

**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA**

**Coordenação de Pesquisa em Entomologia - CPEN**

**Programa de Pós-Graduação em Entomologia**

**REDUÇÃO DO ESFORÇO AMOSTRAL DE ÁCAROS DO SOLO (ACARI:  
ORIBATIDA) EM FRAGMENTOS DE FLORESTA DA REGIÃO DE ALTER DO  
CHÃO, PARÁ, BRASIL**

**RAIMUNDO NONATO COSTA FERREIRA**

Manaus, Amazonas

Janeiro de 2011

**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA - INPA**  
**Coordenação de Pesquisa em Entomologia - CPEN**  
**Programa de Pós-Graduação em Entomologia**

**REDUÇÃO DO ESFORÇO AMOSTRAL DE ÁCAROS DO SOLO (ACARI:  
ORIBATIDA) EM FRAGMENTOS DE FLORESTA DA REGIÃO DE ALTER DO  
CHÃO, PARÁ, BRASIL**

Orientadora: Dra. ELIZABETH FRANKLIN CHILSON

Co-Orientador: Dr. Jorge Luiz Pereira de Souza

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

Manaus, Amazonas

Janeiro de 2011

F383

Ferreira, Raimundo Nonato Costa  
Redução do esforço amostral de ácaros do solo (Acari: Oribatida) em fragmentos de floresta da região de Alter do Chão, Pará, Brasil / Raimundo Nonato Costa Ferreira.--- Manaus :[s.n.], 2011.  
xi, 59 f. : il.

Dissertação (mestrado)-- INPA, Manaus, 2011  
Orientador : Elizabeth Franklin Chilson  
Co-orientador : Jorge Luiz Pereira de Souza  
Área de concentração : Entomologia

1. Ácaros. 2. Oribatida. 3. Protocolos de coleta. 4. Comunidades.  
I. Título.

CDD 19. ed. 595.42

**Sinopse:**

Foi avaliado o efeito da redução do esforço de triagem de ácaros oribatídeos, em fragmentos de floresta da região de Alter do Chão-PA, sobre a composição de espécies e às respostas ecológicas da comunidade utilizando as variáveis: quantidade de serrapilheira no solo, área e densidade de árvores dos fragmentos. Para tanto, foram diluídas e identificadas sub-amostras de solo contendo ácaros oribatídeos provenientes de 16 fragmentos de floresta. Houve pouca perda de informação em relação à composição de espécies e às respostas ecológicas, mesmo utilizando um esforço de 50 ou 25% das amostras iniciais. Os resultados sugerem que os custos e o tempo gastos na identificação de ácaros oribatídeos podem ser menores, sem comprometer a maioria das respostas ecológicas importantes.

**Palavras-chave:** protocolos de coleta, comunidades, eficiência, tamanho amostral.

## AGRADECIMENTOS

Ao INPA por fornecer a infra-estrutura necessária para a realização deste trabalho.

Ao CNPq pela bolsa de estudo.

Aos meus pais, Batista e Otília, que fizeram muito mais do que eu para que essa dissertação fosse concluída.

À minha orientadora Elizabeth Franklin por orientar e se preocupar de verdade com esse trabalho.

Aos meus irmãos, tios e a toda família pelo apoio incondicional e por me manterem sempre motivado.

Ao Co-Orientador Jorge Souza por aceitar enfrentar o desafio desse trabalho.

À Wanessa pelo apoio, pelas sugestões dadas e por me trazer muitas alegrias.

Ao Edgar e à Priscila que tiveram paciência comigo durante os dois anos de curso.

Aos colegas de laboratório Jamile, Juliana, Annelyse, Polyana, Nete, Camila e Breno pela ajuda, bom humor e agradável convivência.

A todos os colegas de INPA e “aderentes” Cinthia, Luciano, Rafael Boldrini, Rafael Chemicatti, Renato, Rodrigo, Thiago pela alegre convivência.

Aos meus orientadores de graduação, Imelda Peixoto Furtado e Aníbal Ramadan Oliveira, que me iniciaram na acarologia com ensinamentos valiosos.

Aos coletores: Wellington de Moraes, Beverly Franklin e Evanira Santos por, juntamente com a minha orientadora, terem trabalhado na coleta e organização do material utilizado nesse estudo.

Ao “Perdigão” por, juntamente com sua família, me receber em Manaus e me ajudar nos meus primeiros dias na Amazônia.

À “tripulação” com quem convivi durante a minha graduação. Ali, aprendi valores úteis na vida científica.

E a quem foi bom de verdade comigo! Agradeço.

## RESUMO

A grande diversidade e abundância de alguns grupos de invertebrados de solo faz com que investimentos em estudos de biodiversidade de tais grupos sejam dispendiosos, principalmente nas regiões tropicais. O grande questionamento a respeito dos protocolos de coletas é sobre a sua eficiência para uso em estudos ecológicos, que diminui em estudos com organismos de pequeno tamanho. Com ácaros oribatídeos, esse questionamento deve levar em consideração a alta demanda de tempo para triar e identificar os indivíduos, devido à grande abundância e alta diversidade, além das técnicas necessárias para identificações desses pequenos organismos. Sendo assim, quanto maior o tempo maior será os custos envolvidos no protocolo e maior será a demora na publicação dos resultados. Portanto, foi avaliada a eficiência de proporções reduzidas de amostras para demonstrar quais delas possuem melhor relação custo-benefício na identificação de ácaros oribatídeos. Também foram comparados dois níveis de identificações taxonômicas: espécies e gêneros. Foram coletadas amostras de serrapilheira e solo em 16 parcelas situadas em 16 fragmentos de floresta e o aparelho de Berlese-Tullgren foi utilizado para extração dos invertebrados. Utilizando o aparato Santos-Yano, foram obtidas reduções das sub-amostras extraídas no Berlese-Tullgren e preservadas em álcool, em frações de 50, 25, 12,5 e 6,25% do tamanho inicial. Para cada esforço de triagem, foram geradas matrizes de dissimilaridade com dados de abundância (índice de Bray-Curtis) e de presença e ausência (índice de Sørensen). Utilizando o índice de correlação de Mantel, foi avaliada a similaridade entre cada uma das diluições, adotando como medida satisfatória valores  $\geq 0,7$ . Para oito das 16 parcelas, os índices de similaridade entre os esforços máximos de triagem (100%) e os esforços reduzidos a 50% foram maiores que 70%, tanto para espécies quanto para gêneros. Deste modo, para as outras oito parcelas os cálculos foram feitos para comparar o esforço 50% com os de, 25, 12,5 e 6,25%. A composição da comunidade foi reduzida a poucas dimensões com Análise de Componentes Principais (PCoA) para cada esforço. Os resultados da PCoA foram submetidos a uma Regressão Múltipla Multivariada com três variáveis ambientais: quantidade de serrapilheira, densidade de árvores e área (ha) dos fragmentos. Foram identificados 7.318 indivíduos de ácaros oribatídeos adultos, distribuídos em 156 espécies, sendo 61% compostas por morfoespécies, 96 gêneros e 51 famílias. As espécies mais abundantes foram *Rostrozetes ovulum* e *Archegozetes longisetosus*. Devido à grande quantidade de gêneros monotípicos, a relação entre o número de espécies e o de gêneros é ao redor de 2:1 nos esforços maiores. Essa relação tende a ser menor à medida que o esforço é reduzido. No geral, os padrões de influência das variáveis ambientais capturados nos esforços maiores, se mantiveram nos esforços mais reduzidos. Esse padrão de influência foi semelhante entre os dois níveis de identificações taxonômicas, significando que o uso de gêneros como “surrogate” de espécies é viável. Os custos por espécies adicionadas ao protocolo foram reduzidos nos esforços menores. Foi verificado que os custos e o tempo na identificação dos ácaros oribatídeos podem ser reduzidos com pouca perda de informação ecológica e taxonômica. Com o emprego destas estratégias, os ácaros oribatídeos e podem ser utilizados em estudos de média e larga escala espacial na Amazônia.

**Palavras-chave:** protocolos de coleta, comunidades, eficiência, tamanho amostral.

## ABSTRACT

The high diversity and abundance of edaphic invertebrates results in high costs in biodiversity studies, mainly in tropical regions. The highest issue related to sampling protocols is its efficiency for ecological studies that is reduced in studies with small organisms. With oribatid mites community, this issue must take in consideration the large investment in time necessary to sort and identify the individuals, because of the high abundance and diversity, and also the necessary techniques to identify these small organisms. Therefore, as time investment increases, higher will be the costs of the protocol, and the higher will be the time necessary for publication of the results. We aimed to evaluate the efficiency of reduced effort in sorting subsamples, and to demonstrate which one possesses better cost-benefits relationship in identifying oribatid mites. We are also comparing two levels of taxonomical identification: species and genera. Litter and soil were sampled in 16 plots in fragments of forest, and the apparatus of Berlese-Tullgren was used for extraction of the invertebrates. Using the apparatus of Santos-Yano, reduction of the initial proportion of the subsamples, containing the extracted mites from the Berlese-Tullgren and preserved in alcohol, were done in fractions of 50, 25, 12.5 e 6.25 % of the initial content. For each effort reduction dissimilarities matrixes were generated using abundance (Bray-Curtis index), and presence absence data (Sørensen index). Using Mantel correlation, we evaluated the similarity among each reduced effort, considering  $\geq 07$  as a satisfactory value. For eight of the 16 plots, the similarity index among the maximum effort (100%) and effort reductions to 50% were higher than 70% for species and genera. Therefore, for the others eight plots, the calculations were done to compare the reduced effort of 50% with 25, 12.5 and 6.25%. For each effort, the community composition was reduced to two axes using Principal Component Analysis (PCoA). The axes of the PCoA were submitted to a Multiple Multivariate Regression with three environmental variables: amount of litter, tree density and area of the fragment. A total of 7,318 individuals of adult oribatid mites, distributed in 156 species, being 61% composed by morphospecies, 96 genera and 51 families was recorded. The most abundant species were: *Rostrozetes ovulum* e *Archegozetes longisetosus*. Due the high number of monotypic genera, the relation between species and genera is about 2:1 in the higher efforts. This ratio is reduced when the effort is being reduced. In general, the influence patterns of the environmental variables detected with higher efforts were also captured in reduced efforts. This pattern was similar between the two levels of identification, meaning that genera as a surrogate of species is viable. The costs per each species in the protocol were reduced in smaller efforts. The costs and time in the identification of oribatid mites can be reduced with lower loss of ecological and taxonomic information. With this strategy, oribatid mites can be used in medium or large spatial scale surveys in Amazonia.

