

JANSEN MACEDO DE SOUZA VARGAS

INFLUÊNCIA DE VARIÁVEIS AMBIENTAIS NA ABUNDÂNCIA DE GRILOS
(ORTHOPTERA: GRILLOIDEA) DE LITEIRA NA AMAZÔNIA CENTRAL

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ecologia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2013

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e Classificação da
Biblioteca Central da UFV

T

V297i
2013 Vargas, Jansen Macedo de Souza, 2013-
Influência de variáveis ambientais na abundância de grilos (Orthoptera:
Grilloidea) de liteira na Amazônia Central / Jansen Macedo de Souza
Vargas. - Viçosa, MG, 2013.
ix, 42 f. : il. ; 29 cm.

Orientador: Karla Suemy Clemente Yotoko.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Referências bibliográficas: f. 39-42.

1. Grilo - Ecologia. 2. Teoria bayesiana de decisão estatística. 3.
Solos - Umidade. 4. Nemobiinae. 5. Luzzarinae. I. Universidade Federal de
Viçosa. Departamento de Biologia Geral. Programa de Pós-Graduação em
Ecologia. II. Título.

CDD 22. ed. 595.726

JANSEN MACEDO DE SOUZA VARGAS

INFLUÊNCIA DE VARIÁVEIS AMBIENTAIS NA ABUNDÂNCIA DE GRILOS
(ORTHOPTERA: GRILLOIDEA) DE LITEIRA NA AMAZÔNIA CENTRAL

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ecologia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 26 de Julho de 2013

Fabyano Fonseca e Silva

Carlos Frankl Sperber

Karla Suemy Clemente Yotoko
(Orientadora)

“Você pode sonhar, criar, desenhar e construir o lugar mais maravilhoso do mundo, mas é necessário ter pessoas para transformar seu sonho em realidade.”

Walt Disney

Ao Felipe e à Vanessa, por ser a melhor família que eu poderia escolher,
eu dedico esta dissertação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Federal de Viçosa e ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia pela oportunidade de realizar este trabalho e à CAPES, pelo auxílio financeiro.

Aos integrantes da Rede de Pesquisa Biota de Orthoptera pela confiança em mim depositada, ao disponibilizar o resultado de suas coletas realizadas na Amazônia.

À Karla pela amizade, confiança, conselhos e orientação que sem dúvida fizeram e fazem toda a diferença em minha vida. Obrigado por ser mais do que minha orientadora, obrigado por ser uma das minhas mentoras. Ao professor Carlos Sperber, pela disponibilidade para assuntos acadêmicos ou para uma conversa leve, daquelas que desanuviavam a mente, e ao professor Fabyano Fonseca e Silva pela solicitude em me socorrer todas as vezes em que precisei de ajuda.

Ao Laboratório de Bioinformática e Evolução pelas discussões, sérias ou não, que tornaram essa jornada mais leve e rica, por todos os cafés que me mantiveram acordado e trabalhando diante do computador.

À Tropa (Vanessa, Stephanie, Laila, Aline, Juliana, Felipe, Carlos, Bruno, Tiago e Nelson) por ser o melhor e mais incrível exército de amigos que se pode ter. Mesmo longe vocês são a muralha mais efetiva contra o mau humor, o tédio e a banalidade. VAI TIME! SUCESSO!

Ao “Bataclã” (Priscila, Felipe, Márcio, Eulálio e Joel) por tornarem noites de quinta, noites de primeira. Pelos jogos, comidinhas, risadas e “*A lists*”.

À família Azevedo Valente (Gilmar, Aristeia, Vanessa e Dulcinea Saldanha) que me adotou como membro de seu clã, muito obrigado.

Felipe não há como imaginar esse momento da minha vida sem você, obrigado pelo apoio, carinho, compreensão, companheirismo e principalmente pelo amor. Obrigado por ser parte de quem hoje eu sou. Eu te amo.

RESUMO

VARGAS, Jansen Macedo de Souza, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, Julho de 2013. **Influência de variáveis ambientais na abundância de grilos (ORTHOPTERA: GRILLOIDEA) de liteira na Amazônia Central.** Orientador: Karla Suemy Clemente Yotoko.

Esta dissertação faz parte do subprojeto “Determinantes da Biodiversidade de Orthoptera do Brasil” que integra a Rede de Pesquisa Biota de Orthoptera do Brasil, que visa ampliar o conhecimento atual sobre a orthopterofauna brasileira. No presente trabalho, analisamos a relação entre a abundância das morfoespécies mais frequentes de grilos de serrapilheira da Amazônia Central e fatores ambientais. Para coletar os grilos, utilizamos armadilhas de queda (*pitfall*), com álcool combustível como solução mortífera em três áreas da Amazônia central, com diferentes fisionomias florestais: Reserva Florestal Adolpho Ducke, Tarumã-Mirim e Reserva Biológica da Campina. Os fatores ambientais analisados foram agrupados em duas hipóteses explicativas: *i. Top-Down*, que relaciona a pressão de predação à abundância dos grupos de Orthoptera analisados e *ii. Bottom-Up*, que associa as condições do ambiente e os recursos disponíveis com a abundância das morfoespécies em estudo. Utilizamos o DIC (*Deviance Information Criterion*) para escolher o modelo matemático que melhor se ajustasse aos dados sob cada hipótese. Os resultados obtidos apontam que a profundidade da liteira é a única variável significativamente relacionada com a espécie dominante nas três áreas estudadas *Hygronemobius* sp. 1, (aproximadamente 52 % dos espécimes amostrados). No entanto, há a necessidade de trabalhos que envolvam manipulação de serrapilheira e a abundância desta morfoespécie, pois este resultado pode ter origem nas características da armadilha utilizada. Em serrapilheiras mais altas, há menor chance de queda de grilos, por que estes podem utilizar mais camadas da liteira para se locomover pelo solo, logo em serrapilheiras mais rasas a probabilidade de captura é maior. Além disso em locais onde há mais serrapilheira, há também maior queda de folhas, essas folhas podem impedir o contato dos grilos com a solução mortífera, permitindo que os grilos pulem para fora dos *pitfalls*. A variável que influenciou o maior número de morfoespécies, no entanto, foi a umidade do solo, uma característica ambiental muito importante na Amazônia, que ajuda a manter a microbiota de solo, responsável pela ciclagem de nutrientes. Observamos também a influencia positiva da ocorrência de frutos na abundância de *Ligypterus* sp.1 e *Luzaridella* p. 1, além da relação negativa entre distância entre árvores e a abundância de *Nemobiinae* sp. 1.

ABSTRACT

VARGAS, Jansen Macedo de Souza, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2013. **The influence of environmental variables at abundance of crickets (ORTHOPTERA: GRYLLIDAE) of litter in Central Amazonia.** Adviser: Karla Suemy Clemente Yotoko.

This work is part of subproject "Determinants of Biodiversity of Orthoptera of Brazil" that integrates the Web Research Biota of Orthoptera of Brazil, which aims to expand current knowledge of the fauna of Brazilian orthoptera. At this study we examined the relation between the abundance of nine morphospecies of litter crickets from Central Amazon Rain Forest and local environmental factors. To collect these crickets, we used pitfall traps with ethanol as lethal solution in three areas of central Amazonia, Reserva Florestal Adolpho Ducke, Tarumã-Mirim and Reserva Biológica da Campina, these areas have different forest formations. Environmental factors analyzed were grouped in two explanatory hypotheses: i. Top-Down Control, which related the predation pressure to the abundance of Orthoptera and II. Bottom-Up Control, which associated environmental conditions and available resources with the abundance of morphospecies collected. We use DIC (Deviance Information Criterion) to choose the fittest model for abundance data. The results indicated the depth of the litter as the only significantly variable related to the abundance of *Hygronemobius* sp. 1, the dominant species in the three areas. However, we need works that involve manipulation of litter and the abundance of this morphospecies, because this result could be derived of the characteristics of trap. There is less chance to drop crickets at higher litters, because they can use more layers of litter to walk on the ground, following this way the probability of capture is higher at shallower litter. In these places with deep litter, there is also a greater fall of leaves, these leaves can prevent the contact of the lethal solution with the crickets, allowing them to jump out of the pitfalls. The variable that influenced the most part of morphospecies was soil moisture, which is an important environmental trait of the Amazon Rain Forest, as it helps the soil microbes, that are responsible for cycling nutrients, alive. We also observed the positive influence of the occurrence of fruit in abundance of *Ligypterus* sp.1 and *Luzaridella* p. 1, and the negative relation of the distance between trees and abundance of *Nemobiinae* sp. 1.

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	A Ordem Orthoptera	1
1.2	Rede de Pesquisa Biota de Orthoptera do Brasil	3
1.3	Amazônia Central	4
1.4	Modelos ecológicos	5
1.5	Hipóteses	6
1.5.1	Hipótese <i>Top-Down</i>	6
1.5.2	Hipótese <i>Bottom-Up</i>	7
1.5.2.1	Condições	7
1.5.2.2	Recursos	7
1.6	Objetivo geral	7
1.7	Objetivos específicos	8
2	MATERIAL E MÉTODOS	9
2.1	Locais de coleta	9
2.1.1	Reserva Florestal Adolpho Ducke (Ducke)	9
2.1.2	Tarumã-Mirim (Tarumã)	9
2.1.3	Reserva da Campina (Campina)	10
2.2	Coleta de dados	10
2.2.1	Amostragem de grilos	10
2.2.2	Variáveis ambientais	11
2.2.2.1	Variáveis <i>Top-Down</i>	11
2.2.2.2	Variáveis <i>Bottom-Up</i>	13
2.3	Análises estatísticas	14
3	RESULTADOS	19
3.1	Modelos	22
3.1.1	<i>Hygronemobius</i> sp. 1	22
3.1.2	Luzarinae sp. 1	22
3.1.3	Landrevinae sp. 1	23
3.1.4	Landrevinae sp. 2	24
3.1.5	Landrevinae sp. 3	24
3.1.6	Nemobiinae sp. 1	25
3.1.7	Luzaridella sp. 1	28
3.1.8	<i>Ligypterus</i> sp. 1	28
3.1.8	Mogoplistidae sp. 1	29
4	DISCUSSÃO	32
5	CONCLUSÕES	38
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39

1 INTRODUÇÃO

1.1 A Ordem Orthoptera

Existem aproximadamente 25 mil espécies descritas na ordem Orthoptera, das quais 1268 são provenientes da América do Sul e apenas 195 do Brasil (Eades & Otte 2013), apesar de sua alta diversidade e ampla distribuição em todos os biomas da região Neotropical (Desutter-Grandcolas 1992a). Estes insetos possuem grande diversidade de habitat, ocupando desde o solo até o dossel de árvores, podendo ser encontrados até mesmo em áreas urbanas (Alexander 1968, Desutter 1990, Desutter-Grandcolas 1992b).

Os Orthoptera possuem desenvolvimento hemimetábolo e estão adaptados a ovipositar tanto no solo quanto em tecidos foliares (Alexander 1968). Estes insetos constituem uma importante fração da macrofauna de serrapilheira (Desutter-Grandcolas 1995, Sperber et al. 2007). São considerados insetos de hábitos onívoros devido à aceitação de alimentos de diferentes fontes quando em cativeiro. Em campo, acredita-se que sejam predominantemente herbívoros, comendo folhas e frutos e complementando sua dieta com alimentos de origem animal (Evans et al. 1965, Walker & Masaki 1989).

A ordem se subdivide em duas subordens: Caelifera e Ensifera. Os Ensifera se caracterizam por possuir antenas com mais de 30 artículos (com exceção dos Cooloolidae, da Austrália); ovipositor longo (na maioria dos casos), ensiforme ou tubular e órgãos auditivos, quando presentes, localizados na tíbia anterior ou no abdômen (Tetigonioidea) (Rentz 2000). Os Grylloidea (Ensifera), principal grupo presente na serrapilheira, apresentam aproximadamente 4500 espécies válidas (Price 1997) e se caracterizam por possuir tarsos com três segmentos e placas subgenitais sem estilos formadas pelo oitavo (fêmeas) e nono (machos) esternitos. Ambos os sexos têm cercos flexíveis e longos e as fêmeas apresentam ovipositor geralmente estiliforme, composto por

dois pares de valvas, com um terceiro bastante reduzido. As asas anteriores são do tipo tegmina, relativamente largas e bem desenvolvidas quando modificadas para produção de sinais acústicos nos machos. As espécies que se comunicam acusticamente apresentam um ou dois tímpanos auditivos. Espécies ápteras não possuem estas estruturas e, portanto, não se comunicam acusticamente. A produção do som ocorre pela vibração das áreas membranosas, delimitadas por nervuras, presentes nas asas. Geralmente a asa direita dobra-se sobre a asa esquerda a fim de estridular (Chopard 1949).

Várias hipóteses para a classificação dos Grylloidea já foram propostas, mas não há consenso entre os taxonomistas quanto ao número de famílias no grupo (Vickery 1976, Kevan 1982, Gorochov 1995a,b). O catálogo eletrônico Orthoptera Species File (OSF), consultado em 01 de junho de 2013, considera Gryllotalpidae, Mogoplistidae, Myrmecophilidae e Gryllidae, como as famílias atuais de Grylloidea. Representantes dos principais grupos taxonômicos da superfamília foram registrados nas regiões Neotropical, Australiana, Etiópica e Oriental (Walker & Masaki 1989), o que está de acordo com a afirmação de que sua diversidade é mais alta em regiões tropicais úmidas, não havendo registros de amostragem de indivíduos da superfamília em latitudes acima de 55 ° (norte e sul) (Alexander 1968).

Desutter (1987, 1988, 1990), por sua vez, classificou os Grylloidea com base nas estruturas do complexo fálico em sete famílias: Gryllidae, Eneopteridae, Oecanthidae, Paragryllidae, Phalangopsidae; Podoscirtidae e Trigonidiidae. Segundo esta mesma autora, os Phalangopsidae [no OSF esta família é considerada como uma subfamília em Gryllidae (Phalangopsinae)] são o grupo de grilos mais comum no sub-bosque de florestas úmidas da região Neotropical. Este *taxon* tem o hábito de se agregar em grutas, cavernas e cavidades do solo, forrageando à noite sobre a serapilheira, rochas e troncos (Desutter-Grandcolas 1995). Outros autores (Szinwelski 2012a) sugerem que o grupo mais comum na serapilheira seriam os membros da subfamília Nemobiinae (Gryllinae). Além destes, muitos outros grupos de grilos no neotrópico também têm como habitat

regiões no nível do solo, predominando na fauna de serapilheira espécies micrópteras e ápteras (Walker & Masaki 1989, Rentz 2000).

