

**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM**

Diversidade beta, métodos de amostragem e influência de fatores ambientais sobre uma comunidade de lagartos na Amazônia Central

MARIA GORETTI DE M. PINTO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais do convênio INPA/UFAM, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Ciências Biológicas, área de concentração em Ecologia.

Manaus – AM
2006

**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM**

Diversidade beta, métodos de amostragem e influência de fatores ambientais sobre uma comunidade de lagartos na Amazônia Central

MARIA GORETTI DE M. PINTO

ORIENTADOR: Dr. William Ernest Magnusson
CO-ORIENTADORA: Dra. Albertina Pimentel Lima

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais do convênio INPA/UFAM, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Ciências Biológicas, área de concentração em Ecologia.

Manaus – AM
2006

Pinto, Maria Goretti de Melo

Diversidade beta, métodos de amostragem e influência de fatores ambientais sobre uma comunidade de lagartos na Amazônia Central – Manaus, 2006.

90p. : il.

Tese de Doutorado – INPA/UFAM, 2006

1. Comunidade de lagartos 2. Diversidade beta 3. Padrões de distribuição 4. Métodos de amostragem 5. Curvas de rarefação

CDD ed.

Sinopse:

Foi avaliada a distribuição de uma comunidade de lagartos ao longo de quatro gradientes ambientais (densidade de árvores, profundidade da liteira, porcentagem de argila no solo e inclinação do terreno); o efeito de duas microbacias hidrográficas sobre a composição, riqueza e abundância das espécies; foi testada a utilização de curvas de acumulação de espécies esperadas e de estimadores de riqueza para prever o número de espécies; foi investigada a relação custo/benefício de dois métodos de amostragem de lagartos e foi avaliada a resposta individual das cinco espécies mais abundantes (mais detectadas) da comunidade, a quatro variáveis ambientais.

Agradecimentos

- A Deus, pela minha existência e por iluminar meu caminho;
- Ao Bill Quatman, super companheiro, que participou de todas as fases deste trabalho, desde o início da coleta de dados até a produção das fotos e a revisão do abstract. Certamente este trabalho não teria sido possível sem a sua ajuda;
- Aos meus pais, Braz e Luzia, e à minha irmã Dodora, que não mediram esforços para estarem aqui em Manaus, cuidando da Naja e da casa, enquanto eu fazia o trabalho de campo;
- A Naja, amor da mamãe, concebida no início do curso, que cresceu junto com o projeto, vivenciando todas as minhas conquistas e angústias durante a caminhada;
- Ao Bill Magnusson e à Albertina Lima, orientadores de verdade, que não deram moleza, mas estiveram sempre presentes e disponíveis;
- Ao INPA, pela oportunidade, em especial aos professores e funcionários do Departamento de Ecologia e da Pós-Graduação. Aos motoristas João Sá, Palheta e Lourival. As secretárias Geize, Izamara, Beverly, Valmira e Andrezza, que muito me auxiliaram;
- A todos os colegas do curso e do laboratório, pelas conversas científicas e momentos de descontração, em especial aos companheiros de campo na primeira expedição e de conversas herpetológicas, Marcelo Menin e Fabiano Guimarães;
- Aos ajudantes de campo, Edivaldo Vasconcelos (e seus olhos de águia), Marcelo Lima, Ayres Lopes, José Lopes e Paulo Lopes;
- Ao exército de ajudantes de campo que cumpriu a missão quase impossível de instalar as armadilhas em 30 km², na Reserva Ducke: Ayres Lopes, Ayres Lopes Filho, José Lopes, Paulo Lopes, Marcelo Lopes e Francisco;
- Aos seguranças da Reserva Ducke, que têm se arriscado na tarefa de tentar proteger a reserva das constantes invasões. Pelo companheirismo nos acampamentos;
- A Teresa Ávila-Pires, do Museu Goeldi, que, com muita disposição e hospitalidade, identificou vários espécimes de lagartos e me acolheu em sua casa;
- Ao Gonçalo Ferraz, que, pacientemente me apresentou ao mundo dos modelos e me forneceu bibliografia. Ao Bill Magnusson, Flávia Costa, Viviane Layme, Domingos Rodrigues e Victor Pazin, que auxiliaram nas análises;
- A Carolina Castilho e Bill Magnusson, pela disponibilização dos dados de densidade de árvores; a Carolina Castilho, Albertina Lima e Benjamin da Luz pelos dados de inclinação do terreno; a Eleusa Barros, Tânia Pimentel e Jane Mertens pelos dados de porcentagem de argila no solo;
- Aos membros da banca examinadora: Miguel Petreire, Guarino Colli, Carlos Frederico Duarte da Rocha, Teresa Cristina Ávila-Pires, Christine Strussman, Gonçalo Ferraz e Miguel Rodrigues, pela disposição em analisar este trabalho e pelas valiosas críticas;
- Ao IBAMA, pelas licenças de coleta concedidas através do processo 02010.005187/02-14;
- Ao IBAMA, especialmente ao Superintendente no Amazonas, Henrique Pereira, e ao RH (AM e Sede), que me concederam lotação temporária em Manaus para terminar o Doutorado, através do processo de capacitação 02001.007267/05-66;
- A FAPEAM, pelo auxílio concedido através do processo 786/2003, dentro do Programa Jovem Cientista Amazônica;
- Ao CNPq, pela bolsa de estudos e pelo financiamento concedido a Albertina Lima, através do PNOGP;
- A todos que, por ventura eu tenha esquecido no momento, mas que participaram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

RESUMO

Este estudo avaliou a distribuição de uma comunidade de lagartos ao longo de quatro gradientes ambientais (densidade de árvores, profundidade da liteira, porcentagem de argila no solo e inclinação do terreno); avaliou o efeito de duas microbacias hidrográficas sobre a composição, riqueza e abundância das espécies; testou a utilização de curvas de rarefação e de estimadores de riqueza para prever o número de espécies; avaliou a relação custo/benefício de dois métodos de amostragem de lagartos e avaliou a resposta individual das cinco espécies mais abundantes (mais detectadas) da comunidade, a quatro variáveis ambientais. O trabalho foi realizado entre 2003 e 2005 na Reserva Florestal Adolpho Ducke, periferia da cidade de Manaus, Amazonas, e faz parte de uma estratégia de levantamento sistemático e integrado de variáveis bióticas e abióticas no bioma Amazônia, o RAPELD. A vegetação da área é caracterizada por floresta primária de terra-firme. Os lagartos foram amostrados em 72 parcelas, através da amostragem visual aliada à busca na liteira, em três levantamentos, e com armadilhas *pitfall* em 32 parcelas, por 21 dias. A composição da comunidade de lagartos foi representada através de eixos de ordenações por HMDS. Foram registradas 26 espécies de lagartos durante o trabalho. A comunidade apresentou baixa diversidade beta, sendo que a maioria das espécies esteve amplamente distribuída pela reserva. Somente as espécies *Neusticurus bicarinatus*, *Alopoglossus angulatus*, *Pseudogonatodes guianensis*, *Tupinambis teguixin* e *Uranoscodon supersilosus* foram associadas a áreas mais baixas (baixios). A densidade de árvores foi a variável ambiental mais relacionada à composição da comunidade e à abundância de lagartos, tendo efeito negativo sobre ambos. A porcentagem de argila no solo (ou altitude) afetou negativamente o número de espécies, sendo que os baixios foram identificados como mais ricos. Dentre as cinco espécies mais abundantes da comunidade, quatro também foram influenciadas principalmente pela densidade de árvores, negativa ou positivamente, dependendo da espécie. No entanto, a resposta aos gradientes ambientais foi fraca. A micro-bacia de drenagem afetou apenas a abundância de lagartos, sendo que a bacia oeste apresentou maior abundância. As assíntotas das curvas de acúmulo de espécies esperadas e os estimadores

de riqueza não conseguiram prever o número de espécies semelhante nas duas micro-bacias e foram considerados métodos inadequados. O método de amostragem visual aliado à busca na liteira apresentou melhor relação custo-benefício, comparado ao método de armadilhas *pitfall*, sendo sugerido sua utilização prioritária nos levantamentos rápidos, que visem comparações entre habitats e identificação de padrões de distribuição em comunidades de lagartos, em florestas na Amazônia.

ABSTRACT

This study evaluated a lizard community distribution along four environmental gradients (tree density, litter depth, clay soil content and slope); evaluated the effect of two watersheds on the community composition, species richness and abundance; tested the use of rarefaction curves and richness estimators to estimate the number of species; evaluated the cost-benefit relationship of two lizard's survey methods; and evaluated the individual answer of the five most abundant (most detected) community species to four environmental variables. The study was carried out between 2003 and 2005, at Reserva Florestal Adolpho Ducke, periphery of Manaus, Amazonas state. The study and the site are part of an integrated and systematic biotic and abiotic survey strategy in Amazônia, the RAPELD. The area vegetation is characterized by a terra-firme primary forest. The lizards were surveyed three times at 72 parcels, through the visual encounter and search in the leaf litter; and surveyed with pitfall traps for 21 days, at 32 parcels. The lizard community composition was represented by axes of HMDS ordinations. Twenty one lizards were registered during the study. The community showed low beta diversity and most of the species were distributed throughout the reserve. Only the species *Neusticurus bicarinatus*, *Alopoglossus angulatus*, *Pseudogonatodes guianensis*, *Tupinambis teguixin* and *Uranoscodon supersiliosus* were associated with low areas, near streams. The density of trees was the environmental variable most related to the community composition and to the abundance of lizards, showing a negative effect on both. The soil clay content (or altitude) affected negatively the number of species: the low areas were richer. Among the five most abundant species of the community, four were influenced mainly by the density of trees, negative or positively, depending on the

species. However, the effects of the environmental gradients were weak. The watersheds just affected the abundance of lizards, the west watershed being more abundant. The rarefaction asymptotes, as well as the richness estimators, could not predict similar number of species for both watersheds and were considered inadequate methods. The visual encounter and search of the leaf litter survey presented better cost/benefit relationship, compared to the pitfalls. The first method should be used prior to the second, on rap surveys that want to compare different habitats and identify distribution patterns in lizard communities, in Amazonia forests.

ÍNDICE

1. Introdução Geral	1
2. Os lagartos da Reserva Ducke	3
3. Capítulo I – Comparação de métodos de amostragem de lagartos numa floresta de terra-firme na Amazônia Central	
3.1. Introdução	11
3.2. Material e Métodos	13
3.3. Resultados	17
3.4. Discussão	20
3.5 Figuras e Tabelas	26
4. Capítulo II – Diversidade beta e efeito de variáveis ambientais e de duas micro-bacias sobre uma comunidade de lagartos na Amazônia Central	
4.1. Introdução	34
4.2. Material e Métodos	38
4.3. Resultados	42
4.4. Discussão	46
4.5 Figuras e Tabelas	51
5. Capítulo III – Influência de fatores ambientais sobre as espécies mais abundantes de lagartos da Reserva Ducke, Manaus, AM	
5.1. Introdução	62
5.2. Material e Métodos	63
5.3. Resultados	64
5.4. Discussão	65
5.5 Figuras e Tabelas	69
6. Bibliografia.....	75

1. Introdução Geral

Os lagartos são considerados organismos modelo para estudos ecológicos (Pianka & Vitt, 2003). O grupo é geralmente abundante e pouco diversificado localmente, as espécies possuem mobilidade restrita e são relativamente fáceis de identificar. O grupo é potencialmente um bom bioindicador. Através do seu estudo, pode-se aprender sobre a organização das comunidades naturais e entender porque os ecossistemas seguem regras aparentes, conhecimentos essenciais para pessoas que manejam ecossistemas e tomadores de decisões (Pianka & Vitt, 2003).

A conservação dos habitats tem sido considerada como o fator mais importante para a conservação das espécies. Entretanto, o conhecimento da distribuição das espécies e das populações de animais e plantas é essencial para traçar relações e definir padrões, para então criar estratégias de conservação (Morrison et al., 1998).

A maior parte da biodiversidade mundial está concentrada na região Neotropical, e especialmente na região Amazônica, área de “megadiversidade”, erroneamente considerada homogênea por muitos (Gentry, 1988; Tuomisto et al., 1995). Porém, muito pouco se conhece acerca dos padrões de distribuição das espécies na área. Esta falta de dados adequados sobre a distribuição das espécies é grave, e pior ainda é a falta de um plano eficaz para amostrar a Amazônia (Kress et al., 1998).

A Reserva Florestal Adolpho Ducke possui 10.000ha de floresta tropical de terra-firme e fica na periferia de Manaus. A área é relativamente bem preservada, mas sofre intensa pressão da malha urbana. É um sítio do Programa Ecológico de Longa Duração (PELD/CNPq), onde foi desenvolvido um projeto piloto, numa meso-escala, que subsidiou um modelo de levantamento sistemático e integrado de variáveis bióticas e abióticas para o bioma Amazônia, o RAPELD (<http://inpa.ppbio.gov.br>).

A reserva é drenada por igarapés pertencentes a duas microbacias, leste e oeste, separadas por um platô central. Apesar da área ser aparentemente homogênea (Ribeiro et al., 1999), diferenças na composição de espécies de peixes (Mendonça, 2002), anuros (Guimarães, 2004; Menin, 2005) e plantas de sub-bosque

(Kinupp & Magnusson, 2005; Costa *et al.*, 2005) indicam que as duas microbacias constituem habitats diferentes para a fauna e flora.

Até o momento, foram identificadas 27 espécies de lagartos na Reserva Ducke (W. Magnusson, *com. pess.*; Ávila-Pires, 1995; Pinto & Quatman, 2005), comparável com a riqueza de 20 a 30 espécies por localidade na Bacia Amazônica, compilada por Martins (1991). Apesar da área ser intensamente estudada, poucos estudos, com poucas espécies de lagartos foram realizados no local (Gasnier *et al.*, 1994; Gasnier *et al.*, 1997; Guimarães, 2004). Portanto, este é o primeiro estudo sobre a comunidade de lagartos da Reserva Ducke.

Este trabalho foi dividido em três capítulos e avaliou a diversidade beta e a influência de fatores ambientais sobre a comunidade de lagartos, bem como avaliou a relação custo-benefício de dois métodos de amostragem de lagartos amplamente utilizados em levantamentos de fauna e testou a utilização de curvas de rarefação para estimar o número de espécies.

2. Os lagartos da Reserva Ducke (Classificação taxonômica de acordo com Zug, et al., 2001)

Até o momento foram registradas na Reserva Florestal Adolpho Ducke, 27 espécies de lagartos (W. Magnusson, com. pessoal; Ávila-Pires, 1995; Pinto & Quatman, 2005). Destas, somente *Iphisa elegans* não foi encontrada durante o período de realização deste trabalho (2003 – 2005). *Iguana iguana*, *Anolis ortonii* e *Hemidactylus mabouia* foram registradas no período, mas nunca nas parcelas. *Iguana iguana*, espécie heliófila, foi avistada em duas oportunidades, uma na borda da reserva e outra no chão, sob dossel aberto, na beira de um igarapé. *Anolis ortonii* foi registrada somente uma vez, numa árvore na beira do igarapé Acará (noroeste da reserva, vide figura 3.5.1, cap. 1), sendo atacada por formiga. Esta espécie pode ser rara na reserva, pode possuir hábitos muito crípticos e/ou ocupar ambientes específicos, pouco amostrados. *Hemidactylus mabouia*, espécie introduzida, foi avistada freqüentemente nas construções, na área dos alojamentos.

A família Gekkonidae possui mais quatro representantes na Ducke, além de *H. mabouia*: *Coleodactylus amazonicus*, *Pseudogonatodes guianensis*, *Gonatodes humeralis* e *Thecadactylus rapicauda*. Com exceção de *T. rapicauda*, espécie noturna, as demais são diurnas. *Coleodactylus amazonicus* e *P. guianensis* habitam basicamente a liteira, enquanto *G. humeralis* é semi-arborícola, forrageando principalmente na parte inferior do tronco das árvores (até aproximadamente 2 m de altura) e nas palmeiras, mas também em troncos caídos e eventualmente na liteira. *Pseudogonatodes guianensis* provavelmente está associada a áreas mais baixas, próximas de igarapés (Ávila-Pires, 1995; este estudo). *Coleodactylus amazonicus* é a menor espécie de lagarto da comunidade da reserva.

A única representante da família Scincidae na Ducke é a heliófila *Mabuya nigropunctata*, espécie que habita principalmente as clareiras e manchas de sol na floresta. Forrageia em troncos caídos, no chão, em arbustos e em árvores.

A família Teiidae é composta por três espécies na reserva: *Kentropyx calcarata*, *Ameiva ameiva* e *Tupinambis teguixin*. As três são heliófilas e forrageiam no chão, sobre a liteira. Entretanto, *K. calcarata*

também forrageia muito em troncos caídos, arbustos e mesmo em árvores, até aproximadamente 2m de altura (dois avistamentos neste estudo). *Ameiva ameiva* habita clareiras e a borda da mata, enquanto *K. calcarata* habita clareiras e manchas de sol dentro da floresta.

Da família Iguanidae há nove representantes na reserva, todas não-heliófilas (Ávila-Pires, 1995), exceto *Iguana iguana*. No entanto, *Plica plica* foi avistada parada no sol em várias oportunidades. *Uranoscodon superciliosus* é a espécie maior, habitando principalmente árvores na beira de igarapés, mas foi avistada em duas oportunidades em áreas mais altas, chamadas de platôs, (um macho num arbusto numa parcela e uma fêmea cavando ninho no meio da trilha de acesso entre parcelas). *Plica umbra*, *P. plica* e *Anolis punctatus* são arborícolas, mas *P. umbra* provavelmente forrageia no chão com frequência, já que foi coletada em armadilhas “pitfall” em várias oportunidades (capítulo 1). *Anolis fuscoauratus* é muito avistada na porção inferior de troncos, em palmeiras e arbustos, mas também forrageia no chão. *Anolis chrysolepis* é mais avistada no chão e em troncos caídos do que em árvores. *Uracentron azureum* é uma espécie que habita o dossel (Ávila-Pires, 1995) e só foi avistada duas vezes durante o trabalho, em árvores a aproximadamente 3 a 4 m de altura. *Anolis ortonii* é uma espécie mais comumente encontrada em áreas relativamente abertas e antropizadas (Ávila-Pires, 1995). Só um indivíduo foi encontrado durante o trabalho, mesmo assim, fora das parcelas.

Além da já citada *I. elegans*, pelo menos mais oito espécies da família Gymnophthalmidae habitam a reserva Ducke. *Ptychoglossus brevifrontalis* foi registrada pela primeira vez no Estado do Amazonas durante este estudo (Pinto & Quatman, 2005). O gênero *Leposoma* possui duas espécies na área (*L. percarinatum* e *L. cf. guianense* / Ávila-Pires, com. pess.), muito similares a olho nu, que não foram distinguidas até o término do trabalho de campo. Também são presentes: *Neusticurus bicarinatus*, *Arthrosaura reticulata*, *Alopoglossus angulatus*, *Tretioscincus agilis* e *Bachia panoplia*. *Neusticurus bicarinatus* é uma espécie semi-aquática, habitando os igarapés e áreas alagadas (Ávila-Pires, 1995); *B. panoplia* é fossorial (Zimmerman & Rodrigues, 1990) e *T. agilis* forrageia no chão, em árvores, arbustos e troncos caídos. As demais espécies da família são habitantes da liteira. Entretanto, durante este estudo,

Arthrosaura reticulata foi avistada em três oportunidades, parada, em tronco de árvore acima de 1 m de altura. *Tretioscincus agilis* é a única espécie heliófila do grupo.

Fotos: Bill Quatman

Hemidactylus maboia



Thecadactylus rapicauda



Gonatodes humeralis



Coleodactylus amazonicus



Pseudogonatodes guianensis



Neusticurus bicarinatus



Leposoma sp



Arthrosaura reticulata



Bachia panoplia



Alopoglossus angulatus



Tretioscincus agilis



Ptychoglossus brevifrontalis



Iguana iguana



Anolis chrysolepis



Anolis fuscoauratus



Anolis ortonii



Anolis punctatus (femea)



Anolis punctatus (macho)



Plica plica



Plica umbra



Uranoscodon superciliosus



Mabuya nigropunctata



Ameiva ameiva



Kentropyx calcarata



Tupinambi teguixin



pitfall



Bill e Edi



Goretti



3. Capítulo I - Comparação de métodos de amostragem de lagartos numa floresta de terra-firme na Amazônia Central

3.1 - Introdução

Os lagartos são considerados organismos modelo para estudos ecológicos (Vitt & Pianka, 2003). O grupo é geralmente abundante e pouco diversificado localmente, as espécies possuem mobilidade restrita e são relativamente fáceis de identificar. O táxon é potencialmente um bom bioindicador e informações acerca do grupo podem ser utilizadas para fazer inferências sobre fatores que estruturam as comunidades.

A riqueza de espécies é frequentemente o atributo escolhido para descrever a diversidade de um local e para comparar comunidades de diferentes locais, principalmente em estudos de conservação, manejo e de impacto ambiental. Apesar da obtenção do número de espécies parecer vital para o processo de quantificação de uma comunidade, isto é praticamente impossível de ser alcançado (O'Hara, 2005). Há inúmeros modelos na literatura (Colwell & Coddington, 1994; Thompson et al., 2003; Chao, 2004; O' Hara, 2005; Colwell, 2005), paramétricos e não paramétricos, para estimar a riqueza a partir de dados (visualizáveis em curvas de rarefação) que não atingiram e que nem estão próximos de atingir assíntotas (Gotelli & Colwell, 2001). Entretanto, a divergência de resultados é grande e a utilidade dos resultados questionável (O' Hara, 2005).

Além do mais, pode-se questionar se a estimativa deve prever o número de espécies local no momento da amostragem, ou se deve prever, de maneira mais ampla, o número de espécies que poderia estar ou passar pela comunidade. A última definição de riqueza, dependendo da habilidade de dispersão das espécies e do tempo considerado, poderia envolver todas as espécies de um continente. Portanto, uma quantificação mais relevante e viável deve ser a do número de espécies de uma comunidade num dado momento (O' Hara, 2005).