**Key-words:** sampling protocols, communities, efficiency, amostral effort.

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Variáveis ambientais coletadas nos fragmentos de florestas de Alter do Chão utilizadas nesse estudo.....	7
<b>Tabela 2.</b> Similaridade e número de sub-amostras utilizadas no teste de Mantel ( <i>rM</i> ) para os dados de abundância e presença e ausência em identificações de ácaros oribatídeos no nível de espécies e gêneros em comparação do esforço máximo de triagem (100%) coletadas em oito parcelas em fragmentos de floresta. Todos os valores possuem significância $p \leq 0,001$ .....	16
<b>Tabela 3.</b> Similaridade e número de sub-amostras utilizadas no teste de Mantel ( <i>rM</i> ) para os dados de abundância e presença e ausência em identificações de ácaros oribatídeos no nível de espécies e gêneros em comparação com o esforço 50% coletados em oito parcelas. Todos os valores possuem significância $p \leq 0,001$ .....	17
<b>Tabela 4.</b> Número total de espécies e proporção de singletons e doubletons nos esforços de triagem disponíveis para 16 parcelas. ....	18
<b>Tabela 5.</b> Valores de probabilidade “p” das regressões múltiplas multivariada entre os eixos de ordenação da comunidade de ácaros oribatídeos identificadas no nível de espécies e gêneros com variáveis ambientais, utilizando dados de abundância. Os valores significativos de cada esforço de triagem estão em negrito, as células assinaladas em cinza demonstram onde o padrão foi quebrado. ....	22
<b>Tabela 6.</b> Valores de probabilidade “p” das regressões múltiplas multivariada entre os eixos de ordenação da comunidade de ácaros oribatídeos identificadas no nível de espécies e gênero com as variáveis ambientais, utilizando dados de presença e ausência. Os valores significativos de cada esforço de triagem estão em negrito. As células assinaladas em cinza demonstram onde o padrão foi quebrado. ....	23
<b>Tabela 7.</b> Custo estimado na triagem e identificação de ácaros oribatídeos coletados em 16 parcelas de quatro ha em 16 fragmentos de floresta. ....	24
<b>Tabela 8.</b> Custos e tempo estimados na identificação de ácaros oribatídeos em 16 parcelas de quatro ha em 16 fragmentos de floresta. ....	24

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Área em volta da vila de Alter do Chão, Pará. A área em branco representa a vegetação de savana, em cinza escura estão representados os fragmentos de florestas e a floresta contínua e em cinza claro o rio Tapajós. Os círculos pretos representam as parcelas instaladas nos fragmentos em que foram coletados os ácaros. ....6
- Figura 2.** Sonda utilizada na coleta das sub-amostras. Cada sub-amostras foi composta de quatro perfurações da sonda com cinco centímetros de profundidade..8
- Figura 3.** Esquema demonstrando as parcelas instaladas nos fragmentos de floresta em Alter do Chão. Os círculos representam as distâncias do material extraído (solo e serrapilheira) que compõem cada sub-amostra, totalizando dez sub-amostras coletadas por parcela (Adaptado de Santos 2005). ....9
- Figura 4.** Aparelho de Berlese-Tüllgren modificado por Franklin & Morais, 2006 utilizado para extração dos ácaros oribatídeos das sub-amostras de solo. Foto Elizabeth Franklin..... 10
- Figura 5.** Método Santos-Yano para redução do esforço de triagem através da diluição das sub-amostras. O esquema demonstra como se obtém cada porcentagem de diluição (modificado de Santos, 2005)..... 11
- Figura 6.** Distribuição das abundâncias das espécies de ácaros oribatídeos coletadas em 16 fragmentos de floresta em Alter do Chão, utilizado o esforço de triagem reduzido a 50%. Foram excluídas as espécies com abundâncias iguais a um ou dois..... 14
- Figura 7.** Distribuição do número de indivíduos e de espécies de ácaros oribatídeos em 16 fragmentos de florestas em Alter do Chão, utilizando o esforço de triagem reduzido a 50%. .... 15
- Figura 8.** Diversidade de espécies e de gêneros coletada em cinco esforços de triagem provenientes de sub-amostras coletadas em oito parcelas situadas em fragmentos de floresta..... 16

- Figura 9.** Diversidade de espécies e gêneros de ácaros oribatídeos registrada em quatro esforços de triagem provenientes de sub-amostras coletadas em oito parcelas em fragmentos de floresta de Alter do Chão. .... 17
- Figura 10.** Curvas de acumulação de espécies baseadas no método da rarefação dos esforços de triagem em 16 parcelas nos fragmentos de floresta de Alter do Chão. As linhas verticais indicam os desvios padrão associados. .... 18
- Figura 11.** Diversidade de espécies e gêneros em diferentes esforços de triagem 16 parcelas nos fragmentos de floresta de Alter do Chão. .... 19
- Figura 12.** Correlações entre o número de espécies e o número de gêneros em 16 parcelas nos fragmentos de floresta de Alter do Chão. (a) esforço 50% (Pearson  $r \geq 0,98$ ;  $p \leq 0,001$ ), (b) esforço 25% (Pearson  $r \geq 0,98$ ;  $p \leq 0,001$ ), (c) esforço 12,5% (Pearson  $r \geq 0,99$ ;  $p \leq 0,001$ ) e (d) 6,25% (Pearson  $r \geq 0,99$ ;  $p \leq 0,001$ ). .... 20
- Figura 13.** Tempo gasto na identificação e perda de informação (em valores de Mantel entre as comparações a 100%) e de espécies de ácaros oribatídeos em 80 sub-amostras (8 parcelas), para dados de abundância (Bray-Curtis) (a) e para dados de presença e ausência (Sorensen) (b). .... 25
- Figura 14.** Perda de informação (em valores de Mantel entre as comparações a 100%) e tempo gasto na identificação de gêneros de ácaros oribatídeos em 80 sub-amostras (8 parcelas), para dados de abundância (Bray-Curtis) (a) e presença e ausência (Sorensen) (b). .... 25

## SUMÁRIO

1. Introdução .....	1
2. Objetivos .....	5
3. Métodos .....	6
3.1 Área de estudo.....	6
3.2 Obtenção das variáveis ambientais .....	7
3.3 Delineamento amostral .....	8
3.4 Extração dos artrópodes das amostras de solo .....	9
3.5 Redução do esforço de triagem no laboratório .....	10
3.6 Identificação dos espécimes.....	11
3.7 Análises estatísticas .....	12
3.8 Cálculo dos custos financeiros envolvidos no protocolo .....	13
4. Resultados .....	14
4.1 A fauna de ácaros oribatídeos nos fragmentos de floresta em alter do chão .....	14
4.2 Efeito do esforço de triagem de 100, 50, 25, 12,5 e 6,25% da proporção da amostra sobre a abundância e composição de espécies e gêneros de ácaros oribatídeos. ....	15
4.2.1 Esforços de triagem de 50, 25, 12,5 e 6,25% da proporção da amostra disponíveis para os 16 fragmentos de floresta em alter do chão.....	17
4.3 Efeito da redução do esforço de triagem sobre comunidade de ácaros oribatídeos em relação às variáveis ambientais .....	20
4.3.1 Padrão detectado para dados de abundância de espécies ou de gêneros de ácaros oribatídeos.....	21
4.3.2 Padrão detectado para dados de presença e ausência de espécies ou de gêneros de ácaros oribatídeos.....	22
4.4 Custos financeiros e de tempo estimados para cada esforço de triagem de ácaros oribatídeos .....	23
4.4.1 Economia de tempo em relação à perda de informação ecológica	24
5. Discussão.....	26

5.1 A fauna de ácaros oribatídeos nos fragmentos de floresta de alter do chão .....	26
5.2 Efeito da redução do esforço de triagem de triagem sobre a abundância e composição de espécies e gêneros de ácaros oribatídeos .....	27
5.3 Efeito da redução do esforço de triagem sobre comunidade de ácaros oribatídeos em relação às variáveis ambientais .....	28
5.4 Custos financeiros e de tempo estimados na redução do esforço de triagem .....	29
6. Conclusões .....	31
7. Referências bibliográficas .....	32
<b>Apêndice A.</b> Abundância e freqüência relativa das espécies de ácaros oribatídeos coletados em 16 fragmentos de florestas com o esforço de triagem 50%. .....	42
<b>Apêndice B.</b> Valores de probabilidades parciais (eixo 1 e eixo 2), global (manova), pillai-trace (pillai) e $r^2$ para as regressões múltiplas entre os eixos de ordenação pcoa com dados de abundância da comunidade de espécies de ácaros oribatídeos e as variáveis ambientais (serrapilheira, área do fragmento e densidade de árvores) nos esforços de triagem 50, 25, 12,5 e 6,25%. Em negrito estão os valores significativos ( $p \leq 0,05$ ).....	45
<b>Apêndice C.</b> Valores de probabilidades parciais (eixo 1 e eixo 2), global (manova), pillai-trace (pillai) e $r^2$ para as regressões múltiplas entre os eixos de ordenação pcoa com dados de presença e ausência da comunidade de espécies de ácaros oribatídeos e as variáveis ambientais (serrapilheira, área do fragmento e densidade de árvores) nos esforços de triagem 50, 25, 12,5 e 6,25%. Em negrito estão os valores significativos ( $p \leq 0,05$ ). .....	46
<b>Apêndice D.</b> Valores de probabilidades parciais (eixo 1 e eixo 2), global (manova), pillai-trace (pillai) e $r^2$ para as regressões múltiplas entre os eixos de ordenação pcoa com dados de abundância da comunidade de gêneros de ácaros oribatídeos e as variáveis ambientais (serrapilheira, área do fragmento e densidade de árvores) nos esforços de triagem 50, 25, 12,5 e 6,25%. Em negrito estão os valores significativos ( $p \leq 0,05$ ).....	47
<b>Apêndice E.</b> Valores de probabilidades parciais (eixo 1 e eixo 2), global (manova), pillai-trace (pillai) e $r^2$ para as regressões múltiplas entre os eixos de ordenação pcoa com dados de presença e ausência da comunidade de gêneros de ácaros oribatídeos e as variáveis ambientais (serrapilheira, área do fragmento e densidade de árvores) nos esforços de triagem 50, 25, 12,5 e 6,25%. Em negrito estão os valores significativos ( $p \leq 0,05$ ). .....	48

## 1. INTRODUÇÃO

Ao contrário das regiões temperadas, a zona tropical possui diversidade alta de invertebrados do solo (Webster, 2010). Isso pode tornar mais caro o levantamento de grupos que compõe esse habitat, como os invertebrados de tamanho mais reduzido. O esforço envolvido na coleta e identificação de organismos é inversamente proporcional às dimensões dos espécimes em questão, ou seja, a proporção de morfoespécies e o número de cientista/hora para identificação cresce quanto menor for o táxon, como, por exemplo, formigas e nematódeos (Lawton *et al.* 1998). Por outro lado, torna-se necessário conhecer os fatores que afetam a dinâmica e composição de meso-invertebrados, tanto em áreas preservadas quanto em áreas representativas do ecossistema, para utilizá-los em monitoramentos ambientais (Van Straalen & Verhoef, 1997; Behan-Pelletier, 1999).