Os Grylloidea contam com 799 gêneros, 4500 espécies e 271 subespécies descritas atualmente (Eades & Otte 2013). Otte (1994) estimou que apenas 10% da fauna de Grylloidea das regiões tropicais já tenha sido descrita, e propôs ainda que pelo menos 11% da fauna de Grylloidea encontra-se na América do Sul. De fato, a grande quantidade de espécies novas descritas a cada estudo na região neotropical (Burnham & Johnson 2004, Hoorn et al. 2010) sugere que esta seja a menos estudada de todas as regiões biogeográficas (Schultz 2005). Mesmo em regiões bem amostradas, como Havaí e a Austrália, novas espécies são encontradas com relativa facilidade (Malhado 2009, Lewinsohn & Prado 2005).

1.2 Rede de Pesquisa Biota de Orthoptera do Brasil

Uma rede nacional de cooperação entre os orthopterologistas brasileiros foi criada com o intuito de incrementar o conhecimento sobre os Orthoptera do Brasil. Esse esforço, sob a coordenação do Professor Carlos Frakl Sperber (Universidade Federal de Viçosa), culminou na aprovação do Rede de Pesquisa Biota de Orthoptera do Brasil (Edital MCT/CNPq/MMA/MEC/CAPES/ FNDCT – Ação Transversal/FAPs N° 47/2010).

O projeto da rede de pesquisa foi submetido ao Sistema Nacional de Pesquisa em Biodiversidade (SISBIOTA) do CNPq e é composto por três sub-projetos: *i.* Diversidade Biológica, Sistemática e Biogeografia de Ortópteros; *ii.* Filogenia e Identificação Molecular em Orthoptera (DNA Barcodes) e *iii.* Determinantes da Biodiversidade de Orthoptera do Brasil. Esperam-se, como resultados, a formação de profissionais especializados no estudo da ordem em diversas vertentes, como a taxonômica, a ecológica e a evolutiva. O principal objetivo é conhecer os padrões e processos envolvidos na evolução e manutenção da diversidade do grupo, com hipóteses que incluam desde variáveis explicativas potenciais locais, até a avaliação da eventual interação entre

efeitos de bioma sobre os efeitos locais. Para isso, o projeto propôs a realização de grandes expedições de coletas em cinco dos seis principais biomas brasileiros: Mata Atlântica, Cerrado, Floresta Amazônica e Caatinga.

O presente trabalho está inserido no subprojeto “Determinantes da Biodiversidade de Orthoptera do Brasil” que está sob a coordenação Prof. Dr. Carlos Frankl Sperber (UFV) e tem como principal objetivo responder “Por que a diversidade de ortópteros varia entre locais?”, analisando a correlação de riqueza, equidade e composição de espécies de ensíferos (Orthoptera: Ensifera) com variáveis ambientais locais (estimadores de recursos, condições e risco de predação) e regionais (área de hábitat contínuo, isolamento, latitude, altitude e área total do bioma). O objetivo específico dessa dissertação se restringe a tentar detectar os determinantes locais de abundância das espécies dominantes de grilos de serrapilheira na Amazônia.

1.3 Amazônia Central

A Amazônia, segundo a classificação de Köopen, possui clima predominantemente Aw (Tropical monsonico), com temperaturas médias acima de 30 °C, precipitação anual acima de 2000 mm, alta umidade do ar e elevada evapotranspiração (Schultz 2005). É considerada a maior porção de floresta tropical contínua do mundo, ocupando uma área de mais de 7 milhões km² (Hoorn 2009), sendo um dos maiores biomas neotropicais e um *hotspot* de diversidade (Burnham 2004, Malhado 2009). Estima-se que exista neste bioma um grande número de espécies, dos mais variados grupos, grande parte ainda desconhecida pela ciência (Lewinsohn 2005).

Este déficit de conhecimento pode ser resultado da impressão inicial de que a Amazônia é um ecossistema homogêneo, no qual o conhecimento de poucas partes daria uma boa ideia do todo. No entanto, este bioma apresenta uma série de padrões ecológicos locais que são definidos por fatores geológicos, geomorfológicos, climáticos, hidrográficos e fitogeográficos regionais (Veloso 1991, Rizzini 1997). As alterações geológicas da Amazônia estão associadas principalmen-

te com as mudanças que ocorreram durante o período Terciário e Quaternário (Klammer 1984), quando a floresta pluvial úmida foi repetidamente substituída por floresta aberta de palmeiras, floresta de lianas e até mesmo por savanas em alguns locais. Algumas regiões estiveram mais susceptíveis a alternâncias de fisionomias florestais neste período do que outras, onde não houve alterações e que teriam funcionado como refúgios, locais que ofereceram condições ecológicas mais estáveis e uniformes às espécies de modo contínuo (Haffer 1982).

O relevo e o regime de águas também têm muita importância nas fisionomias florestais da Amazônia. Três tipos básicos de formações são encontrados na região: as Florestas de Terra Firme, que estão localizadas em áreas onde não ocorrem inundações; as Várzeas, áreas periodicamente inundadas por rios de águas brancas que se originam nos Andes; e os Igapós, onde também ocorrem inundações periódicas, mas de águas pretas. Estes regimes influenciam de maneira determinante a fauna e flora locais, pois diferentes colorações das águas indicam particularidades nutricionais que favorecem organismos diferentes (Rizzini 1997). Há ainda formações vegetais menores, como as Campinaranas (Veloso et al. 1991).

1.4 Modelos ecológicos

A Ecologia sempre se interessou pela relação entre fatores ambientais e a estrutura de populações, comunidades e ecossistemas. A fim de entender estas relações, os ecólogos se utilizam de modelos matemáticos, que são representações ou interpretações simplificadas de fenômenos observados, direta ou indiretamente por nossos sentidos, segundo uma estrutura de conceitos mentais ou experimentais (Carmona 1999). Quando os modelos estão bem ajustados, ou seja, a relação entre a causa circunstancial e a consequência ecológica estão bem explicadas, estes funcionam como instrumentos de previsão e controle dos fenômenos estudados (Begon et al. 2006).

Os ecólogos fazem uso de ferramentas estatísticas para modelar os sistemas ecológicos. O tratamento estatístico apropriado para trabalhar com a complexidade, imprevisibilidade e as múltiplas interações existentes entre indivíduo e habitat (Storch & Gaston 2004), varia de acordo com a natureza dos dados ambientais e da resposta do organismo. Por causa das limitações de todos os modelos ecológicos, vários estudos abordam os padrões de distribuição da biodiversidade sob diferentes perspectivas e hipóteses, como por exemplo, diferentes escalas temporais e espaciais. Essa multiplicidade de perspectivas pode ajudar a entender de modo mais eficiente a influência dos fatores ambientais sobre a abundância dos organismos (Bell et al. 1991, Ricklefs & Schluter 1993, Godfray & Lawton 2001, Storch & Gaston 2004, Turner 2004).

1.5 Hipóteses

Para que possamos construir um modelo que explique a abundância de grilos de serrapilheira na Amazônia, devemos escolher hipóteses que possam nos dar a dimensão das forças que atuam sobre os indivíduos da comunidade estudada. As hipóteses escolhidas pela Rede de Pesquisa Biota de Orthoptera foram: *Top-Down* e *Bottom-Up* (dividindo-se em Condições e Recursos).

1.5.1 Hipótese *Top-Down*

Segundo esta hipótese, a abundância dos grilos de serrapilheira é influenciada pela pressão de predação sofrida pelos grilos de serrapilheira. Este fator foi analisado por meio da contagem de formigas e do tempo que levou para que estas atacassem as iscas de sardinha oferecidas (Bestelmeyer 2000). As formigas foram escolhidas como modelo de predador por causa do impacto de predação que o seu ataque tem sobre a comunidade de artrópodes em vários níveis tróficos (Moja-Laraño & Wise 2007, Marinho et al. 2002).

1.5.2 Hipótese *Bottom-Up*

1.5.2.1 Condições

Segundo esta hipótese, a abundância dos grilos é determinada pelas condições do ambiente, que podem ser avaliadas por meio de três variáveis: *i.* A cobertura do dossel, que modificaria a incidência solar sobre a serrapilheira propiciando um aumento de umidade e diminuição de temperatura neste microambiente (Ashcroft & Gollan); *ii.* a umidade do solo que seria a responsável pela manutenção da microbiota detritívora do solo (Doran & Safley 1997); e *iii.* a profundidade da liteira que, em estudos anteriores, foi considerado um indicador de qualidade do ambiente e um dos fatores que influenciam positivamente a riqueza de espécies de grilos (Szinwelsky2012).

1.5.2.2 Recursos

Segundo esta hipótese, a abundância dos grilos seria determinada pela disponibilidade de recursos, que são considerados fatores que influenciam grandemente a distribuição dos organismos. Conhecendo os hábitos alimentares dos grilos em campo (Walker & Masaki 1989, Evans 1965), os recursos para grilos podem ser medidos pela disponibilidade de frutos e pela distância entre as árvores nos locais de ocorrência dos grilos, uma vez que uma maior densidade de árvores sugere uma quantidade de recursos no substrato.

1.6 Objetivo geral

Ampliar o conhecimento e entendimento da biodiversidade de ortópteros na Amazônia Central e compreender padrões e processos ecológicos determinantes da biodiversidade e suas relações com variáveis explicativas potenciais.

1.7 Objetivos específicos

- Determinar quais variáveis ambientais influenciam a abundância de grilos de serrapilheira na Amazônia Central.
- Compreender como estas mesmas variáveis influenciam a abundância dos grilos de serapilheira da Amazônia Central.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Locais de coleta

Apesar de parecer um ambiente homogêneo, a Floresta Amazônica é composta por diferentes fisionomias (Velooso 1991). Com o objetivo de tentar estudar os principais fatores que influenciam a abundância de diferentes espécies de grilos na serapilheira de diferentes ambientes dentro da Floresta Amazônica, escolhemos três áreas com características distintas nas proximidades de Manaus: a Reserva florestal Adolpho Ducke, uma importante área não inundável amazônica; Tarumã-Mirim, uma área de inundação regular; e Reserva Biológica da Campina, que abriga a vegetação de campina, uma fitofisionomia particular da Amazônia (Adis 2002). As coletas foram realizadas no período de seca na região, durante os dias 15 e 29 de julho de 2011.

2.1.1 Reserva Florestal Adolpho Ducke (Ducke)

Localizada a 26 km a nordeste de Manaus, seguindo a Rodovia Manaus-Itacoatiara, é uma reserva de Floresta tropical úmida típica, altamente preservada, com uma área total de 90 km², pertencente ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). É uma das regiões não inundáveis mais bem estudadas da Amazônia Central, classificada com clima do tipo AFI, quente e úmido, com chuvas bem distribuídas durante o ano todo, com temperatura média de 26 °C (máxima 39 e mínima 19° C) e precipitação anual variando de 1.900 a 2.300 mm, sendo a estação chuvosa de dezembro a maio e a estação seca de junho a novembro (PELD 2013). O solo está coberto por uma fina camada de húmus, permeada por finas raízes e coberta por uma camada de folhas caídas das árvores (Adis 2002).

2.1.2 Tarumã-Mirim (Tarumã)

Situada no curso do Rio Tarumã-Mirim, a 20 km de Manaus, a área de Tarumã-Mirim possui árvores com até 35 m de altura, altamente colonizadas por epífitas nas regiões de dossel mais fechado. O solo argiloso-arenoso é coberto por uma camada de húmus que varia de 5

a 10 cm, interpenetrado por raízes, com abundância de invertebrados terrestres. Esta área tem sofrido inundações sazonais pelo menos durante o último milhão de anos (Adis 2002), o que a torna uma área bastante interessante para as coletas. Tarumã-Mirim apresenta diversas áreas de capoeira degradadas originadas de atividade agropecuária (áreas de pasto e de plantio abandonadas) além de ser alvo de especulação imobiliária. (Wandell 2008).

2.1.3 Reserva da Campina (Campina)

Situada no quilômetro 62 da Rodovia Manaus-Boavista, apresenta solo arenoso, coberto por uma fina camada de serapilheira composta basicamente por folhas, com algumas regiões cobertas por espessas camadas de húmus. A área está coberta por vegetação arbustiva bastante típica, com árvores de dossel baixo (geralmente entre 15 e 25 metros de altura) recobertas por epífitas. Em determinadas regiões, a superfície do solo está coberto por líquens (Adis 2002).

2.2 Coleta de dados

2.2.1 Amostragem de grilos

Em cada uma das três áreas foi traçado, a partir de 30 metros da borda da mata, um transecto de 900 metros, contendo 30 conjuntos de armadilhas, distantes 30 metros umas das outras. Em cada conjunto foram dispostas cinco armadilhas em linha, distantes 2 metros umas das outras, totalizando 150 armadilhas por área (Figura 2.1).

As armadilhas utilizadas foram do tipo *pitfall* (armadilhas de queda), que se consistem em potes plásticos de 15 cm de diâmetro e 18 cm de profundidade. Como solução mortífera, utilizamos álcool combustível (Szinwelsky et al. 2012b), que além de ser conveniente por questões logísticas (transporte da solução até os locais de coleta), preserva o DNA e garante uma amostragem mais completa, por fazer com que os indivíduos capturados afundem e morram mais rapidamente que soluções mortíferas tradicionais (Szinwelsky et al. 2013). As armadilhas foram posicionadas de modo que a abertura ficasse exatamente no mesmo nível que a parte superior da

serapilheira, e permaneceram no campo durante 48 horas, período após o qual foram recolhidas. Todo o conteúdo (álcool e organismos amostrados) foram então levados ao laboratório, onde foram devidamente triados e morfoespeciados.

Após triagem, o material oriundo de cada armadilha foi depositados em um tubo PET de 90 ml contendo álcool comercial a 92,8 °. Todos os tubos foram identificados com etiquetas contendo a data do recolhimento, local (uma das três áreas), o número do conjunto amostral (1 – 30) e sua respectiva armadilha (A – E). Os espécimes coletados foram morfoespeciados pelo Dr. Francisco de Assis Ganezo de Mello, professor da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, em Botucatu, SP, especialista em Sistemática e Biogeografia de Ortópteros Ensíferos. Os tipos de espécies novas que eventualmente foram coletados serão depositados na coleção de Orthoptera do Departamento de Zoologia da UNESP - Botucatu. Os demais exemplares serão depositados na Coleção de Orthoptera do Laboratório de Orthopterologia, afiliado ao Museu Regional de Entomologia da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

2.2.2 Variáveis ambientais

2.2.2.1 Variáveis *Top-Down*

Variáveis *Top-Down* visam fornecer uma medida do risco de predação em cada local. Por esta hipótese, a abundância de diferentes espécies de grilos seria negativamente influenciada pela presença de predadores.

Para avaliar tal risco, nós utilizamos a metodologia de adicionar ao ambiente iscas de sardinha, que foram colocadas sobre papel cartão branco (para facilitar a visualização) ao lado de cada uma das cinco armadilhas dispostas em cada conjunto do transecto. A variável “Ataque” é binária (zero ou um) e foi avaliada pela observação do ataque da isca por formigas num intervalo de 180 segundos (Bestelmeyer et al. 2000). Assim, se neste período a sardinha foi tocada por uma formiga, era dado o valor um (1), caso contrário, era dado o valor zero (0). Como a observação

foi feita por armadilha, os valores por conjunto variam de zero (nenhuma isca ao lado das armadilhas foi visitada por qualquer formiga) a cinco (todas as iscas foram visitadas por formigas).