Por outro lado, a intenção de estudos de conservação e manejo não deve ser somente comparar a riqueza entre locais, visto que medir a riqueza real é quase impossível e a simples medida de riqueza não

contempla alvos a serem priorizados, nem as complementaridades (Warman et al., 2004), ambas medidas necessárias para identificar áreas importantes para a conservação da biodiversidade (Margules & Pressey, 2000). É mais útil investigar a composição das comunidades “amostráveis” e padrões de distribuição das espécies ao longo de gradientes.

Para tentar descrever o padrão de distribuição de um táxon ao longo de gradientes ou entre fases de um mosaico, o trabalho pode ser dividido em duas partes: medir o número de espécies de assembléias locais e depois medir a complementaridade (ou dissimilaridade) entre esses inventários locais (Colwell & Coddington, 1994). O planejamento da coleta de dados sempre deve ter embasamento ecológico, garantindo que todo o gradiente de variáveis ambientais será amostrado e deve prever a viabilidade de aplicação de técnicas estatísticas para modelar padrões de distribuições espaciais mais amplas a partir de coletas locais (Margules & Pressey, 2000; Margules et al., 2002). O estudo em maior escala e a utilização de métodos padrões de amostragem podem ser mais importantes para detectar os padrões que o esforço intensivo empregado em cada amostra (Gotelli, 2004).

Como o aumento do número de espécies está diretamente relacionado ao aumento do número de indivíduos, da área e da variedade de habitats amostrados, diferenças nos métodos de amostragem podem introduzir vieses estatísticos e ecológicos em comparações de diversidade entre diferentes localidades (Schluter & Ricklefs, 1993).

Para ser efetivo e eficiente, o desenho amostral deve, além de ser padronizado, permitir levantamentos integrados para todos os táxons; deve ser grande o suficiente para poder monitorar todos os elementos da biodiversidade e processos do ecossistema; ser modular, para permitir comparações com amostras menos intensivas realizadas em áreas muito grandes; ser compatível com iniciativas já existentes; ser implementável, com os recursos humanos disponíveis; e deve permitir a rápida disponibilização dos dados para os tomadores de decisão (<http://ppbio.inpa.gov.br>).

No processo de coleta dos dados, a utilização de curvas esperadas de acumulação de espécies é útil para visualizar o padrão de acúmulo das espécies. Quando os dados são coletados com base em amostras, a

utilização de rarefações espécies X amostras (densidade de espécies) é mais indicada que espécies X indivíduos (riqueza de espécies), de forma a considerar os níveis naturais de heterogeneidade (“patchiness”) das amostras. As rarefações baseadas em número de indivíduos assumem que a distribuição espacial de indivíduos no ambiente é randômica (Gotelli & Colwell, 2001) e geralmente superestimam a riqueza esperada (Colwell et al., 2004).

Quando a complementaridade de espécies não pode ser usada por limitações na amostragem, pode-se usar a complementaridade de comunidades, aplicando métodos multivariados para sumarizar as comunidades (p. ex. Ryers *et al.*, 2002).

A escolha do método de amostragem deve levar em consideração principalmente o ambiente a ser estudado, o objetivo do estudo e a eficiência do método. Para trabalhos de levantamentos, com disponibilidade financeira e tempo ilimitado, vários métodos devem ser empregados. Mas esta geralmente não é a realidade de estudos voltados para a conservação, manejo e estudos de impacto ambiental, que precisam ser ágeis, geralmente com pouco financiamento (Lewinsohn, 2001).

Este trabalho objetivou comparar a eficiência e a relação custo/benefício de dois métodos de amostragem de lagartos amplamente utilizados em levantamentos de fauna: a amostragem visual aliada à busca na liteira e o emprego de armadilhas “pitfall”, numa área de floresta de terra-firme na Amazônia Central. A eficiência foi comparada através do número de espécies amostradas, da abundância e do padrão de acúmulo de espécies esperadas nas amostras (visualizado em curvas de rarefação baseadas em amostras, de acordo com a terminologia de Gotelli & Colwell, 2001 e Colwell, 2005), para cada método. As relações custo/benefício foram baseadas no esforço empregado e no custo financeiro, em relação à eficiência de cada método.

3.2 - Material e Métodos

3.2.1 - Área de estudo:

O estudo foi realizado na Reserva Florestal Adolpho Ducke (02°55'S, 59°59'W), periferia de Manaus, AM, entre maio de 2003 e dezembro de 2004. A reserva possui uma área de floresta primária de 10.000 ha, que é classificada como tropical úmida de terra-firme. O relevo é ondulado, com variação altitudinal de aproximadamente 80 m entre os platôs mais altos e as partes mais baixas. A estrutura da vegetação e a florística são definidas principalmente pelo tipo de solo e relevo: platô (solos argilosos, latossolo amarelo-álido), vertente (solos areno-argilosos), campinarana (areno-argilosos) e baixio (podzóis e areias quartzozas) (Ribeiro *et al.*, 1999). A reserva é bem preservada, com pouca ação antrópica, mas a malha urbana já a pressiona em seus limites sul e oeste.

A temperatura média anual é de 26°C e a precipitação média anual é de 2.400 mm com estação seca entre julho e outubro e chuvosa entre novembro e junho.

A Reserva Ducke é um sítio do Programa Ecológico de Longa Duração (PELD/CNPq), onde está sendo desenvolvido um projeto piloto de levantamento sistemático e integrado de variáveis bióticas e abióticas, baseado no uso de parcelas padronizadas de amostragem. Para tanto, foi demarcado com um sistema de 18 trilhas em formato de malha gradeada cobrindo uma área total de 64 km² (Figura 3.5.1). Cada trilha possui 8 km de extensão. O sistema de trilhas foi demarcado a partir de 1km dos limites da reserva para minimizar os efeitos de borda.

Ao longo de cada uma das trilhas no sentido leste-oeste foram delimitadas parcelas permanentes de 250 m de extensão, com marcações a cada 10 m, num total de 72 parcelas independentes (oito por trilha, distantes um quilômetro entre si). Estas foram demarcadas de forma a seguir as curvas de nível. Cada parcela foi traçada a partir de um ponto com altitude conhecida e esta altitude foi mantida constante ao longo da parcela, conforme esta segue a curva de nível. Assim, cada parcela inclui solos, altitude e estrutura da vegetação relativamente uniformes ao longo de sua extensão. As parcelas são longas (250 m) e estreitas (a largura varia de acordo com o grupo a ser amostrado), de modo que a variação interna da altitude é minimizada.

3.2.2 - Métodos:

Para amostrar a comunidade de lagartos nas parcelas, foram utilizados dois métodos: busca na liteira (BL) aliada à amostragem visual (AV) e armadilhas do tipo “pitfall”.

A busca na liteira (BL) consistiu em percorrer cada parcela de 250 m de comprimento por 1 m de largura, com os dois observadores lado a lado, “pisando” a liteira e observando o movimento de lagartos à frente. Todos os lagartos avistados eram coletados para identificação. O tempo em cada parcela variou entre 25 e 60 min, dependendo da quantidade de liteira e do número de indivíduos avistados e coletados. Este método foi usado para amostrar principalmente os lagartos que vivem na liteira, das famílias *Gymnophthalmidae* e *Gekkonidae*.

A amostragem visual foi feita com dois observadores, um atrás do outro, aproximadamente 15 m distantes, percorrendo cada parcela numa velocidade de 250 m em 75 a 120 min, olhando para os dois lados, até a distância aproximada de cinco metros para cada lado. Eram vistoriados o chão e os estratos da vegetação, até mais ou menos 4 m de altura, com auxílio de binóculos quando necessário. Somente uma pessoa anotava, após a identificação da espécie. Os levantamentos foram feitos entre 09:00 e 15:00 h, quando a temperatura do ar estava acima de 26 °C, em horários sem chuva. Este método registrou principalmente os lagartos terrícolas maiores, os arborícolas e semi-arborícolas.

Foram realizados quatro levantamentos completos, de maio de 2003 a dezembro de 2004, entre o final da estação chuvosa e o final da seca. No primeiro (21/05 a 16/06/2003), foi realizado somente a busca na liteira (BL), pelos observadores Bill Quatman e Edivaldo Vasconcelos. Neste levantamento, todos os lagartos foram coletados, preservados para confirmar a identificação e tombados na Coleção de Répteis e Anfíbios do INPA. É possível que esta coleta tenha prejudicado as amostragens subsequentes (três e quatro), mas, devido ao grande intervalo entre elas (14 meses) e à pequena largura da parcela, é provável que não. O segundo levantamento foi realizado entre 18/09 e 24/10/2003, somente utilizando amostragem visual (AV), pelos mesmos dois observadores. O terceiro (04/08 a 22/09/2004) e o quarto (08/10 a 22/11/2004) foram realizados pelos observadores Maria Goretti e Edivaldo, utilizando os dois métodos: AV no percurso de ida

na parcela e BL no percurso de volta, sempre nesta ordem para evitar espantar os lagartos arborícolas. Nos levantamentos três e quatro, os lagartos avistados por busca na liteira foram coletados, identificados e soltos imediatamente. Para as análises, os dados dos levantamentos um e dois foram agrupados e considerados como um levantamento.

Para o método de armadilhas, foram instalados 256 baldes plásticos de 30 litros, enterrados até a boca e interligados por cerca de lona plástica presa em estacas de madeira, distribuídos em 32 parcelas, na região norte da Reserva Ducke (Figura 3.5.1). Dentro da área escolhida (logística mais viável, atendendo 16 parcelas em cada uma das duas microbacias), duas parcelas não comportaram as armadilhas, por serem em baixios alagados. Cada parcela possuía um conjunto de quatro baldes dispostos em forma de linha e outro de quatro baldes em forma de Y (um balde no meio e três nas pontas). A distância entre cada par de baldes, num conjunto, era de 5 m. A distância entre um conjunto e outro, dentro de cada parcela de 250 m, era variável, pois as armadilhas precisavam ser instaladas em locais que permitissem o mínimo de dano possível ao microhabitat. Em 15 parcelas do lado leste, as armadilhas foram instaladas adjacentes às parcelas, na mesma curva de nível, para minimizar ainda mais qualquer dano às parcelas permanentes. As armadilhas ficaram abertas durante 21 dias em cada lado, em julho (16 parcelas do lado oeste mais uma do lado leste) e em agosto (15 parcelas do lado leste) de 2004, sendo revisadas a cada dois dias.

Por questões financeiras e logísticas não foi possível instalar as armadilhas em toda a área da reserva. No entanto, a área coberta pelas armadilhas (32 parcelas) é equivalente à grade (30 parcelas) proposta pelo PPBIO (Programa de Pesquisa em Biodiversidade, Ministério da Ciência e Tecnologia, <http://ppbio.inpa.gov.br>) para monitoramento da biodiversidade da Amazônia.

3.2.3 - Análise dos dados:

Foram comparados os padrões esperados de acúmulo de espécies por parcelas entre os levantamentos e entre os métodos. Para tanto, os valores de número de espécies esperadas, acumulados por

parcelas, foram computados analiticamente (Mao Tau) com intervalos de confiança de 95%, sem randomizações, pelo programa EstimateS 7.5 (Colwell, 2005) e plotados em curvas.

Para comparar a taxa de lagartos capturados neste estudo com outros trabalhos usando armadilhas de queda realizados no Brasil, principalmente na Amazônia, foram compilados dados da literatura e dados obtidos diretamente com outros pesquisadores. Foram considerados os trabalhos que tinham disponíveis os dados de número de lagartos coletados, número de baldes abertos e número de dias em que os baldes ficaram abertos. A taxa foi calculada como o número de lagartos coletados por dia, por balde, multiplicado por 30 (= um mês).

O cálculo da probabilidade de ocupação (proporção estimada de parcelas ocupadas por uma espécie) e da probabilidade de detecção (probabilidade de uma espécie ser detectada aonde ela ocorre), com os dados dos três levantamentos por AV+BL, foi realizado com o programa PRESENCE 2.0 (MacKenzie & Hines, 2005). O modelo utilizado foi o mais simples, pré-determinado pelo programa, com apenas uma probabilidade para os três levantamentos. Também foi calculada a estimativa do número de levantamentos necessários para se alcançar mais de 90% de probabilidade de se detectar determinada espécie em qualquer uma das parcelas, a partir da fórmula: $1-(1-p)^n$ (W. Magnusson, com. pessoal); onde p é a probabilidade de detecção da espécie e n é o número de levantamentos. Foram consideradas apenas as treze espécies que foram amostradas nos três levantamentos.

3.3 - Resultados

Foram registradas 23 espécies de lagartos na Reserva Ducke, através da amostragem visual, busca na liteira e armadilhagem. Entretanto, considerar-se-á aqui apenas 22, pois o gênero *Leposoma* apresenta duas espécies na Ducke (*L. percarinatum* e *L. cf. guianense* – Ávila-Pires, com. pessoal), mas não foi possível diferenciá-las até o término do trabalho de campo e todas foram registradas como *Leposoma* spp. No entanto, a distribuição dos espécimes coletados indica que estas espécies ocorrem sintopicamente.

As espécies amostradas e o número de indivíduos de cada espécie variaram entre os métodos (Tabela 3.5.1). As espécies mais avistadas por amostragem visual foram *Gonatodes humeralis*, *Kentropyx calcarata* e *Anolis fuscoauratus*. A espécie mais avistada por busca na liteira foi *Coleodactylus amazonicus*. *Arthrosaura reticulata*, *Kentropyx calcarata* e *Leposoma* spp. foram os táxons mais coletados em armadilhas.

Através do método de amostragem visual e busca na liteira (AV + BL) em três levantamentos, foram registrados 2179 lagartos, sendo pelo menos 1383 indivíduos (soma do número máximo de indivíduos de cada espécie por parcela) de 20 espécies em 72 parcelas. É provável que o número de indivíduos tenha sido maior que 1383, mas como os indivíduos não foram marcados, é possível que alguns lagartos tenham sido contados em mais de um levantamento. O esforço total foi de 1512 horas-homem, incluindo deslocamentos até as parcelas e entre parcelas. Algumas espécies só foram vistas em um ou dois levantamentos e 17 espécies foram vistas em cada levantamento. *Neusticurus bicarinatus* só foi registrada no primeiro levantamento e *Alopoglossus angulatus* só no segundo; *Uracentron azureum* e *Thecadactylus rapicauda* só nos dois últimos; *Tupinambis teguixin* nos dois primeiros e *Uranoscodon superciliosus* no primeiro e no terceiro.

O número de indivíduos variou de 221 a 426 por levantamento, mas o padrão de acúmulo das espécies por parcelas foi muito similar para os três levantamentos e todas as curvas de rarefação aproximaram de assíntotas (Figura 3.5.2). As curvas resultantes da soma dos levantamentos 1 e 2 e 1, 2 e 3 são muito semelhantes, mas tendem a ser diferentes da curva do levantamento 1, em relação ao número de espécies acumuladas, considerando os intervalos de confiança de 95% (Figura 3.5.3).

Com o método de armadilhas, foram capturados 206 indivíduos de 15 espécies em 256 baldes abertos por 21 dias, em 32 parcelas. O esforço para instalação e revisão das armadilhas foi de 926 horas-homem. A taxa de captura de lagartos foi de 1,15 indivíduos/armadilha/mês, a terceira maior taxa em relação a outros estudos detalhados na Tabela 3.5.2. As armadilhas também capturaram serpentes, anfíbios (Anura e Gymnophiona) e pequenos mamíferos, em menor número.

O acúmulo de espécies em relação ao número de parcelas foi um pouco mais lento que o acúmulo pelo método AV+BL e a curva se aproximou de uma assíntota de aproximadamente 16 espécies (Figura 3.5.4).

As curvas para o método AV+BL (Figura 3.5.4), nas mesmas 32 parcelas que continham armadilhas, ficaram mais parecidas à curva de armadilhas e o número de espécies total diminuiu para 13 (primeiro levantamento) e 14 (segundo e terceiro levantamento). Assim, o método de armadilhas amostrou mais espécies, mas a diferença é muito pequena e dentro dos intervalos de confiança.

Somados os levantamentos 1 e 2 e depois 1, 2 e 3 (Figura 3.5.5), para as mesmas 32 parcelas, o terceiro levantamento ainda acrescentou uma espécie e as curvas 1+2 (16 espécies) e 1+2+3 (17 espécies) não se aproximaram da assíntota, apesar da curva 1 ter começado a estabilizar.

Apesar das espécies raras *P. guianensis*, *N. bicarinatus* e *A. angulatus* não terem sido registradas nestas 32 parcelas pelo método AV+BL, elas ocorrem nelas ou nas adjacências. *Pseudogonatodes guianensis* foi capturada nas armadilhas e *N. bicarinatus*, espécie semi-aquática, foi avistada próxima a uma parcela em outra ocasião. Esta espécie, bem como *Alopoglossus angulatus*, espécie associada a baixios, próximos a igarapés (Ávila-Pires, 1995; Vitt & Zani, 1996), certamente foram subamostradas. Como as armadilhas não poderiam ser instaladas em áreas alagadas, somente os baixios não alagáveis ou próximos a encostas suportaram as armadilhas.

Treze espécies foram amostradas por ambos os métodos. Duas (*Bachia panoplia* e *Ptychoglossus brevifrontalis*) só por armadilhas e sete só por AV+BL (*T. rapicauda*, *M. nigropunctata*, *T. teguixin*, *U. azureum*, *A. punctatus*, *N. bicarinatus* e *A. angulatus*). As armadilhas amostraram mais indivíduos de *A. reticulata*, *Leposoma* spp, *P. guianensis*, *B. panoplia* e *P. brevifrontalis*. *Kentropyx calcarata* foi amostrada de maneira similar por ambos métodos, enquanto as demais espécies foram melhor amostradas pelo método AV+BL (Tabelas 3.5.1 e 3.5.3).

As espécies apresentaram diferentes probabilidades de ocupação e detecção, calculadas para o método AV+BL (Tabela 3.5.4). A probabilidade de ocupação variou de 0,20 (*P. plica*) a 1 (*K. calcarata*, *A.*

reticulata e *T. agilis*). A probabilidade de detecção variou de 0,12 para *A. chrysolepis* a 0,86 para *G. humeralis*. Espécies facilmente detectadas, como *C. amazonicus* e *G. humeralis*, têm mais de 90% de probabilidade de serem detectadas em qualquer parcela da Reserva Ducke em que elas ocorrem, em apenas dois levantamentos, enquanto espécies mais dificilmente detectadas, como *A. chrysolepis* e *A. ameiva*, apresentaram mais de 90% de probabilidade de serem detectadas somente depois de 19 e 17 levantamentos, respectivamente.

O método de armadilhas teve custo bem mais alto que o método AV+BL (Tabelas 3.5.5 e 3.5.6). O custo estimado de cada levantamento por AV+BL nas 32 parcelas foi de R\$ 1.000,00, enquanto o custo da armadilhagem nas 32 parcelas foi de R\$ 8.524,00. Mesmo o custo dos três levantamentos nas 72 parcelas, por AV+BL, somados (R\$ 6.600,00), foi mais baixo que o método de armadilhas usado em somente 32 parcelas. Nas tabelas de custo para os dois métodos não está incluída a bolsa de estudos recebida pela autora.

3.4 - Discussão

Foram registradas 23 espécies de lagartos nas 72 parcelas da Reserva Ducke, através dos métodos de amostragem visual, busca na liteira e armadilhas “pitfall”. O número de espécies é comparável com a previsão de 20 a 30 espécies por localidade na Bacia Amazônica (Martins, 1991). Vinte e uma já eram conhecidas para a reserva, *Leposoma cf. guianense* foi recentemente reconhecida (Ávila-Pires, Com. Pessoal) e *Ptychoglossus brevifrontalis* foi registrada pela primeira vez na Ducke e no Estado do Amazonas neste estudo (Pinto & Quatman, 2005). Sabe-se que pelo menos mais quatro espécies ocorrem na área: *Iguana iguana*, *Anolis ortonii*, *Hemidactylus mabouia* e *Iphisa elegans*. As três primeiras foram avistadas durante este trabalho, mas fora das parcelas. Dois indivíduos de *I. iguana* foram vistos, um no chão, na beira de igarapé com dossel aberto e outro em árvore perto da borda da reserva, na área do alojamento. O único *A. ortonii* estava numa árvore na beira do Igarapé Acará, sendo atacado por uma formiga. Vários *H. mabouia* (lagartixa de parede, espécie introduzida) foram vistos na área do alojamento, principalmente nas

construções. *Iphisa elegans* tem ampla distribuição na Região Amazônica e é comumente encontrada em estudos de levantamento, mas só há um indivíduo coletado para a Reserva Ducke e nenhum foi visto durante este trabalho. *Polychrus marmoratus* (W. magnusson, com. pessoal), *Tropidurus hispidus* e *Cnemidophorus* sp. (Ávila-Pires, 1995) ocorrem na Região de Manaus, mas nunca foram registrados na Reserva Ducke.

Houve grande variação no número de indivíduos registrados nos três levantamentos, pelo método AV+BL, o que deve estar relacionada a quatro acontecimentos: a necessidade de coletar todos os lagartos de liteira no primeiro levantamento, de forma que os que escaparam não foram contabilizados; a troca de um dos observadores após o primeiro levantamento; a melhor aptidão dos observadores a cada levantamento realizado e a maior atividade dos lagartos no final da época seca, caso do terceiro levantamento. Também variou entre os três levantamentos, mas em menor proporção, a porcentagem de parcelas em que cada espécie foi detectada. As 13 espécies mais abundantes foram detectadas em mais parcelas no terceiro levantamento.

Apesar da variação no número de indivíduos, o número de espécies amostradas em cada levantamento pelo método AV+BL permaneceu constante (17). Treze espécies foram registradas nos três levantamentos e sete foram vistas em apenas um ou dois levantamentos. Estas sete espécies, juntamente com *P. plica* e *A. chrysolepis* (registradas nos três levantamentos), foram detectadas em menos de 19% das parcelas, podendo ser consideradas raras ou subamostradas. Pode-se afirmar que pelo menos *T. rapicauda* (espécie noturna) e *U. azureum* (habita o dossel e raramente desce o tronco) foram subamostradas.