O uso de invertebrados megadiversos como bioindicadores da qualidade do solo tem sido reavaliado porque levantamentos faunísticos desses organismos consomem muito tempo e são dispendiosos em termos de esforço de coleta no campo e de triagem em laboratório (Santos *et al.* 2008; Lawton *et al.* 1998). A maioria dos invertebrados terrestres poderá ser utilizada como bioindicadores de manejo de áreas quando protocolos de coletas simples, eficientes e economicamente favoráveis forem desenvolvidos. Isso deve levar em consideração a elaboração de métodos que reduzam o esforço de coleta, sem perda da confiabilidade e viabilidade dos dados em mostrar as relações destes animais com as variáveis ambientais (Andersen *et al.* 2002). A redução do esforço de amostral é uma forma de diminuir o número de métodos de amostragens ou reduzir o número de amostras utilizadas para estimar a riqueza (Ward & Larivière, 2004).

O uso de morfoespécies foi sugerido para reduzir o tempo e os esforços econômicos, (Oliver & Beattie, 1993, 1996), assim como o uso de táxons supra-específicos (Gaston & Williams, 1993). Várias opções têm sido propostas na região amazônica. Por exemplo, restringir a análise a alguns gêneros de formigas (Moura, 2006; Souza 2006) e a amostragem em uma única estação anual para representar a comunidade de cupins (Dambros, 2010). Além destes, a redução da proporção de

sub-amostras (diluição) e a redução do número de parcelas amostrais tiveram resultados positivos para a amostragem de ácaros oribatídeos (Santos *et al.* 2008, Moraes, 2010). Além de Santos *et al.* (2008), outros autores avaliaram os custos de protocolos para táxons multidiversos, incluindo invertebrados e vertebrados (Lawton *et al.* 1998, Gardner *et al.* 2008), e somente para formigas (Souza *et al.* 2009). Essas análises devem conter replicações suficientes para utilização de testes estatísticos. O protocolo de amostragem deve recuperar as informações sobre a comunidade de um determinado táxon e, ao mesmo tempo, ter eficiência em captar os padrões ecológicos associados à distribuição das espécies (Magnusson *et al.* 2005).

O problema da inserção de alguns grupos de invertebrados em levantamentos faunísticos é agravado com a larga escala espacial de alguns destes estudos. Com isso, os resultados provenientes do levantamento de alguns invertebrados sempre são mais demorados nas análises conjuntas de um projeto integrado. Porém, estes grupos podem ser incluídos inventários de biodiversidade se estudos de rarefação forem conduzidos, para estabelecer os pré-requisitos mínimos de coleta (Costa & Magnusson, 2010). Santos *et al.* (2008) comprovaram que isto é possível com ácaros oribatídeos em áreas de savana.

Entre os invertebrados, os ácaros oribatídeos possuem um tamanho médio entre 300 – 700  $\mu\text{m}$  (Norton, 1990) com mais de 9.000 espécies descritas (Subías, 2004) e estimativas conservadoras de 100.000 espécies não escritas (Schatz, 2002). Na Amazônia, já foram registrados 444 espécies ou morfoespécies (Franklin *et al.* 2006) e cerca de 90 - 210 espécies podem conviver em densidades de até 15.000 ind./m<sup>2</sup> (Franklin *et al.* 2001; Franklin *et al.* 2006). Portanto, o pequeno tamanho destes ácaros, aliado à sua alta diversidade e grande abundância, os caracteriza como um grupo “difícil” em projetos de inventário e monitoramento da fauna. Por isto, não têm sido incluídos com frequência nas análises conjuntas com outros grupos como plantas, pássaros, répteis, anfíbios ou mesmo formigas (Santos *et al.* 2008). Os ácaros oribatídeos são definidos como um táxon decompositor, porém, existem grupos predadores, necrófagos e espécies decompositoras primárias ou secundárias (Illig *et al.* 2005). A ocupação de diversos nichos tróficos explica a alta diversidade do grupo em ecossistemas florestais (Maraun *et al.* 2003; Schneider *et*

*al.* 2004). Deste modo, podem ser utilizados como indicadores ambientais, pois suas populações declinam rapidamente com a alteração do habitat (Behan-Pelletier, 1999).

Apesar de existirem diversos trabalhos envolvendo ácaros oribatídeos em florestas Amazônicas (Franklin *et al.* 1997; Franklin *et al.* 2004; Franklin & Morais, 2006), existe pouca informações acerca da redução do esforço de triagem nesse ambiente. Nas áreas de savana adjacentes aos fragmentos florestais em Alter do Chão, foram registradas 91 espécies (Santos *et al.* 2008). Nesse ambiente, estimativas embasadas na redução do volume de sub-amostras demonstraram que grandes reduções em tempo e custo poderiam ter sido obtidas com pequena perda de informação ecológica se apenas uma pequena proporção da sub-amostra fosse triada e identificada.

Porém, os dados provenientes do esforço reduzido também devem capturar as relações das variáveis ambientais com a comunidade de ácaros, demonstrando, assim, a eficácia do protocolo a ser sugerido. Para isto, algumas variáveis consideradas mais relevantes para explicar o padrão observado na comunidade foram selecionadas. Em floresta primária de terra firme na Amazônia central já foi detectada correlação de algumas espécies de ácaros oribatídeos com a quantidade de serrapilheira no solo (Franklin *et al.* 2008). Esta variável está relacionada com a maior disponibilidade de habitats; em conjunto com a umidade, pode produzir uma variabilidade de microambientes, que podem afetar o padrão de distribuição das comunidades. Na área de savana adjacente aos fragmentos de floresta, a estrutura da vegetação, categorizada como ilhas de vegetação e gramíneas, influenciou a composição da subordem Oribatida (Franklin *et al.* 2005). A quantidade de luz é uma variável que pode influenciar a comunidade de ácaros oribatídeos (Badejo & Akinwale, 2006). Sendo assim, existem densidades de árvores diferentes em cada fragmento que podem fornecer intensidades de luz diferentes que chegam ao solo, então foi considerado que esta variável poderia estar exercendo influência sobre comunidade de oribatídeos. O efeito da fragmentação em comunidades de animais em Alter do Chão já foi investigada em comunidades de escarabeídeos (Vulinec *et al.* 2008), lagartos (Carvalho *et al.* 2008) e formigas (Oliveira, 2008; Vasconcelos *et al.* 2006). A distância dos fragmentos em relação à

floresta (grau de isolamento) influenciou a comunidade de escarabeídeos e de algumas espécies de lagartos. Porém, nada se conhece a respeito do comportamento da comunidade de ácaros oribatídeos nos fragmentos de Alter do Chão.

Na presente proposta, a redução do esforço em laboratório foi efetuada para avaliar o quanto a proporção de cada amostra triada poderia ser reduzida a fim de demonstrar a eficiência em detectar a composição da comunidade de espécies, levando em consideração principalmente os inventários. Porém, a caracterização de comunidades necessita de coletas estruturadas que permitam análises estatísticas (King & Porter, 2005; Santos *et al.* 2008). Sendo assim, com o objetivo de comparar a eficiência de diferentes esforços de triagem, foi investigado se os padrões gerais da comunidade associados a gradientes ecológicos capturados pela proporção máxima das amostras também foram mantidos pelos esforços reduzidos. Para tanto, foram utilizadas três variáveis (quantidade de serrapilheira, área, dos fragmentos e densidade de árvores) que podem influenciar a composição de espécies da comunidade de ácaros oribatídeos.

## 2. OBJETIVOS

- Reduzir o tempo e os custos na triagem e identificação de ácaros oribatídeos, sem a perda de informação necessária para detectar padrões da comunidade e associá-los à gradientes ecológicos.

- Avaliar como os padrões gerais da comunidade associados ao esforço máximo de triagem foram capturados com esforços de tiragem reduzidos, utilizando identificações no nível de gênero e de espécies.