Ainda dentro de risco de predação, utilizamos a variável “Contato Sardinha” para avaliar a velocidade de ataque, ou seja, em quanto tempo a isca de sardinha é atacada no mesmo intervalo de 180 segundos mencionado anteriormente. Como esta variável foi medida nas cinco armadilhas de cada conjunto, apenas o tempo mais curto de ataque foi considerado nesta medida.

A partir destas medidas, esperamos que locais com maior risco de predação apresentem mais ataques por armadilha em intervalo menores de tempo que locais com menor risco de predação.

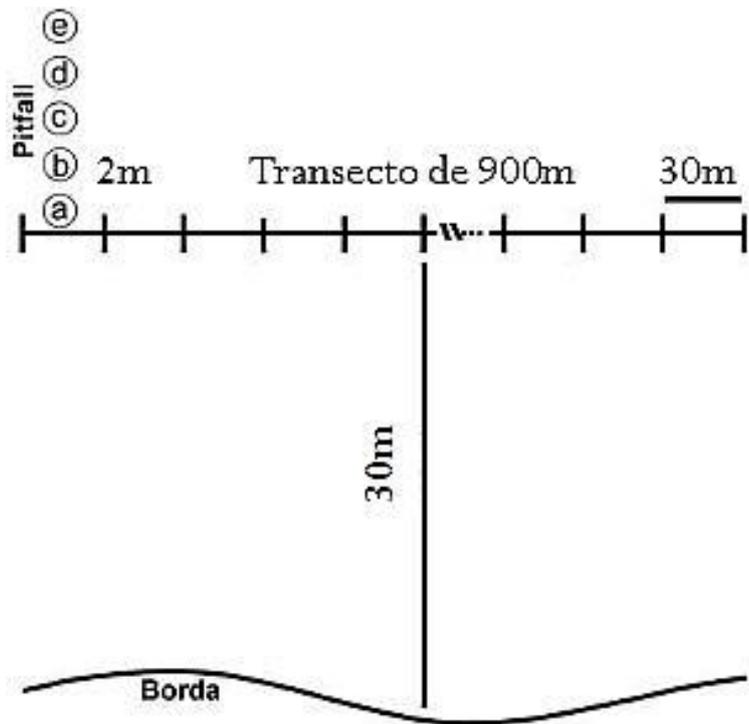


Figura 2.1 Esquema de amostragem de grilos de serrapilheira proposto pela Rede de pesquisa Biota de Orthoptera do Brasil, utilizando armadilhas de queda (pitfall) Os transectos foram posicionado a partir de 30 metros da borda da mata, cada transecto continha 30 conjuntos de armadilhas, distantes 30 metros umas das outras, totalizando 900 m de comprimento. Cada conjunto de armadilha era composto por 5 pitfalls.

2.2.2.2 Variáveis *Bottom-Up*

Variáveis *Bottom-Up* visam fornecer uma medida da qualidade do ambiente em cada local. Por esta hipótese, a abundância de diferentes espécies de grilos afetada pelas condições ambientais bem como pela disponibilidade de recursos em cada área avaliada.

Para verificar as condições do ambiente, escolhemos três variáveis, a “profundidade da liteira”, a “umidade do solo” e a “cobertura de dossel”. Os recursos foram avaliados através de duas medidas: “distância entre as árvores” e “presença de frutos”.

A profundidade da liteira, ou da serapilheira, é um bom indicador da qualidade do ambiente e foi medida com o auxílio de uma régua ao lado de cada uma das cinco armadilhas de cada conjunto. Cada medida foi feita da superfície do solo à superfície da liteira, e a variável “profundidade da liteira” de cada conjunto corresponde à medida média das cinco armadilhas.

A umidade do solo é responsável pela manutenção da microbiota detritívora do solo, que é elemento de suma importância na manutenção da biodiversidade amazônica (Doran & Safley 1997, Fanin et al. 2011). Esta variável foi aferida ao lado de cada armadilha com um medidor eletrônico de umidade do solo (Falker-Hidrofán HFM2030). O valor da variável “umidade do solo” de cada conjunto corresponde à média das medidas das cinco armadilhas.

A cobertura do dossel mantém um microambiente mais úmido e menos exposto à luminosidade (McCluney & Date 2008). Para avaliar a cobertura de dossel, uma câmera digital Canon EOS 5D MARK II equipada com uma lente hemisférica AF DX Fisheye-Nikkor 10.5 mm f/2.8G ED foi posicionada a um metro acima da superfície do solo, com a ocular voltada para cima, sobre a terceira armadilha do conjunto. Nesta posição, foi obtida uma imagem que foi avaliada com o auxílio do software Gap Light Analyzer (GLA) (Frazer et al. 1999), que mede a proporção da cobertura de dossel mostrada na imagem.

A primeira medida de recursos foi a “distância entre árvores”. Neste sentido, quanto menor a distância entre as árvores no local, maior a densidade de árvores e portanto maior seria a

disponibilidade de recursos para os grilos de serapilheira. Na impossibilidade de definir quadrantes nas áreas amostradas, esta medida foi feita, em cada conjunto, a partir da terceira armadilha (a armadilha central). Para isso, foram traçadas duas retas imaginárias, dispostas perpendicularmente tendo a armadilha C como ponto central, formando quatro quadrantes. Em cada quadrante fizemos a medida da árvore mais próxima ao ponto central e a variável “distância entre árvores” corresponde à média entre as quatro medidas.

A segunda medida de recursos foi a “presença de frutos”. Partimos do pressuposto de que frutos representam uma importante fonte de recursos (tais como açúcares e algumas vitaminas) extremamente raros no restante do ambiente, o que pode influenciar positivamente a abundância dos grilos de serapilheira (Walker & Masaki 1989, Evans et al. 1965). A presença de frutos foi tratada como uma variável binária (presença ou ausência) ao redor de cada uma das armadilhas. A variável “presença de frutos” varia de zero (ausência de frutos ao redor das cinco armadilhas de um conjunto) a cinco (presença de frutos ao redor de cada uma das armadilhas do conjunto).

2.3 Análises estatísticas

As análises estatísticas foram feitas com os pacotes MCMCglmm, programa estatístico onde foram executadas as comparações de modelo e pacote boa (Bayesian Output Analysis Program, 2008), programa utilizado para verificar a convergência de valores do parâmetro, no programa computacional livre R (R Development Core Team 2008).

Antes de iniciar a busca pelo melhor modelo que explique a abundância de cada uma das nove morfoespécies estudadas, é necessário determinar qual a distribuição dos dados. Como os dados obtidos são contagem (número de indivíduos de uma determinada morfoespécie capturados por conjunto), a distribuição dos dados deve obedecer à binomial negativa ou a um dos seus casos específicos (mais simples), como Poisson, que infere a ausência de superdispersão ou ZIP (Zero Inflated Poisson) que corrige erros metodológicos que aumentem artificialmente a quantidade de zeros (conjuntos onde não foi capturado nenhum indivíduo da morfoespécie em estudo).

Para inferir o melhor modelo explicativo de cada hipótese (*Top-Down* e *Bottom-Up*) em cada morfoespécie estudada, visualizamos graficamente a distribuição da abundância de cada uma delas em função de cada variável medida, na busca por padrões lineares, polinomiais ou logarítmicos. A partir disso, construímos diversos modelos, representando as três distribuições possíveis de modo a selecionar aquele que melhor explique a relação entre a abundância da morfoespécie (Y) com as variáveis contidas em cada hipótese (componentes do X). Este processo foi feito em separado para cada hipótese. Se, por exemplo, em uma hipótese há duas variáveis, a primeira se comporta de forma linear e a segunda logarítmica, são construídos dois modelos diferentes. No primeiro modelo a variável 1 é tratada como linear e a 2 como logarítmica. No segundo, ambas as variáveis são tratadas como lineares. Isso é feito para garantir que a observação gráfica da abundância em função da covariável foi feita adequadamente e para tentar simplificar ao máximo os modelos [relações lineares são mais simples que as polinomiais ou logarítmicas, se uma relação é igualmente explicável por modelos de complexidade diferentes, é recomendável escolher o mais simples (Dym 1980)]. Os modelos inferidos desta maneira tiveram seus DICs (*Deviance Information Criterion*, Spiegelhalter et al., 2002) medidos sob distribuição binomial negativa, Poisson e Zip. Aquele que apresentou o menor DIC foi considerado o mais adequado.

Após a escolha do modelo, são então inferidos os parâmetros de cada covariável. Por exemplo, em um modelo linear do tipo $Y = aX + b$, é necessário inferir o valor de b (intercepto) e de a (parâmetro de X). Como esta inferência é Bayesiana, o critério para definir se uma variável é significativa ou não consiste em gerar o gráfico de densidade de probabilidade posterior dos valores inferidos para o parâmetro da variável em estudo (Figura 2.2). Caso o intervalo de credibilidade (95% dos valores inferidos) do valor do parâmetro contenha zero (0), a variável não é considerada significativa, pois pode ser eliminada sem alterar o modelo.

Outro passo importante em uma análise Bayesiana é gerar valores em número suficiente para que haja convergência dos valores gerados para cada um dos parâmetros, ou seja à princípio valores aleatórios são gerados para os parâmetros das covariáveis. A cada iteração nos aproxima-

mos de valores de parâmetros mais explicativos da relação das variáveis com aproxima, além disso, é necessário eliminar os valores preliminares antes da convergência dos valores. A Figura 2.3 mostra o progresso da busca pelo valor de um determinado parâmetro (θ_1) numa análise Bayesiana para uma covariável (Cov. 1). O ideal é ter uma amostra grande de valores para que se atinja a convergência, o que é conseguido com um grande número de iterações. Para garantir que isso ocorra é necessário verificar se um número suficiente de iterações foi realizado e se o período de aquecimento de cadeia (Figura 2.3 A) foi devidamente eliminado. Para isso, utilizamos o pacote boa, uma ferramenta que contém diversos testes de convergência de cadeia, como o teste de Geweke (1992), que foi o teste utilizado neste trabalho para verificação de convergência de cadeia.

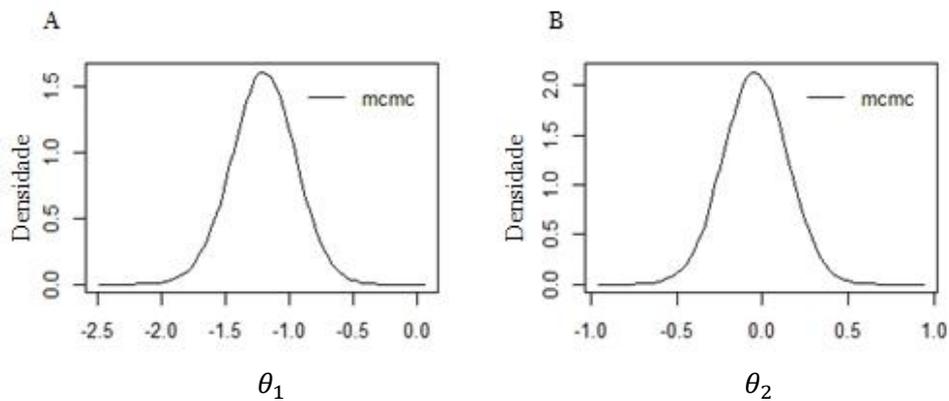


FIGURA 2.2 –Densidade de probabilidade posterior de duas covariáveis. θ_1 foi considerada significativa, pois sua distribuição não contém o valor zero (A), θ_2 é não significativa, pois o sua distribuição passa pelo zero.

Para ilustrar o procedimento adotado na escolha do modelo mais apropriado, vamos apresentar as etapas necessárias para a formulação do modelo de predição da abundância de *Hygronemobius* sp. 1, a espécie dominante nas três áreas estudadas, para a hipótese *Top-Down*. A Figura 2.4 mostra os gráficos relacionando a abundância da espécie com as duas covariáveis desta hipótese, “ataque” e “contato de sardinha”, conforme explicadas no item 2.2.2.1.

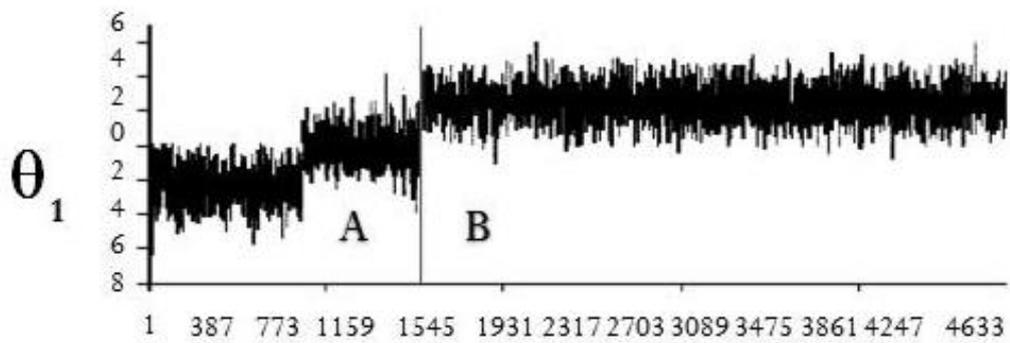


FIGURA 2.3 – Visualização das simulações do parâmetro θ_1 da Cov. 1. (A) Região de aquecimento de cadeia, que precisa ser eliminada da análise final pois representa a fase em que ainda não ocorreu a convergência dos valores do parâmetro em estudo. (B) Região estável de já houve a convergência dos valores do parâmetro.

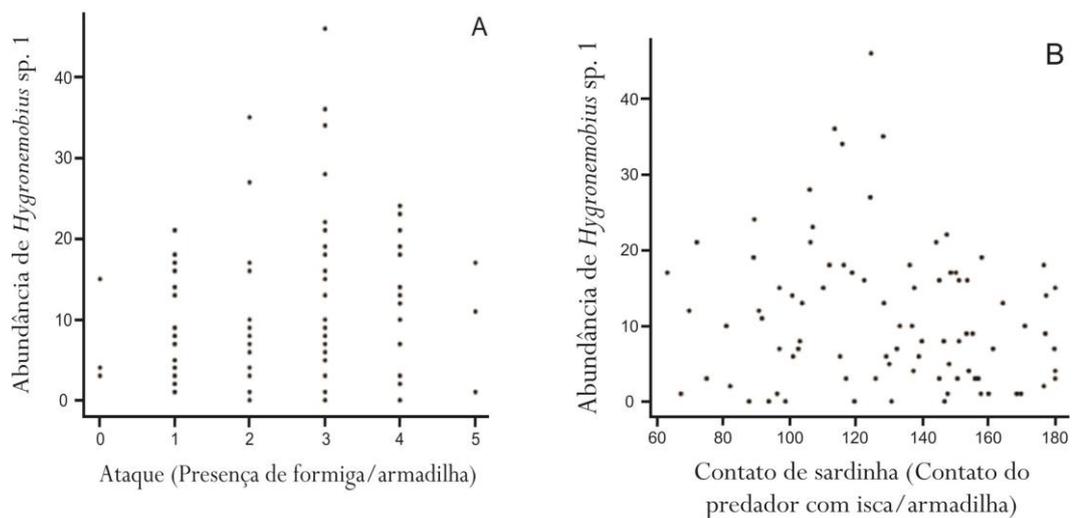


Figura 2.4 Distribuição da abundância de *Hygronemobius* sp. 1 em função A da variável Ataque e B – Contato de sardinha para inspeção visual

A partir da observação da figura 2.4, hipotetizamos que ambas as variáveis interferem exponencial na abundância de *Hygronemobius* sp.1 . Com isso, o modelo a ser testado deve ser do tipo $Y = e^{b+a_1 \cdot cov_1+a_2 \cdot cov_1^2+a_3 \cdot cov_2+a_4 \cdot cov_2^2}$. O DIC deste modelo é calculado nas três distribuições usadas (Binomial Negativa, Poisson e ZIP). O menor DIC indica o melhor modelo. O próximo passo é inferir os valores dos parâmetros (neste caso a_1 a a_4). Permanecerão no modelo apenas os parâmetros considerados significativos. Caso nenhum parâmetro seja significativo, a hipótese é rejeitada. As demais hipóteses são testadas da mesma maneira.