A probabilidade de ocupação e de detecção das 13 espécies amostradas nos três levantamentos, pelo método AV+BL, nas 72 parcelas, variou bastante. As seis espécies que provavelmente ocupam todas as parcelas (*G. humeralis*, *M. nigropunctata*, *K. calcarata*, *A. fuscoauratus*, *A. reticulata* e *T. agilis*), de acordo com o modelo utilizado, apresentaram taxas de detecção bem diferentes, variando entre 18,5% para *T. agilis* e 85,7% para *G. humeralis*. Isto indica que há um gradiente de detectabilidade entre as espécies, ficando nos extremos, as espécies facilmente detectadas e as dificilmente detectadas. Ainda assim, populações de uma mesma espécie podem apresentar diferentes probabilidades de detecção (Vitt et al., 2003). A dificuldade de

detecção pode estar relacionada a condições climáticas, método de amostragem, cripticidade, etc. Assim, uma lista de espécies sempre deve ser analisada de forma crítica, considerando esta questão. Enquanto a ausência de espécies facilmente detectáveis pode ser considerada ausência real em muitos casos, a ausência de espécies de difícil detecção pode ser informação falsa, principalmente se o esforço amostral não foi o mínimo necessário. Portanto, recomenda-se que delineamentos que permitam a estimativa de detecção sempre sejam incluídos em levantamentos de fauna.

O padrão de acúmulo das espécies esperadas por parcelas para o método AV+BL, dado pelas curvas, indica que os dois primeiros levantamentos teriam sido necessários para amostrar o número total de espécies (20), mas se tivesse sido realizado somente o primeiro levantamento, ter-se-ia a idéia errada de que a curva aproximou-se da assíntota em 17 espécies. A detecção de lagartos foi maior no terceiro levantamento, mas nenhuma espécie foi acrescentada à lista.

As curvas de rarefação das 32 parcelas indicaram que, se tivesse sido realizado somente o primeiro levantamento, novamente ter-se-ia a idéia errada de que a curva aproximou-se da assíntota em 13 espécies. Com base nas curvas 1+2 (16 espécies) e 1+2+3 (17) identifica-se a necessidade de mais levantamentos e/ou amostragem em mais parcelas para se atingir a assíntota. Considerando apenas o número de espécies amostradas, o primeiro levantamento nas 72 parcelas foi tão eficiente quanto os três levantamentos em 32 parcelas, indicando que a amostragem em maior escala deve ser mais eficiente do que o emprego de maior esforço em cada amostra, como sugerido por Gotelli (2004). De qualquer forma, é recomendável realizar pelo menos duas amostragens para que se possa inspecionar o padrão de acúmulo das espécies e decidir se é necessário realizar mais amostragens.

O método de armadilhas registrou menos indivíduos, mesmo se comparado somente ao primeiro levantamento com o método AV+BL, nas mesmas 32 parcelas. O padrão de acúmulo das espécies por parcela do método de armadilhas é similar ao padrão do outro método, apenas ocorre de forma mais lenta inicialmente e indica assíntota um pouco superior aos três levantamentos individuais. As curvas de acúmulo de espécies esperadas por parcelas que sobem mais rápido (mais inclinadas) indicam habitats mais

heterogêneos (McArthur, 1972; Gotelli & Colwell, 2001). Assim, as curvas do método AV+BL estariam evidenciando habitat mais heterogêneo que a curva do método de armadilhas. Mas as parcelas são as mesmas e, portanto, isto é um artefato do método neste caso.

Para amostrar pelo menos mais uma espécie, mais dias de armadilhas abertas e/ou mais parcelas seriam necessárias. Considerando as 22 espécies registradas no estudo, acredita-se que a única espécie suscetível às armadilhas que não foi capturada seja *M. nigropunctata* e, logo, a única espécie que ainda poderia ser amostrada pelo método. Por outro lado, inesperadamente, um indivíduo da espécie arborícola *P. plica* foi capturado em armadilha.

Apesar de não terem sido registradas todas as espécies de lagartos que ocorrem na Reserva Ducke durante a amostragem nas 72 parcelas, as curvas de acúmulo de espécies esperadas praticamente estabilizaram, mesmo considerando os intervalos de confiança. Isto indica que estas curvas não devem ser utilizadas para estimar número de espécies, nem tampouco para comparar riqueza entre comunidades (capítulo 2), ao contrário do proposto por Colwell & Coddington (1994) e Gotelli & Colwell (2001), mas de acordo com O'Hara (2005), que considerou qualquer das estimativas altamente tendenciosas. Apesar de considerarem as curvas de acúmulo de espécies úteis para identificar esforço de amostragem necessário e estimar número total de espécies de um local, Thompson *et al.* (2003) não atingiram este resultado em estudo na Austrália e concluíram que essas curvas são fortemente influenciadas por características particulares de cada local. Entretanto, as curvas são úteis para visualizar o padrão de acúmulo de espécies em amostras e avaliar o custo/benefício de continuar amostrando com determinado método.

Nenhum dos dois métodos é suficiente para amostrar o número total de espécies de lagartos da comunidade. Eles podem ser complementares, para estudos de levantamentos de fauna, e ainda assim, insuficientes. Pode-se dizer que os dois métodos registram comunidades com composições diferentes, já que amostram espécies e principalmente abundâncias diferentes.

Para estudos que envolvam construção de matrizes de abundância, como estudos de composição de comunidades e identificação de padrões de distribuição de espécies, dados de ambos métodos não devem ser

somados e somente um precisa ser escolhido. Aparentemente, para a maioria das espécies, o método AV+BL capturou abundâncias mais próximas da realidade do que as armadilhas. Por exemplo, *C. amazonicus*, identificada como a segunda espécie mais abundante da comunidade através da busca na liteira, seria considerada rara pelos dados de armadilhas. Além disso, a abundância relativa usando o método AV+BL, especialmente para as espécies mais abundantes, manteve-se praticamente constante entre os três levantamentos. Portanto, mesmo não registrando as proporções reais na comunidade, pode ser utilizada como índice de mudança na composição.

No geral, as armadilhas amostraram menos espécies e em menor abundância do que o método AV+BL, apesar de terem sido melhores para capturar lagartos da família Gymnophthalmidae. Os dados de Strüssman (2000) também indicaram resultado semelhante, em uma área de Cerrado. Apesar da taxa de captura das armadilhas ter sido alta, comparada a outros estudos no Brasil, a armadilhagem foi menos eficiente que o método AV+BL, em relação ao custo. O custo financeiro do método de armadilhas foi bem mais alto e requereu esforço muito maior que o método de AV+BL. Dois levantamentos nas 72 parcelas são equivalentes, em horas-homem, à instalação e revisão das armadilhas em 32 parcelas. Por outro lado, a AV+BL requer pelo menos uma pessoa que conheça bem as espécies e uma que tenha aptidão para ver os animais na mata.

O método de armadilhas requer apenas pessoas com muita disposição física e apresenta a vantagem de eliminar vieses causados pelas variações entre coletores (Vogt & Hine, 1982). No entanto, os baldes não podem ser instalados em terrenos alagáveis, em afloramentos rochosos, etc, inviabilizando a amostragem das espécies restritas a estas áreas e criando um viés geográfico na amostragem.

Armadilhas de queda podem ser usadas para coletar outros táxons, como pequenos mamíferos e anfíbios. No entanto, neste estudo, não foi encontrada qualquer espécie de anfíbio (*Anura*) não conhecida da reserva através de levantamentos visuais e auditivos (A. P. Lima, com. pess.) e o número total de indivíduos de mamíferos foi seis.

A partir deste estudo, sugere-se a utilização prioritária do método AV+BL para amostragens rápidas de comunidades de lagartos para fins de comparações entre habitats e identificação de padrões de distribuição em comunidades de lagartos, em floresta de terra-firme, na Amazônia. As armadilhas “pitfall” podem ser utilizadas quando houver recursos disponíveis, especialmente em projetos de longo prazo, quando o custo pode ser distribuído por um período maior, e quando o objetivo principal for maximizar a captura de espécies semi-fossoriais, criptozóicas e as terrícolas mais ágeis.

3.5 – Figuras e Tabelas

Reserva Ducke: Relevo e Hidrografia

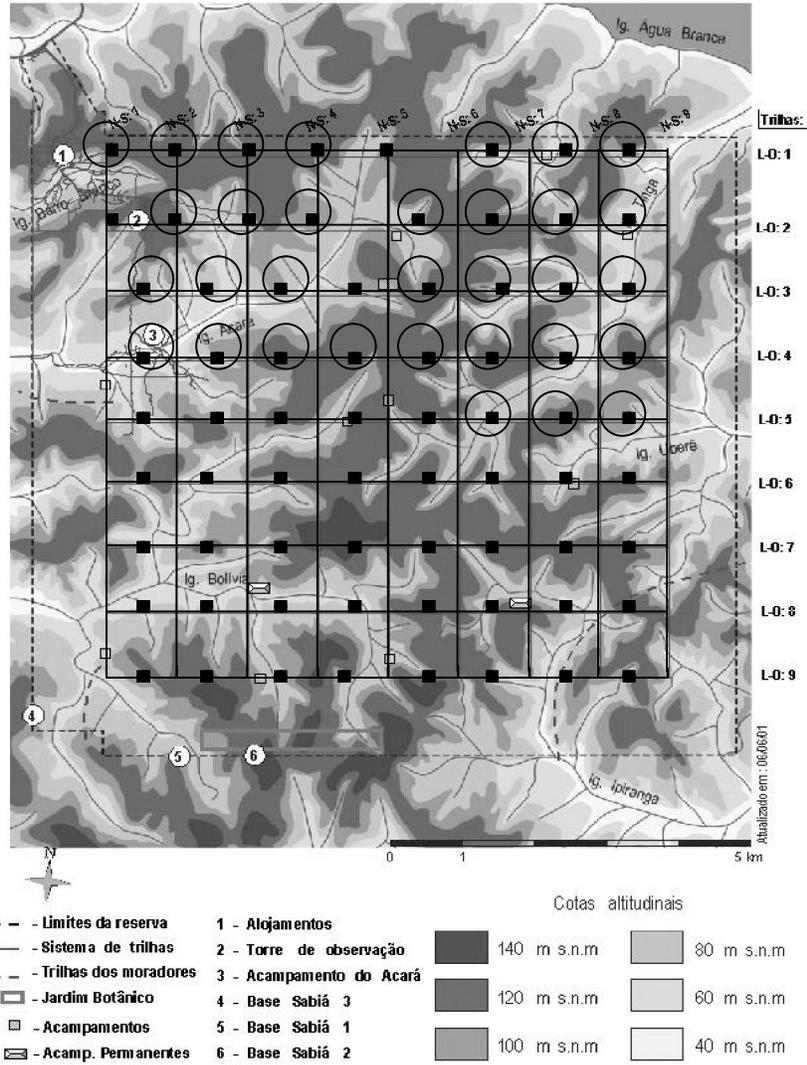


Figura 3.5.1. Mapa da Reserva Florestal Adolpho Ducke, Manaus, AM. Os quadradinhos pretos indicam a localização das parcelas permanentes. Os círculos indicam as parcelas amostradas por armadilhas.

Tabela 3.5.1. Abundância e frequência relativa das espécies de lagartos amostradas na Reserva Ducke, Manaus, AM. Cada um dos três levantamentos refere-se à amostragem visual e busca na liteira em 72 parcelas e nas 32 parcelas que continham armadilhas (valores entre parênteses). Os dados de armadilhas são relativos ao período de 21 dias.

Famílias / Espécies	1º Levantame nto	2º Levantame nto	3º Levantame nto	Total 3 Levantame ntos	% Total 3 Levantament os	Arma di- lhas	% Arma- dilhas
Gekkonidae							
<i>C.amazonicus</i>	82 (47)	153 (62)	269 (114)	504 (223)	23,13 (24,94)	5	2,43
<i>P.guianensis</i>	1 (0)	0 (0)	1 (0)	2 (0)	0,09 (0)	7	3,40
<i>G.humeralis</i>	135 (43)	214 (81)	325 (129)	674 (253)	30,93 (28,30)	1	0,49
<i>T.rapicauda</i>	0 (0)	2 (2)	1 (1)	3 (3)	0,14 (0,34)	0	0,00
Scincidae							
<i>M.nigropunctata</i>	65 (28)	44 (18)	75 (23)	184 (69)	8,44 (7,72)	0	0,00
Teiidae							
<i>K.calcarata</i>	89 (51)	83 (23)	135 (72)	307 (146)	14,09 (16,33)	51	24,76
<i>A.ameiva</i>	9 (6)	6 (0)	5 (2)	20 (8)	0,92 (0,94)	4	1,94
<i>T.teguixin</i>	2 (1)	1 (0)	0 (0)	3 (1)	0,14 (0,11)	0	0,00
Iguanidae							
<i>U.supersiliosus</i>	5 (0)	0 (0)	3 (1)	8 (1)	0,37 (0,11)	1	0,49
<i>U.azureum</i>	0 (0)	1 (1)	1 (0)	2 (1)	0,09 (0,11)	0	0,00
<i>P.umbra</i>	14 (8)	12 (8)	31 (12)	57 (28)	2,62 (3,13)	5	2,43
<i>P.plica</i>	6 (1)	5 (2)	4 (0)	15(3)	0,69 (0,34)	1	0,49
<i>A.fuscoauratus</i>	50 (20)	78 (26)	92 (44)	220 (90)	10,10 (10,07)	3	1,46
<i>A.chrysolepis</i>	2 (2)	7 (4)	2 (1)	11 (7)	0,50 (0,78)	1	0,49
<i>A.punctatus</i>	3 (0)	10 (3)	13 (3)	26(6)	1,19 (0,67)	0	0,00
Gymnophthalmidae							
<i>N.bicarinatus</i>	2 (0)	0 (0)	0 (0)	2 (0)	0,09 ((0)	0	0,00
<i>Leposoma spp.</i>	8 (3)	8 (3)	17 (4)	33 (10)	1,51 (1,12)	43	20,87
<i>A.reticulata</i>	3 (2)	24 (11)	34 (11)	61 (24)	2,80 (2,68)	73	35,44
<i>A.angulatus</i>	0 (0)	2 (0)	0 (0)	2 (0)	0,09 (0)	0	0,00
<i>B.panoplia</i>	0	0	0	0 (0)	0,00 (0)	2	0,97
<i>P.brevifrontalis</i>	0	0	0	0 (0)	0,00 (0)	2	0,97
<i>T.agilis</i>	15 (9)	13 (3)	17 (9)	45 (21)	2,07 (2,35)	7	3,40
Total	491 (221)	663 (247)	1025 (426)	2179 (894)	100,00	206	100,00

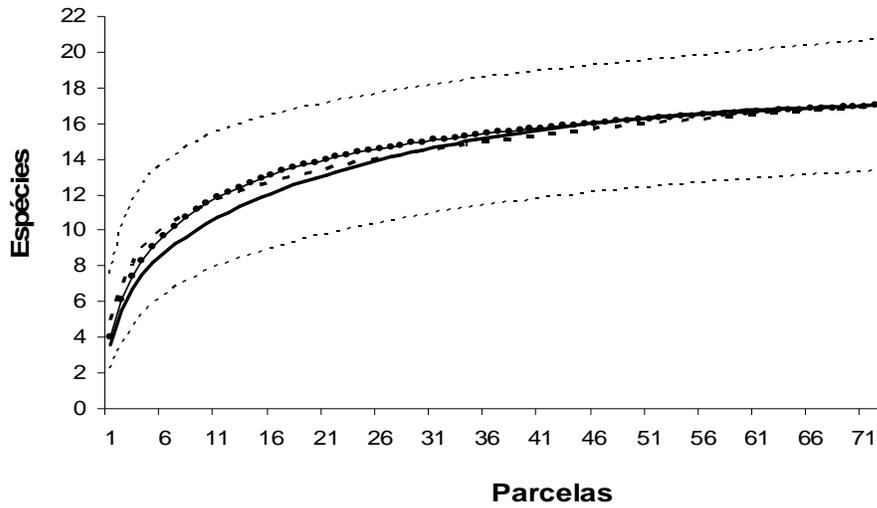


Figura 3.5.2. Curvas de acúmulo de espécies esperadas dos três levantamentos (amostragem visual e busca na liteira), em 72 parcelas. Levantamento 1 (___), levantamento 2 (—●—) e levantamento 3 (—■—) com os seus intervalos de confiança de 95% (- - -). Os intervalos de confiança do levantamento 3 incluem os intervalos de confiança dos outros levantamentos.

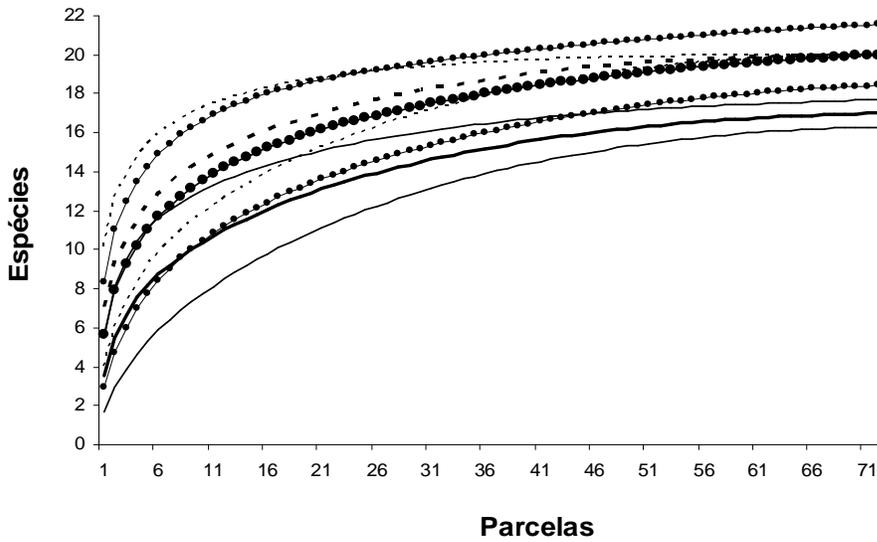


Figura 3.5.3. Curvas de acúmulo de espécies esperadas dos três levantamentos (amostragem visual e busca na liteira) acumulados, em 72 parcelas: levantamento 1 (___), levantamentos 1 + 2 (—●—) e levantamentos 1 + 2 + 3 (—■—) com os seus intervalos de confiança de 95% (- - -).

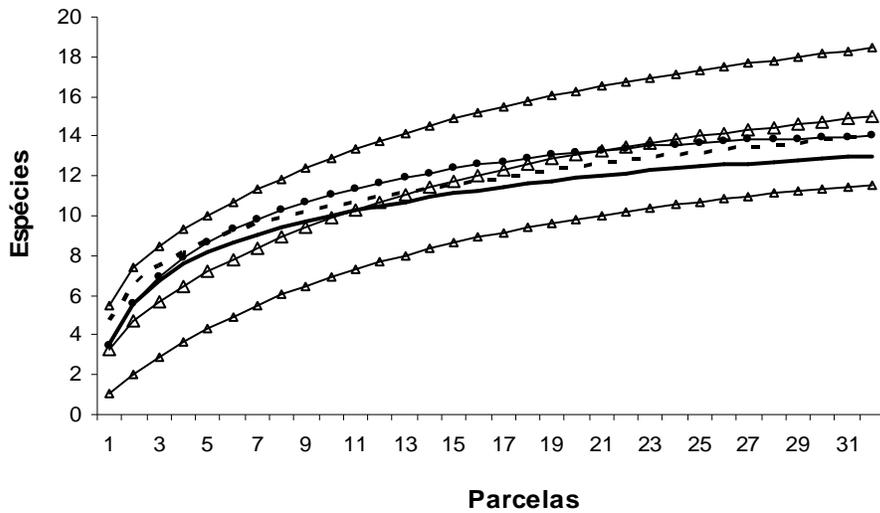


Figura 3.5.4. Curvas de acúmulo de espécies esperadas dos três levantamentos (amostragem visual e busca na liteira) e da amostragem com armadilhas (21 dias), em 32 parcelas. Levantamento 1 (___), levantamento 2 (—●—), levantamento 3 (___) e amostragem com armadilhas (—△—) com os seus intervalos de confiança de 95% (—△—).

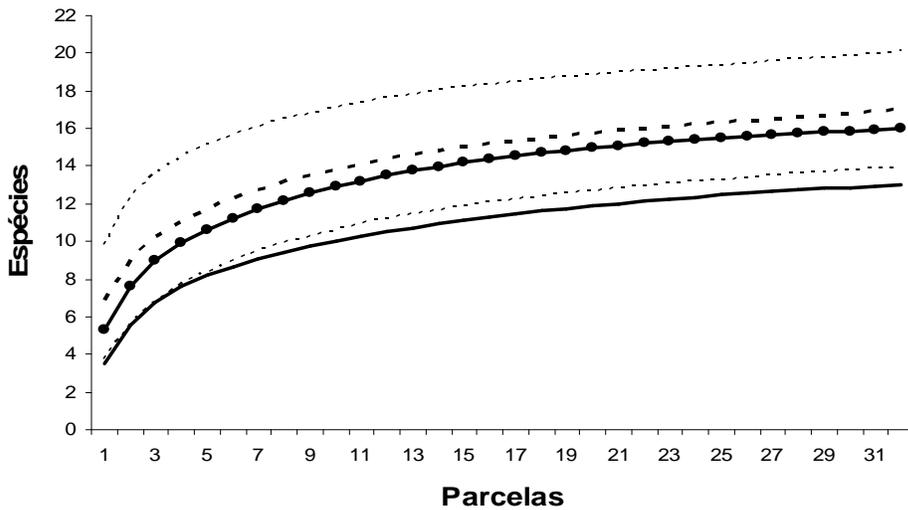


Figura 3.5.5. Curvas de acúmulo de espécies esperadas das três expedições acumuladas (amostragem visual e busca na liteira), em 32 parcelas. Levantamento 1 (___), levantamentos 1 + 2 (—●—) e levantamentos 1 + 2 + 3 (___) com os seus intervalos de confiança de 95% (___).

Tabela 3.5.2. Taxas de captura de lagartos por armadilhas “pitfall”, fisionomia da área de estudo, volume do baldes e informação sobre a presença de cerca interligando os baldes, neste estudo e dados de outros autores. A taxa está expressa em número de indivíduos capturados por armadilha por mês. Palmas, TO: Brandão & Peres Jr. (em Brandão, 2002); RDS Piagaçu-Purus, AM: Guimarães, dados não publicados; Ducke, AM: este estudo; Guajará-Mirim, RO: Wiederhecker et al. (2002); Oeste MT: Silva, 2005; Itirapina, SP e Santa Maria, RS: Cechin & Martins, 2000; Serra da Mesa, GO: Brandão, 2002; Reserva Ecológica do IBGE, DF: autora, dados não publicados. A taxa entre parênteses inclui dados de recaptura.