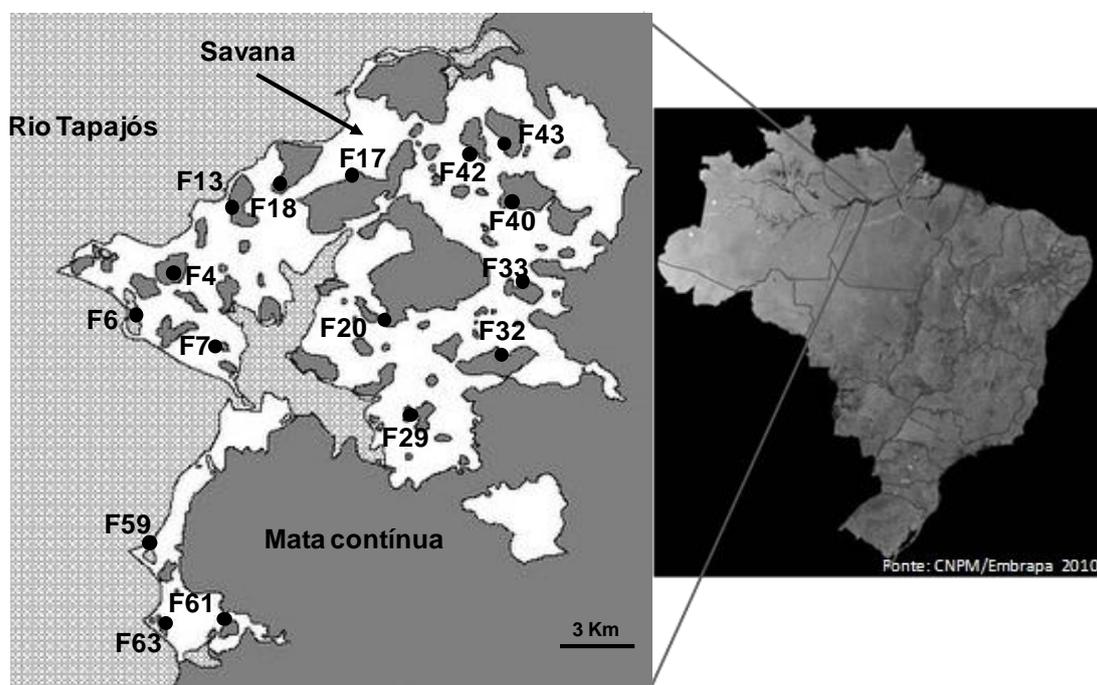
- Comparar a eficiência dos diferentes esforços de triagem, demonstrar a economia feita com cada um e verificar se a redução da proporção do volume de sub-amostras afetará a eficiência em detectar a composição de espécies e de gêneros.

### 3. MÉTODOS

#### 3.1 Área de estudo

O estudo foi realizado em uma região de 16 x 16 Km<sup>2</sup>, localizada ao sul da vila de Alter do Chão (2°31' S, 55°00' W; Figura 1), a 35 km ao sudeste da cidade de Santarém, na Amazônia Brasileira. O clima é tropical quente úmido na classificação de Köppen, precipitação média anual de 1950 mm com 75% da chuva caindo entre dezembro a junho. A temperatura média anual é de 27,5° (Dados do aeroporto de Santarém 1970-1988).

Em contraste com outras regiões da Amazônia, a estação seca é bem mais distinta e vai de junho a novembro quando há elevada incidência de incêndios. Como resultado, a maior parte da região é coberta por floresta estacional semidecídua e manchas de savana que são floristicamente e estruturalmente semelhantes ao cerrado brasileiro (Miranda, 2003). O solo é classificado como Latossolo amarelo distrófico e Arenoso quartzítico distrófico, na classificação brasileira.



**Figura 1.** Área em volta da vila de Alter do Chão, Pará. A área em branco representa a vegetação de savana, em cinza escura estão representados os fragmentos de florestas e a floresta contínua e em cinza claro o rio Tapajós. Os círculos pretos representam as parcelas instaladas nos fragmentos em que foram coletados os ácaros.

### 3.2 Obtenção das variáveis ambientais

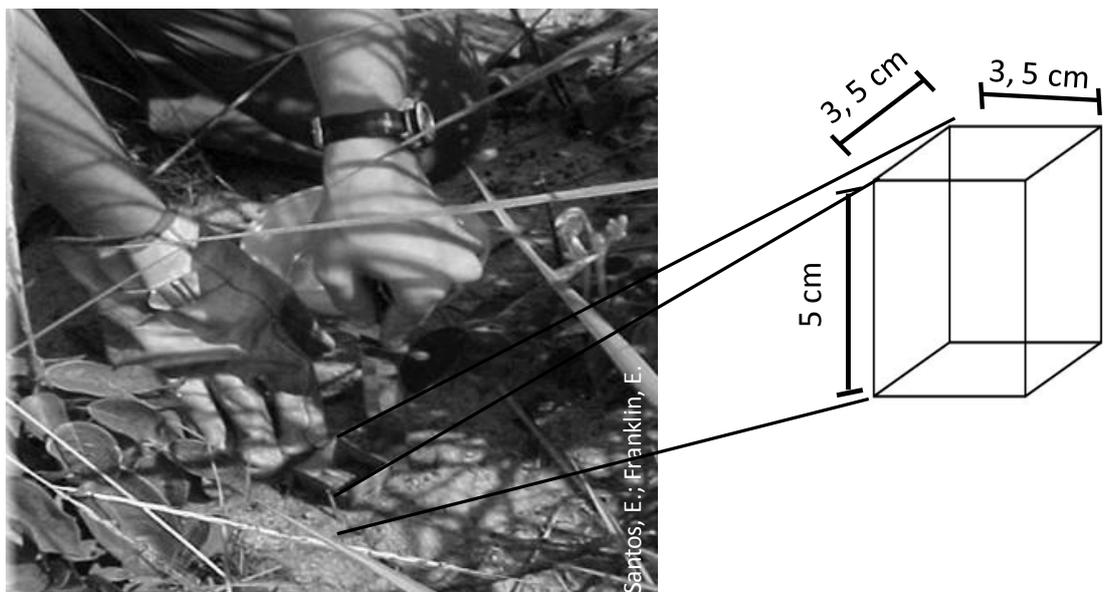
As áreas dos fragmentos foram calculadas com o programa CAMRIS (Ford, 1993) após digitalização dessas áreas pelo satélite LANDSAT TM5. O cálculo da área foi feito pelo algoritmo do próprio programa. Os fragmentos de floresta de Alter do Chão possuem grande variação de tamanho entre si (Sanaiotti *et al.* 2002). Então, escolhemos selecionar fragmentos com a maior variação de área entre si para captar melhor o efeito dessa variável (Magnusson & Mourão, 2005). A serrapilheira obtida após a extração dos microartrópodes no Berlese-Tüllgren foi pesada, e a média do peso das dez amostras por parcela constitui uma das variáveis aqui selecionadas. Foram consideradas árvores espécies com diâmetro acima do peito (DAP)  $\geq 10$  cm. Os dados de densidade de árvores e área dos fragmentos de floresta foram coletados entre 1998 e 2002 durante a vigência dos projetos: “PPD-G7 6400-0021-00 Interações entre savanas e florestas na Amazônia e sua importância para a biodiversidade e PPI 1 3010, INPA, Dinâmica ecológica e zoneamento ambiental de savanas amazônicas”. Os dados de serrapilheira foram coletados pela equipe de pesquisadores do Laboratório de Sistemática e Ecologia de Invertebrados do Solo do INPA entre 1998 e 2002 (Tabela 1).

**Tabela 1.** Variáveis ambientais coletadas nos fragmentos de florestas de Alter do Chão utilizadas nesse estudo.

Fragmento	Área (ha)	Densidade de árvores (ind/ha)	Peso seco da serrapilheira (g)
F4	31,42	421	9,41
F6	8,49	1020	7,68
F7	2,39	472	16,50
F13	41,22	524	14,79
F17	189,9	615	26,22
F18	46,86	368	7,08
F20	361	194	21,00
F29	13,91	165	10,08
F32	59,70	151	11,88
F33	23, 23	163	8,21
F40	66,47	112	14,68
F41	28,05	480	14,20
F42	42,84	158	10,47
F59	6,06	340	12,87
F61	8,90	398	21,79
F63	7,42	845	7,90

### 3.3 Delineamento amostral

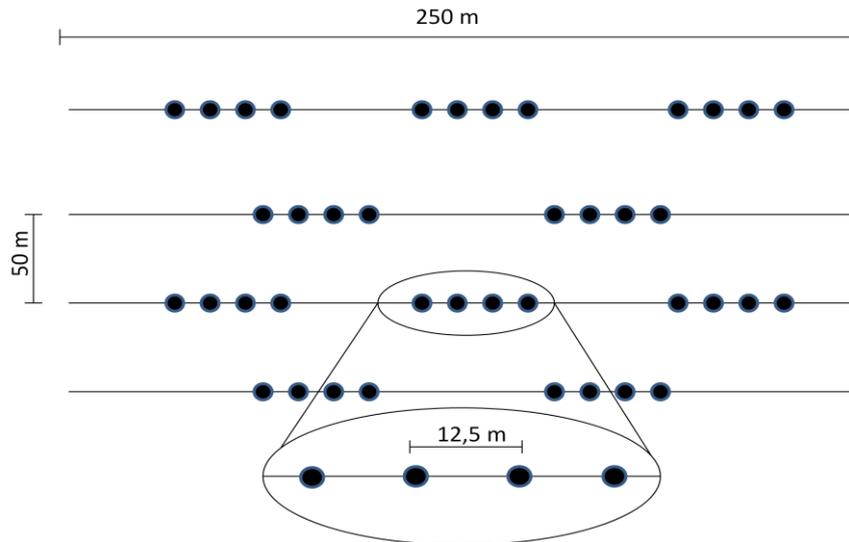
Em 1998, foram instaladas 26 parcelas em 24 fragmentos de florestas na região de Alter do Chão, Pará. Foram utilizadas neste estudo 16 parcelas localizadas perpendicularmente às bordas de 16 fragmentos. Cada parcela foi constituída de quatro transectos de 250 m espaçadas 50 m entre si, totalizando quatro hectares. Cada linha recebeu marcação permanente a cada 10 m com tubos de PVC e placas de alumínio. Como o proposto por Santos (2008) e Moraes (2010), cada sub-amostra composta consistiu de solo e serrapilheira obtidos juntos através de quatro retiradas de uma sonda metálica de 3,5 x 3,5 cm e 10 cm de comprimento (Figura 2), introduzida até cinco centímetros de profundidade no solo (12,5 m de distância uma da outra), totalizando 49 cm<sup>2</sup> de área e um volume de 61,5 cm<sup>3</sup>.



**Figura 2.** Sonda utilizada na coleta das sub-amostras. Cada sub-amostras foi composta de quatro perfurações da sonda com cinco centímetros de profundidade.