Após a verificação de quais variáveis foram significativas dentro de cada hipótese, foi avaliada a interação destas covariáveis com a localidade. Por termos coletamos em três regiões diferentes, decidimos investigar se havia algum efeito local interferindo na relação de abundância da morfoespécie com a variável. Assim, um modelo que tenha sido descrito como $Y = e^{b+a_1 \cdot cov_1}$, foi analisado mais uma vez como $Y = e^{b+a_1 \cdot cov_1 \cdot a_2 \cdot Local}$. Este novo modelo foi avaliado da mesma forma que os anteriores, comparando os DICs do modelo com a interação e o modelo sem a interação, e considerando o modelo com menor DIC o mais adequado.

3 RESULTADOS

Um total de 1.851 indivíduos foram coletados e levados à Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, ao laboratório do Dr. Francisco de Assis Ganezo de Mello, especialista em Sistemática e Biogeografia de Ortópteros Ensíferos, que os classificou em 30 diferentes morfoespécies, mostradas na Tabela 3.1, que mostra a clara dominância da morfoespécie *Hygro-nemobius* sp. 1 em todas as áreas amostradas. A Tabela 3.1 também revela diferenças acentuadas na abundância das diferentes morfoespécies, de modo que algumas estão presentes em todas as áreas, como Luzarinae sp.1, Landrevinae sp. 1 e Mogoplistidae sp. 1, apesar de apresentarem abundâncias diferentes. Outras espécies estão ausentes em uma das populações, como Landrevinae sp. 1 e sp. 2, Nemobiinae sp.1, Luzaridella sp.1 e Ligypterus sp. 1. Os dados da Tabela 3.1 também mostram que algumas espécies são extremamente raras, algumas com um único indivíduo amostrado, de modo que instituímos um ponto de corte e avaliamos apenas a abundância das espécies cujo número de amostras foi maior que 30, e portanto estudamos apenas as nove espécies mais abundantes.

Por estarmos lidando com contagens, testamos três possíveis distribuições: Poisson, ZIP (*Zero Inflated Poisson*, uma distribuição para dados de contagem com excessos de zero) e binomial negativa (distribuição capaz de tratar a superdispersão em dados de contagem). Conforme explicitado em Materiais e Métodos, as três distribuições foram avaliadas em cada morfoespécie estudada, com todos os modelos aplicáveis a cada hipótese através do critério denominado DIC, que indicou que a distribuição mais adequada aos dados das nove espécies foi a distribuição Poisson.

Para a distribuição a função de ligação é log que relaciona o preditor linear (η), parte sistemática e não aleatória da interação estatística estudada, ao valor esperado (μ) de uma variável resposta y , isso significa que modelos para contagens, baseados na independência das variáveis, levam a efeitos multiplicativos e isto é expresso pela função de ligação log, onde $\eta = \log \mu$. Desta

forma, efeitos aditivos que contribuem em η se tornam efeitos multiplicativos que contribuem para μ , sendo este necessariamente positivo (McCullagh and Nelder, 1989).

Por este motivo cada modelo foi mostrado como uma equação do tipo $Y = e^{a+bX}$, $Y = e^{a+bX+cX^2}$ ou $Y = e^{a+b \log X}$, a depender do modelo inferido. Vale ressaltar que o X destas equações é composto por todas as variáveis cabíveis e seus respectivos parâmetros.

Após inferirmos o modelo mais adequado para cada hipótese em todas as morfoespécies, testamos sua interação com a localidade de coleta, mas não verificamos relação significativa entre os melhores modelos inferidos em cada hipótese testada e a localidade, de modo que os dados foram considerados como provenientes de um mesmo conjunto amostral, com 90 unidades amostrais no total.

Conforme explicitado na seção de Material e Métodos, tentamos medir o efeito da presença de predadores na abundância de grilos de serapilheira através das covariáveis “Ataque” e “Contato de sardinha” (hipótese *Top-Down*). Não foi possível identificar qualquer correlação significativa entre a abundância de cada uma das nove morfoespécies estudadas e a presença de formigas (quantidade de indivíduos ou velocidade de ataque), ou seja, em todos os modelos onde estas variáveis foram parametrizadas, os valores simulados para os respectivos parâmetros continham o valor zero no eixo X do gráfico de densidade de probabilidade, não podendo ser considerados como significativos.

De um modo geral, a hipótese *Bottom-up*, ou a relacionada com condições e recursos, influenciou a abundância das morfoespécies em estudo. A abundância da maioria das morfoespécies respondeu a umidade do solo. Um dos pontos amostrados, no entanto, resultou em um valor de umidade muito acima dos demais (70 % de umidade do solo), motivo pelo qual foi retirado das análises. Cabe ressaltar que a medida deste ponto foi feita em uma região imersa em água, enquanto todos os demais feitos em terra não alagada. A influência da umidade do solo não se alterou, para nenhuma morfoespécie, com a retirada deste ponto.

Uma das morfoespécies, *Hygronemobius* sp.1, parece ser influenciada pela profundidade da liteira e em algumas morfoespécies foi observada, além da umidade do solo, a influência da presença de frutos e da distância entre árvores, variáveis relacionadas a recursos. Na sessão 3.1 estão detalhados os melhores modelos inferidos para cada espécie em estudo.

Tabela 3.1: Total de indivíduos capturados por morfoespécie em três áreas de floresta amazônica, com fisionomias diferentes: Reserva Florestal Adolpho Ducke (Ducke), Tarumã-Mirim (Tarumã) e Reserva da Campina (Campina), ordenadas em função da abundância total de indivíduos capturados.

Morfoespécie	Ducke	Tarumã	Campina	Total
<i>Hygronemobius</i> sp. 1	389	137	440	966
Luzarinae sp. 1	154	8	38	200
Landrevinae sp. 1	6	42	122	170
Landrevinae sp. 2	0	1	95	96
Landrevinae sp. 3	47	29	0	76
Nemobiinae sp. 1	56	19	0	75
<i>Luzaridella</i> sp. 1	38	11	0	49
<i>Ligypterus</i> sp. 1	38	3	0	41
Mogoplistidae sp. 1	17	16	1	34
Paraoechantinae sp. 1	1	0	20	21
<i>Aclodes</i> sp. 1	13	4	1	18
Neoaclini sp. 1	13	1	0	14
<i>Hygronemobius</i> sp. 2	8	1	4	13
Strogulomorphini sp. 1	12	0	0	12
<i>Luzarida</i> sp. 1	9	2	0	11
Mogoplistidae sp. 2	1	0	9	10
Trigonidiidae sp. 1	8	0	0	8
<i>Lerneca</i> sp. 1	8	0	0	8
Tridactilydae sp. 1	5	0	2	7
<i>Phalangopsis</i> sp. 1	3	2	0	5
Trigonidiidae sp. 2	1	0	3	4
Mogoplistidae sp. 3	2	2	0	4
<i>Aclodes</i> sp. 2	3	0	0	3
<i>Miogryllus</i> sp. 1	1	1	0	2
<i>Paragryllus</i> sp. 1	0	0	2	2
Luzarinae sp. 2	0	0	2	2
Diatrypa sp. 1	0	1	1	2
Gryllidae sp. 1	2	0	0	2
<i>Benoistella</i> sp. 1	1	0	0	1
Eneoptera sp. 1	0	1	0	1
Neometrypini sp. 1	0	1	0	1
Total	836	282	740	1858

3.1 Modelos

3.1.1 *Hygronemobius* sp. 1

Esta morfoespécie foi a única que respondeu significativamente à variável profundidade da liteira, que por sua vez foi a única variável explicativa de sua abundância, já que todas as outras variáveis apresentaram parâmetros cujos valores não são significativamente diferentes de zero. A Figura 3.1 mostra essa relação, que pode ser representada pelo modelo $Y = e^{3,9715 - 1,2113 \log(X)}$, ou seja, há uma relação logarítmica negativa entre a profundidade da liteira a abundância desta morfoespécie.

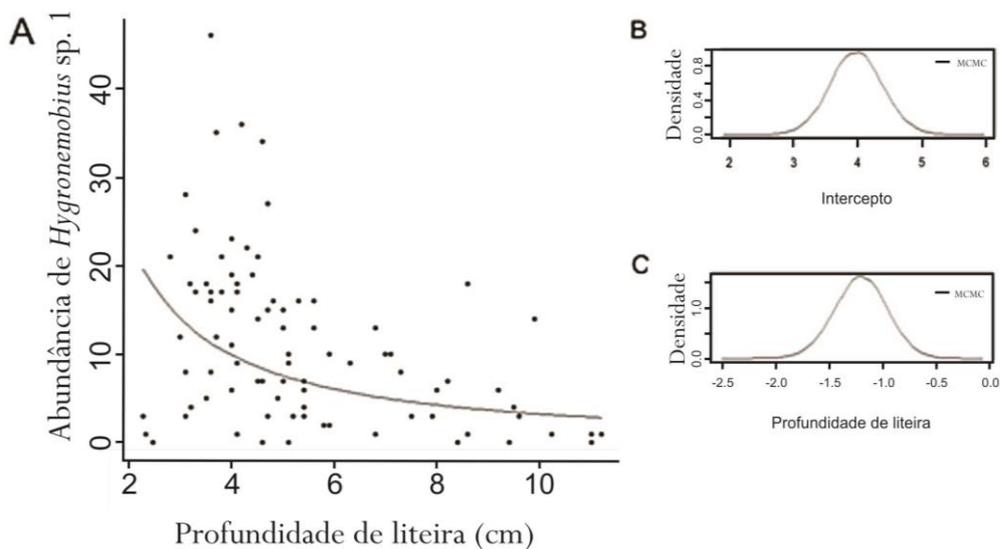


Figura 3.1 A - Gráfico demonstrando a influência da profundidade da liteira sobre a abundância de *Hygronemobius* sp. 1, expressa pela equação $Y = e^{3,9715 - 1,2113 \log(X)}$, onde o valor médio para o intercepto, conforme consta da fórmula, é 3,9715 com intervalo de credibilidade (abrangendo 95% dos valores simulados) entre 3,1568 e 4,7777 (B). O valor médio para o parâmetro da variável profundidade da liteira é -1,2113, com intervalo de credibilidade entre -1,64949 e -0,7177 (C). B e C mostram a densidade da probabilidade posterior dos valores simulados dos dois parâmetros estudados. A convergência das simulações foi verificada pelo critério de Geweke (1992).

3.1.2 *Luzarinae* sp. 1

Esta é a segunda espécie mais abundante do trabalho. Porém, a Tabela 3.1 revela que é bastante abundante em Ducke, sendo mais rara nas outras duas áreas de estudo. A busca por hipóteses explicativas para abundância desta espécie mostrou que, dentre todas as variáveis medidas,

apenas a umidade do solo foi significativa, apresentando uma relação polinomial representada pela equação $Y = e^{-3,052178+0,350343X-0,007281X^2}$. (Figura 3.2) Esta relação sugere um intervalo de valores de umidade do solo que maximizam a probabilidade de captura de *Luzarinae sp. 1*, em torno de 20 a 30%.

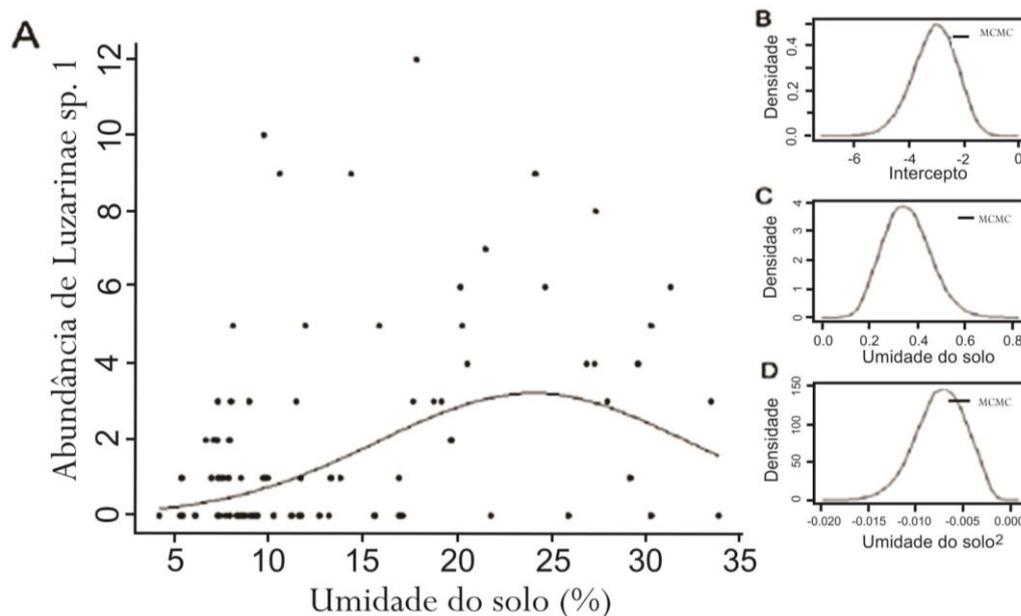


Figura 3.2 A - Gráfico demonstrando a influência da umidade do solo sobre a abundância de *Luzarinae sp. 1*, expressa pela equação $Y = e^{-3,052178+0,350343X-0,007281X^2}$, onde o valor médio para o intercepto, conforme consta da fórmula, é $-3,052178$ com intervalo de credibilidade (abrangendo 95% dos valores simulados) entre $-4,665440$ e $-1,541863$ (B). O valor médio para o parâmetro da variável umidade do solo é $0,350343$, com intervalo de credibilidade entre $0,162717$ e $0,542915$ (C) e o valor médio para o parâmetro umidade do solo² é $-0,007281$, com intervalo de credibilidade entre $-0,012324$ e $-0,002331$. B e C mostram a densidade da probabilidade posterior dos valores simulados dos dois parâmetros estudados. A convergência das simulações foi verificada pelo critério de Geweke (1992).

