377–393.

- Lavelle, P.; Blanchart, E.; Martin, A.; Martin, S.; Spain, A.; Toutain, F.; Barois, I.; Schaefer, R. 1993. A hierarchical model of decomposition in terrestrial ecosystems: application to soils of the humid tropics. *Biotropica*, 25:130–150.
- Lavoie, I., Dillon, P.J., Campeau, S. 2009. The effect of excluding diatom taxa and reducing taxonomic resolution on multivariate analyses and stream bioassessment. *Ecological Indicators*, 9: 213 – 225.
- Legendre, P.; Legendre, L. 1998. *Numerical Ecology*. Elsevier, Amsterdam, Netherlands. 853 pp.
- Lewinsohn, T.M.; Freitas, A.V.; Prado, P.I. 2005a. Conservação de invertebrados terrestres e seus habitats no Brasil. *Megadiversidade*, 1:62-69.
- Lewinsohn, T.M.; Novotny, V.; Basset, Y. 2005b. Insects on plants: diversity of herbivore assemblages revisited. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematic*, 36: 597-620.
- Longcore, T. 2003. Terrestrial arthropods as indicators of ecological restoration success in Coastal Sage Scrub (California, U.S.A). *Restoration Ecology*, 11: 397-409.
- Lopes, S.M.; Oliveira, E.H.; Araújo, M.C. 2004a. Novo registro de *Doradoblatta copenamensis* Bruijning, 1959 no Brasil (Blattaria, Blattellidae) e descrição da genitália masculina. *Acta Amazonica*, 34:503-504.
- Lopes, S.M.; Oliveira, E.H.; Araújo, M.C. 2004b. Novo Registro para *Phoetalia pallida* (Brunner, 1865) no Brasil e considerações sobre a variação cromática da espécie (Blattaria, Blaberidae, Blaberinae). *Acta Amazonica*, 34:665-667.
- Lopes, S.M. 2004. Uma nova espécie de *Lophoblatta* Hebard (Blattaria, Blattellidae) coletada em ninho de Sphecidae (Hymenoptera) no Acre, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 48(3): 343-346.
- Lopes, S.M.; Oliveira, E.H. 2005a. Espécie nova de *Aglaopteryx* Hebard, 1917 (Blattellidae, Pseudophyllodromiinae) coletada em ninhos de vespas (Hymenoptera, Sphecidae) no estado do Amazonas, Brasil. *Entomologia y Vectores*, 12(1): 105-110.
- Lopes, S.M.; Oliveira, E.H. 2005b. Espécie nova de *Riatia* Walker (Blattaria, Blattellidae) do Estado do Pará, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 49(3): 367-368.

- Lopes, S.M.; Oliveira, E.H. 2006a. Descrição de *Xestoblatta mamorensis* sp. nov. (Blattellidae: Blattaria), do estado de Rondônia, Brasil. *Acta Amazonica*, 36:129-131.
- Lopes, S.M.; Oliveira, E.H. 2006b. Duas espécies novas de *Macrophyllodromia* do Estado do Acre, Brasil (Blattaria, Blattellidae) coletadas em ninhos de vespas. *Iheringia, Serie Zoologia*, 96(2): 257-260.
- Lopes, S.M. 2006. Duas espécies novas de *Dendroblatta* Rehn (Blattellidae) coletados no Acre (Brasil) em ninhos de vespas. *Revista Brasileira de Entomologia*, 50(4): 450-452.
- Lopes, S.M.; Oliveira, E.H.; Araújo, M.C. 2007. Espécie nova de *Euphyllodromia* Shelford, 1908 do estado de Rondônia, Brasil e nova ocorrência de *E. jugata* Rehn, 1928 (Blattaria, Blattellidae). *Acta Amazonica*, 37(3): 479-482.
- Lopes, S.M.; Oliveira, E.H. 2007. Um novo gênero e espécie de Blattellidae neotropical (Blattaria). *Iheringia, Série Zoologia* 97(4): 357-359.
- Lopes, S.M.; Oliveira, E.H. 2010a. Novo gênero e espécie de Blattellidae (Blattaria) da região Amazônica, Brasil. *Iheringia, Série Zoologia*, 100(2): 102-104.
- Lopes, S.M.; Oliveira, E.H. 2010b. Espécies novas de *Leuropeltis* Hebard, 1921 (Blattellidae, Pseudophyllodromiinae) do estado do Amazonas, Brasil. *Biota Neotropica*, 10(1): 73-75.
- MacCune, B.; Grace, J.B. 2002. Analysis of ecological communities. MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, USA, 304 pp.
- Magnusson, W.E.; Lima, A.P.; Luizão, R.; Luizão, F.; Costa, F.R.C., Castilho, C.V.; Kinupp, V.F. 2005. RAPELD: a modification of the gentry method for biodiversity surveys in long-term ecological research sites. *Biota Neotropica*, 5(2): 1-6.
- Medianero, E.; Castano-Meneses, G.; Tishechkin. A.; Basset, Y.; Barrios, H.; Odegaard, F.; Cline, A.R.; Bail, J. 2007. Influence of local illumination and plant composition on the spatial and seasonal distribution of litter-dwelling arthropods in a tropical rainforest. *Pedobiologia*, 51:131—145
- Missa, O.; Basset, Y.; Alonso, A.; Miller, S.E.; Curletti, G.; Meyer, M. de.; Eardley, C.; Mansell, M. W.; Wagner, T. 2008. Monitoring arthropods in a tropical landscape: relative effects of sampling methods and habitat types on trap. *Journal of Insect Conservation*, 13:103–118.
- Moraes, J. 2010. *Ácaros do solo (Acari: Oribatida) da Reserva Florestal Ducke e redução do esforço amostral no gradiente ecológico de 10 mil ha de floresta de*