Foram coletadas 10 sub-amostras compostas em cada uma das 16 parcelas. Cada parcela foi considerada uma unidade amostral. Ao longo do primeiro e do terceiro transectos, foram retiradas três sub-amostras compostas em cada um, a uma distância de 12,5, 25, 37,5, 50, 112,5, 137,5, 150, 212,5, 225, 237,5 e 250 m. Ao longo do segundo e do quarto transectos, foram retiradas duas sub-amostras compostas em cada um, a uma distância de 62,5, 75, 87, 5, 100, 162,5, 175 e 187,5

ao longo dos mesmos (Figura 3). Este procedimento foi feito para aumentar a probabilidade de se coletar mais espécies (Franklin & Morais, 2006)



**Figura 3.** Esquema demonstrando as parcelas instaladas nos fragmentos de floresta em Alter do Chão. Os círculos representam as distâncias do material extraído (solo e serrapilheira) que compõem cada sub-amostra, totalizando dez sub-amostras coletadas por parcela (Adaptado de Santos 2005).

### 3.4 Extração dos artrópodes das amostras de solo

Foi utilizado o aparelho BerleseTüllgren modificado (Franklin & Morais, 2006) (Figura 4) para extração dos espécimes das sub-amostras. Esse aparato consiste de uma caixa de madeira (160 x 50 cm) dividida em dois compartimentos por um suporte de isopor de três centímetros de espessura o qual possui uma seqüência de aberturas cilíndricas onde se encaixam funis plásticos. Nesses funis foram colocadas peneiras (oito centímetros de diâmetro e cinco de altura, e uma malha de 1,5 mm) onde repousaram as amostras de solo e serrapilheira. O aquecimento promovido por lâmpadas elétricas incandescentes de 25 watt suspensas a 14 cm das peneiras, promoveu a migração dos espécimes por dentro das sub-amostras até sua queda dentro de tubos coletores de 50 ml contendo uma solução aquosa de formol a 5%. As lâmpadas foram ligadas 24 horas depois das amostras serem colocadas, e permaneceram ligadas durante seis a sete dias com a temperatura sendo aumentada gradativamente de 28 até 45°C. Após a extração, os artrópodes foram fixados em álcool a 70% com glicerina.

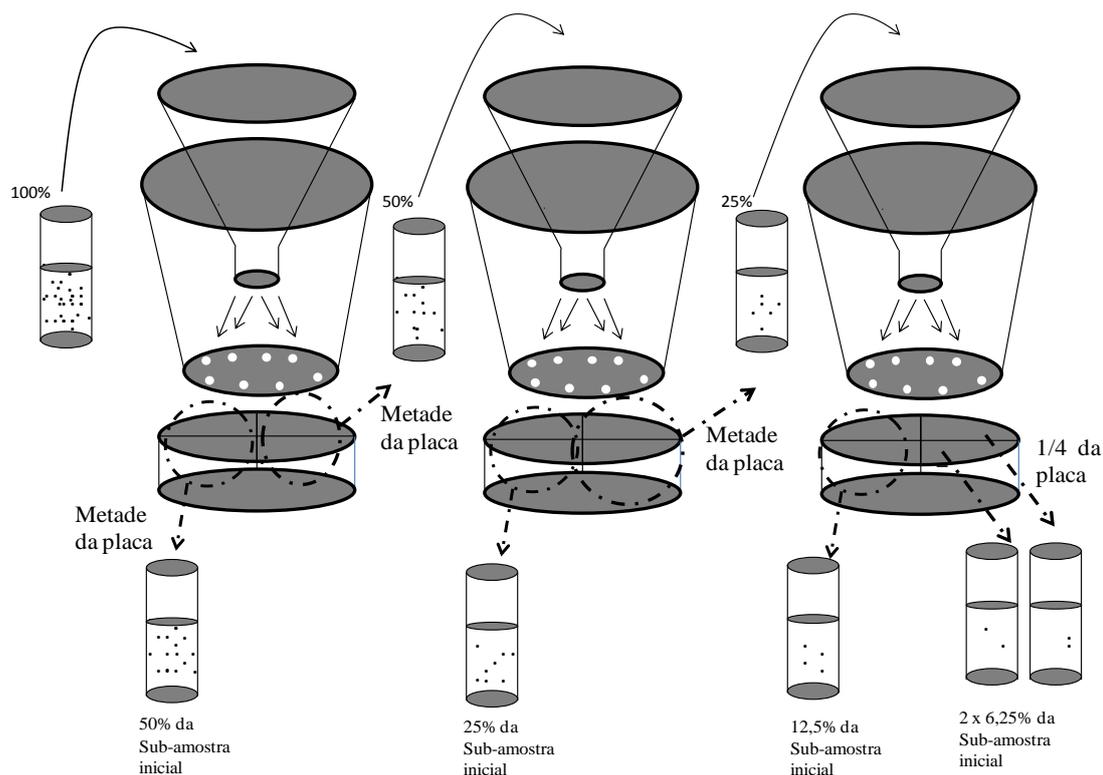


**Figura 4.** Aparelho de Berlese-Tüllgren modificado por Franklin & Morais, 2006 utilizado para extração dos ácaros oribatídeos das sub-amostras de solo. Foto Elizabeth Franklin.

### 3.5 Redução do esforço de triagem no laboratório

Um parataxonomista e um técnico triaram os ácaros oribatídeos obtidos em cada uma das amostras no Berlese-Tüllgren. Os mesmos eram separados dos resíduos e dos outros microartrópodes e armazenados em frascos de vidro de 50 ml contendo álcool a 70%. Para obter reduções sucessivas do material contido em cada frasco, foi utilizado o aparato “Santos-Yano” (Santos *et al.* 2008) (Figura 5).

O conteúdo de cada frasco (ácaros oribatídeos em álcool 70%) foi despejado dentro do aparato, que consiste em um funil encaixado em cima de um copo plástico de 300 ml. O copo plástico possui oito orifícios com oito milímetros de diâmetro distribuídos em volta do fundo. Foram feitas sucessivas diluições em todas as sub-amostras até se obter percentuais de 50%, 25%, 12,5% e dois de 6,25% do conteúdo inicial (Figura 5).



**Figura 5.** Método Santos-Yano para redução do esforço de triagem através da diluição das sub-amostras. O esquema demonstra como se obtém cada porcentagem de diluição (modificado de Santos, 2005).

### 3.6 Identificação dos espécimes

A preparação dos animais seguiu o método proposto por Travè (1965). Animais adultos foram colocados em lâminas escavadas com ácido láctico ( $C_3H_6O_3$ ). Uma lamínula foi colocada sobre a metade da escavação da lâmina, para movimentar o animal para diversas posições com o auxílio de ferramentas entomológicas. Os ácaros adultos foram identificados no nível espécies ou gêneros, através das chaves de Balogh (1972), Balogh & Balogh (1988, 1990, 1992), Grandjean (1953, 1965, 1969), Woas (2002), além de outros.

Foi consultado o catálogo de mundial de espécies de ácaros oribatídeos (Subías, 2004) para observar possíveis mudanças na nomenclatura. Adotamos a classificação proposta por Balogh & Balogh (1992). Porém, subordem Astigmata incluída por Norton (1998), como uma nova categoria taxonômica de Oribatida, não foi considerada nesse estudo. Os espécimes identificados foram depositados na Coleção Entomológica do INPA.

Como realizado por Santos (2008), a identificação dos ácaros foi feita em duas etapas. Na primeira, todos os espécimes de todas as diluições (100, 50, 25, 12,5 e 6,25%) foram identificados nas primeiras oito parcelas. Após a identificação desse material foi realizado um teste de correlação de Mantel entre as diluições de 100 e 50%. Com base nos resultados obtidos concluímos que, na segunda etapa, seria necessário identificar somente as diluições de 50, 25, 12,5 e 6,25% das demais oito parcelas. Portanto, na segunda etapa, somente os espécimes das diluições de 50, 25, 12,5 e 6,25% das parcelas restantes foram identificados, o que permitiu uma redução do tempo necessário para identificação do restante das amostras. Com isso, foi possível utilizar melhor o tempo disponível para identificar um número maior de fragmentos, aumentando o poder estatístico do trabalho. Dessa forma, esse estudo foi composto de oito parcelas em que todos os ácaros foram identificados no nível de espécies (i.e o esforço de triagem 100% está disponível apenas para 8 parcelas) e mais oito parcelas em que foram identificados apenas a metade dos espécimes de ácaros oribatídeos. Dessa forma os esforços de triagem disponíveis para as 16 parcelas foram: 50, 25, 12,5 e 6,25%.

### **3.7 Análises estatísticas**

Foram construídas matrizes de associação, calculadas com os índices de Bray Curtis (abundância) e Sørensen (presença e ausência), para cada esforço de triagem. Foi realizado o teste de Mantel ( $rM$ ) entre estas matrizes de associação para avaliar como cada diluição recuperou as informações sobre a composição de espécies de ácaros detectada, em relação ao esforço máximo. Os valores de Mantel variam entre  $-1$  e  $+1$  sendo que valores próximos de zero indicam amostras pouco similares. Para este trabalho adotamos  $rM \geq 0,7$  como medida de correlação satisfatória, tal como nos estudos efetuados com ácaros oribatídeos por Santos *et al.* (2008) e com formigas por Souza *et al.* (2009). Foram construídos gráficos utilizando o número de espécies e gêneros entre as diluições. Utilizando dados quantitativos (abundância) e qualitativos (presença/ausência), a comunidade de ácaros oribatídeos obtida em cada esforço foi reduzida a duas dimensões (ou dois eixos de ordenação) através de uma Análise de Coordenadas Principais (PCoA), aplicada sobre as matrizes de associação já obtidas para o cálculo de similaridade de Mantel.