3.1.3 *Landrevinae sp. 1*

A terceira morfoespécie mais abundante em nossas coletas é muito frequente na Reserva da Campina, um pouco mais rara em Tarumã e raríssima em Ducke. A abundância desta morfoespécie também responde unicamente à umidade do solo, porém de forma negativa e log-linear, que pode ser expressa pelo modelo $Y = e^{5,946+2,584X}$, que mostra que a espécie é muito mais abundante em locais com baixa umidade de solo (até 10 ou 15%) que em regiões mais úmi-

das, o que explica porque esta espécie é mais abundante (a segunda espécie mais abundante) na mais seca das três áreas estudadas. (Figura 3.3)

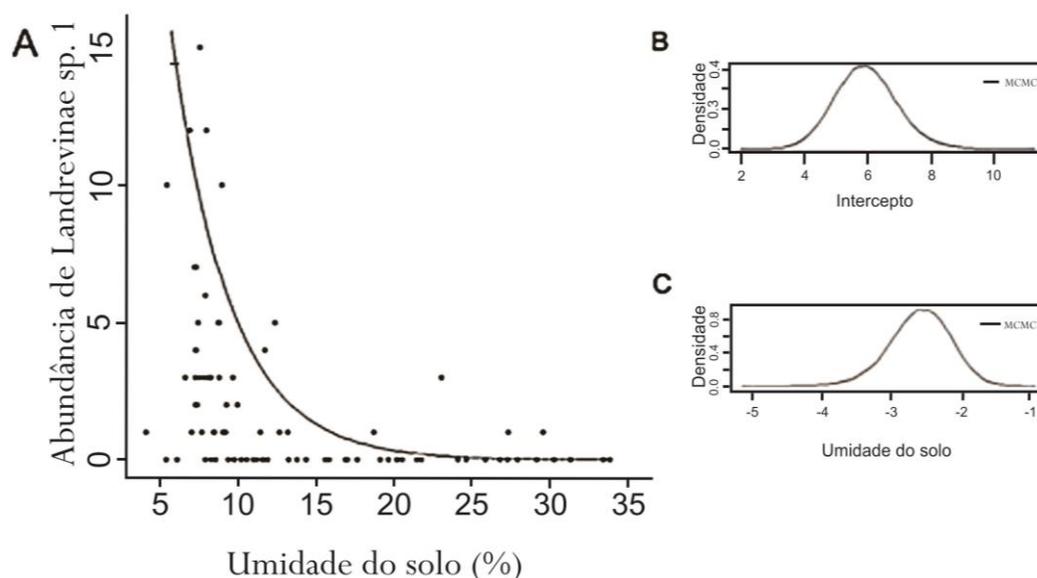


Figura 3.3: A - Gráfico demonstrando a influência da umidade do solo sobre a abundância de Landrevinae sp. 1, expressa pela equação $Y = e^{5,946+2,584x}$, onde o valor médio para o intercepto, conforme consta da fórmula, é 5,946 com intervalo de credibilidade (abrangendo 95% dos valores simulados) entre 4,040 e 7,865 (B). O valor médio para o parâmetro da variável umidade do solo é -2,584, com intervalo de credibilidade entre -3,446 e -1,727 (C). B e C mostram a densidade da probabilidade posterior dos valores simulados dos parâmetros estudados. A convergência das simulações foi verificada pelo critério de Geweke (1992).

3.1.4 Landrevinae sp. 2

A segunda espécie mais frequente da subfamília Landrevinae também apresenta alta frequência na Reserva da Campina, mas, ao contrário da sp.1, está presente em Ducke e somente um indivíduo foi encontrado em Tarumã. Também neste caso a umidade do solo é a única variável significativa, que pode ser representada pela equação $Y = e^{-0,2275X}$ (Figura 3.4). Os resultados sugerem que esta espécie é ainda mais restrita a ambientes secos, tendo sido capturada apenas em armadilhas montadas em locais onde a umidade do solo foi menor que 10 %.

3.1.5 Landrevinae sp. 3

A terceira morfoespécie mais abundante da subfamília Landrevinae, ao contrário das outras duas, é mais abundante em Ducke, com vários indivíduos coletados em Tarumã e está au-

sente na Reserva da Campina. A abundância desta morfoespécie apresenta relação polinomial com a umidade do solo, que pode ser representada pela equação $Y = e^{-3,345820+0,290706x-0,006123x^2}$ (Figura 3.5). A distribuição dos dados de abundância de Landrevinae sp. 3 indica que é mais provável coletar indivíduos desta espécie em regiões com níveis intermediários de umidade (de 15 a 30%).

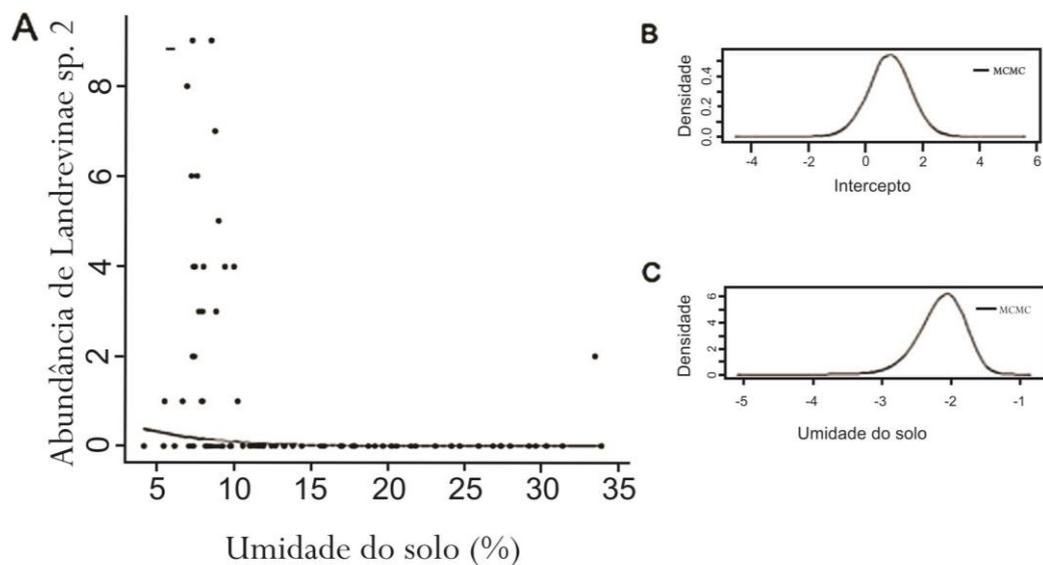


Figura 3.4: A - Gráfico demonstrando a influência da umidade do solo sobre a abundância de Landrevinae sp. 2, expressa pela equação $Y = e^{-0,2275x}$, o valor para o intercepto não é significativo, pois seu intervalo de credibilidade contém zero, como pode ser verificado na Figura (B). O valor médio para o parâmetro da variável umidade do solo é $-0,2275$, com intervalo de credibilidade (abrangendo 95% dos valores simulados) variando de $-0,3622$ e $-0,1046$ (C). B e C mostram a densidade da probabilidade posterior dos valores simulados dos parâmetros estudados. A convergência das simulações foi verificada pelo critério de Geweke (1992)

3.1.6 Nemobiinae sp. 1

Este nemobiíneo apresenta um padrão parecido ao encontrado em Landrevinae sp. 3, estando ausente na Reserva da Campina, com maior abundância em Ducke e um pouco mais rara em Tarumã. De modo diferente das outras espécies estudadas, a abundância desta morfoespécie sofre influência da umidade do solo (Figura 3.6), expressa pelo modelo $Y = e^{-2,052858+0,052033X}$ e também da distancia entre árvores (Figura 3.7) expressa pelo modelo $Y = e^{-2,240418+0,008370X}$.

A Figura 3.6 mostra que esta espécie é bem pouco frequente em todas as amostras, uma vez que o máximo de indivíduos por conjunto foi quatro (apenas uma ocorrência). Na maioria dos conjuntos, no máximo dois indivíduos foram capturados. O modelo de relação com a umidade do solo indica que em solos mais úmidos a probabilidade de coleta desta espécie foi maior. No mesmo sentido, quanto maior a distância entre as árvores (menor densidade de árvores) maior a probabilidade de captura de *Nemobiinae* sp. 1.

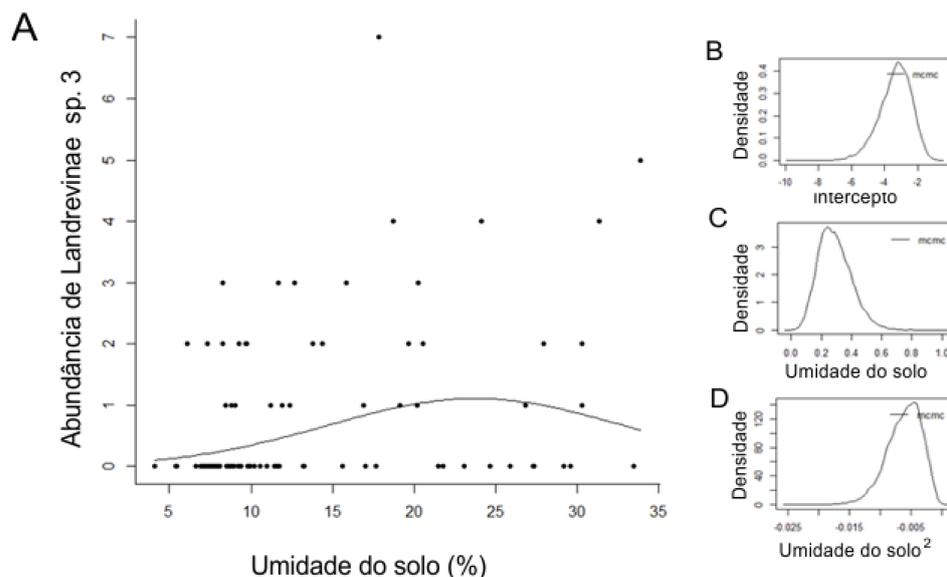


Figura 3.5: A - Gráfico demonstrando a influência da umidade do solo sobre a abundância de *Landrevinae* sp. 3, expressa pela equação $Y = e^{-3,345820+0,290706x-0,006123x^2}$, onde o valor médio para o intercepto, conforme consta da fórmula, é -3.345820 com intervalo de credibilidade (abrangendo 95% dos valores simulados) entre -5.292697 e -1.641039 (B). O valor médio para o parâmetro da variável umidade do solo é 0.290706, com intervalo de credibilidade entre 0.092124 e 0.498557 (C), por fim, valor médio para o parâmetro da variável umidade do solo ao quadrado é -0.006123, com intervalo de credibilidade entre -0.011511 e -0.001175 (D). B, C e D mostram a densidade da probabilidade posterior dos valores simulados dos parâmetros estudados. A convergência das simulações foi verificada pelo critério de Geweke (1992).

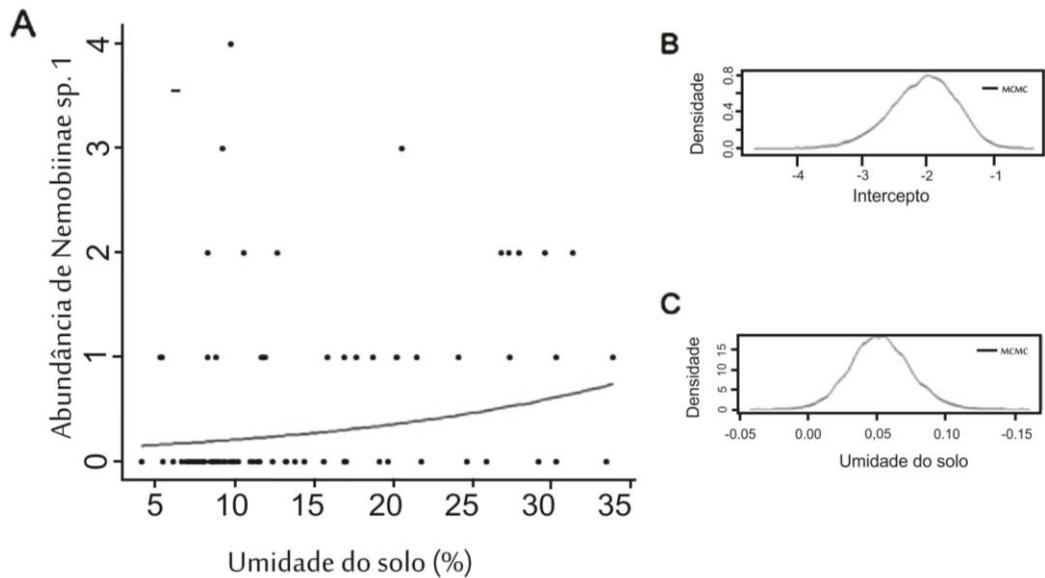


Figura 3.6 A - Gráfico demonstrando a influência da umidade do solo sobre a abundância de *Nembobinae sp. 1*, expressa pela equação $Y = e^{-2,052858+0,052033x}$, onde o valor médio para o intercepto, conforme consta da fórmula, é -2.052858 com intervalo de credibilidade (abrangendo 95% dos valores simulados) entre -3.115449 e -1.116139 (B). O valor médio para o parâmetro da variável umidade do solo é 0.052033, com intervalo de credibilidade entre 0.008322 e 0.094992 (C). B e C mostram a densidade da probabilidade posterior dos valores simulados dos parâmetros estudados. A convergência das simulações foi verificada pelo critério de Geweke (1992).

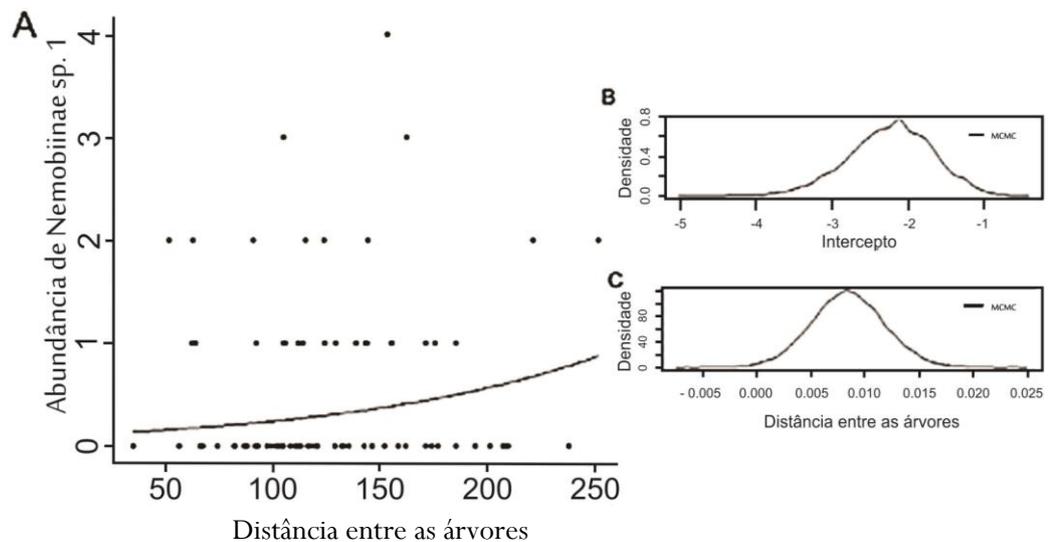


Figura 3.7: A - Gráfico demonstrando a influência da distância entre árvores sobre a abundância de *Nembobinae sp. 1*, expressa pela equação $Y = e^{-2,240418+0,008370x}$, onde o valor médio para o intercepto, conforme consta da fórmula, é -2,240418 com intervalo de credibilidade (abrangendo 95% dos valores simulados) entre -3,353553 e -1,164166 (B). O valor médio para o parâmetro da variável umidade do solo é 0,008370, com intervalo de credibilidade entre 0,001785 e 0,015096 (C). B e C mostram a densidade da probabilidade posterior dos valores simulados dos parâmetros estudados. A convergência das simulações foi verificada pelo critério de Geweke (1992).