	Taxa	Fisionomia	Vol. dos baldes	Cerca
Palmas, TO	2,64	mata e cerrado	-	Sim
RDS P-Purus, AM	1,47	mata	60 litros	Sim
Ducke, AM	1,15	mata	30 litros	Sim
G.-Mirim, RO	1,09	mata	-	Sim
Oeste MT	1,07	mata	-	Sim
Itirapina, SP	0,70	cerrado	100 litros	Sim
S. da Mesa, GO	0,35	cerrado	20 litros	Não
St. Maria, RS	0,10	mata e campo	200 litros	Sim
IBGE, DF	0,12 (0,18)	mata e cerrado	20 litros	Não

Tabela 3.5.3. Frequência de ocupação das parcelas pelas espécies de lagartos amostradas na Reserva Ducke, Manaus, AM. Cada um dos três levantamentos refere-se à amostragem visual e busca na liteira em 72 parcelas e em 32 parcelas (valores em parênteses). Os dados de armadilhas são relativos a 21 dias, em 32 parcelas. A última coluna representa a frequência de ocupação das 32 parcelas, somando os dados das 3 expedições e das armadilhas.

Famílias / Espécies	% 1º Levantame nto	% 2º Levantame nto	% 3º Levantame nto	% Total 3 Levantame ntos	% Armadilhas	Armadilhas + 3 levant.
Gekkonidae						
<i>C.amazonicus</i>	45,8 (50)	66,7 (56,3)	76,4 (75)	86,1 (84,4)	9,4	84,4
<i>P.guianensis</i>	1,4 (0)	0 (0)	1,4 (0)	2,8 (0)	15,6	15,6
<i>G.humeralis</i>	72,2 (62,5)	83,3 (75)	98,6 (96,9)	98,6 (96,9)	3,1	96,9
<i>T.rapicauda</i>	0 (0)	2,8 (6,3)	1,4 (3,1)	4,2 (9,4)	0	9,4
Scincidae						
<i>M.nigropunctata</i>	50 (46,9)	31,9 (34,4)	55,6 (43,8)	80,6 (75)	0	
Teiidae						
<i>K.calcarata</i>	55,6 (62,5)	54,2 (37,5)	65,3 (71,9)	93,1 (90,6)	78,1	96,9
<i>A.ameiva</i>	6,9 (9,4)	8,3 (0)	6,9 (9,4)	19,4 (15,6)	9,4	21,9
<i>T.teguixin</i>	2,8 (3,1)	1,4 (0)	0 (0)	4,2 (3,1)	0	3,1
Iguanidae						
<i>U.supersilius</i>	4,2 (0)	0 (0)	4,2 (3,1)	6,9 (3,1)	3,1	6,3
<i>U.azureum</i>	0 (0)	1,4(3,1)	1,4 (0)	2,8 (3,1)	0	3,1
<i>P.umbra</i>	16,7 (21,9)	15,3 (21,9)	26,4 (25)	41,7 (46,9)	9,4	53,1
<i>P.plica</i>	5,6 (3,1)	6,9 (6,3)	4,2 (0)	12,5 (9,4)	3,1	12,5
<i>A.fuscoauratus</i>	52,8 (43,8)	56,9 (46,9)	62,5 (71,9)	90,3 (87,5)	9,4	90,6
<i>A.chrysolepis</i>	2,8 (6,3)	6,9 (9,4)	2,8 (3,1)	11,1 (15,6)	3,1	18,8
<i>A.punctatus</i>	2,8 (0)	11,1 (9,4)	15,3 (6,3)	20,8 (15,6)	0	15,6
Gymnophthalmidae						
<i>N.bicarinatus</i>	2,8 (0)	0 (0)	0(0)	2,8 (0)	0	0
<i>Leposoma spp.</i>	11,1 (9,4)	9,7 (9,4)	16,7 (6,3)	30,6 (21,9)	62,5	71,9
<i>A.reticulata</i>	4,2 (6,3)	27,8 (25)	36,1 (28,1)	54,2 (46,9)	84,4	93,8
<i>A.angulatus</i>	0 (0)	2,8 (0)	0 (0)	2,8(0)	0	0
<i>B.panoplia</i>	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	6,3	6,3
<i>P.brevifrontalis</i>	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	6,3	6,3
<i>T.agilis</i>	19,4 (28,1)	16,7 (9,4)	19,4 (28,1)	47,2 (56,3)	21,9	62,5

Tabela 3.5.4. Número de parcelas ocupadas, número total de registros nos três levantamentos, probabilidade de ocupação, probabilidade de detecção e estimativa do número de levantamentos necessários para se obter mais de 90% de chance de encontrar as espécies em qualquer uma das 72 parcelas da Reserva Ducke, através de amostragem visual + busca na liteira. Valores entre parênteses correspondem ao desvio padrão. Estimativas não foram produzidas para as espécies com poucos registros.

Famílias / Espécies	Nº de parcelas ocupadas	Nº total de registros	Probabilidade ocupação	Probabilidade detecção	Nº de levantamentos
Gekkonidae					
<i>C.amazonicus</i>	62	504	0,882 (0,042)	0,714 (0,036)	2
<i>P.guianensis</i>	2	2	-	-	-
<i>G.humeralis</i>	71	674	0,989 (0,020)	0,857 (0,032)	2
<i>T.rapicauda</i>	3	3	-	-	-
Scincidae					
<i>M.nigropunctata</i>	58	184	0,924 (0,066)	0,496 (0,047)	4
Teiidae					
<i>K.calcarata</i>	67	307	1,000 (0,000)	0,583 (0,033)	3
<i>A.ameiva</i>	14	20	0,567 (0,329)	0,131 (0,080)	17
<i>T.teguixin</i>	3	3	-	-	-
Iguanidae					
<i>U.supersilius</i>	5	8	-	-	-
<i>U.azureum</i>	2	2	-	-	-
<i>P.umbra</i>	30	57	0,608 (0,119)	0,320 (0,068)	6
<i>P.plica</i>	9	15	0,202 (0,089)	0,275 (0,123)	8
<i>A.fuscoauratus</i>	65	220	0,968 (0,045)	0,593 (0,037)	3
<i>A.chrysolepis</i>	8	11	0,361 (0,298)	0,116 (0,102)	19
<i>A.punctatus</i>	15	26	0,304 (0,092)	0,320 (0,097)	6
Gymnophthalmidae					
<i>N.bicarinatus</i>	2	2	-	-	-
<i>Leposoma spp.</i>	22	33	0,630 (0,217)	0,198 (0,074)	11
<i>A.reticulata</i>	39	61	1,000 (0,000)	0,227 (0,028)	9
<i>A.angulatus</i>	2	2	-	-	-
<i>T.agilis</i>	34	45	1,000 (0,000)	0,185 (0,026)	12

Tabela 3.5.5. Custo em R\$ e em U\$ (R\$ 2,30 para cada U\$) para instalar e revisar 256 armadilhas em 32 parcelas, na Reserva Ducke.

	Descrição	Valor em R\$	Valor em U\$
Material	256 baldes com tampa (30 l)	2.560,00	1.113,00
	650 estacas de madeira	770,00	335,00
	3 rolos de lona plástica 4x100m	390,00	170,00
	3 grampeadores para madeira + 6 caixas de grampos	174,00	76,00
	3 bocas de lobo	60,00	26,00
	sacos plásticos + canetas permanentes	40,00	17,00
Diárias (mateiros braçais)	Instalação (14 diárias x 4 pessoas x R\$ 20,00)	1.120,00	487,00
Diárias (mateiros braçais)	Revisão (44 diárias x 2 pessoas x R\$ 20,00)	1.760,00	765,00
Alimentação		1.400,00	609,00
Gasolina		250,00	109,00
Total		8.524,00	3.707,00

Tabela 3.5.6. Custo em R\$ e em U\$ (R\$ 2,30 para cada U\$) para realizar um levantamento de lagartos por amostragem visual e busca na liteira, em 72 parcelas, na Reserva Ducke.

	Descrição	Valor em R\$	Valor em U\$
Diárias (mateiro especializado)	50 diárias x 1 pessoa x R\$ 25,00	1.250,00	544,00
Alimentação		800,00	348,00
Gasolina		150,00	65,00
Total		2.200,00	957,00

4. Capítulo II – Diversidade beta e efeito de variáveis ambientais e de duas micro-bacias sobre uma comunidade de lagartos na Amazônia Central

4.1 - Introdução

Atualmente se atribui bastante importância à conservação dos habitats como o fator mais importante para a conservação das espécies. No entanto, o conhecimento da distribuição das espécies e das populações de animais e plantas é essencial para traçar relações e definir padrões, para então criar estratégias de conservação (Morrison, Marcot e Mannah, 1998). É muito importante que as áreas que contenham maior diversidade genética sejam priorizadas para preservação (Kress *et al.*, 1998).

Dentro do espectro geográfico de ocorrência de uma espécie, os diferentes habitats não são igualmente utilizados e nem suportam densidades populacionais equivalentes (Mayr, 1970; Heatwole, 1976). O padrão de distribuição de uma espécie reflete a distribuição dos habitats utilizados (Tuomisto & Ruokolainen, 1997). Os fatores que podem determinar a composição e abundância das comunidades são extremamente variados, e incluem fatores históricos (Connor & Simberloff, 1979; Pianka, 1973), latitude (Schall & Pianka, 1972), predação (Azevedo-Ramos *et al.*, 1999), parasitismo (Schall, 1992; Pianka, 1994), competição (Losos, 1995), heterogeneidade espacial (Pianka, 1971, em Pianka, 1994; Morton & James, 1988; Downes *et al.*, 1998; Petren & Case, 1998), abundância de alimento (Morton & James, 1988) fatores edáficos (Tuomisto *et al.*, 1995), topografia e umidade do solo (Vonesh, 2001), antropização (Lieberman, 1986), dentre outros.

A maior parte da biodiversidade mundial está concentrada na região Neotropical, e especialmente na região Amazônica, área de “megadiversidade”. Porém, muito pouco se conhece acerca dos padrões de distribuição das espécies na área. Esta falta de dados adequados sobre a distribuição das espécies é grave, e pior ainda é a falta de um plano eficaz para amostrar a Amazônia (Kress *et al.*, 1998). Isto porque o avanço contínuo e rápido da malha rodoviária, de atividades agropecuárias e de mineração sobre as áreas naturais causa a diminuição da biodiversidade (Primack & Rodrigues, 2001) antes mesmo de seu conhecimento pela ciência.

É urgente a obtenção de dados detalhados, provenientes de diferentes partes da Amazônia, acerca das características ambientais atuais e dos padrões de distribuição das espécies, para que se possa detectar em que nível as espécies reagem a gradientes ambientais (Tuomisto & Ruokolainen, 1997).

A escala de estudo é uma questão essencial na identificação de padrões de distribuição das espécies. Para determinar as causas da variação na diversidade de espécies é essencial conectar a escala em que esta variação está sendo medida à escala em que os fatores testados afetam a diversidade (Huston, 1999). A escala pode ser muito grande ou muito pequena, mas quando é adequada, os padrões são claros (McArthur, 1972).

Gentry (1988), estudando árvores, e Tuomisto e colaboradores (1995), estudando plantas de sub-bosque, encontraram alta diversidade entre sítios relativamente próximos (diversidade beta) na Amazônia, concluindo que a Amazônia tem sido erroneamente considerada homogênea e que isto reflete a necessidade de mais estudos de diversidade beta. Mais recentemente, Kinupp e Magnusson (2005) e Costa e colaboradores (2005) confirmaram esta tendência numa mesoescala, para plantas de sub-bosque na Amazônia Central.

Por outro lado, Silva e Sites (1995) concluíram que a substituição de espécies de répteis Squamata (cobras, lagartos e anfisbenas) entre sítios amazônicos, numa grande escala, é relativamente baixo, ou seja, a diversidade de espécies é pouco variável entre os sítios estudados. Em escala menor, Doan & Arriaga (2002) sugerem que diferenças geográficas em pequena escala são importantes na formação das comunidades de répteis e anfíbios na Amazônia.

É provável que a composição atual das comunidades de lagartos amazônicos tenha sido produzida por fatores históricos e filogenéticos (Vitt et al., 1997a), mas a abundância e distribuição local podem estar relacionadas a fatores ecológicos e geográficos, como a estrutura da vegetação, fatores edáficos ou topografia.

Comunidades de lagartos são sensíveis às modificações antrópicas, e comunidades de lagartos de florestas relativamente intactas são distintas daquelas de áreas que sofreram desmatamentos ou outros

processos antrópicos (Lieberman, 1986; Vitt, 1998; Vonesh, 2001; Carvalho-Jr e colaboradores, em preparação). No entanto, um bom grupo indicador deve ter pouca variação dentro de áreas não perturbadas. Isto é, a diversidade beta deve ser maior entre habitats perturbados e não perturbados do que entre habitats não perturbados. Se comunidades de lagartos da floresta amazônica mostram alta diversidade beta dentro de áreas não perturbadas, como sugerido por Doan & Arriaga (2002), seria difícil usá-los como indicadores de perturbações.

Estudos de comunidades rotineiramente usam índices de diversidade para comparar comunidades. Índices de diversidade compostos, que integram o número de espécies detectadas e as abundâncias relativas das contagens das espécies, têm pouca utilidade para fins de manejo (Magnusson, 2002). No entanto, a medida mais simples de diversidade, o número de espécies detectadas, também tem problemas de interpretação (O'hara, 2005).

Uma alternativa é extrapolar a curva de coletor para tentar estimar o número de espécies esperado para um esforço infinito. Os métodos de extrapolação são discutíveis (O'hara, 2005), mas podem ser avaliados por simulações no computador ou por comparações com ensaios em comunidades bem conhecidas (Walther & Moore, 2005). O problema com simulações no computador é que eles podem não captar características reais de um dado táxon.

Testes de métodos de extrapolação têm sido baseados em estudos que presumiram que a diversidade alfa é constituída de espécies conhecidas da fauna regional, ou que presumiram que uma assíntota da curva do coletor indica o número real de espécies do local (Colwell & Coddington, 1994; Gotelli & Colwell, 2001). Nenhuma destas presunções tem sido testada.

Thompson e colaboradores (2003) avaliaram a utilidade de curvas de coletores para estimar a riqueza em comunidades de lagartos da Austrália e concluíram que o método não retornou estimativas realistas, mas concluíram que isto foi devido ao esforço insuficiente e às características especiais das comunidades estudadas, especialmente a alta diversidade beta.

A Reserva Florestal Adolpho Ducke possui 10.000ha de floresta tropical de terra-firme e fica na periferia de Manaus. A área é relativamente bem preservada, mas sofre intensa pressão da malha urbana. É um sítio do Programa Ecológico de Longa Duração (PELD/CNPq), onde foi desenvolvido um projeto piloto, que subsidiou um modelo de levantamento sistemático e integrado de variáveis bióticas e abióticas, o RAPELD (<http://inpa.ppbio.gov.br>).

O método RAPELD permite uma avaliação da utilidade de assíntotas em curvas de coletores para estimar a riqueza de espécies. Ele consiste de parcelas padronizadas, que permitem um levantamento sistemático com quantificação de esforço, e trilhas de acesso que permitem levantamentos avulsos sobre toda a área amostrada.

A reserva é drenada por igarapés pertencentes a duas microbacias, leste e oeste, separadas por um platô central. Apesar da área ser aparentemente homogênea (Ribeiro et al., 1999), diferenças na composição de espécies de peixes (Mendonça, 2002), sapos (Guimarães, 2004; Menin, 2005), arbustos do gênero *Psychotria* (Kinupp & Magnusson, 2005) e plantas de sub-bosque (Costa *et al.*, 2005) indicam que as duas microbacias constituem habitats diferentes para a fauna e flora.

Até o momento, foram identificadas 27 espécies de lagartos na Reserva Ducke (W. Magnusson, com. pess.; Ávila-Pires, 1995; Pinto & Quatman, 2005), número comparável com a riqueza de 20 a 30 espécies por localidade na Bacia Amazônica, compilada por Martins (1991). Várias dessas espécies já foram estudadas sob alguns aspectos em outras localidades amazônicas (Martins, 1991; Vitt & Blackburn, 1991; Vitt *et al.*, 1997a; Vitt *et al.*, 1997b; Vitt & Zani, 1998; Vitt *et al.*, 2000; Lima *et al.*, 2001), mas poucos trabalhos, com poucas espécies, foram realizados na região de Manaus (Gasnier *et al.*, 1994; Gasnier *et al.* 1997). Até o momento, nenhum trabalho estudou o efeito de fatores edáficos, topográficos e da estrutura da vegetação sobre a diversidade beta na comunidade de lagartos na Amazônia Central.

Este estudo foi dividido em duas partes. Na primeira foi avaliado o padrão de distribuição da comunidade de lagartos; e os efeitos da topografia (altitude e inclinação do terreno), de fatores edáficos

(porcentagem de argila no solo e profundidade da liteira) e da estrutura da vegetação sobre a composição da comunidade, riqueza e abundância de espécies de lagartos na floresta de terra-firme da Reserva Ducke. Na segunda parte foi avaliado o efeito das duas microbacias hidrográficas na composição, riqueza e abundância das espécies de lagartos. As microbacias diferiram na densidade de lagartos por parcela, apesar da comunidade de lagartos ter mostrado pouca diversidade beta em relação às características do habitat. Portanto, foram utilizados os dados obtidos nas trilhas e num levantamento piloto, combinados com os três levantamentos, para obter estimativas do número mínimo de espécies em cada microbacia. Ainda, foram utilizadas curvas de coletores baseadas em esforço padrão, bem como estimadores de riqueza, para estimar a riqueza de cada sub-bacia e, então, testar a utilização das curvas de rarefação (ou curvas de acúmulo de espécies esperadas, de acordo com Colwell, 2005) com intervalos de confiança e de estimadores de riqueza, para prever o número de espécies nas duas microbacias.

4.2 - Material e Métodos

4.2.1 - Área de estudo:

Vide Capítulo 1.

4.2.2 - Métodos:

4.2.2.1 - Comunidade de lagartos

Para amostrar a comunidade de lagartos nas 72 parcelas, foram realizados três levantamentos utilizando o método visual aliado à busca na liteira (AV+BL), como detalhado no Capítulo 1.

4.2.2.2 - Variáveis ambientais

Foram medidas cinco variáveis ambientais em cada parcela: porcentagem de argila no solo, inclinação da parcela, altitude, abundância de árvores e profundidade da liteira. As quatro primeiras variáveis foram coletadas por outros pesquisadores, como detalhado a seguir:

- Porcentagem de argila no solo:

As coletas de solo foram feitas com um trado que retirou amostras de solo a cada 50 m, a 5 cm de profundidade, na faixa central das parcelas, totalizando cinco pontos por parcela. As amostras foram combinadas em uma amostra composta, homogeneizadas e secas ao ar. A proporção de argila foi baseada na velocidade de queda das partículas que compõem o solo, determinando-se o tempo para o deslocamento vertical na suspensão do solo com água, após a adição de um dispersante químico, seguindo o método descrito em EMBRAPA (1997). As análises foram feitas no Laboratório de Solos do Departamento de Ciências Agronômicas do INPA.

- Inclinação da parcela:

A declividade, em graus, ao longo da parcela, foi obtida com auxílio de um clinômetro. Foram tomadas medidas de seis pontos, no início da parcela e a cada 50 m, sempre na linha central da parcela. Para as análises deste estudo, foi considerada a declividade média dos seis pontos, para cada parcela.

- Altitude:

A altitude de cada parcela, em metros acima do nível do mar, foi tomada diretamente no campo, por um topógrafo profissional.

- Número de árvores:

O número de árvores por parcela foi obtido através da contagem das árvores em três parcelas com diferentes tamanhos, conforme a classe de diâmetro (DAP) das árvores. Parcelas de 40 m (largura) x 250 m (comprimento) para árvores com DAP acima de 30 cm; parcelas de 20 x 250 m para árvores com diâmetro entre 10 e 30 cm; e parcelas de 4 x 250 m para árvores com diâmetro entre 10 e 1 cm. Como os dados foram tomados em relação à área horizontal da parcela, o número total de árvores por parcela foi corrigido para a área de chão.

- Profundidade da liteira:

A profundidade da liteira foi medida em 11 pontos equidistantes, ao longo de cada parcela, a 1 m da linha central. As medidas foram tomadas com uma régua (0,5 mm), introduzindo-a na camada de liteira até

a superfície do solo, em julho e agosto de 2005. Para as análises deste estudo foram utilizadas as médias por parcela.

4.2.3 - Análise dos dados:

Para descrever a composição da comunidade de lagartos em um ou dois eixos, foi utilizado o método de Escalonamento Híbrido Multidimensional (HMDS) com o Programa PATN (Belbin, 1992) para DOS. Para ordenar a comunidade com dados quantitativos, foi construída uma matriz de abundância (72 parcelas como objetos e 18 espécies como atributos) com o número médio de indivíduos por espécie, por parcela, nos três levantamentos. A matriz foi padronizada para frequência relativa, ou seja, o número médio de indivíduos de cada espécie foi dividido pela soma dos números médios de indivíduos de todas as espécies em cada parcela. O índice de Bray-Curtis (índice de diferença entre cada par de objetos) foi aplicado para construir as matrizes de associação (dissimilaridade) entre as parcelas e a ordenação foi realizada com o HMDS. Para estimar a proporção de variação dos dados originais captada pela análise, foi feita uma regressão linear entre os índices de similaridade entre parcelas para dados de entrada e de saída da ordenação, para um eixo e para dois eixos. Para ordenar a comunidade qualitativamente, foi construída uma matriz com dados de presença/ausência. O índice de Bray-Curtis foi aplicado e foram seguidos os demais passos citados acima. Os dados quantitativos revelam padrões associados às espécies mais comuns, enquanto os dados qualitativos tendem a dar mais peso às espécies mais raras, pois as espécies comuns ocorrem na maioria dos locais, contribuindo pouco para diferenciar as áreas.