Os padrões da comunidade observados entre os esforços amostrais disponíveis para os 16 fragmentos (50, 25, 12,5 e 6,25%), foram comparados através de uma regressão múltipla multivariada (MANOVA) dos eixos de ordenação com as variáveis ambientais disponíveis (área do fragmento, densidade de árvores e quantidade de serrapilheira). Considerou-se significativa a relação que possuiu valor de probabilidade  $p \leq 0,05$ . A correlação múltipla de Pearson com correção de Bonferoni foi utilizada para avaliar a colinearidade entre as variáveis ambientais, com esse mesmo método foi feita a correlação entre a riqueza de espécies e de gêneros em cada fragmento. Foram consideradas correlacionadas comparações com índice de correlação  $\geq 0,3$ . Curvas de rarefação foram construídas para cada diluição a partir da média de 1000 randomizações. As análises estatísticas e os gráficos de correlações foram feitos no pacote estatístico “R” (R Development Core Team, 2010). Os demais gráficos foram construídos no programa Excel versão 2007.

### **3.8 Cálculo dos custos financeiros envolvidos no protocolo**

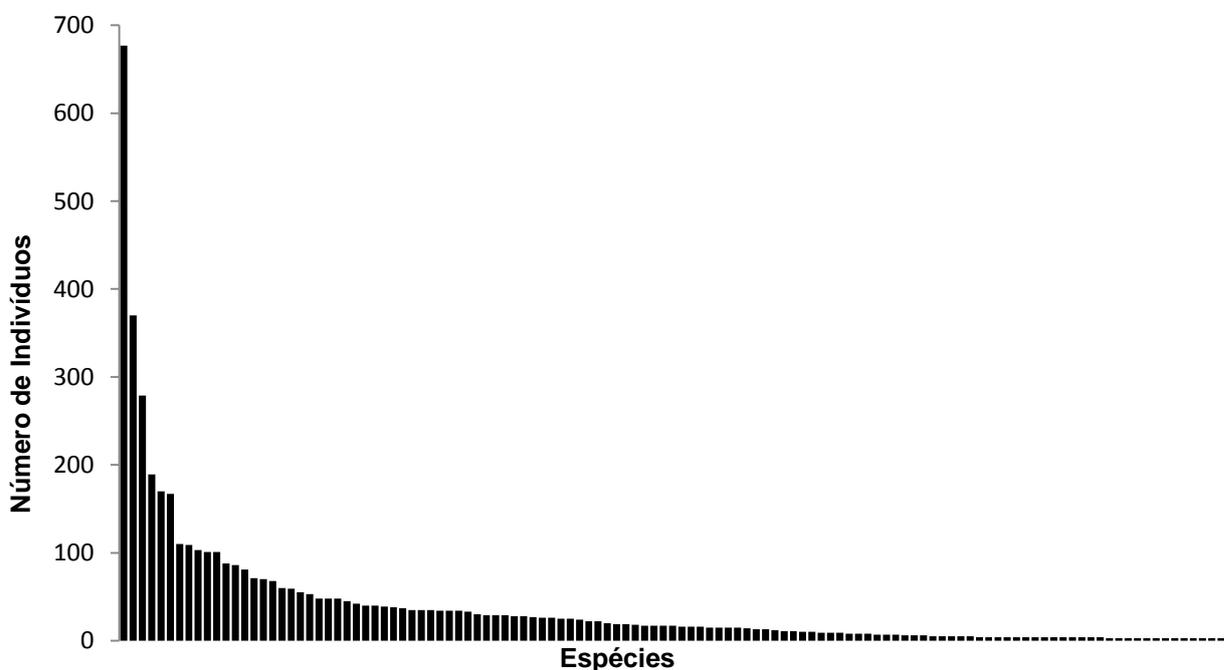
Este trabalho teve como fontes financiadoras dois projetos: “PPD-G7 6400-0021-00 Interações entre savanas e florestas na Amazônia e sua importância para a biodiversidade” e “PPI 1 – 3010, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Dinâmica ecológica e zoneamento ambiental de savanas amazônicas”.

Foi levado em consideração os cálculos das despesas de coleta, triagem e identificação das sub-amostras utilizadas nesse estudo. Esses cálculos foram possíveis através das estimativas de valores das bolsas de alunos financiadas pelas agências de fomento: CAPES, CNPq e FAPESP e de um técnico do INPA. Durante a execução do projeto foi calculado o tempo em horas trabalhadas (8 horas/dia, 280 dias/ano), a quantidade de meses e a remuneração mensal de cada pessoa envolvida. Todos os custos foram convertidos para dólar (US\$) utilizando como base a média do valor de 2000 a 2010 que foi R\$ 2,28. Como recomendado por Gardner *et al.* (2008), equipamentos não perecíveis (microscópio e aparelho de Berlese-Tullgren) e custos de capital como acomodações para a equipe não foram incluídos nos cálculos. Quatro tipos de trabalhadores foram incluídos: guia de campo, paraxonomista, técnico especializado e um aluno de mestrado.

## 4. RESULTADOS

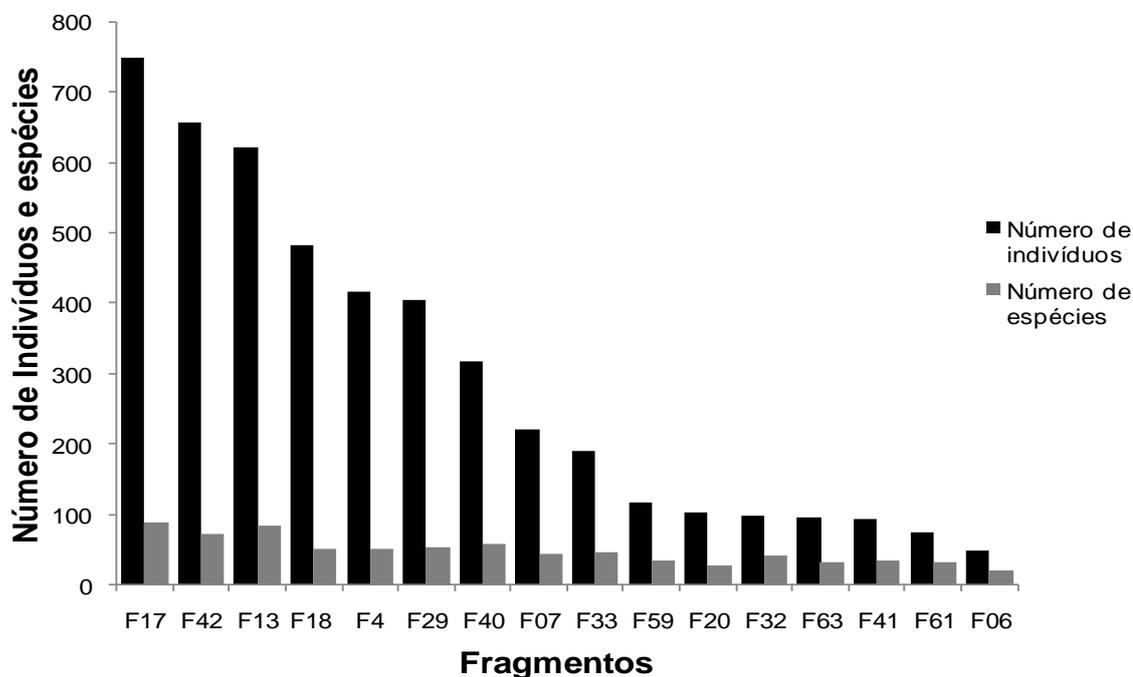
### 4.1 A fauna de ácaros oribatídeos nos fragmentos de floresta em Alter do Chão

Foram coletados e identificados 7.318 indivíduos de ácaros oribatídeos adultos em 16 fragmentos de florestas, sendo 61% composto morfoespécies (espécies não identificadas) ou espécies de identificação incerta, distribuídos em 156 espécies, 96 gêneros e 51 famílias. Essas morfoespécies constituem, provavelmente, espécies não descritas. A maioria das espécies coletadas possui abundâncias baixas em relação ao número total de indivíduos. Dessa forma, as duas espécies mais abundantes desse estudo foram: *Rostrozetes ovulum* e *Archezogozetes longisetosus* estas representaram mais de 22% do número total de indivíduos e foram as mais abundantes (Figura 6). Porém, apesar de ter sido a segunda mais abundante, *A. longisetosus* não esteve entre as mais freqüentes. *Rostrozetes ovulum* e *Eohypochthonius (Eohypochthonius) becki* foram as duas mais freqüentes e ocorreram em todas as parcelas (Apêndice A).



**Figura 6.** Distribuição das abundâncias das espécies de ácaros oribatídeos coletadas em 16 fragmentos de floresta em Alter do Chão, utilizado o esforço de triagem reduzido a 50%. Foram excluídas as espécies com abundâncias iguais a um e dois.

O número de Indivíduos em cada parcela variou de 48 a 749 (média = 293,5;  $dp \pm 233,71$ ). O número de espécies por parcela variou de 20 a 88 (média = 48,12;  $dp \pm 19,73$ ) como mostra a figura 7.

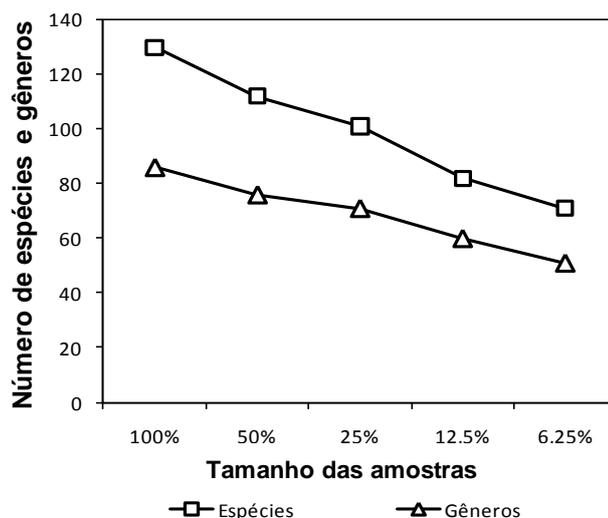


**Figura 7.** Distribuição do número de indivíduos e de espécies de ácaros oribatídeos em 16 fragmentos de florestas em Alter do Chão, utilizando o esforço de triagem reduzido a 50%.

#### 4.2 Efeito do esforço de triagem de 100, 50, 25, 12,5 e 6,25% da proporção da amostra sobre a abundância e composição de espécies e gêneros de ácaros oribatídeos.