3.1.7 Luzaridella sp. 1

Esta morfoespécie também apresentou um número maior de indivíduos coletados em Ducke, um número menor destes em Tarumã e não foi coletado em Campina Sua abundância é influenciada pela umidade do solo (Figura 3.8), ($Y = e^{-3,7823+1,0486 \log(X)}$), com maior abundância de indivíduos em umidades mais altas, e pela presença de frutos (Figura 3.9) ($Y = e^{-1,4567+0,3604X}$), que aumentam a probabilidade de captura destes organismos.

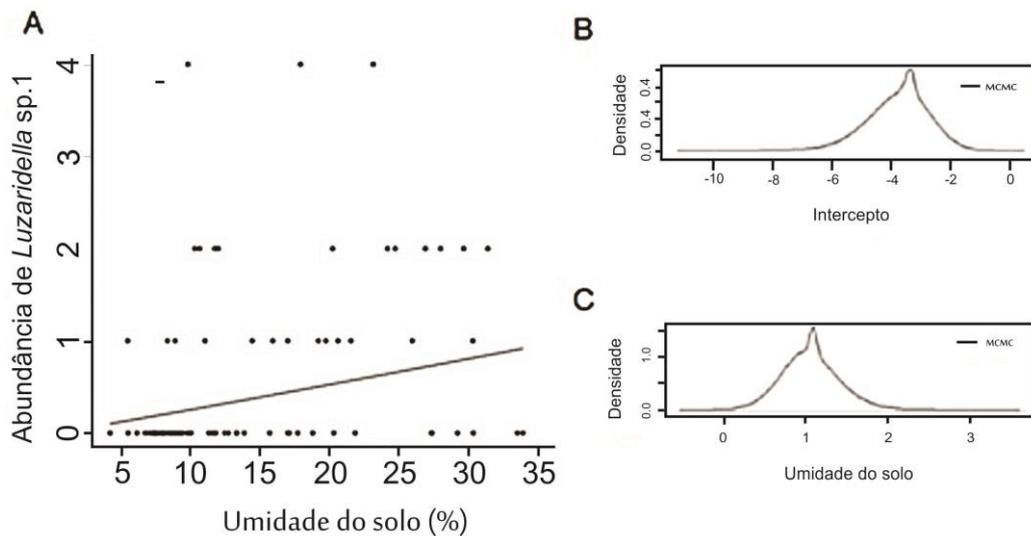


Figura 3.8 A - Gráfico demonstrando a influência da umidade do solo sobre a abundância de Luzaridella sp. 1, expressa pela equação $Y = e^{-3,7823+1,0486 \log(x)}$, onde o valor médio para o intercepto, conforme consta da fórmula, é 3,7823 com intervalo de credibilidade (abrangendo 95% dos valores simulados) entre -5,9144 e -1,8236 (B). O valor médio para o parâmetro da variável $\log(\text{umidade do solo})$ é 1,0486, com intervalo de credibilidade entre 0.3657 e 1,7511 (C). B e C mostram a densidade da probabilidade posterior dos valores simulados dos dois parâmetros estudados. A convergência das simulações foi verificada pelo critério de Geweke (1992).

3.1.8 Ligypterus sp. 1

Apesar de relativamente rara, esta morfoespécie apresentou abundância muito maior em Ducke que nas outras áreas amostradas (somente três indivíduos foram coletados em Tarumã e nenhum foi coletado na Reserva da Campina). A abundância desta morfoespécie se comporta polinomialmente em relação à umidade do solo (Figura 3.10), que pode ser expressa por $Y = e^{-9.538981+0.747829x-0.014352X^2}$, revelando que a presença desta espécie está restrita a valores

intermediários de umidade, explicando sua ausência na Reserva da Campina e os poucos indivíduos coletados em Tarumã-Mirim. A presença de frutos também influencia a abundância de *Ligypterus* sp. 1 (Figura 3.11) sob o modelo $Y = e^{-2.75109+0.43485X}$. Assim, quanto maior a disponibilidade de frutos, maior a probabilidade de coleta destes organismos.

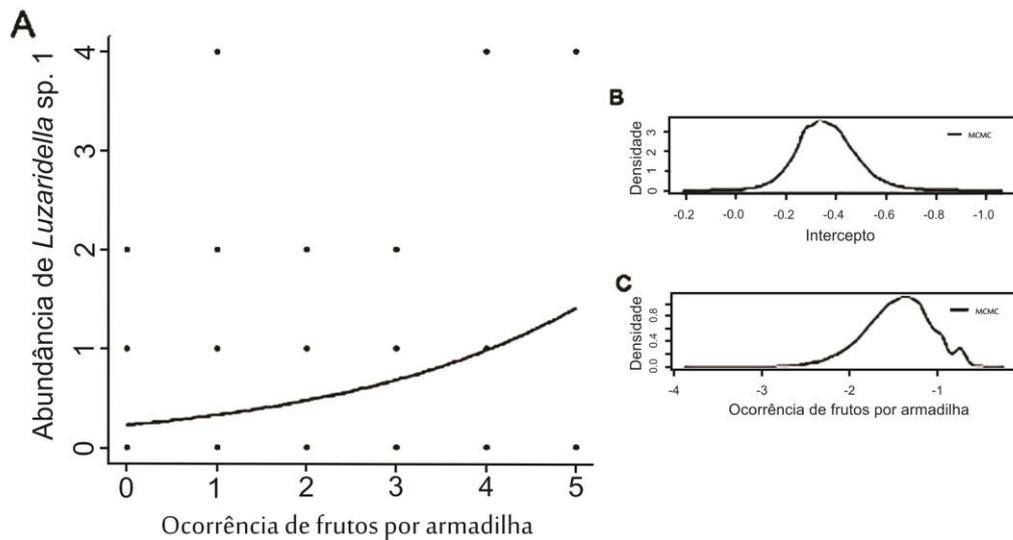


Figura 3.9 A - Gráfico demonstrando a influência da ocorrência de frutos por armadilha sobre a abundância de *Luzaridella* sp. 1, expressa pela equação $Y = e^{-1.4567+0.3604x}$, onde o valor médio para o intercepto, conforme consta da fórmula, é -1.4567 com intervalo de credibilidade (abrangendo 95% dos valores simulados) entre -2.1598 e -0.7031 (B). O valor médio para o parâmetro da variável umidade do solo é 0.3604, com intervalo de credibilidade entre 0.1384 e 0.5965 (C). B e C mostram a densidade da probabilidade posterior dos valores simulados dos parâmetros estudados. A convergência das simulações foi verificada pelo critério de Geweke (1992).

3.1.8 Mogoplistidae sp. 1

Esta morfoespécie apresenta o mesmo número de indivíduos coletados em Ducke e em Tarumã, com apenas um espécime coletado na Reserva da Campina. Assim como a maioria das morfoespécies mais frequentes estudadas neste trabalho, apresenta relação com a umidade do solo, estando presente preferencialmente em áreas mais úmidas, o que explica sua grande abundância em Ducke e em Tarumã, um local frequentemente alagado. No entanto, a relação com a umidade do solo não é linear, e sim polinomial. A partir da figura 3.12 é possível inferir que valores de umidade maiores que 30% estão dentro da amplitude ótima de umidade que aumenta a

probabilidade de coleta desta morfoespécie, cuja abundância pode ser expressa em função da umidade do solo pela equação $Y = e^{-2,9237468+0.1437552X-0.0016436X^2}$

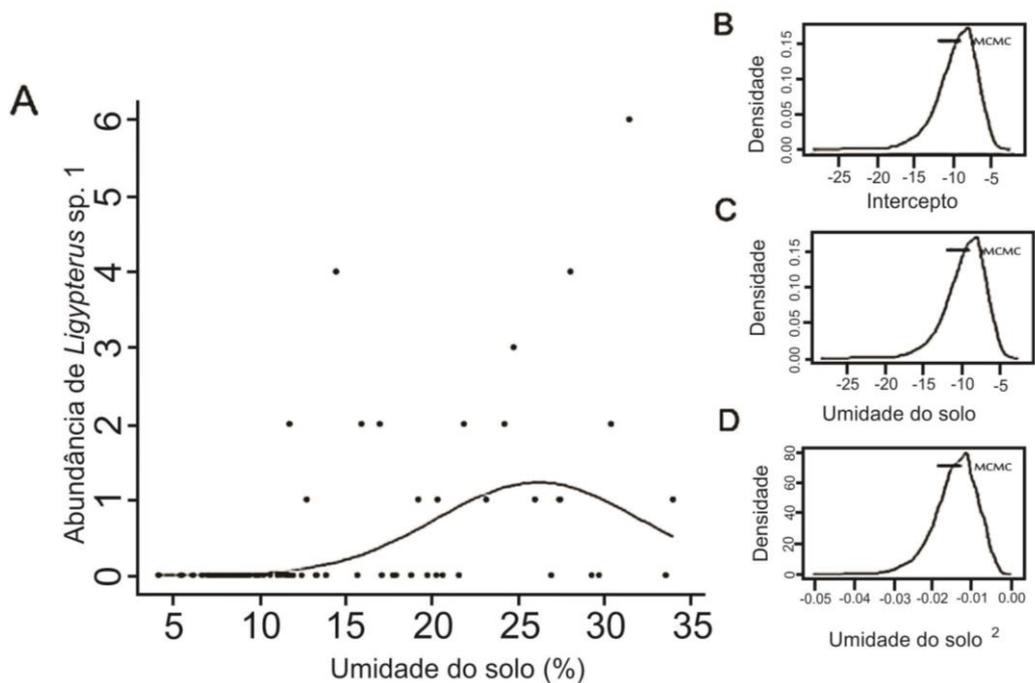


Figura 3.10 A - Gráfico demonstrando a influência da umidade do solo sobre a abundância de *Ligypterus sp. 1*, expressa pela equação $Y = e^{-9.538981+0.747829x-0.014352X^2}$, onde o valor médio para o intercepto, conforme consta da fórmula, é -9.538981 com intervalo de credibilidade (abrangendo 95% dos valores simulados) entre -14.708351 e -4.800204 (B). O valor médio para o parâmetro da variável umidade do solo é 0.747829, com intervalo de credibilidade entre 0.301826 e 1.233047 (C), por fim, valor médio para o parâmetro da variável umidade do solo ao quadrado é -0.014352, com intervalo de credibilidade entre -0.025107 e -0.003868 (D). B, C e D mostram a densidade da probabilidade posterior dos valores simulados dos parâmetros estudados. A convergência das simulações foi verificada pelo critério de Geweke (1992).

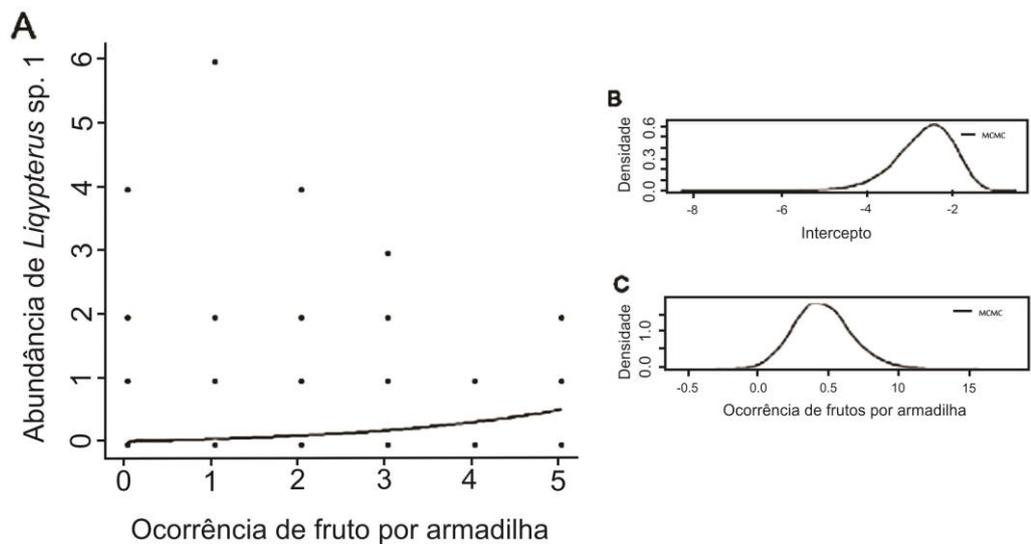


Figura 3.11: A - Gráfico demonstrando a influência da ocorrência de frutos por armadilha sobre a abundância de *Ligypterus sp. 1*, expressa pela equação $Y = e^{-2.75109+0.43485x}$, onde o valor médio para o intercepto, conforme consta da fórmula, é -2.75109 com intervalo de credibilidade (abrangendo 95% dos valores simulados) entre -4.15107 e -1.49637 (B). O valor médio para o parâmetro da variável umidade do solo é 0.43485, com intervalo de credibilidade entre 0.02288 e 0.86950 (C). B e C mostram a densidade da probabilidade posterior dos valores simulados dos parâmetros estudados. A convergência das simulações foi verificada pelo critério de Geweke (1992).