- terra-firme, Manaus, AM, Brasil*. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Brasil. 77pp.
- Moraes, J. ; Franklin, E.; Morais, J. W.; Souza, J. L. P. 2011. Species diversity of edaphic mites (Acari: Oribatida) and effects of topography, soil properties and litter gradients on their qualitative and quantitative composition in 64 km² of forest in Amazonia. *Experimental & Applied Acarology*, 55:39-63.
- Morais, J. W. ; Adis, J. 2009. Arthropoda do solo: Distribuição vertical e abundância. In: Fonseca, C.R.V.; Magalhães, C.; Rafael, J. A., Franklin, E. (Eds). A Fauna de Artrópodos da Reserva Florestal Ducke. Estado atual do conhecimento taxonômico e biológico. Manaus, INPA. 1:264-286.
- Morais, J. W. ; Franklin, E. 2008. Mesofauna do solo na Amazônia Central. In: Moreira, F.M.S.; Siqueira, J.O. (Eds). Biodiversidade do Solo na Amazônia e Outros Ecossistemas Brasileiros. Lavras: Editora UFLA, 1:371-408.
- Oliveira, P.Y.; Souza, J.L.P.; Baccaro, F.B.; Franklin, E. 2009. Ant species distribution along a topographic gradient in a "terra-firme" forest reserve in Central Amazonia. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 44(8): 852-860
- Pequeno, P. A. C. L. 2011. *Efeitos ambientais sobre as abundâncias e biomassas de três espécies de cupins construtores (Insecta: Isoptera) em uma floresta de terra firme na Amazônia Central*. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Brasil. 101pp.
- PPBio. 2011. Programa de Pesquisas em Biodiversidade. Retrieved from <http://ppbio.inpa.gov.br>.
- Price, P.W. 1997. Insect ecology. John Wiley and Sons, New York, New York.
- R Core Development Team. 2011. The R Project for Statistical Computing. Disponível em: <http://www.R-project.org>.
- Ribeiro, J.E.L.S.; Hopkins, M.J.G.; Vicentini, A., Sothers, C.A.; Costa, M.A.S.; Brito, J.M.; Souza, M.A.D.; Martins, L.H.P.; Lohmann, L.G.; Assunção, P.A.C.L.; Pereira, E.C.; Silva, C.F.; Mesquita, M.R.; Procópio, L.C. 1999. *Flora da Reserva Ducke: Guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra-firme na Amazônia Central*. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas. 816 pp.
- Ribeiro, M.N.G.; Adis, J. 1984. Local rainfall variability – a potential bias for biocological studies in the Central Amazon. *Acta Amazonica*, 14:159-174.