Como a identificação dos ácaros seguiu em duas etapas, os resultados das correlações de Mantel ( $Mr$ ) entre as diluições são apresentadas em duas tabelas. A tabela 2 mostra os valores de correlação ( $Mr$ ) comparando 100% e demais diluições, na tabela 3 são mostradas as correlações ( $Mr$ ) entre 50% e diluições menores.

Na primeira etapa, a identificação foi feita com a utilização do volume total das sub-amostras (100%) extraídas da serrapilheira e solo de oito fragmentos de floresta, cujo esforço de triagem foi efetuado para todas as diluições (100, 50, 25, 12,5 e 6,25%). Foram registradas, respectivamente, 130, 112, 101, 82, 71 espécies e 86, 76, 71, 60 e 51 gêneros. Portanto, o número de espécies e de gêneros diminuiu sucessivamente com a redução do esforço de triagem (Figura 8).



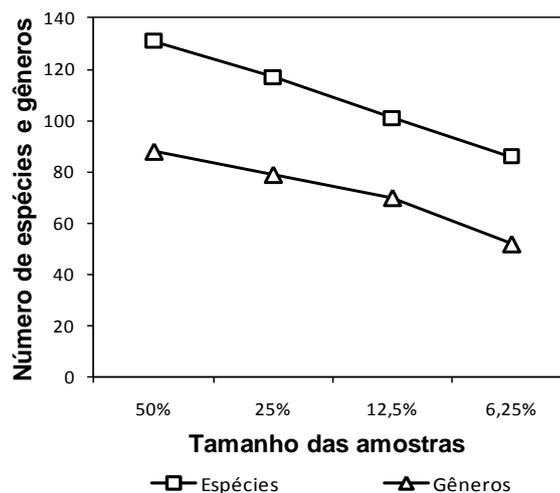
**Figura 8.** Diversidade de espécies e de gêneros coletada em cinco esforços de triagem provenientes de sub-amostras coletadas em oito parcelas situadas em fragmentos de floresta.

Após a identificação dos ácaros da primeira etapa, realizamos um teste de similaridade entre a proporção total da amostra (100%) e a diluição de 50%. Tanto para dados de abundância, quanto para dados de presença e ausência, os valores foram acima 70% ( $rM \geq 0,7$ ), indicando alta similaridade entre ambas (Tabela 2.). Desse modo, para as outras oito parcelas, somente o material proveniente das diluições de 50, 25, 12,5 e 6,25% foram identificadas na segunda etapa.

**Tabela 2.** Similaridade de Mantel ( $rM$ ) entre as proporções das sub-amostras coletadas em oito parcelas em fragmentos de floresta em Alter do Chão, em comparação com o esforço máximo de triagem (100%) para dados de abundância e de presença e ausência de espécies ou gêneros de ácaros oribatídeos. Todos os valores possuem significância  $p \leq 0,001$ . Em negrito, os valores de similaridade acima de 0,7.

Número de parcelas	Proporção das amostras (%)	Espécies ( $rM$ )		Gêneros ( $rM$ )		Sub-amostras testadas
		Abundância	Presença e ausência	Abundância	Presença e ausência	
8 (comparação com 100%)	50	<b>0,85</b>	<b>0,72</b>	<b>0,86</b>	<b>0,72</b>	80
	25	0,69	0,52	0,69	0,52	75
	12,5	0,44	0,23	0,42	0,25	67
	6,5	0,36	0,24	0,37	0,26	53

Na segunda etapa, em que foram identificadas 50% das amostras provenientes das oito parcelas restantes, foram registrados 131, 117, 101 e 86 espécies e 88, 79, 70 e 52 gêneros provenientes das amostras diluídas a 50, 25, 12,5 e 6,25%, respectivamente (Figura 9).



**Figura 9.** Diversidade de espécies e gêneros de ácaros oribatídeos registrada em quatro esforços de triagem provenientes de sub-amostras coletadas em oito parcelas em fragmentos de floresta de Alter do Chão.

Para dados de abundância, nos dois níveis de identificação taxonômica (espécies e gêneros), os valores de correlação ( $Mr$ ) entre as amostras diluídas a 50% comparadas com as amostras diluídas a 25% foram altos (acima de 0,7 ou 70% de similaridade). Para as outras diluições, a correlação ( $Mr$ ) foi  $\leq 0,7$  (a perda da informação foi maior que 30%), representando um valor abaixo da medida adotada como satisfatória. Para dados de presença e ausência, o padrão se manteve para espécies, porém, para gêneros, a perda da informação foi de 35% (Tabela 3).

**Tabela 3.** Similaridade de Mantel ( $rM$ ) entre as proporções das sub-amostras coletadas em oito parcelas em fragmentos de floresta em Alter do Chão, em comparação com o esforço de triagem 50% para dados de abundância e de presença e ausência de espécies ou gêneros de ácaros oribatídeos. Todos os valores possuem significância  $p \leq 0,001$ . Em negrito os valores acima de 0,7.

Número de parcelas	Tamanho das amostras (%)	Espécies ( $rM$ )		Gêneros ( $rM$ )		Sub-amostras testadas
		Abundância	Presença e ausência	Abundância	Presença e ausência	
8 (comparação com 50%)	25	<b>0,79</b>	<b>0,70</b>	<b>0,80</b>	0,65	90
	12,5	0,64	0,51	0,66	0,52	84
	6,5	0,43	0,35	0,50	0,37	72

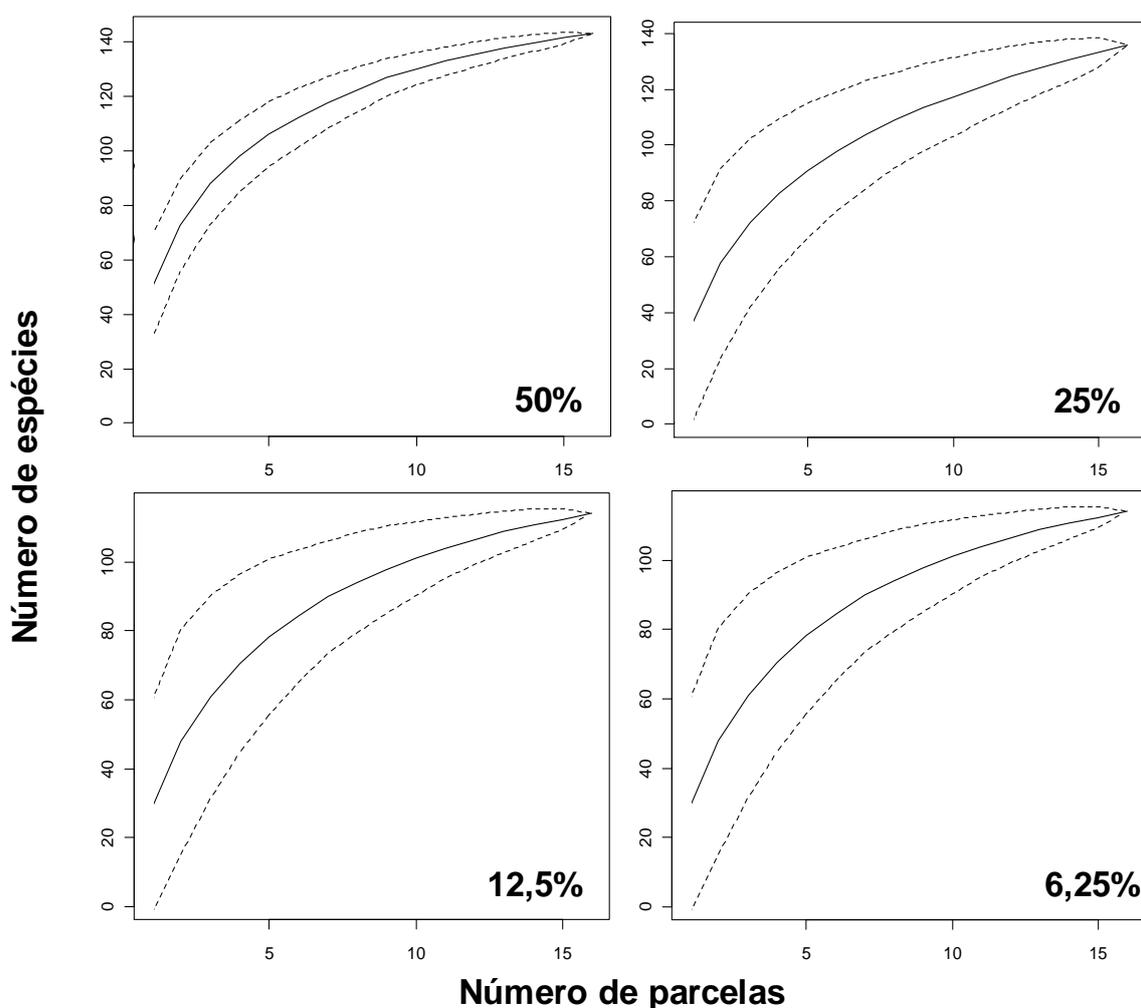
#### 4.2.1 Esforços de triagem de 50, 25, 12,5 e 6,25% da proporção da amostra disponíveis para os 16 fragmentos de floresta em Alter do Chão

Levando em consideração os esforços de triagem, disponíveis para os 16 fragmentos (50, 25, 12,5 e 6,25%), as proporções de “singletons” e “doubletons” aumentaram gradativamente nos esforços de triagens menores (Tabela 4).

**Tabela 4.** Número total de espécies e proporções de singletons e doubletons nos esforços de triagem de disponíveis para 16 parcelas em fragmentos de floresta de Alter do Chão.