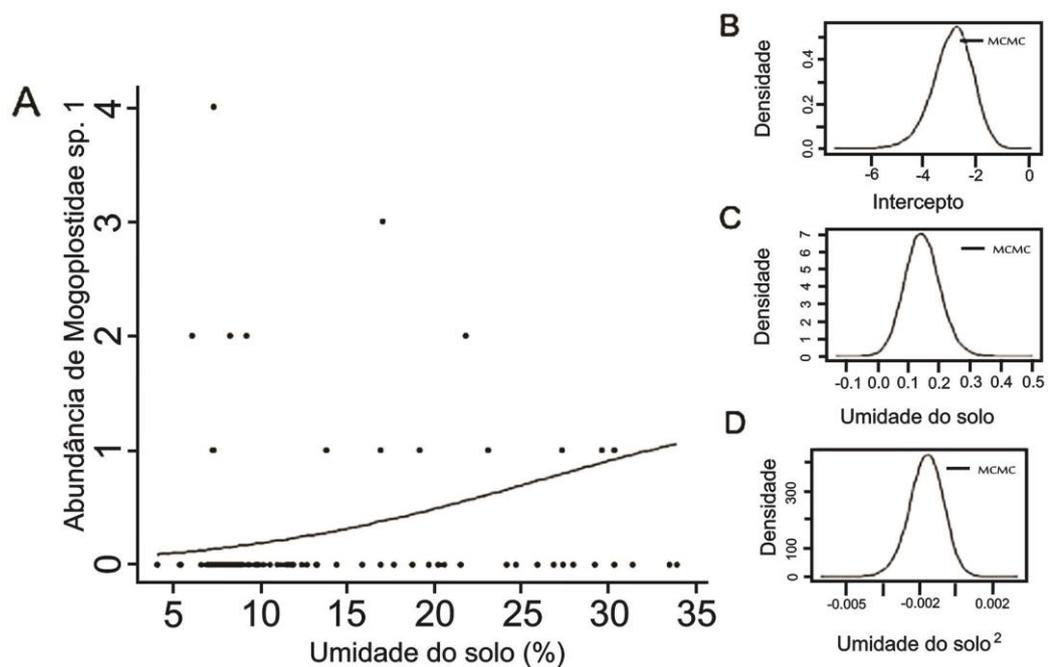


Figura 3.12: A - Gráfico demonstrando a influência da umidade do solo sobre a abundância de *Mogoplostidae sp. 1*, expressa pela equação $Y = e^{-2.9237468+0.1437552x-0.0016436x^2}$, onde o valor médio para o intercepto, conforme consta da fórmula, é -2.9237468 com intervalo de credibilidade (abrangendo 95% dos valores simulados) entre -4.4305704 e -1.4888986 (B). O valor médio para o parâmetro da variável umidade do solo é 0.1437552, com intervalo de credibilidade entre 0.0324858 e 0.2561185 (C), por fim, valor médio para o parâmetro da variável umidade do solo ao quadrado é -0.0016436, com intervalo de credibilidade entre -0.0034971 e 0.0002087 (D). B, C e D mostram a densidade da probabilidade posterior dos valores simulados dos parâmetros estudados. A convergência das simulações foi verificada pelo critério de Geweke (1992).

4 DISCUSSÃO

Neste trabalho, foram investigadas, dentre as sete variáveis medidas, quais poderiam ser consideradas como determinantes (ou pelo menos preditoras) da abundância das nove morfoespécies mais abundantes coletadas em três localidades na floresta amazônica, no entorno de Manaus: Reserva Florestal Adolpho Ducke, Reserva Biológica da Campina e Tarumã-Mirim.

Em princípio, pensamos que as diferenças entre as áreas escolhidas para a coleta interferiria na abundância de pelo menos parte das espécies. No entanto, nossos resultados mostraram que, pelo menos para as espécies mais abundantes, isso não procede. O que pudemos observar é que as áreas diferem em algumas de suas características ambientais, e que estas diferenças determinam a abundância ou mesmo a possibilidade de ocorrência de algumas espécies, e não propriamente a localidade. Com isso, não esperamos que a abundância de uma determinada morfoespécie seja significativamente diferente entre áreas, dadas as mesmas condições nas variáveis medidas. Somente a título de exemplificação, tomemos a relação negativa entre a profundidade da liteira e a abundância de *Hygronemobius* sp. 1 (mostrada na Figura 3.1) de acordo com a localidade de coleta. A Figura 4.1 mostra a densidade da probabilidade posterior do parâmetro da interação entre profundidade da liteira x área de estudo passando pelo zero no intervalo de credibilidade para todas as localidades, o que demonstra, conforme já mencionado nos resultados, que este parâmetro não é diferente de zero, ou seja, que a interação não é significativa. Dito isso, interpretamos os dados das três áreas de coleta conjuntamente.



Figura 4.1 Curvas de distribuição dos valores simulados de parâmetro, demonstrando que a interação entre local e Profundidade da liteira não interferem na abundância de *Hygronemobius* sp. 1, isso pode ser verificado pela distribuição que passa pelo zero.

Em nossos resultados, não encontramos evidências a favor da hipótese *Top-Down*, o que não significa que a pressão por predação não seja importante nos organismos em estudo. É possível que as variáveis medidas e talvez a metodologia utilizada para mensurar o risco de predação (baseada em Bestelmeyer et al. 2000) não tenham sido adequadas para detectar este risco nesses organismos. É possível ainda que as formigas não sejam o único ou o principal predador dos Orthoptera neste ambiente. Outra possibilidade é que a abundância das espécies em estudo não seja de fato limitada pela pressão de predação. Observações posteriores, em outra área de amostragem do Sisbiota (Serra do Caparaó – MG), mostraram um grande número de aranhas de serapilheira coletadas junto com os grilos, de modo que a contagem de aranhas e outros predadores pode ser uma outra medida de pressão de predação, que até então não foi considerada no projeto. Como todos os organismos capturados estão devidamente conservados em álcool combustível (Szinwelski 2012), ainda é possível buscar estas informações e acrescentar às futuras análises dos resultados do projeto.

Na hipótese *Bottom-up*, a variável profundidade da liteira foi a única variável significativa para a abundância de *Hygronemobius* sp.1, a espécie dominante em nossas coletas (respondendo por 52 % dos indivíduos amostrados). Curiosamente, a abundância desta morfoespécie foi maior em profundidades menores de liteira, ainda, a Reserva Biológica da Campina, que tem a liteira mais baixa, apresentou a maior abundância de *Hygronemobius* sp. 1 (440 indivíduos), seguida por Ducke (389), que tem uma profundidade intermediária de serapilheira e Tarumã-Mirim (137), que apresenta a maior profundidade de liteira (Figura 4.2). Uma possível explicação para os resultados encontrados é que ambientes com profundidade menor de liteira estariam mais “equilibrados” pela presença de decompositores que teriam o papel de reciclagem da matéria orgânica presente na serapilheira (Fanin 2011). Com isso, espécies mais sensíveis à saúde do ambiente como um todo seriam mais abundantes nas áreas mais equilibradas. Considerando as características inerentes a cada uma das áreas, esperaríamos uma maior abundância de *Hygronemobius* sp. 1 em Ducke e na Reserva da Campina, que foi o resultado encontrado.

No entanto, existe a possibilidade de que a profundidade da serapilheira não seja exatamente um determinante de abundância de *Hygronemobius* sp. 1. Esta espécie domina nas três áreas estudadas, o que sugere que está muito bem adaptada aos três ambientes. É possível, também, que seja adaptada a ocupar toda a coluna da serapilheira. Como nossas armadilhas foram situadas de modo que a abertura (por onde os indivíduos caem) foi colocada no nível superior da serapilheira, se os indivíduos de uma determinada espécie podem ocupar diferentes níveis na coluna de liteira, é mais provável que passem pela parte superior em regiões onde a serapilheira seja mais rasa, diferentemente do que deve ocorrer com profundidades de liteira maiores, onde os mesmos indivíduos devem se dividir entre a superfície e o restante da profundidade. Com isso, este resultado seria apenas um artefato metodológico em nosso estudo e não um indicativo de que a profundidade da serapilheira seja um determinante da abundância dessa espécie. Um outro artefato do método pode ainda ser a explicação do padrão encontrado: áreas com serapilheira mais altas têm maior produtividade de folhas secas, aumentando a possibilidade de acúmulo de folhas secas em cima do *pitfall* no intervalo de 48 h, que propiciaria o escape de alguns indivíduos, que ao invés de cair diretamente no álcool, cairiam sobre folhas e pulariam para fora do *pitfall*.

Nas demais espécies em estudo, a umidade do solo foi significativa na determinação da abundância. Também neste caso, há diferenças na umidade do solo das três áreas estudadas, Ducke possui, em média, um solo mais úmido que Tarumã e Campina é a região que apresenta solo com menores índices de umidade (Figura 4.3). Das espécies influenciadas pela umidade, *Landrevinae* sp. 1 e sp. 2 foram influenciadas negativamente pela umidade do solo, ou seja, quanto maior a umidade do solo, menor a abundância destas espécies (Figuras 3.3 e 3.4) (*Landrevinae* sp. 1 é pouco frequente em Ducke e em Tarumã, enquanto *Landrevinae* sp. 2 está ausente em Ducke e apenas um indivíduo foi coletado em Tarumã).

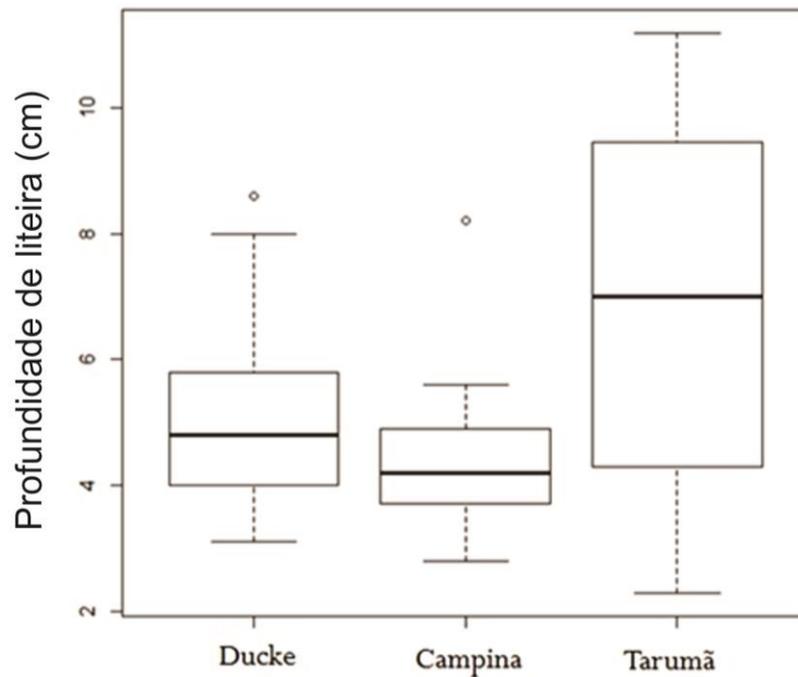


Figura 4.2 Médias e variâncias da variável profundidade da liteira. A média da profundidade da liteira em Ducke é $5,13 \pm 1,52$; Campina tem profundidade média de $4,4 \pm 1,0$ cm e Tarumã tem a maior das médias de profundidade da liteira, com $7,65 \pm 4,3$ cm.

Em todas as outras oito morfoespécies em estudo, a relação da abundância com a umidade do solo foi positiva e significativa. Em *Luzarinae* sp. 1, a Figura 3.2 mostra uma maior probabilidade de captura em umidades que variam de 15 a 30 %. Os dados de abundância por localidade mostram que em Ducke (a área com maior umidade do solo) foram capturados mais indivíduos (154) que em Tarumã (8) e na Campina (38). No entanto, eram esperados mais indivíduos em Tarumã que na Campina, uma vez que esta última apresenta a menor umidade do solo entre as áreas estudadas (Figura 4.3). Uma possível explicação para este resultado inesperado é novamente a profundidade da literia: se os indivíduos de *Luzarinae* sp. 1 são relativamente abundantes (é a segunda morfoespécie mais abundante da amostra) e se puderem ocupar, a exemplo de *Hygronemobius* sp. 1, diversas profundidades da liteira, é possível que mais indivíduos sejam capturados onde a profundidade da serapilheira é menor, apesar da menor umidade do solo, como aconteceu em Campina. Seguindo a lógica da influência das folhas caídas dentro das armadilhas, ainda é possível capturar mais indivíduos na Campina que em Tarumã. Para tentar testar estas possibilidades (uma hipótese de interação entre umidade e profundidade da liteira), calculamos o

parâmetro de interação entre umidade e profundidade da liteira como determinantes da densidade de Luzarinae sp. 1, mas não obtivemos resultados significativos. No entanto esta relação pode estar mascarada por uma forte ação da umidade do solo, que influencia significativamente a abundância desta morfoespécie.

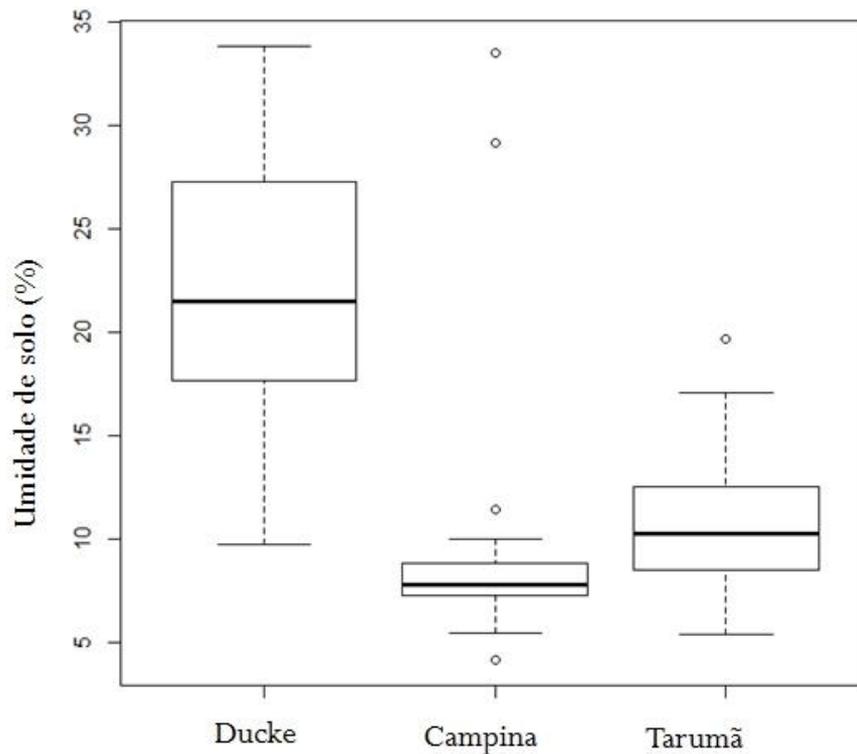


Figura 4.3 Médias e variâncias de umidade do solo das três áreas de coleta. A média e o desvio padrão da umidade do solo de Campina são as menores das três (média de 9,4 cm e desvio padrão 6,13), os valores de Tarumã são intermediários (média 10,59 cm e desvio padrão 3,34) e Ducke apresenta a maior média e a maior amplitude de umidade do solo (média 23,55 cm e desvio padrão 10,84).

Nas demais espécies estudadas: Landrevinae sp. 3, Nemobiinae sp. 1, Luzaridella sp. 1, *Ligypterus* sp. 1 e Mogoplistidae sp. 1, a abundância foi muito maior em Ducke que nas outras áreas (Tabela 3.1), sempre com abundância intermediária em Tarumã e muito raras quando não ausentes na Campina, exatamente conforme o esperado dados os modelos mostrados nas Figuras 3.5, 3.6, 3.8, 3.10 e 3.12.