Para calcular a diversidade beta total da área (como valores de referência para outros estudos), foram calculados os índices de Whittaker ($\beta_w = S/\bar{\alpha}$, onde S = número total de espécies da área; α = número médio de espécies por amostra) e de Lande ($\beta = \gamma - \bar{\alpha}$, onde γ = número de espécies total; α = número médio de espécies por amostra), ambos descritos em Magurran, 2004.

Para testar a colinearidade entre as cinco variáveis ambientais, um teste de correlação múltipla foi utilizado.

Para avaliar os efeitos das variáveis ambientais (independentes): número de árvores (NA), profundidade da liteira (LI), inclinação da parcela (IN) e porcentagem de argila no solo (AR), sobre a composição da comunidade de lagartos (variável dependente), foi feita uma regressão múltipla entre um eixo de HMDS (dados de abundância) e as quatro variáveis e uma regressão múltipla multivariada entre dois eixos de HMDS (dados de presença/ausência) e as quatro variáveis ambientais.

Para avaliar o efeito das mesmas variáveis ambientais sobre o número de espécies por parcela e sobre a abundância de indivíduos por parcela foram utilizados modelos de regressão múltipla. Considerou-se como número de espécies, o somatório de espécies encontradas nos três levantamentos, por parcela. Como abundância de indivíduos foi utilizado o somatório do número médio de indivíduos, de todas as espécies por parcela.

Para avaliar o efeito da microbacia de drenagem sobre a composição das espécies, foi realizada uma ANOVA para os dados de abundância, sendo o eixo de HMDS a variável dependente e a bacia de drenagem a variável independente; e uma MANOVA para os dados de presença/ausência, sendo os dois eixos de HMDS as variáveis dependentes e a bacia de drenagem a variável independente.

Para comparar os padrões de acúmulo de espécies por parcelas, entre as duas microbacias de drenagem, foram produzidas curvas de rarefação (ou curvas de acúmulo de espécies esperadas, de acordo com Colwell, 2005), calculadas analiticamente pela fórmula de Mao Tau, sem randomizações, sem reposição, com o Programa EstimateS 7.5 (Colwell, 2005). Através deste programa também foram calculadas estimativas de riqueza, usando oito métodos diferentes para cada microbacia, com 100 randomizações, sem reposição.

Para avaliar a relação entre o número de espécies (variável dependente), abundância e a bacia, e determinar se havia interação entre bacia e abundância, foi realizada uma análise de variância.

As análises de correlação, as regressões, e análises de variância foram realizadas no Programa Systat 8.0 (Wilkinson, 1998).

4.3 - Resultados

Foram encontrados 2179 indivíduos de 21 espécies de lagartos de cinco famílias, durante três levantamentos em 72 parcelas na Reserva Ducke. Serão consideradas aqui apenas 20 *táxons* (Tabela 4.5.1), pois o gênero *Leposoma* apresenta duas espécies na Ducke (*L. percarinatum* e *L. cf. guianense* – T. C. Ávila-Pires, com. pessoal), mas não foi possível diferenciá-las até o término do trabalho de campo e todas foram registradas como *Leposoma* spp.

Um mínimo de zero (uma parcela no primeiro levantamento) e o máximo de 46 indivíduos (parcela no terceiro levantamento) foram amostrados por parcela (Média = $10,1 \pm 6,7$). O número médio nos três levantamentos variou de 3,7 a 31 indivíduos por parcela (Média = $10,1 \pm 4,6$), sendo pelo menos três espécies e no máximo 13, por parcela (Média = $7,1 \pm 1,8$).

Gonatodes humeralis e *Coleodactylus amazonicus* foram as espécies mais encontradas, com 674 e 504 registros, respectivamente, somados os três levantamentos. As espécies menos registradas foram *Neusticurus bicarinatus*, *Alopoglossus angulatus* e *Uracentron azureum*, com dois indivíduos cada, e *Tupinambis teguixin* e *Thecadactylus rapicauda*, com três indivíduos cada. As espécies *U. azureum*, que habita o dossel, e *T. rapicauda*, de hábito noturno, não foram incluídas nas análises estatísticas, pois certamente foram sub-amostradas pelos métodos de amostragem. As espécies detectadas em maior número de parcelas foram *G. humeralis* (avistada em 98,6% das parcelas) e *K. calcarata* (93,1%) (Tabela 4.5.1).

A composição da assembléia de espécies de lagartos por parcela foi representada através de um eixo de HMDS para dados de abundância ($r^2 = 0,61$) e de presença/ausência ($r^2 = 0,29$) e de dois eixos para abundância ($r^2 = 0,78$) e presença/ausência ($r^2 = 0,55$). Como um eixo captou mais de 60% da variação dos dados de abundância na ordenação e é uma representação mais simples do que dois eixos, ele foi escolhido para representar a comunidade de lagartos nas análises de regressões múltiplas contra as variáveis ambientais. Para os dados de presença/ausência, os dois eixos foram utilizados em análises de regressão múltipla multivariada, pois apenas um eixo captou pouca variação dos dados.

A maioria dos lagartos ocorreu ao longo de todo o gradiente representado pelo eixo de MDS, construído com dados de abundância relativa (Figura 4.5.1), indicando que a comunidade de lagartos não está fortemente estruturada em relação ao uso do habitat. Entretanto, as espécies *K. calcarata*, *M. nigropunctata* e *A. ameiva* apresentaram, ao longo do gradiente, tendências opostas à de *C. amazonicus*.

A diversidade beta, medida para a Reserva Ducke como um todo, foi 10,9 e 2,5, considerando os índices de Lande e Whittaker, respectivamente.

Altitude e porcentagem de argila no solo apresentaram alta correlação ($r = 0,95$). Portanto, somente porcentagem de argila foi incluída nas análises. As correlações entre as demais variáveis foram menores que 0,29.

As variáveis preditoras, número de árvores (NA), profundidade da liteira (LI), inclinação do terreno (IN) e porcentagem de argila (AR), foram associadas com aproximadamente 21% da variação na composição da comunidade de lagartos, representado pelo eixo 1 (Comunidade = $2,094 - 0,002 \text{ NA} - 0,307 \text{ LI} + 0,013 \text{ IN} + 0,007 \text{ AR}$; $r^2 = 0,21$; $F_{4,67} = 4,38$; $P = 0,003$). O número de árvores ($t = -2,028$; $P = 0,047$) e a profundidade de liteira ($t = -2,294$; $P = 0,025$) contribuíram significativamente ao modelo. Não houve efeito significativo da inclinação ($t = 0,776$; $P = 0,440$) ou da porcentagem de argila ($t = 1,899$; $P = 0,062$). Número de árvores e profundidade de liteira foram negativamente associados com o eixo (Figura 4.5.2), indicando que espécies como *C. amazonicus*, com valores menores ao longo do eixo (Fig. 4.5.1), são mais freqüentes em áreas com muita liteira e alta densidade de árvores, enquanto espécies com altos valores, como *M. nigropunctata* e *A. ameiva*, são mais comuns em parcelas com menos árvores e menos liteira.

As espécies tendem a formar subconjuntos hierárquicos ao longo do gradiente de porcentagem de argila no solo (Figura 4.5.3). A porcentagem de argila também reflete a altitude. Portanto, as espécies não necessariamente estão respondendo diretamente ao solo. *Alopoglossus angulatus*, *P. guianense*, *N. bicarinatus*, *U. supersiliosus* e *T. teguixin* foram detectadas principalmente em áreas de baixio, com solos arenosos, enquanto as outras espécies foram generalistas no uso do habitat.

A composição das espécies, baseada nos dados de presença/ausência não foi significativamente afetada por qualquer uma das variáveis: profundidade da liteira (Pillai Trace = 0,046; $F_{2,66} = 1,574$; $P = 0,215$); número de árvores (Pillai Trace = 0,010; $F_{2,66} = 0,326$; $P = 0,723$); inclinação (Pillai Trace = 0,003; $F_{2,66} = 0,097$; $P = 0,907$); argila (Pillai Trace = 0,031; $F_{2,66} = 1,065$; $P = 0,350$).

A riqueza de espécies de lagartos não foi prevista pelas variáveis ambientais (Riqueza = 10,582 – 0,003 NA – 0,205 LI - 0,009 IN - 0,014 AR; $r^2 = 0,11$; $F_{4,67} = 2,13$; $P = 0,087$), mas houve efeito significativo da porcentagem de argila ($t = -2,128$; $P = 0,037$). Não houve efeito significativo da inclinação ($t = -0,279$; $P = 0,781$), da profundidade da liteira ($t = -0,825$; $P = 0,412$) ou do número de árvores ($t = -1,526$; $P = 0,132$) (Figura 4.5.4).

Aproximadamente treze por cento da abundância de lagartos foi prevista pelas variáveis ambientais (Abundância = 2,943 – 0,001 NA – 0,048 LI - 0,003 IN - 0,002 AR; $r^2 = 0,13$; $F_{4,67} = 2,59$; $P = 0,044$). Houve efeito significativo, negativo (Figura 4.5.5), do número de árvores ($t = -0,310$; $P = 0,012$). Não houve efeito significativo da inclinação ($t = -0,048$; $P = 0,707$), da profundidade da liteira ($t = 0,109$; $P = 0,375$; Tol. = 0,861) ou da porcentagem de argila ($t = -1,218$; $P = 0,227$).

4.3.1 - Efeito da bacia de drenagem:

A composição das espécies de lagartos não foi afetada significativamente pela bacia de drenagem, tanto para os dados de abundância em um eixo, ($F_{1,70} = 0,237$; $P = 0,628$), quanto para os dados de presença/ausência em dois eixos (Pillai Trace = 0,000; $F_{2,69} = 0,001$; $P = 0,999$) (Figura 4.5.6).

Das 18 espécies consideradas nas análises, 18 foram encontradas em parcelas da bacia oeste e 13 na leste (Tabela 4.5.1). *Pseudogonatodes guianense*, *U. supersilosus*, *A. chrysolepis*, *N. bicarinatus* e *A. angulatus* não foram encontradas nas parcelas da bacia leste, durante os três levantamentos, mas as quatro primeiras foram registradas nesta bacia, em outras oportunidades durante o estudo. *Pseudogonatodes guianensis* foi capturada em armadilhas (Capítulo 1), *U. supersilosus* e *N. bicarinatus* foram avistadas em trilhas de acesso e *A. chrysolepis* foi registrada numa parcela, durante um levantamento piloto incompleto

(em fevereiro-março de 2003), cujos dados não foram considerados neste estudo. Somente *A. angulatus*, espécie rara na Reserva Ducke, não foi registrada na bacia leste.

A curva de acúmulo das espécies esperadas da bacia leste aproximou-se da assíntota em 13 espécies (Figura 4.5.7). Observando a tendência do limite superior do intervalo de confiança, identifica-se que, provavelmente, a curva da bacia leste jamais atingiria as 18 espécies registradas na bacia oeste, mesmo com um número infinito de amostras. A curva da bacia oeste estabilizou em 18 espécies e os intervalos de confiança chegaram a zero, indicando que não se esperaria encontrar mais espécies na área, com o método, num esforço maior. Os intervalos de confiança das duas curvas indicam, claramente, que elas são significativamente diferentes.

Os oito estimadores de riqueza utilizados previram no máximo, 14 espécies na bacia leste (Jack Knife II) e 18,52 na bacia oeste (Bootstrap) (Tabela 4.5.2). Devido ao cálculo das estimativas ter ocorrido sem reposição, os desvios-padrão dos estimadores que não calculam variância de forma analítica, atingem zero no final da curva (Colwell, 2005). Os estimadores que calculam o desvio-padrão analiticamente são CHAO I, CHAO II e Jack I. Ainda assim, para a bacia oeste, os três estimadores calcularam desvio-padrão igual a zero, talvez pelo alto número de amostras. O índice Jack II estimou, para a bacia oeste, apenas 14,29 espécies, número abaixo do observado. No entanto, este fato ainda não pôde ser explicado.

O acúmulo de espécies ocorreu mais rápido nas parcelas da bacia oeste que na leste (Figura 4.5.7), e a proporção das espécies varia entre as bacias (Figura 4.5.8). *Gonatodes humeralis* e *K. calcarata* apresentam abundância média por parcela na bacia oeste bem superior à bacia leste.

O número médio de espécies por parcela foi maior na bacia oeste (média = $7,56 \pm 1,86$) que na leste (média = $6,39 \pm 1,41$) ($F_{1,70} = 8,62$; $P = 0,004$). No entanto, o número de espécies está relacionado à abundância de indivíduos ($F_{1,68} = 6,40$; $P = 0,014$), “bacia” não afeta o número de espécies depois de levar em conta a abundância ($F_{1,68} = 0,25$; $P = 0,62$) e não há interação entre “bacia” e “abundância” ($F_{1,68} = 0,09$; $P = 0,77$) (Figura 4.5.9). O número médio de indivíduos por parcela foi $11,40 \pm 4,98$ na bacia oeste e $8,36 \pm 3,36$ na bacia leste.

4.4 - Discussão

Este estudo não identificou um padrão claro de substituição de espécies de lagartos entre as 72 parcelas da Reserva Ducke, indicando um baixo “turnover” (substituição de espécies ao longo de gradientes ecológicos) na comunidade. Aparentemente, a comunidade não está fortemente estruturada ao nível de habitat, resultando numa baixa diversidade beta.

Silva & Sites (1995) também encontraram baixo *turnover* da herpetofauna na Amazônia, no entanto, a escala utilizada foi muito grande e os dados foram coletados de formas diversas, sem padronização de esforço. Galina-Tessaro et al. (2003) também encontraram alta similaridade entre a maioria das oito assembléias de lagartos amostradas em Baja Califórnia, México. Ao contrário, o Cerrado apresenta grande substituição de espécies da herpetofauna entre sítios próximos, o que é atribuído à grande heterogeneidade espacial horizontal do bioma (Costa, 1996; Araujo, 1997; Araujo et al., 1997).

É provável que a escala utilizada neste estudo seja ainda pequena para detectar o “turnover” de espécies de lagartos na Amazônia Central. Considerando que há na Amazônia brasileira pelo menos 89 espécies de lagartos (Ávila-Pires et al., 1995) e que elas ocorrem de 20 a 30 por localidade (Martins, 1991), espera-se que o *turnover* seja maior numa escala maior que a deste estudo.

A maioria das espécies apresentou distribuição ampla na reserva. A maioria é generalista de habitat, exceto *N. bicarinatus*, *A. angulatus*, *P. guianensis*, *T. teguixin* e *U. supersilosus*, que foram detectadas quase somente em áreas de baixio, próximas a igarapés.

Dentre os fatores ambientais considerados neste estudo, o número de árvores foi o que mais influenciou a distribuição dos lagartos, tendo apresentado efeito significativo negativo sobre a composição da comunidade e sobre a abundância média de lagartos. A profundidade de liteira também afetou a composição, enquanto a porcentagem de argila no solo influenciou o número de espécies de lagartos e, numa relação fraca, a composição. A inclinação do terreno não apresentou qualquer influência sobre a comunidade de lagartos, ao contrário dos resultados de Guimarães (2004) e Menin (2005) para sapos. Isto

pode ser apenas um indício da melhor adaptação dos lagartos a terrenos íngremes, permitindo-os habitar terrenos inclinados ou não com o mesmo sucesso. No entanto, o lagarto *M. nigropunctata* apresentou relação positiva com a inclinação do terreno (capítulo 3), o que pode estar relacionado, indiretamente, com a estrutura do habitat.

O número de árvores utilizado neste estudo foi altamente correlacionado com o número de árvores finas, até 10cm de DAP (Castlilho, 2004), que provavelmente está correlacionado à cobertura do sub-bosque e, inversamente, à quantidade de luz que chega até o solo. Portanto, o fato de pelo menos um terço das espécies de lagartos amostradas serem heliófilas, deve explicar a relação negativa encontrada. O aumento da riqueza de sapos na Reserva Ducke foi associado ao aumento do número de árvores (Menin, 2005). Os anfíbios, em geral, não toleram exposição ao sol, de forma que, áreas com menos árvores e maior penetração solar devem ser desfavoráveis à presença de espécies de anuros.

A profundidade de liteira afetou a composição da comunidade, mas o efeito foi fraco. A camada de liteira serve como habitat e fonte de recursos para várias espécies de lagartos, esperando-se que, quanto mais espessa a camada, mais lagartos pudessem habitá-la, o que parece verdade apenas para *C. amazonicus*. Por outro lado, é possível que espécies terrícolas grandes, como *A. ameiva* e *K. calcarata*, sejam favorecidas em habitats com menos liteira, pelo menos na época seca, pois elas fazem barulho ao se movimentarem na camada de folhas secas, potencialmente espantando as presas ou atraindo predadores. Lieberman (1986) encontrou relação significativa e positiva entre a abundância de espécies da herpetofauna de liteira e a profundidade da liteira, em La Selva. Numa floresta tropical africana, Vonish (2001) mostrou que a massa úmida de liteira foi um importante preditor da presença de espécies da herpetofauna de liteira, na época seca. É de se esperar que a profundidade de liteira tenha efeito mais visível em escala menor, de microhabitat, afetando positivamente, principalmente a abundância dos Gymnophthalmidae e Gekkonidae que habitam a liteira.

Provencher e colaboradores (2003) encontraram relação significativa e positiva entre o teor de silte e argila do solo e a riqueza da herpetofauna na Flórida, EUA. Ao contrário, Woinarski et al. (1999) mostraram

que solos argilosos suportaram menos espécies de répteis, mas em maior abundância, em savanas da Austrália. Eles atribuíram este padrão à observação de que ambientes argilosos são mais sazonais que os arenosos, já que normalmente acumulam água na estação chuvosa e secam muito na estação seca. Desta forma, poucas espécies de répteis parecem tolerar esta sazonalidade, mas aquelas que toleram ocorrem em alta densidade. Numa floresta tropical africana, a presença de animais da herpetofauna foi associada a solos mais úmidos, que ocorreram em áreas mais baixas (Vonish, 2001). Neste estudo, porcentagem de argila no solo afetou de forma negativa o número de espécies, o que, na realidade, está refletindo a maior riqueza nos baixios, onde há pouca argila, devido à presença daquelas cinco espécies associadas a baixios.

Allmon (1991) não encontrou relação entre fatores edáficos e estrutura da vegetação e a abundância e distribuição das cinco espécies de sapos de liteira mais comuns na Amazônia central, talvez porque o método de amostragem de plots de 5 x 5m não tenha sido apropriado. Guimarães (2004) e Menin (2005), utilizando as mesmas parcelas deste estudo, encontraram relações entre a comunidade de sapos e a proporção de argila no solo e inclinação do terreno, que eles atribuíram principalmente aos hábitos reprodutivos do grupo. Para os anfíbios, os requerimentos reprodutivos e a dependência de corpos d'água numa fase da vida, para muitas espécies, podem produzir flutuações no uso do habitat e mascarar os padrões relativos ao efeito de fatores ambientais. Já para os lagartos isto não ocorre ou é menos importante ao nível da comunidade, de forma que os padrões, quando ocorrem, são mais claros.

A bacia de drenagem não influenciou a composição de espécies, apesar de ter afetado a abundância média. Isto aconteceu porque os dados referentes às parcelas, na matriz de dissimilaridade (para o cálculo da composição), foram padronizados, diminuindo o peso das espécies mais abundantes. Apesar de mais espécies terem sido amostradas nas parcelas da bacia oeste, há evidências de que todas as espécies amostradas, exceto *A. angulatus*, ocorrem nas duas bacias. Além disto, os resultados mostram a relação entre a abundância e o número de espécies, indicando que, com maior esforço de amostragem na bacia leste, pelo menos mais quatro espécies (as com presença já confirmada) seriam detectadas.

A diferença de abundância entre as bacias deve estar associada ao fato de que a bacia leste apresenta maior densidade de árvores (Castilho, 2004), o que, como já discutido, afetou negativamente a abundância de lagartos. Esse incremento de abundância na bacia oeste ocorreu para a maioria das espécies, no entanto, a diferença só é discrepante para as espécies *G. humeralis* e *K. calcarata*, que são mais dominantes na bacia oeste que na leste. Na bacia leste a equitabilidade é maior.

As curvas de acúmulo de espécies esperadas para as duas bacias foram diferentes, indicando duas comunidades diferentes. Nenhum dos oito estimadores de riqueza utilizados pelo Programa EstimateS conseguiu prever mais do que 14 espécies para a bacia leste, mas diante dos registros daquelas quatro espécies fora das parcelas ou fora do período de amostragem, na bacia leste, sabe-se que o número de espécies deve ser igual, ou muito semelhante, nas duas bacias. Isto indica que, nem as curvas de acúmulo de espécies esperadas, mesmo considerando os intervalos de confiança, nem os estimadores, conseguiram estimar a riqueza amostrável com o método utilizado, na bacia leste.

Atualmente, muitos trabalhos têm discutido a utilização de estimadores de riqueza de espécies (Colwell & Coddington, 1994; Gotelli & Colwell, 2001; Thompson et al., 2003; Chao, 2004; O'hara, 2005; Haas, 2006) e vários deles têm aconselhado seu uso para comparar comunidades de diferentes locais (Colwell & Coddington, 1994; Thompson et al., 2003; Chao, 2004), inclusive com objetivos de conservação e manejo da biodiversidade. Poucos trabalhos, entretanto, utilizaram dados reais para testar a utilidade dos estimadores e das curvas de acúmulo de espécies esperadas. Thompson et al. (2003) atribuíram a falta de resultados conclusivos à complexidade do habitat australiano. Neste trabalho, dados da comunidade de lagartos coletados com esforço intensivo e padronizado, em duas microbacias, numa floresta de terra-firme relativamente homogênea, demonstraram que as curvas de acúmulo de espécies esperadas e os estimadores de riqueza não são confiáveis para comparar comunidades.

Na verdade, os estimadores de riqueza calculam quantas espécies teriam sido encontradas, caso tivesse sido amostrada toda a área. Eles assumem que todas as espécies presentes numa amostra (parcela) foram vistas (Haas et al., 2006). Portanto, eles não consideram a questão da detectabilidade diferencial, ou

seja, a detecção seria igual à ocupação. Assim, é possível que os estimadores sejam úteis para o estudo de plantas, que não apresentam problemas de detecção, mas não são confiáveis para o estudo de animais em geral.