- Ribeiro, J.E.L.S.; Nelson, B.W.; Silva, M.F.; Martins, L.S.S. & Hopkins, M. 1994. Reserva Florestal Ducke: diversidade e composição da flora vascular. *Acta Amazonica*, 24 (1/2): 19-30.
- Roach, A.M.E.; Rentz, D.C.F. 1998. Blattodea. In Zoological Catalogue of Australia. CSIRO, Australian Biological Resources Study. 23:21–162.
- Rocha e Silva Albuquerque, I. 1972. Inventário dos Blattaria da Amazônia com descrição de três espécies novas. *Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi*, 76:1-38.
- Sabu T.K.; Shiju R.T. 2010. Efficacy of pitfall trapping, Winkler and Berlese extraction methods for measuring grounddwelling arthropods in moist deciduous forests in the Western Ghats. *Journal of Insect Science*, 10:98.
- Saito, S. 1976. Studies on the productivity of soil animals in Pasoh Forest Reserve, West Malaysia. IV. Growth, respiration and food consumption of some cockroaches. *Japanese Journal of Ecology*, 26:37–42.
- Santos E.M.R.; Franklin, E.; Luizão F.J. 2008. Litter manipulation and associated invertebrate fauna in secondary forest, central Amazonia, Brazil. *Acta Oecologica*, 34:274 – 284
- Sayer, E., 2006. Using experimental manipulation to assess the roles of leaf litter in the functioning of forest ecosystems. *Biological Reviews* 81:1–31.
- Schal, C.; Bell, W.J. 1986. Vertical community structure and resource utilization in neotropical forest cockroaches. *Ecological Entomology*, 11:411–423
- Scheu, S.; Setälä, H. 2002. Multitrophic interactions in decomposer food webs. In: Tscharrntke, T.; Hawkins, B. (Eds). *Multitrophic Level Interactions*. Cambridge University Press, Cambridge. p. 223–264.
- Sinclair, B.J.; Lord, J.M.; Thompson, C.M. 2001. Microhabitat selection and seasonality of alpine invertebrates. *Pedobiologia*, 45:107–120.
- Souza, J.L.P.; Baccaro, F.B.; Landeiro, V. L.; Franklin, E. C.; Magnusson, W. E. 2012. Trade-offs between complementarity and redundancy in the use of different sampling techniques for ground-dwelling ant assemblages. *Applied Soil Ecology*, 56:63-73.
- Stork, N.E.; Adis, J.; Didham, R.K. 1997. *Canopy Arthropods*. Chapman & Hall, London.

- Vlasakova, B.; Kalinova, B.; Gustafsson, M. H. G.; Teichert, H. 2008. Cockroaches as Pollinators of *Clusia* aff. *sellowiana* (Clusiaceae) on Inselbergs in French Guiana. *Annals of Botany*, 102(3):295-304
- Wolda, H.; Fisk F.W.; Estribi, M. 1983. Faunistics of Panamanian cockroaches (Blattaria). *Uttar Pradesh Journal of Zoology*, 3:1–9.
- Work, T.T.; Buddle, C.M.; Korinus, L. M.; Spence, J.R. 2002. Pitfall Trap Size and Capture of Three Taxa of Litter-Dwelling Arthropods: Implications for Biodiversity Studies. *Environmental Entomology*, 31(3): 438-448.
- Zuquim, G.; Costa, F.R.C.; Prado, J. 2007. Redução de esforço amostral vs. retenção de informação em inventários de pteridófitas na Amazônia Central. *Biota Neotropica*, 7(3): 217-223.

Apêndice A – Matriz de correlação de Pearson com correção de Bonferroni das variáveis preditoras utilizadas no estudo.

Correlação de Pearson	Número de árvores	Altura da serrapilheira	Concentração de alumínio	Porcentagem de argila	Inclinação do terreno
Número de árvores	1,000				
Altura da serrapilheira	0,197	1,000			
Concentração de alumínio	0,253	0,365	1,000		
Porcentagem de argila	0,207	0,218	0,899	1,000	
Inclinação do terreno	0,068	-0,440	-0,219	-0,185	1,000

Probabilidade de Bonferroni	Número de árvores	Altura da serrapilheira	Concentração de alumínio	Porcentagem de argila	Inclinação do terreno
Número de árvores	0,000				
Altura da serrapilheira	1,000	0,000			
Concentração de alumínio	1,000	0,471	0,000		
Porcentagem de argila	1,000	1,000	>0,001	0,000	
Inclinação do terreno	1,000	0,150	1,000	1,000	0,000