Nas morfoespécies *Luzaridella* sp. 1 e *Ligypterus* sp.1 encontramos influência positiva da presença de frutos, como pode ser observado nas figuras 3.9 e 3.11. Os frutos oferecem uma quantidade de energia e nutrientes que não está sempre disponível no ambiente. De fato, estranhamos que esta variável só tenha mostrado significância nestas morfoespécies. Conforme mencionado na metodologia, qualquer tipo de fruto foi anotado como uma possível fonte de recursos. No entanto, frutos carnosos e doces devem ser mais atrativos que frutos secos. Em trabalhos futuros, recomendamos anotar algumas características dos frutos que cercam as armadilhas, de modo a ampliar nosso conhecimento sobre que tipo de fruto é atraente para os grilos de serapi-
lheira.

Nossos resultados nos permitiram observar que há influência positiva da distância entre as árvores sobre a abundância de *Nemobiinae* sp.1 (Figura 3.7), além da já descrita, relação positiva da umidade do solo com esta morfoespécie. A menos que as árvores locais tenham uma estrutura de dossel capaz de impedir a entrada do sol e manter a umidade na parte inferior da floresta, locais com maior distância entre as árvores sofrerão maior incidência solar sobre o solo, tornando-o mais seco. Ducke possui fitofisionomia florestal característica de matas úmidas, com árvores grandes e de copa ampla, capazes de filtrar a luz solar direta (PELD 2013). De fato, foi nessa localidade onde encontramos o maior número de *Nemobiinae* sp. 1, em Campina, onde não foi coletado nenhum indivíduo desta morfoespécie, a vegetação é diferente da típica floresta tropical, apresentando uma vegetação mais rasteira e com árvores de menor porte (Adis 2002), o que pode significar que uma maior distância entre as árvores abre espaço para incidência solar direta, o que promoveria o ressecamento do solo da mata. Neste caso, a variável distância entre árvores em nosso trabalho pode significar recursos diferentes em áreas diferentes. Com isso, sugerimos que a relação distância entre árvores e umidade do solo precisa ser mais bem entendida, para que possamos compreender se está influência observada é real, ou somente consequência da fitofisionomia local. Para tanto, precisaríamos investigar o que diferentes distâncias entre árvores fazem sobre a umidade do solo dentro de cada uma das fisionomias locais.

5 CONCLUSÕES

- Fatores ambientais que atuam sobre a abundância das espécies estudadas agem de modo semelhante nas três áreas escolhidas, ou seja, não há diferença significativa entre as variáveis ambientais nos locais de coleta sobre a abundância de grilos.
- O risco de predação não teve efeito significativo sobre a abundância dos grilos de serapilheira
- As variáveis mais importantes na determinação da abundância das espécies dominantes na serapilheira da Amazônia foram a profundidade da liteira e a umidade do solo.
- Apesar da relevância do efeito da profundidade da liteira na espécie dominante, *Hygro-nemobius* sp. 1 (52 % dos espécimes amostrados são desta espécie), a correlação desta variável com a abundância da morfoespécie suracitada pode ser apenas um artefato do método estudado, em função da probabilidade de captura, que diminuiria em áreas com serapilheira mais alta ou da probabilidade de fuga, que diminuiria em áreas onde a produtividade é maior (caem mais folhas e portanto a liteira é mais profunda).

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adis J (2002) Amazonian Arachnida and Myriapoda. PENSOFT Publishers. Moscou.
- Alexander R D (1968) Life cycle origins, speciation, and related phenomena in crickets. *The Quarterly Review of Biology* 43: 1-41.
- Ashcroft M B, Gollan, J R (2013) Moisture, thermal inertia, and the spatial distributions of near-surface soil and air temperatures: Understanding factors that promote microrefugia. *Agricultural and Forest Meteorology* 176: 77-89.
- Begon M, Townsend, C R, Harper J L (2006) Ecology: from individuals to ecosystems, 4ª ed. Blackwell Publishing, Victoria.
- Bell S S, McCoy E D, Mushinsky H R (1991) Habitat Structure – The Physical Arrangement of Objects in Space. Chapman & Hall, London.
- Bestelmeyer B T, Agosti D, Alonso E, Brandão R F, Brown W L, Delabie J H C, Silvestre R (2000) Field techniques for the study of ant-dwelling ants: an overview, description and evaluation. pp.122–144 in Agosti D, Majer J, Alonso L E, Schultz T R. Standard methods for measuring and monitoring biodiversity. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C., USA.
- Burnham R J, Johnson, K R (2004). South American palaeobotany and the origins of neotropical rainforests. *Philosophical Transactions of the Royal Society* 359: 1595-1610.
- Carmona D M, Menalled F D, Landis D A (1999) *Gryllus pensylvanicus* (Orthoptera: Gryllidae): laboratory weed seed predation and within field activity-density. *Journal of Economical Entomology* 92: 825-829.
- Chesson P (2000) Mechanisms of maintenance of species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics* 31: 343-366.
- Chopard L (1949) Ordre des Orthoptères. In: Grassé, P P. *Traité de zoologie*. Paris: Masson et Cie Éditeurs, Libraires de L'Académie de Médecine. 9: 617-722.
- Cornell H V & Lawton J H (1992) Species interactions, local and regional processes, and limits to the richness of ecological communities: a theoretical perspective. *Journal of Animal Ecology* 61: 1-12.
- Desutter L (1987) Structure et évolution du complexe phallique des Gryllidea (Orthoptères) et classification des genres néotropicaux de Grylloidea - première partie. *Annales de la Société Entomologique de France* 23: 213–239.
- Desutter L (1988) Structure et évolution du complexe phalique des Grylloidea (Orthoptères) et classification des genres néotropicaux de Grylloidea: deuxième partie. *Annales de la Société Entomologique de France* 24: 343–373.
- Desutter L (1990) Etude phylogénétique, biogéographique et écologique des Grylloidea néotropicaux (Insectes, Orthoptères). Université Paris-Sud, Centre d'Orsay, Tese de Doutorado.

- Desutter-Grandcolas L (1992a) Etude phylogenetique, biogeographique et ecologique des Grylloidea Neotropicaux (Insecta, Orthoptera). *Bulletin de la Société Zoologique de France* 117: 82-86.
- Desutter-Grandcolas L (1992b) Les Phalangopsidae de Guyanne française (Orthoptères, Grylloidea): systématique, éléments de phylogénie et de biologie. *Bulletin Du Museum National D'Histoire Naturelle. Section A; Zoologie, Biologie Et Ecologie Animales* 14: 93–177.
- Desutter-Grandcolas L (1995) Toward the knowledge of the evolutionary biology of Phalangopsid Crickets (Orthoptera, Grylloidea, Phalangopsidae): data, questions and scenarios. *Journal of Orthoptera Research* 4: 163-175
- Doran J W, Safley M (1997) Defining and assessing soil health and sustainable productivity. In: Pankhurst C E, Doube B M, Gupta V V S R. *Biological Indicators of Soil Health*. pp: 1–28. CAB International, Wallingford.
- Duelli P, Obrist M K, Schmatz D R (1999) Biodiversity evaluation in agricultural landscapes: above-ground insects. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 74: 33-64.
- Dym C L (1980) *Principles of Mathematical Modeling*, 2^a ed. Academic Press, Nova York.
- Eades D C & Otte D (2013) Orthoptera Species File Online. Version 2.0/3.3. Disponível em: <<http://Orthoptera.SpeciesFile.org>>. Acessado em junho de 2013.
- Evans E M, Bass M, Smith L A, Grimes H W (1965) Pygmy crickets - guilty of damaging white clover. *Auburn University Agricultural Experiment Station Highlights Agricultural Research* 12: 7.
- Fanin N, Hättenschwiler S, Barantal S, Schimann H, Fromin N (2011) Does variability in litter quality determine soil microbial respiration in an Amazonian rainforest? *Soil Biology and Biochemistry* 43: 1014–1022.
- Gangwere S K (1967) Feeding behavior of *Atlantiscus testaceus* (Orthoptera-Tettigoniidae). *Annals of the Entomological Society of America* 60: 74.
- Geweke J (1992) Evaluating the accuracy of sampling-based approaches to the calculation of posterior moments. In: Bernardo J M, Berger J O, Dawid A P, Smith A F M. *Bayesian Statistics*. pp: 169–193. Oxford University Press, Oxford, United Kingdom.
- Godfray H C J & Lawton J H (2001) Scale and species numbers. *Trends in Ecology and Evolution*, 16: 400-404.
- Gorochov A V (1995a). System and evolution of the suborder Ensifera (Orthoptera). Part 1. *Proceedings of the Zoological Institute*, 260: 1-224.
- Gorochov A V (1995b). System and evolution of the suborder Ensifera (Orthoptera). Part 2. *Proceedings of the Zoological Institute* 260: 1-212.
- Haffer, J (1982) *Biological diversification in the tropics*, p: 714. Columbia University Press, New York.
- Hoorn C, Wesselingh F P, ter Steege H, Bermudez M A, Mora A, Sevink J, Sanmartin I, Sanchez-Meseguer A, Anderson C L, Figueiredo J P, Jaramillo C, Riff D, Negri F R, Hooghiemstra

- H, Lundberg J, Stadler T, Saerkinen T, Antonelli A (2010) Amazonia Through Time: Andean Uplift, Climate Change, Landscape Evolution, and Biodiversity. *Science* 330:927–931.
- Kevan D K, Mc E (1982) Orthoptera. In: Parker SP. Synopsis and classification of living organisms. pp: 352-383. McGraw-Hill, New York.
- Klammer, G (1984) The relief of extra-Andean Amazon basin. In: Sioli H; Junk, W. The Amazon: limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin. pp: 47-83. Dr W. Junk Publishers, Dordrecht.
- Lewinsohn T M, Prado P I (2005) How Many Species Are There in Brazil? *Conservation Biology* 19: 619–624.
- Malhado A C M, Whittaker R J, Malhi Y, Ladle R J, ter Steege H, Butt N, Aragão L E O , Quesada C A, Murakami-Araújo A, Phillips O L, Peacock J, Lopez-Gonzalez G, Baker T R, Anderson L O, Arroyo L, Almeida S, Higuchi N, Killeen T J, Monteagudo A, Neill D A, Pitman N C A, Prieto A, Salomão R P, Vasquez R, Laurance W F, Ramirez A H (2009). Spatial distribution and functional significance of leaf lamina shape in Amazonian forest trees. *Biogeosciences* 6:1577-1590.
- Marinho C G S, Zanetti R, Delabie J H C, Schlindwein M N, Ramos L S (2002) Diversidade de Formigas (Hymenoptera: Formicidae) da Serapilheira em Eucaliptais (Myrtaceae) e Área de Cerrado de Minas Gerais. *Neotropical Entomology* 31: 187–195.
- McCluney K E, Date R C (2008) The effects of hydration on growth of the house cricket, *Acheta domesticus*. *Journal of Insect Science* 8:32.
- Moja-Laraño J & Wise D H (2007) Direct and indirect effects of ants on a forest-floor foodweb. *Ecology* 88: 1454–1465.
- Mueller C B & Godfray H C J (1999) Predators and mutualists influence the exclusion of aphid species from natural communities. *Oecologia* 119: 120– 125.
- Otte D (1994) Orthoptera species file. Number 1. Crickets (Grylloidea). *Journal of Orthoptera Research* 1: 1-120.
- PELD (Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração) (2013) Reserva Florestal Adolpho Ducke: Área, situação legal e estado de conservação. <<http://peld.inpa.gov.br/sitios/ducke>> Acessado em junho de 2013.
- Price PW (1997) *Insect Ecology*. John Wiley & Sons, New York
- Rentz D C F (2000) Orthoptera. In: *The Insects of Austrália*. Victoria, Melbourne University 24: 369:393.
- Ricklefs R E & Schluter D (1993) Species diversity: regional and historical influences. *Species Diversity in Ecological Communities*. pp: 350-363. University of Chicago Press, Chicago, USA.
- Rizzini C T (1997) *Tratado de Fitogeografia do Brasil (2ª Edição)*. Editora Âmbito Cultural
- Sanders D & Veen F J F V (2011) Ecosystem engineering and predation: the multitrophic impact of two ant species. *Journal of Animal Ecology* 80: 569–576.

- Schultz J (2005) *The Ecozones of the World (Second Edition)*. Springer.
- Sperber C F, Vieira G H, Mendes M H (2003) Aprimoramento da Amostragem de Grilos de Serapilheira (Orthoptera: Gryllidae) por Armadilha. *Neotropical Entomology* 32:733-735.
- Sperber C F, Soares L G S, Pereira M R (2007) Litter disturbance and trap spatial positioning affects the number of captured individuals and genera of crickets (Orthoptera: Grylloidea). *Journal of Orthoptera Research* 16: 77-83
- Spiegelhalter D J, Best N G, Carlin B P, van der Linde A (2002) Bayesian measures of model complexity and fit. *Journal of the Royal Statistical Society* 64:583–640, 2002.
- Storch D & Gaston K J (2004) Untangling ecological complexity on different scales of space and time. *Basic and Applied Ecology* 5: 389-400.
- Szinwelski N, Rosa C. S., Schoereder J H, Mews C M, Sperber, C F (2012a) Effects of Forest Regeneration on Crickets: Evaluating Environmental Drivers in a 300-Year Chronosequence. *International Journal of Zoology* 1–13.
- Szinwelski N, Fialho V S, Yotoko K S C, Seleme L R, Sperber C F (2012b) Ethanol fuel improves arthropod capture in pitfall traps and preserves DNA. *ZooKeys* 196: 11-22.
- Szinwelski N, Yotoko K S C, Solar R, Seleme L R, Sperber C F. Ethanol Fuel Improves Pitfall Traps Through Rapid Sinking and Death of Captured Orthopterans. *Environmental Entomology*, aceito para publicação em 2013.
- Turner J R G (2004) Explaining the global biodiversity gradient: energy, area, history and natural selection. *Basic and Applied Ecology* 5: 435 – 448.
- Veloso H, Rangel-Filho A, Lima J (1991) *Classificação da Vegetação Brasileira*, adaptada a um Sistema Universal. IBGE.
- Vickery V R (1976) Taxon ranking in Grylloidea and Gryllotalpoidea. *Notes of Lyman Entomological Museum & Research Laboratory* 3: 1-20.
- Walker T J & Masaki S (1989) Natural history. In: Huber F, Moore, T E, Loher W. *Cricket behavior and neurobiology*. pp: 1-42. Cornell University Press, New York.
- Wandell E V (2008) Estoques de biomassa em diferentes cenários de uso da terra ao norte de Manaus, Amazônia Central Brasileira. Universidade Federal do Amazonas, Tese de doutorado.
- Webb C O, Ackerly D D, McPeck M A, Donoghue M J (2002) Phylogenies and community ecology. *Annual Review of Ecology and Systematics* 33: 475-505.