A partir deste estudo, concluiu-se que a comunidade de lagartos estudada apresentou baixa diversidade beta; que a maioria das espécies ocorreu ao longo de todo o gradiente de habitat, exceto aquelas especialistas de baixios drenados por igarapés; que a densidade de árvores influenciou negativamente a abundância de lagartos; que as microbacias de drenagem afetaram a abundância de lagartos; e que as curvas de acúmulo de espécies esperadas e os estimadores de riqueza devem ser utilizados com cautela para comparar número de espécies entre diferentes comunidades.

4.5 – Figuras e Tabelas

Tabela 4.5.1. Número médio de indivíduos de cada espécie, por parcela, calculado a partir da média entre os três levantamentos, nas bacias leste e oeste; número total de indivíduos, somados os três levantamentos, e número de parcelas em que as espécies de lagartos foram detectadas (valores em parênteses) na Reserva Ducke, Manaus, AM, através de amostragem visual e busca na liteira em 72 parcelas, em três levantamentos. * Espécies não consideradas nas análises estatísticas.

Famílias / Espécies	Bacia Leste	Bacia Oeste	Total
Gekkonidae			
<i>C.amazonicus</i>	2,41	2,28	504 (62)
<i>P.guianensis</i>	0	0,02	2 (2)
<i>G.humeralis</i>	2,27	3,76	674 (71)
<i>T.rapicauda*</i>	0	0,02	3 (3)
Scincidae			
<i>M.nigropunctata</i>	0,79	0,90	184 (58)
Teiidae			
<i>K.calcarata</i>	0,88	1,83	307 (67)
<i>A.ameiva</i>	0,13	0,07	20 (14)
<i>T.teguixin</i>	0,01	0,02	3 (3)
Iguanidae			
<i>U.supersilius</i>	0	0,07	8 (5)
<i>U.azureum*</i>	0	0,02	2 (2)
<i>P.umbra</i>	0,25	0,28	57 (30)
<i>P.plica</i>	0,08	0,07	15 (9)
<i>A.fuscoauratus</i>	0,96	1,07	220 (65)
<i>A.chrysolepis</i>	0	0,09	11 (8)
<i>A.punctatus</i>	0,08	0,15	26 (15)
Gymnophthalmidae			
<i>N.bicarinatus</i>	0	0,02	2 (2)
<i>Leposoma spp.</i>	0,12	0,18	33 (22)
<i>A.reticulata</i>	0,20	0,34	61 (39)
<i>A.angulatus</i>	0	0,02	2 (2)
<i>T.agilis</i>	0,19	0,22	45 (34)
Total	8,37	11,43	2179 (72)

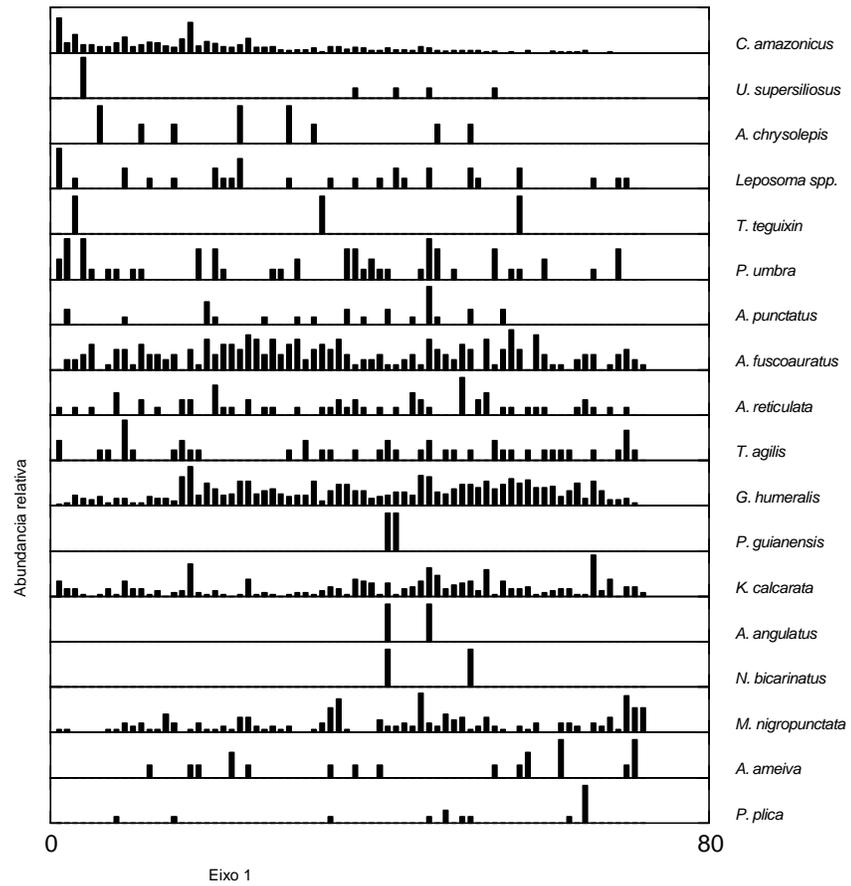


Figura 4.5.1. Abundância relativa de 18 espécies de lagartos da Reserva Ducke (Manaus, AM) ao longo do eixo 1 de HMDS, ordenado.

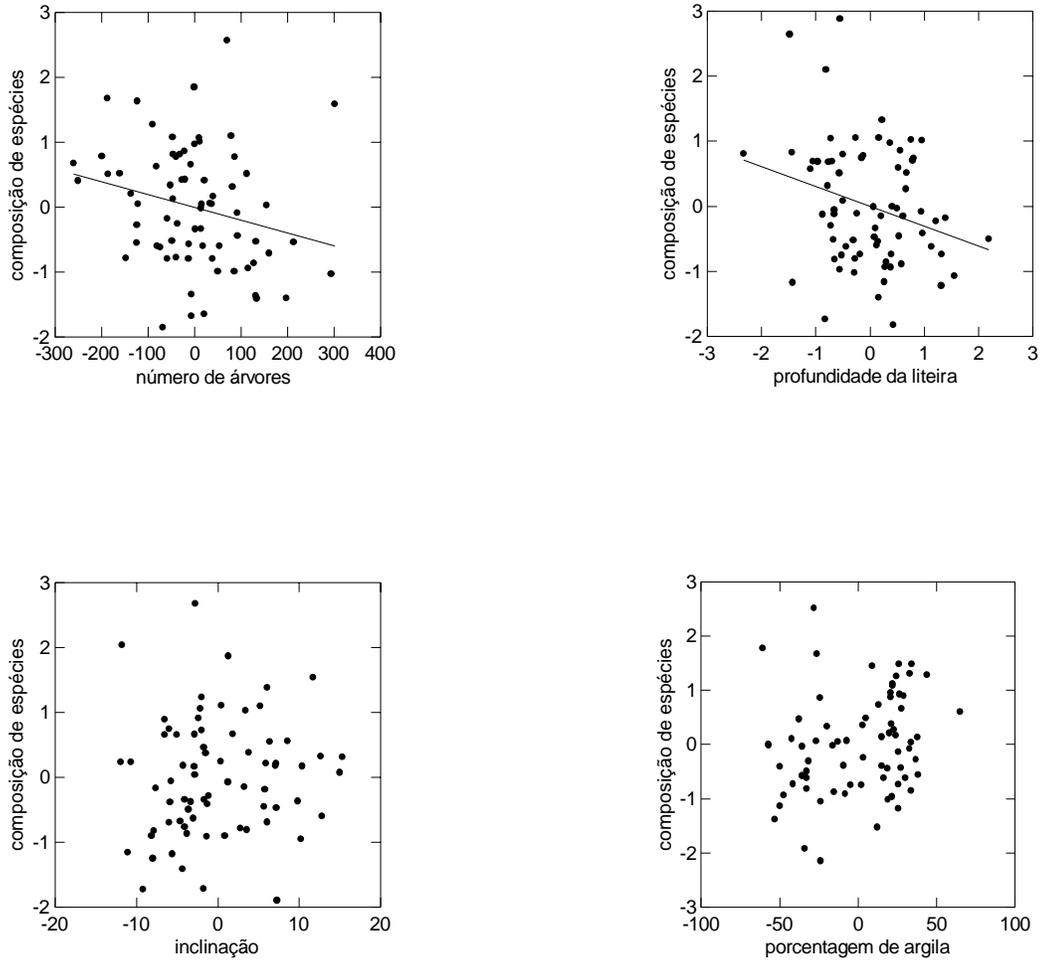


Figura 4.5.2. Regressões parciais entre a composição de espécies de lagartos (eixo 1 de HMDS) e as quatro variáveis ambientais.

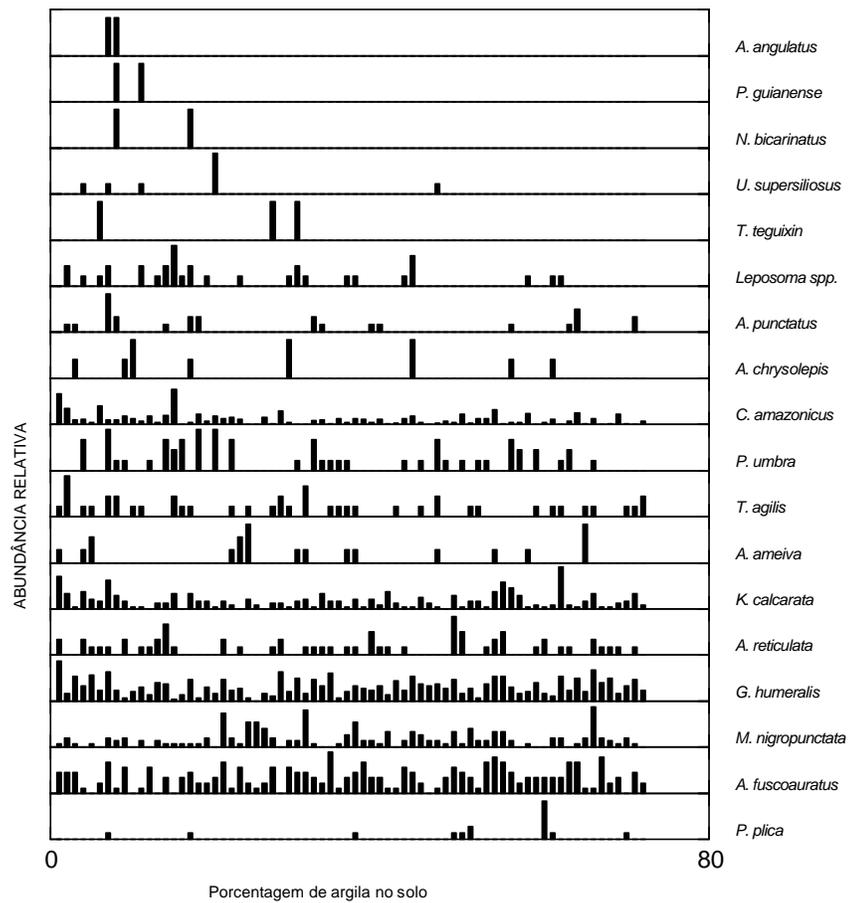


Figura 4.5.3. Abundância relativa de 18 espécies de lagartos da Reserva Ducke (Manaus, AM) ao longo do gradiente ordenado de porcentagem de argila no solo.

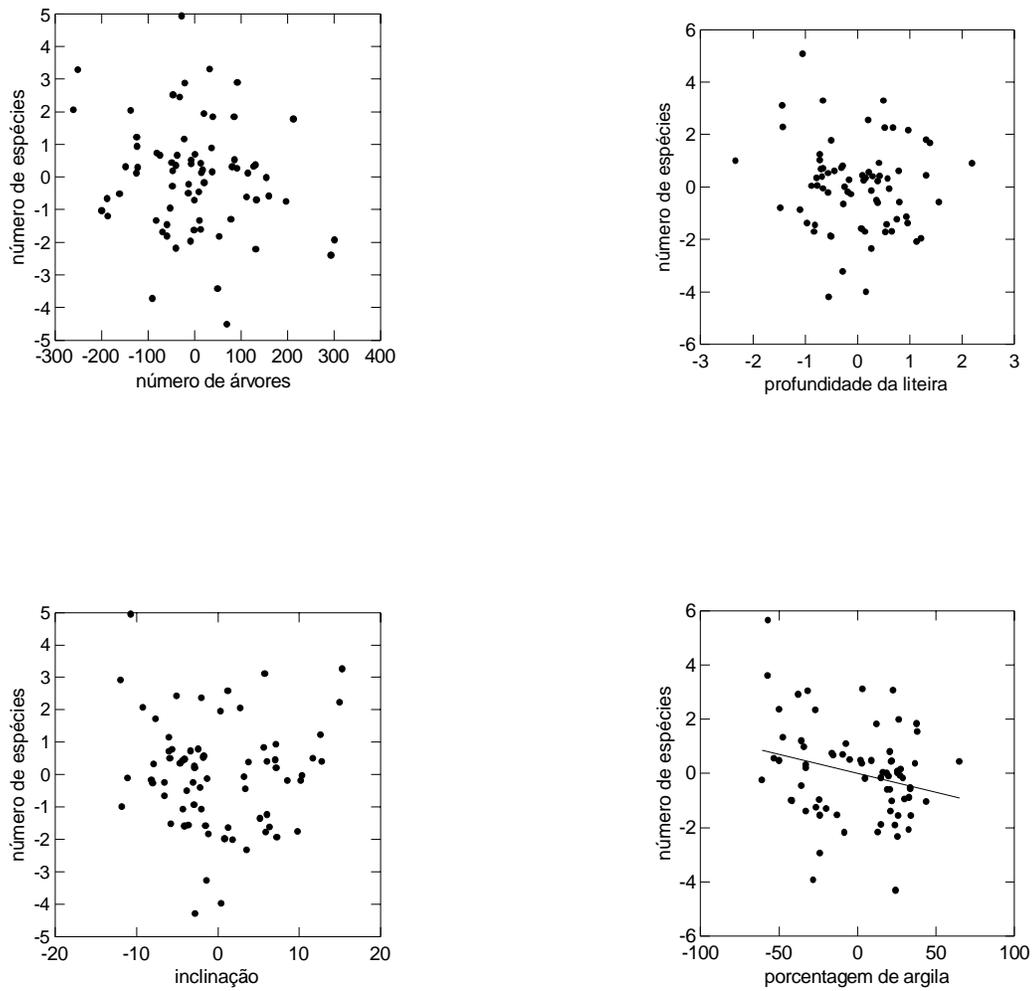


Figura 4.5.4. Regressões parciais entre o número de espécies de lagartos e as quatro variáveis ambientais.

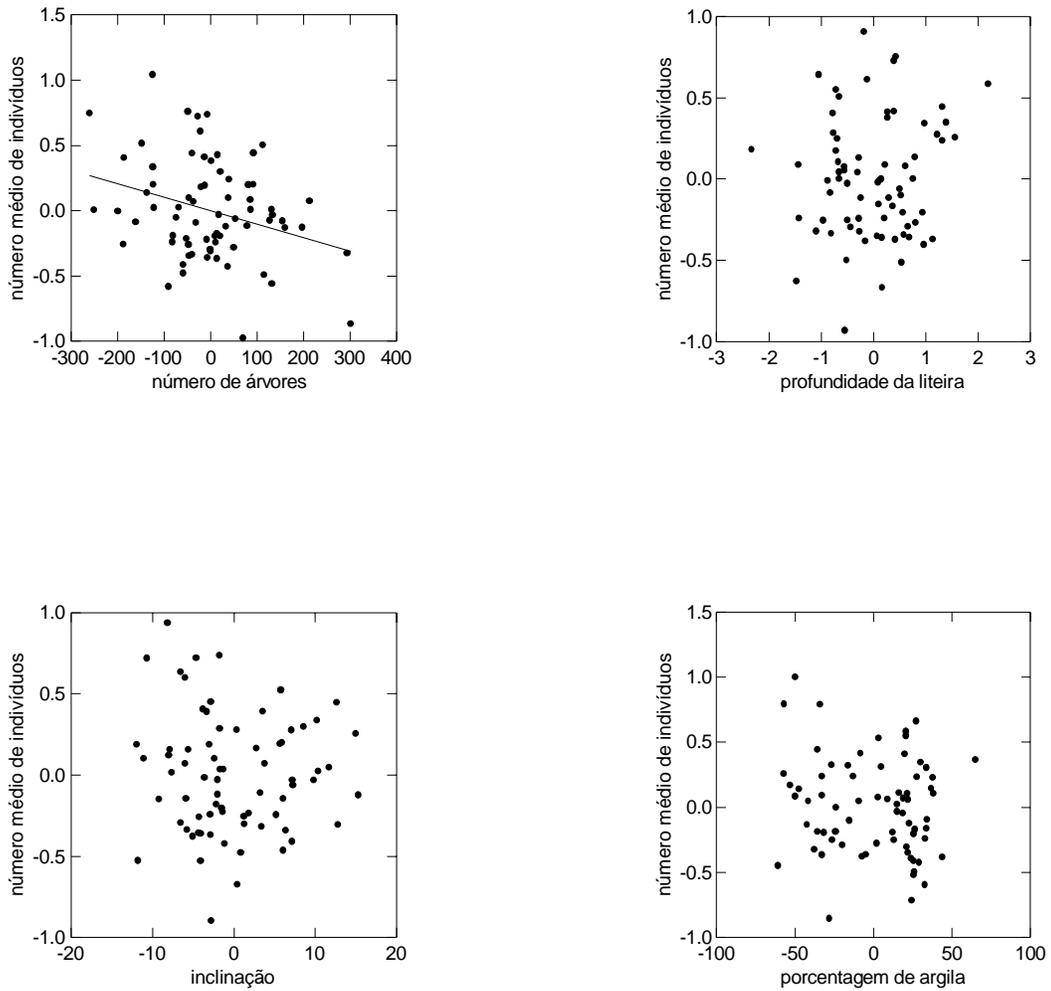


Figura 4.5.5. Regressões parciais entre o logaritmo do número médio de indivíduos (abundância) por parcela de lagartos e as quatro variáveis ambientais.

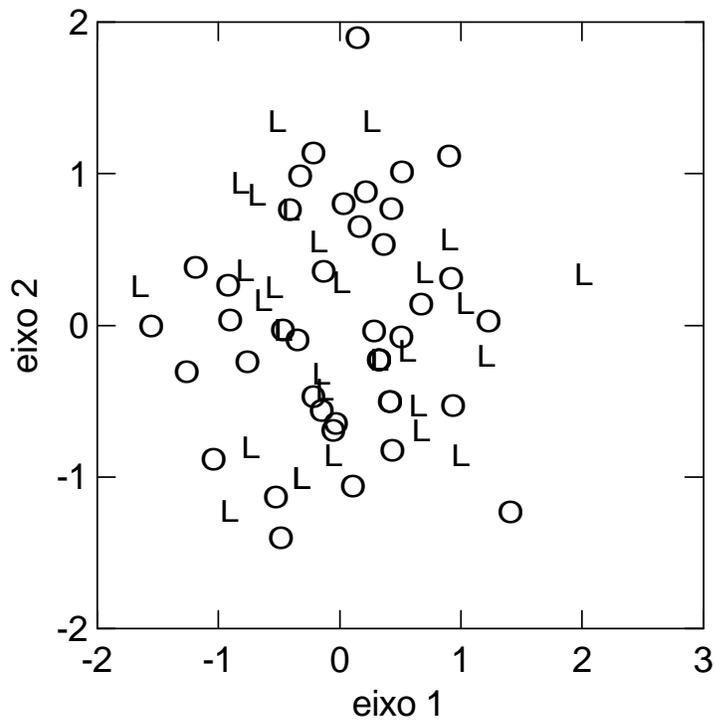


Figura 4.5.6. Ordenação em duas dimensões da composição de espécies de lagartos nas 72 parcelas da Reserva Ducke, baseada em dados de presença e ausência. L = bacia de drenagem leste; O = bacia de drenagem oeste.

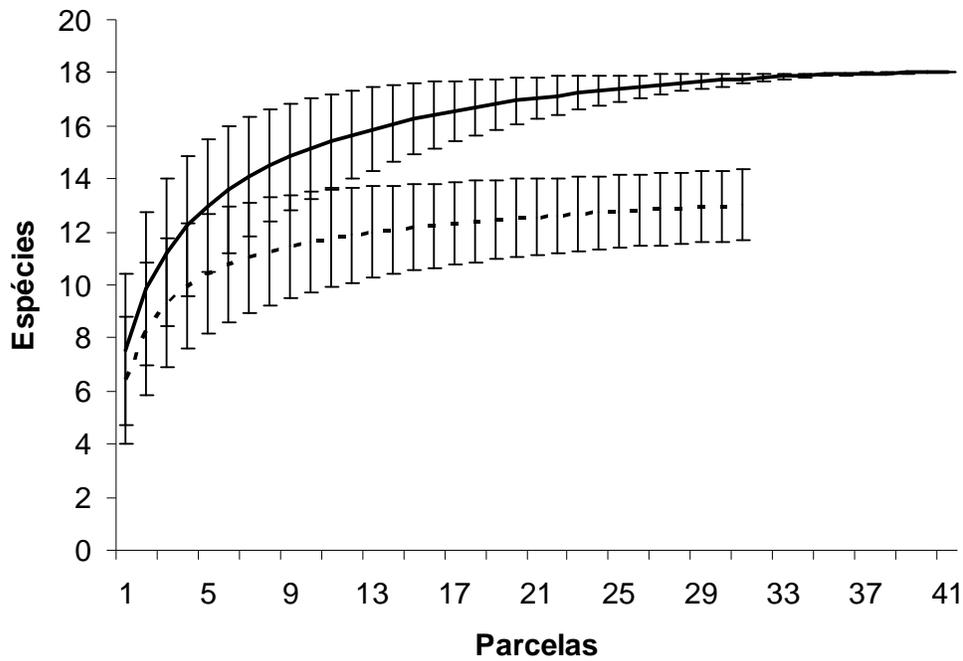


Figura 4.5.7. Curvas de acúmulo de espécies esperadas (espécies x parcelas) dos levantamentos 1, 2, e 3 somados, em 31 parcelas da bacia leste (-----) e em 41 parcelas da bacia oeste (____), com os respectivos intervalos de confiança de 95%, na Reserva Ducke.

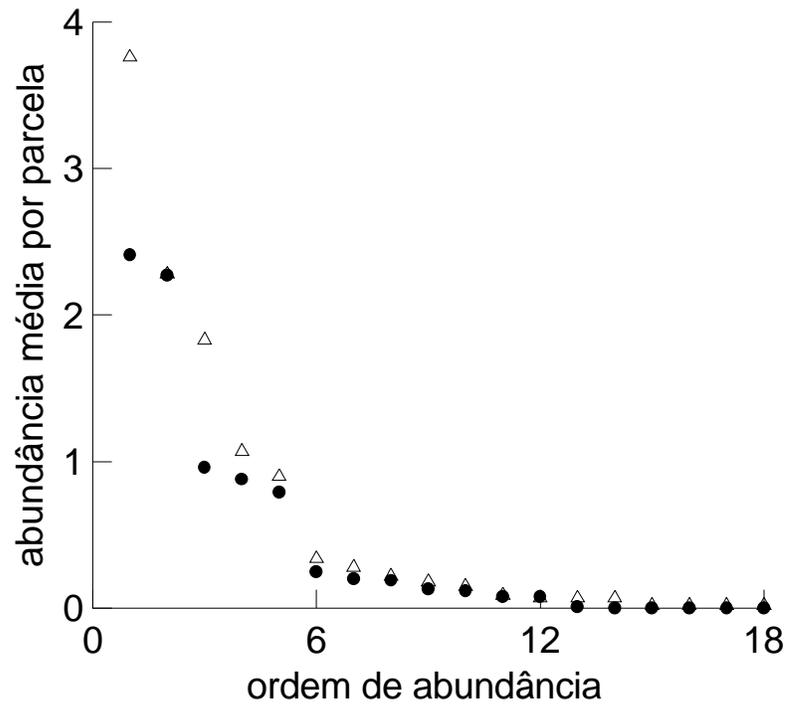


Figura 4.5.8. Abundância média das espécies de lagartos por parcela, nas bacias leste (círculo) e oeste (triângulo) da Reserva Ducke, Manaus, AM.

Tabela 4.5.2. Riqueza observada e riqueza estimada de lagartos nas bacias leste e oeste da Reserva Ducke, Manaus, de acordo com oito estimadores e os respectivos desvios-padrão (em parênteses), calculados pelo programa EstimateS (Colwell, 2005).

Estimador de riqueza	Bacia Leste	Bacia Oeste
ACE	13,52 (0)	18,00 (0)
ICE	13,51 (0)	18,00 (0)
CHAO I	13,00 (0,48)	18,00 (0)
CHAO II	13,00 (0,24)	18,00 (0)
Jack I	13,97 (0,97)	18,00 (0)
Jack II	14,00	14,29 (0)
Bootstrap	13,50 (0)	18,52
M-Mertens	13,18	18,37
Riqueza observada	13,00	18,00

5. Cap III – Influência de fatores ambientais sobre as espécies mais abundantes de lagartos da Reserva Ducke, Manaus, AM

5.1 - Introdução

A Amazônia tem sido erroneamente considerada homogênea (Gentry, 1988; Tuomisto et al., 1995) e mais estudos de diversidade beta são sugeridos para aprofundar o conhecimento deste bioma tão grande e tão desconhecido quanto à sua biodiversidade. Estudos recentes na Amazônia Central identificaram grande diversidade entre sítios relativamente próximos para plantas de sub-bosque (Costa et al., 2005; Kinupp & Magnusson, 2005) e para peixes de igarapés (Mendonça, 2002). No entanto, os estudos estão sujeitos a falsas ausências (Costa & Magnusson, em preparação), que podem prejudicar a interpretação da diversidade beta.

Para a herpetofauna, estudos realizados em florestas neotropicais, em diferentes escalas (Silva e Sites, 1995; Doan e Arriaga, 2002; Capítulo 2) não encontraram padrão importante de substituição de espécies entre locais. Assim, aparentemente, a herpetofauna não responde às variações ambientais. Por outro lado, alguns estudos identificaram relações entre fatores ambientais e riqueza ou abundância de espécies da herpetofauna em ecossistemas tropicais (Lieberman, 1986; Woinarski, 1999; Vonesh, 2001). Na Amazônia, os raros estudos realizados reportaram resultados conflitantes para sapos (Almon, 1991; Guimarães, 2004; Menin, 2005).

A pouca variação na comunidade de lagartos da Reserva Ducke, mostrada no Capítulo 2, pode ser explicada por duas hipóteses: as espécies realmente não respondem às variações ambientais dentro da floresta; ou as espécies respondem diferentemente, e, quando analisadas em conjunto, não existe um padrão geral para a comunidade.

Há evidências de que os gradientes recuperados pelas análises de ordenação, que sumarizam os padrões mais importantes de variação na composição de espécies ou no ambiente, entre assembleias, geralmente são determinados pelas espécies mais comuns e medianamente comuns (Araújo et al., 2004). Portanto, análises mais detalhadas dessas espécies, mais facilmente amostráveis e que apresentam menor

probabilidade de falsas ausências, podem permitir um entendimento melhor dos efeitos de variáveis ambientais sobre as espécies e comunidades.

Os lagartos amazônicos respondem a alterações ambientais antrópicas (Vitt et al, 1998). Se o grupo realmente não responde às variações dentro da floresta preservada, como indicado no Capítulo 2, mas responde às perturbações, então os lagartos podem ser bons bioindicadores.

Este estudo avaliou o efeito da porcentagem de argila no solo, da inclinação do terreno, da profundidade da liteira e do número de árvores, sobre a abundância das cinco espécies de lagartos mais encontradas através do método de amostragem visual e busca na liteira, na Reserva Ducke, Manaus, Amazonas. Todas apresentaram probabilidade de detecção por levantamento acima de 49% e até três levantamentos necessários para se obter mais de 85% de chance de encontrá-las em uma das parcelas onde ocorre na Reserva Ducke (capítulo 1). O objetivo foi determinar se as cinco espécies respondem individualmente ou não aos gradientes ambientais medidos.

5.2 – Material e Métodos

5.2.1 - Área de estudo:

Vide Capítulo 1.

5.2.2 - Métodos:

4.2.2.1 – Amostragem dos lagartos

Vide Capítulo 2.

4.2.2.2 - Variáveis ambientais

Vide Capítulo 2.

4.2.2.3 – Análise de dados

Foram realizadas regressões múltiplas entre as quatro variáveis ambientais (profundidade da liteira, número de árvores, inclinação da parcela e porcentagem de argila no solo) e o número médio de indivíduos

por parcela, para as cinco espécies de lagartos mais abundantes da Reserva Ducke, amostrados pelo método de amostragem visual e busca na liteira em três levantamentos.

5.3 - Resultados

As cinco espécies de lagartos mais abundantes da Reserva Ducke, registradas através da amostragem visual e busca na liteira, foram *G. humeralis*, *C. amazonicus*, *K. calcarata*, *A. fuscoauratus* e *M. nigropunctata*. Elas foram detectadas em 98,6%, 86,1%, 93,1%, 90,3% e 80,6% das parcelas, respectivamente (Tabela 1).

O número de indivíduos de *C. amazonicus* foi logaritimizado ($\log [N + 1]$) para reduzir as distâncias entre dois pontos extremos e os demais pontos. As variáveis preditoras, número de árvores (NA), profundidade de liteira (LI), inclinação do terreno (IN) e porcentagem de argila no solo (AR), foram associadas com aproximadamente 25% da variação no logaritmo do número de indivíduos $\log N$ ($\log N = 0,404 + 0,259 \text{ LI} - 0,012 \text{ IN} - 0,006 \text{ AR}$; $r^2 = 0,25$; $F_{4,67} = 5,45$; $P = 0,001$). Profundidade da liteira ($t = 3,023$; $P = 0,004$) e porcentagem de argila ($t = -2,501$; $P = 0,015$) contribuíram significativamente ao modelo. O número de árvores ($t = 0,131$; $P = 0,896$) e a inclinação ($t = -1,090$; $P = 0,280$) não contribuíram significativamente para o modelo. O número de lagartos aumentou com a profundidade de liteira (Fig. 1-b) e diminuiu com a porcentagem de argila no solo (Fig. 1-d).

As variáveis preditoras foram associadas com aproximadamente 16% da variação no número de indivíduos (N) de *G. humeralis* ($N = 7,743 - 0,006 \text{ NA} - 0,055 \text{ LI} - 0,006 \text{ IN} - 0,005 \text{ AR}$; $r^2 = 0,16$; $F_{4,67} = 3,21$; $P = 0,018$). Somente o número de árvores contribuiu significativamente para o modelo ($t = -3,330$; $P = 0,001$) e a relação foi negativa (Figura 2). Não houve efeito significativo da profundidade da liteira ($t = 0,228$; $P = 0,820$), da inclinação ($t = 0,204$; $P = 0,839$) ou da porcentagem de argila ($t = 0,830$; $P = 0,410$).

As variáveis ambientais medidas foram associadas com aproximadamente 16% da variação no número de indivíduos (N) de *K. calcarata* ($N = 5,026 - 0,003 \text{ NA} - 0,153 \text{ LI} - 0,041 \text{ IN} - 0,003 \text{ AR}$; $r^2 = 0,16$; $F_{4,67} = 3,12$; $P = 0,020$). Somente o número de árvores contribuiu significativamente para o modelo (t

= -2,409; $P = 0,019$) e a relação foi negativa (Figura 3). Não houve efeito significativo da profundidade da liteira ($t = -0,801$; $P = 0,426$), da inclinação ($t = -1,750$; $P = 0,085$) ou da porcentagem de argila ($t = -0,620$; $P = 0,537$).

O modelo geral para *A. fuscoauratus* não foi estatisticamente significativo ($N = 0,388 + 0,001 NA - 0,146 LI + 0,001 IN + 0,002 AR$; $r^2 = 0,10$; $F_{4,67} = 1,90$; $P = 0,121$), mas houve evidência de um efeito do número de árvores ($t = 2,004$; $P = 0,049$). O número de lagartos aumentou com o número de árvores (Figura 4). Não houve efeito significativo da profundidade da liteira ($t = -1,558$; $P = 0,124$), da inclinação ($t = 0,054$; $P = 0,957$) ou da porcentagem de argila ($t = 0,823$; $P = 0,414$).

As variáveis ambientais medidas foram associadas com aproximadamente 16% da variação no número de indivíduos de *M. nigropunctata* ($N = 1,174 - 0,002 NA + 0,214 LI + 0,047 IN + 0,006 AR$; $r^2 = 0,16$; $F_{4,67} = 3,18$; $P = 0,019$). Número de árvores ($t = -2,554$; $P = 0,013$) e inclinação ($t = 2,986$; $P = 0,004$) contribuíram significativamente ao modelo. O número de lagartos aumentou com a inclinação e diminuiu com o aumento no número de árvores (Figura 5). Não houve efeito significativo da profundidade da liteira ($t = 1,676$; $P = 0,098$) ou da porcentagem de argila ($t = 1,649$; $P = 0,104$).

5.4 - Discussão

Este estudo investigou as cinco espécies de lagartos mais encontradas na Reserva Ducke, através do método de amostragem visual e busca na liteira. Todas foram detectadas em mais de 80% das 72 parcelas amostradas e, portanto, podem ser consideradas generalistas no uso do habitat. Análises individuais do restante das espécies não foram realizadas porque a probabilidade de encontrar uma destas espécies numa parcela onde ocorre foi estimada em menos de 35% (Capítulo 1), resultando em muitas ausências espúrias. Apesar de fracas, foram encontradas relações significativas, ou pelo menos indicativas, entre as variáveis ambientais medidas e o número de indivíduos das cinco espécies.

A variação no número de indivíduos de *C. amazonicus* foi associada positivamente à profundidade da liteira e negativamente à porcentagem de argila no solo. Esta espécie é um geconídeo muito pequeno que

habita a liteira (Vitt *et al.*, 2005) e a relação positiva com a profundidade da liteira era esperada, pois, quanto maior a camada de liteira, maior a disponibilidade de esconderijos e, possivelmente, de recursos alimentares. Como a espécie vive diretamente em contato o solo, possui pele fina e formada por escamas granulares, possivelmente é mais sensível à dessecação. Assim, a tendência de aumento da abundância em direção às áreas menos argilosas, que na Reserva Ducke são as áreas mais baixas, pode indicar que a espécie utiliza mais os baixios, áreas mais úmidas, pelo menos na época seca, quando a maior parte deste trabalho foi realizado. Numa floresta tropical africana, a presença da herpetofauna de liteira foi associada a solos mais úmidos, principalmente na estação seca (Vonish, 2001). Em savanas australianas, um menor número de indivíduos de lagartos da família Gekkonidae foi encontrado em solos argilosos, que são mais suscetíveis às variações sazonais (Woinarski, 1999).

Gonatodes humeralis é altamente generalista no uso do habitat, tendo sido detectada em quase todas as parcelas. Apesar de ser um geconídeo não-heliotérmico, diurno e semi-arborícola (Ávila-Pires, 1995), aparentemente sensível à dessecação, a espécie é comumente encontrada em árvores e abrigos em áreas antropizadas (este estudo, Ávila-Pires, 1995; Vitt *et al.*, 1997b). Neste estudo, mais indivíduos foram encontrados em áreas com menos árvores. É provável que esta seja uma relação indireta, sendo que outro fator desconhecido, influenciado pela densidade de árvores, é que realmente afeta a abundância de *G. humeralis*. Os dados indicam que a espécie pode ser tolerante à supressão parcial da vegetação, desde que haja abrigos que evitem sua exposição direta ao sol, concordando com a ocorrência da espécie em capoeiras (Nunes, 1984).

Kentropyx calcarata e *M. nigropunctata* apresentaram associação negativa com a densidade de árvores. Nestes casos, porém, a relação era previsível, pois as espécies são heliófilas (Vitt *et al.*, 1997a), e a menor densidade de árvores deve favorecer o aumento de manchas de sol no subbosque. *M. nigropunctata* também foi afetada positivamente pela inclinação do terreno. A espécie foi encontrada principalmente em troncos caídos em clareiras. Aparentemente, não há uma relação direta entre a inclinação e a abundância da

espécie, mas é possível que haja mais árvores caídas, com formação de clareiras, em terrenos mais íngremes (observação pessoal), o que explicaria a relação.

Anolis fuscoauratus, por outro lado, foi associada positivamente com o número de árvores. Como a espécie não é heliotérmica e é predominantemente arborícola (Ávila-Pires, 1995; Vitt et al., 2003), esta associação era esperada. Baseados na ecologia de seis populações amazônicas desta espécie, Vitt e colaboradores (2003) concluíram que *A. fuscoauratus* pode habitar qualquer fisionomia de floresta, desde que seja sombreada.

Os resultados deste estudo indicam que, a partir de uma ação de manejo, como o corte seletivo de árvores, a abundância de *G. humeralis*, *K. calcarata* e de *M. nigropunctata* deve aumentar. Lima e colaboradores (2001) verificaram esta tendência para *K. calcarata* e *M. nigropunctata* numa área experimental de manejo de madeira, próxima à Reserva Ducke. Greenberg (2001) sugere que o aumento de luz que ocorre devido à formação de pequenas clareiras na mata, favorece o aumento na abundância de répteis. No entanto, Vitt e colaboradores (1998) mostraram que a abertura de pequenas clareiras para retirada de árvores, favorece a imigração dos poucos lagartos heliotérmicos e deixa o ambiente inóspito para as espécies não-heliotérmicas (a maioria), modificando a diversidade e a estrutura das comunidades locais. Apesar de não ser heliotérmico, *G. humeralis* é uma espécie aparentemente tolerante à supressão parcial da vegetação. Por outro lado, é provável que a abundância de *A. fuscoauratus* diminua numa área manejada, assim como a de *C. amazonicus*. *Coleodactylus amazonicus*, apesar de não ter apresentado relação com a densidade de árvores, foi pouco encontrada em clareiras por Vitt e colaboradores (2005), provavelmente por causa da baixa tolerância da espécie à temperatura extrema. Numa escala maior, a abertura de grandes clareiras ou desmatamentos não deve influenciar positivamente a abundância de qualquer uma das espécies, nem mesmo das heliófilas *K. calcarata* e *M. nigropunctata*, como já sugerido por Vitt e colaboradores (1997a). As duas espécies não foram encontradas na borda da mata ou na área dos alojamentos, na Reserva Ducke. Neste estudo, a densidade de árvores foi a variável ambiental medida mais associada à variação no

número de indivíduos da maioria das cinco espécies de lagartos mais encontradas na Reserva Ducke através do método visual e de busca na liteira concordante com a idéia de que são espécies de mata.

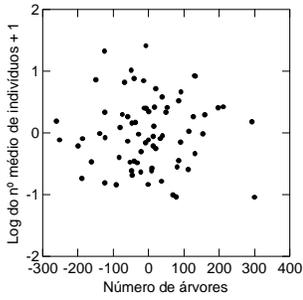
A comunidade de lagartos da Reserva Ducke apresentou pouca diversidade beta (Capítulo 2). A falta de padrões na comunidade pode acontecer porque cada espécie responde a fatores diferentes, ou porque cada espécie é pouco afetada pela variação no habitat. Os resultados deste estudo, baseado nas espécies mais encontradas, indicam que a segunda hipótese é mais plausível. As espécies tendem a ser afetadas pelo mesmo fator, mas o efeito foi fraco, permitindo aos lagartos ocuparem a maioria das parcelas na reserva. Como os lagartos amazônicos são muito afetados pelo desmatamento ou outras mudanças na cobertura vegetal (Vitt et al., 1998), mas são pouco afetados pela variação dentro da floresta relativamente intacta, a composição das comunidades, ao nível de espécies, pode ser um bom indicador de mudanças ambientais. Entretanto, isto pode não ser o caso no Cerrado, onde existe maior diversidade beta entre locais próximos, atribuída à alta heterogeneidade espacial horizontal (Costa, 1996; Araujo, 1997; Araujo et al., 1997). Lá, análises ao nível de gêneros, famílias, etc (níveis acima de espécies), para detectar mudanças no ambiente, podem ser mais apropriadas.

5.5 – Figuras e Tabelas

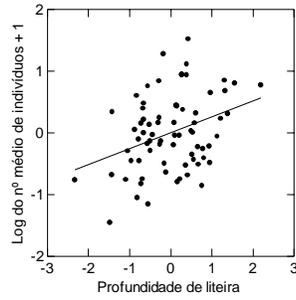
Tabela 5.5.1. Abundância e número de parcelas ocupadas (valores em parênteses) pelas cinco espécies de lagartos mais abundantes da Reserva Ducke, Manaus, AM, através de amostragem visual e busca na liteira, em três levantamentos.

Famílias / Espécies	1º Levantamen to	2º Levantamen to	3º Levantamen to	Total 3 Levantamen tos
Gekkonidae				
<i>C.amazonicus</i>	82 (33)	153 (48)	269 (55)	504 (62)
<i>G.humeralis</i>	135 (52)	214 (60)	325 (71)	674 (71)
Scincidae				
<i>M.nigropunctata</i>	65 (36)	44 (23)	75 (40)	184 (58)
Teiidae				
<i>K.calcarata</i>	89 (40)	83 (39)	135 (47)	307 (67)
Iguanidae				
<i>A.fuscoauratus</i>	50 (38)	78 (41)	92 (45)	220 (65)

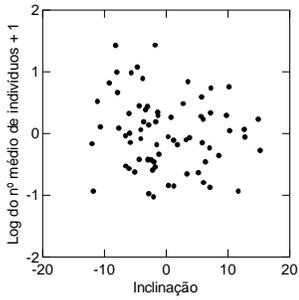
a)



b)



c)



d)

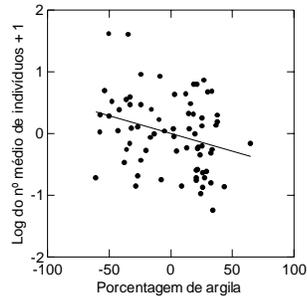
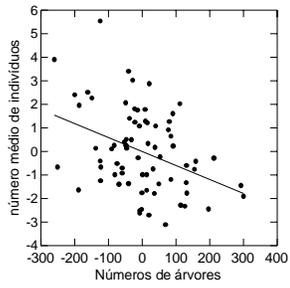
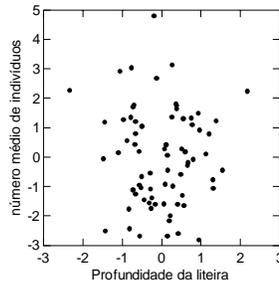


Figura 5.5.1. Regressões parciais entre o logaritmo do número médio de indivíduos de *C. amazonicus* mais um ($\log(N+1)$) e o número de árvores (a), a profundidade da liteira (b), a inclinação do terreno (c) e a porcentagem de argila no solo (d), na Reserva Ducke, Manaus, AM.

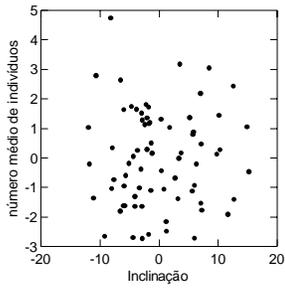
a)



b)



c)



d)

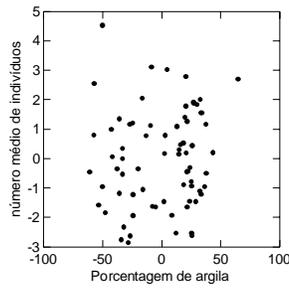
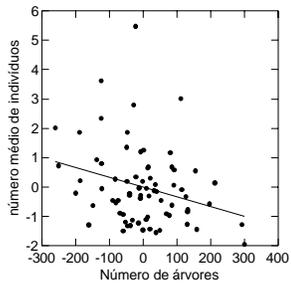
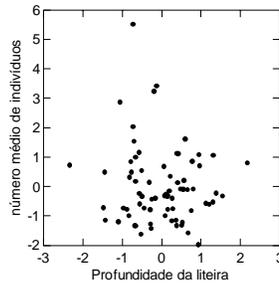


Figura 5.5.2. Regressões parciais entre o número médio de indivíduos de *G. humeralis* e o número de árvores (a), a profundidade da liteira (b), a inclinação do terreno (c) e a porcentagem de argila no solo (d), na Reserva Ducke, Manaus, AM.

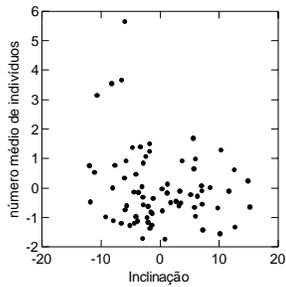
a)



b)



c)



d)

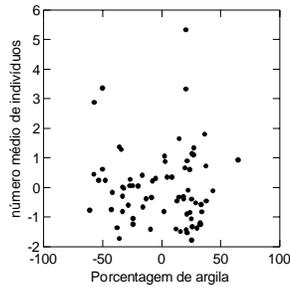
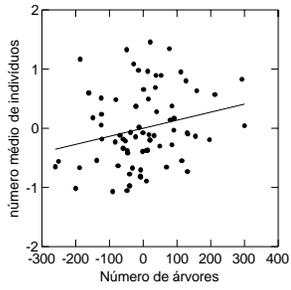
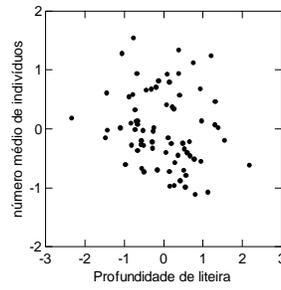


Figura 5.5.3. Regressões parciais entre o número médio de indivíduos de *K. calcarata* e o número de árvores (a), a profundidade da liteira (b), a inclinação do terreno (c) e a porcentagem de argila no solo (d), na Reserva Ducke, Manaus, AM.

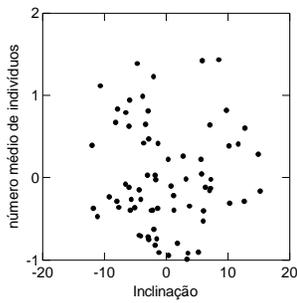
a)



b)



c)



d)

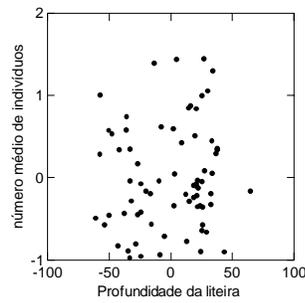
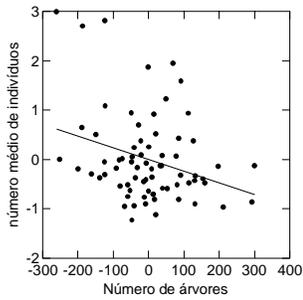
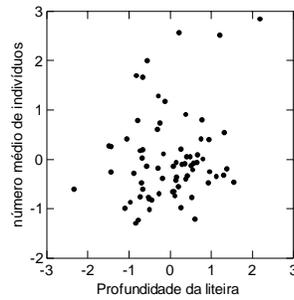


Figura 5.5.4. Regressões parciais entre o número médio de indivíduos de *A. fuscoauratus* e o número de árvores (a), a profundidade da liteira (b), a inclinação do terreno (c) e a porcentagem de argila no solo (d), na Reserva Ducke, Manaus, AM.

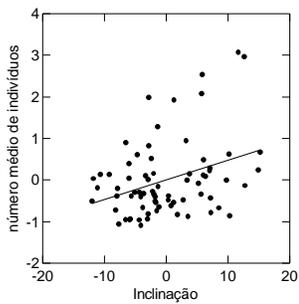
a)



b)



c)



d)

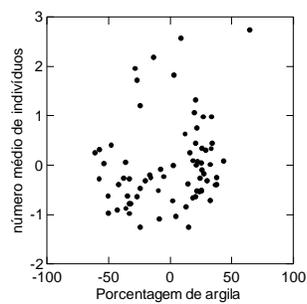


Figura 5.5.5. Regressões parciais entre o número médio de indivíduos de *M. nigropunctata* e o número de árvores (a), a profundidade da liteira (b), a inclinação do terreno (c) e a porcentagem de argila no solo (d) na Reserva Ducke, Manaus, AM.

6. Bibliografia

- Allmon, W. D. 1991. A plot study of forest floor litter frogs, Central Amazon, Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 7: 503-522.
- Araujo, A. F. B. 1997. Fragmentação de habitats e conservação da herpetofauna do Cerrado. Relatório técnico para FAPDF. Brasília, DF. Brasil.
- Araujo, A. F. B.; Henriques, R. P.; Marinho-Filho, J. S. & Cavalcanti, R. B. 1997. Modelagem de biodiversidade do Cerrado. Relatório para o FNMA. Brasília, DF. Brasil.
- Araújo, M. B.; Densham, P. J. & Williams, P. H. 2004. Representing species in reserves from patterns of assemblage diversity. *Journal of Biogeography* 31: 1037-1050.
- Ávila-Pires, T. C. S. 1995. Lizards of Brazilian Amazon. *Zool. Verh. Leiden*. 299: 3-706.
- Azevedo-Ramos, C.; Magnusson, W. & Bayliss, P. 1999. Predation as key factor structuring tadpole assemblages in a savanna área in Central Amazônia. *Copeia*. 1: 22-33.
- Belbin, L. 1992. PATN: Patern Analysis Package. CSIRO, Canberra, Austrália.
- Brandão, R. A. 2002. Monitoramento das populações de lagartos no aproveitamento hidroelétrico de Serra da Mesa, Minaçu, GO. Tese de Doutorado. Instituto de Ciências Biológicas, UnB, Brasília, DF.
- Carvalho-Jr., E. A. R.; Lima, A. P.; Albernaz, A. L. K. M. & Magnusson, W. E. (manuscrito em preparação). Long-term effects of Forest fragmentation on the composition of Amazonian lizard community.
- 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, INPA/UFAM, Manaus, AM.
- Cechin, S. Z. & Martins, M. 2000. Eficiência de armadilhas de queda (*pitfall traps*) em amostragens de anfíbios e répteis no Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 17 (3): 729-740.
- Chao, A. 2004. Species richness estimation. *In*: N. Balakrishnan, C. B. Read & B. Vidakovik (eds.). *Encyclopedia of Statistical Sciences*. Wiley, New York, USA

- Colwell, R. K. & Coddington, J. A. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B.* 345: 101-118.
- Colwell, R. K.; Mao, C. X. & Chang, J. 2004. Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. *Ecology* 85 (10): 2717-2727.
- Colwell, R. K. 2005. EstimateS: statistical estimation of species richness and shared species from samples. Versão 7.5. University of Connecticut, Storrs, USA. (<http://viceroy.eeb.uconn.edu/EstimateS>)
- Connor, E. F. & Simberloff, D. 1979. The assembly of species communities: chance or competition? *Ecology*. Vol. 60, nº 6.
- Costa, E. M. M. 1996. Variação da composição das comunidades de lagartos (Reptilia, Lacertilia) em fragmentos do Cerrado no Distrito Federal. *Unpl. Master Thesis*. Departamento de Ecologia, UnB. Brasília, DF. Brasil.
- Costa, F. R. C.; Magnusson, W. E. & Luizão, R. C. Mesoscale distribution patterns of Amazonian understory herbs in relation to topography, soil and watersheds. *J. of Ecology* 93: 863-878.
- Costa, F. C. & Magnusson, W. E. (em preparação) The need for large-scale, integrated studies of biodiversity: experiences in Brazilian Amazonia.
- Doan, T. M. & Arriaga, W. A. 2002. Microgeographic variation in species composition on the herpetofaunal communities of Tambopata Region, Peru. *Biotropica* 34 (1): 101-117.
- Downes, B. J.; Lake, P. S.; Schreiber, E. S. G. & Glaister, A. 1998. Habitat structure and regulation of local species diversity in a stony, upland stream. *Ecological Monographs*. 68 (2), pp. 237-257.
- EMBRAPA. 1997. Manual de métodos de análises de solo. 2ª edição. Rio de Janeiro. 212 pp.
- Galina-Tessaro, P.; Castellanos-Vera, A.; Troyo D., H.; Arnaud F., G. & Ortega-Rubio, A. 2003. Lizard assemblages in the Vizcaino Biosphere Reserve, Mexico. *Biodiversity and conservation* 12: 1321-1334.
- Gasnier, T. R.; Magnusson, W. E. & Lima, A. P. 1994. Foraging activity and diet of four sympatric lizard species in a tropical rainforest. *Journal of Herpetology*. 28 (2): 187-192.

- Gasnier, T. R.; Magnusson, W. E. & Waichman. 1997. Growth curve shape and growth variation of the tropical lizard *Uranoscodon superciliosus* (Sauria: Tropiduridae). *Ecotropica*. 3: 101-107.
- Gentry, A. H. 1988. Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 75 (1): 1-34.
- Gotelli, N. J. 2004. A taxonomic wish-list for community ecology. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B*. 359: 585-597.
- Gotelli, N. J. & Colwell, R. K. 2001. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters* 4: 379-391.
- Greenberg, C. H. 2001. Response of reptile and amphibian communities to canopy gaps created by wind disturbance in the southern Appalachians. *Forest Ecology and Management* 148: 135-144.
- Guimarães, F. W. S. 2004. Distribuição de espécies da herpetofauna de liteira na Amazônia Central: influência de fatores ambientais em uma meso-escala espacial. INPA/UFAM, Manaus, Amazonas.
- Haas, P. J.; Liu, Y.; Stokes, L. 2006. An estimator of number of species from quadrat sampling. *Biometrics* 62: 135-141.
- Heatwole, Harold. 1976. *Ecology of Reptiles*. University of Queensland Press. Austrália.
- Huston, M. A. 1999. Local processes and regional patterns: appropriate scales for understanding variation in the diversity of plants and animals. *Oikos* 86: 393-401.
- Kati, V.; Devillers, P. Dufrêne, M.; Legakis, A; Vokou, D. & Lebrun, P. 2004. Testing the value of six taxonomic groups as biodiversity indicators at a local scale. *Conservation Biology* 11 (3): 667-675.
- Kinupp, V. F. & Magnusson, W. E. 2005. Spatial patterns in the understory genus *Psychotria* in central Amazonia: effects of distance and topography. *J. Trop. Ecol.* 21 (4): 363-374.
- Kress, W. J.; Heyer, W. R.; Acevedo, P.; Coddington, J.; Cole, D.; Erwin, T. L.; Meggers, B. J.; Pogue, M.; Thorington, R. W.; Vari, R. P.; Weitzman, M. J. & Weitzman, S. H. 1998. Amazonian biodiversity: assessing conservation priorities with taxonomic data. *Biodiversity and Conservation*: 7: 1577-1587.

- Lewinsohn, T. M. 2001. Esboço de uma estratégia abrangente de inventários de biodiversidade. In: Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais. Garay, I. & B. Dias (eds.). Editora Vozes, Petrópolis, RJ.
- Lieberman, S. S. 1986. Ecology of a leaf litter herpetofauna of a neotropical rain forest: La Selva, Costa Rica. *Acta Zoologica Mexicana* 15: 1-72.
- Lima, A. P.; Suárez, F. I. O. & Higuchi, N. 2001. The effects of selective logging on the lizards *Kentropyx calcarata*, *Ameiva ameiva* and *Mabuya nigropunctata*. *Amphibia-Reptilia*. Vol. 22, pp. 209-216.
- Losos, J. B. 1995. Community evolution in Greater Antillean *Anolis* lizards: phylogenetic patterns and experimental tests. *Phil. Trans. Royal Soc. Lond. B Biol. Scien.* 349(1327): 69-75.
- Mac Nally, R.; Fleishman, E. & Murphy, D. D. Influence of temporal scale of sampling on detection of relationships between invasive plants and the diversity patterns of plants and butterflies. *Conservation Biology* 18 (6): 1525-1532.
- Magnusson, W. 2002. Diversity indices: multivariate candies from Pandora's Box. *Bulletin of the Ecological Society of America* 83 (1): 86-87.
- Magurran, A. E. 2004. *Measuring biological diversity*. Blackwell Science Ltda.
- MacKenzie, D. & Hines, J. E. 2005. *Presence*. Versão 2.0. USGS. Patuxent wildlife Research Center, Laurel, MD, USA.
- Margules, C. R. & Pressey, R. L. 2000. Systematic conservation planning. *Nature* 405 (may): 243-253.
- Margules, C. R.; Pressey, R. L. & Williams, P. H. 2002. Representing biodiversity: data and procedures for identifying priority areas for conservation. *J. Biosci.* 27 (4) suppl. 2: 309-326.
- Martins, M. 1991. The lizards of Balbina, Central Amazonia, Brazil: a qualitative Analysis of resource utilization. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*. Nº 3, pp. 179-190.
- McArthur, R. H. 1984. *Geographical Ecology. Patterns in the distribution of species*. 2ª Ed. Princeton University Press, New Jersey, USA.

- Mendonça, F. P. 2002. Ictiofauna de igarapés de terra-firme: estrutura das comunidades de duas bacias hidrográficas, Reserva Florestal Adolpho Ducke, Amazônia Central. Dissertação de Mestrado, INPA/UFAM, Manaus, Amazonas.
- Menin, M. 2005. Padrões de distribuição e abundância de anuros em 64 km² de floresta de terra-firme na Amazônia Central. Tese de Doutorado, INPA/UFAM, Manaus, Amazonas.
- Morton, S. R. & James, C. D. 1988. The diversity and abundance of lizards in arid Australia: a new hypothesis. *The American Naturalist*. Vol. 132, nº 2.
- Morrison, M. L.; Marcot, B. G. & Mannan, R. W. 1998. *Wildlife-Habitat Relationships: concepts and applications*. 2^a ed. The University of Wisconsin Press. USA. 458p.
- Nunes, V. S. 1984. Ciclo de atividade e utilização do habitat por *Gonatodes humeralis* (Sauria, Gekkonidae) em Manaus, Amazonas. *Papéis Avulsos de Zoología* 35 (13): 147-152.
- O'Hara, R. B. 2005. Species richness estimators: how many species can dance on the head of a pin? *Journal of Animal Ecology* 74: 375-386.
- Rearman, P. B.; Velasco, A. M. & López, A. 1995. Tropical amphibian monitoring: a comparison of methods for detecting Inter.-site variation in species composition. *Herpetologica* 51 (3): 325-337.
- Petren, K. & Case, T. J. 1998. Habitat structure determines competition intensity and invasion success in gecko lizards. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. Vol. 95, pp. 11739-11744.
- Pianka, E. R. 1971. Species Diversity. In: *Topics in the study of life*. Harper & Row, New York. pp 401-406.
- Pianka, E. R. 1973. The structure of lizard communities. *Ann. Rev. Ecol. System*. 4: 53-74.
- Pianka, E. R. 1994. *Evolutionary Ecology*. Harper & Collins, New York, USA. Fifth edition. 486pp.
- Pianka, E. R. & Vitt, L. J. 2003. *Lizards. Windows to the evolution of diversity*. University of California Press, California, USA.
- Pinto, M. G. M. & Quatman, W. E. 2005. *Ptychoglossus brevifrontalis*. *Geografic Distribution*. *Herpetological Review*: 36(2).

- Pressey, R. L. 2004. Conservation planning and biodiversity: assembling the best data for the job. *Conservation Biology* 18 (6): 1677-1681.
- Primack, R. B. & Rodrigues, E. 2001. *Biologia da conservação*. Gráfica e Editora Midiograf. Londrina, Paraná.
- Provencher, L.; Litt, A. and Gordon, D. 2003. Predictors of species richness in northwest Florida longleaf pine sandhills. *Conservation Biology* 17 (6): 1660-1671.
- Ribeiro, J. E. L. S.; Hopkins, M. G. A.; Vicentini, C. A.; Sothers, M. A. S.; Costa, J. M.; Brito, M. A. D.; Souza, L. H. P.; Martins, L. G.; Lohmann, P. A. C. L.; Assunção, E. C.; Pereira, C. F.; Mesquita & Procópio, L. 1999. *Flora da Reserva Ducke: guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra-firme na Amazônia Central*. INPA, Manaus.
- Schulter, D. & Ricklefs, R. E.. 1993. Species diversity: An introduction to the problem. *In Species Diversity in Ecological Communities*. Ricklefs, R.E. & D. Schulter (eds.). University of Chicago Press, Chicago, USA.
- Schall, J. J. & Pianka, E. R. 1978. Geographical trends in number of species. *Science*. 201: 679-686.
- Silva-Jr, N. J. & Sites-Jr, J. 1995. Patterns of diversity of neotropical squamate reptile species with emphasis on the Brazilian Amazon and the conservatin potencial of indigenous reserve. *Conservation Biology* vol. 9, n. 4.
- Silva, D. J. 2005. *Efeitos da fragmentação sobre a comunidade de lagartos em áreas de floresta estacional semidecidual submontana no sudoeste de Mato Grosso, Brasil*. Tese de Doutorado, INPA/UFAM, Manaus, Amazonas.
- Strüsmann, C. 2000. Herpetofauna. In: C. J. Alho (coord.), P. N. Conceição, R. Constantino, T. Schlemmermeyer, C. Strüsmann, L. A. S. Vasconcelos, D. M. M. Oliveira & M. Schneider. *Fauna silvestre da região do rio Manso – MT*. Edições IBAMA, Brasília, DF.

- Su, J. C.; Debinski, D. M.; Jakubauskas, M. E. & kindscher, K. 2004. Beyond species richness: community similarity as a measure of cross-taxon congruence for coarse-filter conservation. *Conservation Biology* 18 (1): 167-173.
- Thompson, G. G.; Withers, P. C.; Pianka, E. R. & Thompson, S. A. 2003. Assessing biodiversity with species accumulation curves; inventories of small reptiles by pit-trapping in Western Australia. *Austral Ecology* 28: 361-383.
- Tuomisto, H.; Ruokolainen, K.; Kalliola, R.; Linna, A.; Danjoy, W. & Rodriguez. 1995. Dissecting Amazonian Biodiversity. *Science*, vol. 269, 7 july 1995.
- Tuomisto, H. & Ruokolainen, K. 1997. The role of ecological knowledge in explaining biogeography and biodiversity in Amazonia. *Biodiversity and Conservation* 6, 347-357.
- Vitt, L. J. & Blackburn, D. G. 1991. Ecology and life history of the viviparous lizard *Mabuya bistriata* (Scincidae) in the Brazilian Amazon. *Copeia*. 4: 916-927.
- Vitt, L. J.; Zani, P. A. & Marinho-Lima, A. C. 1997a. Heliotherms in a tropical rain forest: the ecology of *Kentropyx calcarata* (Teiidae) and *Mabuya nigropunctata* (Scincidae) in the Curuá-Una of Brazil. *J.Trop. Ecol.* 13(2): 199-220.
- Vitt, L. J.; Zani, P. A. & Barros, A. M. 1997b. Ecological variation among populations of the gekkonid lizard *Gonatodes humeralis* in the Amazon Basin. *Copeia*. 1: 32-43.
- Vitt, L. J. & Zani, P. A. 1998. Ecological relationships among sympatric lizards in a transitional forest in the northern Amazon of Brazil. *J. Trop. Ecol.* 14: 63-86.
- Vitt, L. J.; Ávila-Pires, T. C. S.; Caldwell, J. P. & Oliveira, V. R. L. 1998. The impact of individual tree harvesting on thermal environments of lizards in Amazonian Rain Forest. *Conservation Biology* 12 (3): 654-664.
- Vitt, L. J.; Souza, R. A.; Sartorius, S. S; Ávita-Pires, T. C. & Espósito, M. C. 2000. Comparative ecology of sympatric *Gonatodes* (Squamata: Gekkonidae) in the Western Amazon of Brazil. *Copeia*. 1: 83-95.

- Vitt, L. J.; Ávila-Pires, T. C. S.; Zani, P. A.; Sartorius, S. S. & Espósito, M. C. 2003. Life above ground: ecology of *Anolis fuscoauratus* in the Amazon rain Forest, and comparisons with its nearest relatives. *Canadian Journal of Zoology* 81: 142-156.
- Vitt, L. J.; Sartorius, S. S.; Ávila-Pires, T. C. S.; Zani, P. A. & Espósito, M. C. 2005. Small in a big world: ecology of leaf-litter geckos in New World Tropical Forests. *Herpetological Monographs* 19: 137-152.
- Vogt, R. C. & Hine, R. L. 1982. Evaluation of techniques for assessment of amphibian and reptile populations in Wisconsin. *In*: N. J. Scott Jr. (ed.). *Herpetological Communities*. Pp. 201-217. US Fish and Wildlife Service, Washington DC., USA.
- Vonesh, J. R. 2001. Patterns of richness and abundance in a Tropical African herpetofauna. *Biotropica* 33 (3): 502-510.
- Walther, B. A. & Moore, J. L. 2005. The concepts of bias, precision and accuracy, and their use in testing the performance of species richness estimators, with a literature review of estimator performance. *Ecography* 28: 815-829.
- Warman, L. D.; Forsyth, D. M.; Sinclair, A. R. E.; Freemark, K.; Moore, H. D.; Barrett, T. W.; Pressey, R. L. & White, D. 2004. Species distributions, surrogacy, and important conservation regions in Canada. *Ecology Letters* 7: 347-379.
- Wiederhecker, H. C.; Gainbury, A. M.; Werneck, F. P.; Costa, G. C.; Garda, A. A. & Colli, G. R. 2002. Distribuição e abundância de lagartos em região de mata amazônica ao noroeste de Rondônia. Livro de Resumos. XXIV Congresso Brasileiro de Zoologia. Itajaí, Santa Catarina.
- Wilkinson, L. 1998. SYSTAT: The System for Statistics. SPSS, Inc. Chicago, USA.
- Woinarski, J. C. Z.; Fisher, A. & Milne, D. 1999. Distribution patterns of vertebrates in relation to an extensive rainfall gradient and variation in soil texture in the tropical savannas of the Northern Territory, Australia. *Journal of Tropical Ecology* 15: 381-398.

- Zimmerman, B. L. & Rodrigues, M. T. 1990. Frogs, snakes, and lizards of the INPA-WWF reserves near Manaus, Brazil. *In*: A. H. Gentry (ed.). Four neotropical rainforests. 426-454p. Yale University Press, London, England.
- Zug, G. R., Vitt, L. J. & Caldwell, J. P. 2001. Herpetology. An introductory biology of amphibians and reptiles. Second edition. Academic Press, California, USA.