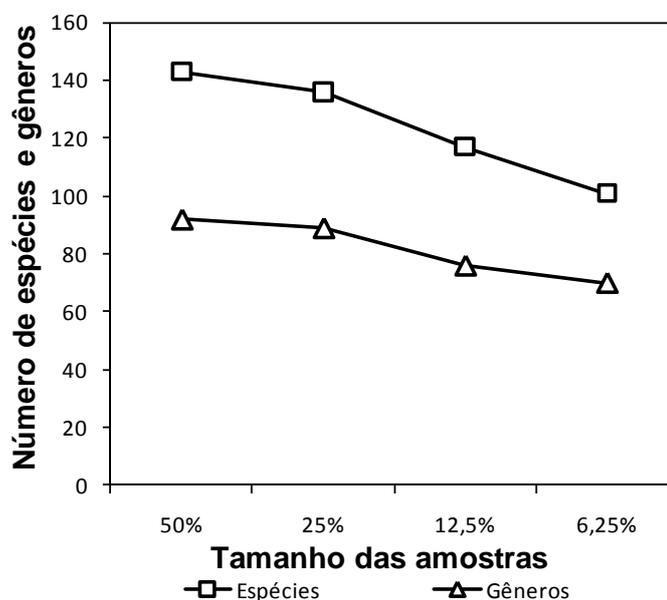
	Esforços de triagem			
	50%	25%	12,5%	6,25%
Número de espécies	143	136	114	101
Número de singletons	15	32	18	25
Número de doubletons	8	16	18	16
Proporção de singletons (%)	10,49	23,53	15,79	24,27
Proporção de doubletons (%)	5,59	11,76	15,79	15,53

Na maioria destes esforços, foi registrada uma leve tendência para as curvas de acumulação de espécies atingirem à assíntota (Figura 10). Os desvios padrões associados às curvas de acumulação de espécies aumentaram à medida que o esforço de triagem foi reduzido.



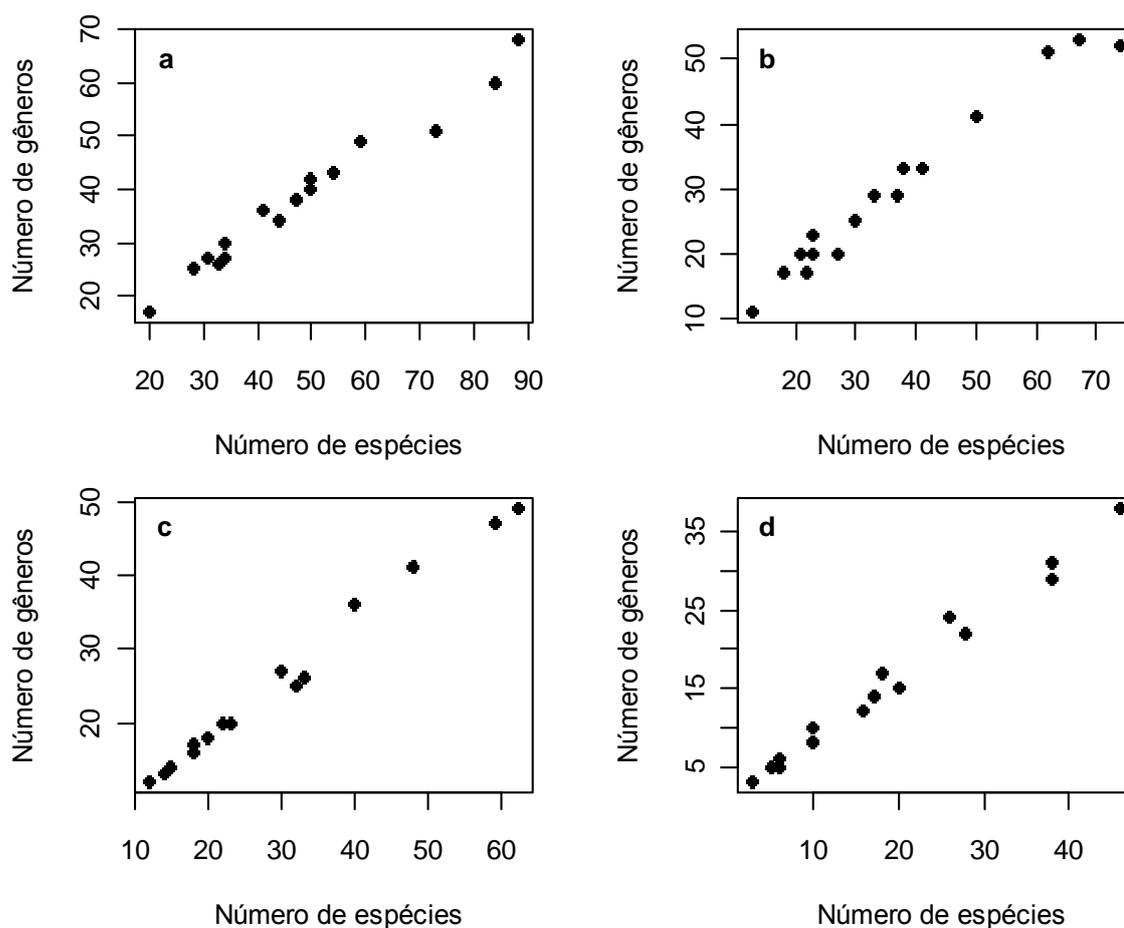
**Figura 10.** Curvas de acumulação de espécies baseadas no método da rarefação dos esforços de triagem em 16 parcelas nos fragmentos de floresta de Alter do Chão. As linhas pontilhadas indicam os desvios padrão associados.

Com exceção dos gêneros *Suctobelbella*, *Galumna*, *Pergalumna* e *Rostrozetes* que possuem dez, nove, oito e seis espécies identificadas, respectivamente, os gêneros restantes possuem uma ou duas espécies. Devido à grande quantidade de gêneros monotípicos, a relação entre o número de espécies e o de gêneros é menor que 2:1 em todas as diluições. Essa relação tende a ser maior em amostras de tamanhos maiores. Conforme foi reduzido o tamanho da amostra, a proporção entre espécies e gêneros diminuiu, indicando uma tendência de redução do número de espécies de um mesmo gênero dentro das amostras de esforços menores (Figura 11).



**Figura 11.** Diversidade de espécies e gêneros em diferentes esforços de triagem coletada em 16 parcelas nos fragmentos de floresta de Alter do Chão.

Levando em consideração o teste de correlação de Pearson com correção de Bonferroni, houve alta correlação entre a riqueza de espécie de cada fragmento e o de gêneros em todos os esforços de triagem. Isso é um indicativo de que os gêneros podem ser utilizados como substitutos para espécies em estudos ecológicos com ácaros oribatídeos (Figura 12).



**Figura 12.** Correlações entre o número de espécies e o número de gêneros coletados em 16 parcelas nos fragmentos de floresta de Alter do Chão. (a) esforço 50% (Pearson  $r \geq 0,98$ ;  $p \leq 0,001$ ), (b) esforço 25% (Pearson  $r \geq 0,98$ ;  $p \leq 0,001$ ), (c) esforço 12,5% (Pearson  $r \geq 0,99$ ;  $p \leq 0,001$ ) e (d) 6,25% (Pearson  $r \geq 0,99$ ;  $p \leq 0,001$ ).

### 4.3 Efeito da redução do esforço de triagem sobre comunidade de ácaros oribatídeos em relação às variáveis ambientais

As análises com as variáveis ambientais foram efetuadas com os esforços amostrais disponíveis para as 16 parcelas (50, 25, 12,5 e 6,25%). Não foi registrada correlação significativa entre as variáveis independentes. As correlações entre a serrapilheira e área do fragmento (Pearson  $r \geq -2,21$ ;  $p = 1,0$ ), serrapilheira e densidade de árvores (Pearson  $r \geq -2,25$ ;  $p = 0,9$ ) e área e densidade de árvores (Pearson  $r \geq 0,23$ ;  $p = 1,0$ ), não foram significativas. Portanto, todas estas variáveis foram usadas nos modelos de regressão.

Para avaliar a perda da capacidade de cada esforço de triagem para capturar as tendências associadas com as variáveis, foram testados os eixos de ordenação obtidos através da Análise de Coordenadas Principais (PCoA) da comunidade com as variáveis ambientais (serrapilheira, área do fragmento e densidade de árvores). Portanto, além de avaliar o efeito das variáveis sobre a comunidade, verificamos se o padrão capturado com o esforço maior de triagem também seria capturado com os esforços menores, independente dos valores serem significativos ou não. Os resultados completos dos testes de regressão múltipla multivariada estão nos apêndices B a E.

#### **4.3.1 Padrão detectado para dados de abundância de espécies ou de gêneros de ácaros oribatídeos**

O padrão da influência da serrapilheira sobre as espécies, verificado com o esforço de triagem reduzido a 50% (MANOVA; Pillai trace = 0,494,  $p = 0,023$ ), não se manteve nos demais esforços de triagem reduzidos, mesmo considerando o erro tipo II (i.e valores de  $p$  próximos de 0,05) na triagem de 6,25% (MANOVA; Pillai trace = 0,378,  $p = 0,06$ ). Para a influência da área do fragmento, o padrão capturado para as espécies se manteve para todos os esforços de triagem, ou seja, não houve relação significativa, mesmo considerando os erros tipo II nas triagens de 12,5% (MANOVA; Pillai trace = 0,395  $p = 0,06$ ) e 6,25% (MANOVA; Pillai trace = 0,362,  $p = 0,07$ ). Para o efeito da densidade de árvores, o padrão não significativo se manteve em todas as triagens (Apêndices B e C)

Quando usamos os gêneros como substitutos para espécies, o padrão de efeito da serrapilheira não foi verificado para o esforço de 25%, mas foi obtido para o esforço de 12,5% (MANOVA; Pillai trace = 0,441,  $p = 0,031$ ) e 6,25 (MANOVA; Pillai trace = 0,401,  $p = 0,049$ ). Para a influência da área do fragmento e densidade de árvores sobre os gêneros, o padrão se manteve em todos os esforços, sem relação significativa (Tabela 5) (Apêndices B e E).

A influência da serrapilheira sobre a comunidade de espécie é a mesma dos gêneros nos esforços 50 e 25%, porém esse padrão é quebrado nos esforços 12,5 e 6,25%. Para a variável área do fragmento o padrão se manteve para todas as

diluições, mesmo considerando os possíveis erros tipo II nas diluições 12,5 e 6,25%. Na densidade de árvores, o padrão também se manteve em todas as diluições.

**Tabela 5.** Valores de probabilidade “p” das regressões múltiplas multivariada entre os eixos de ordenação da comunidade de ácaros oribatídeos identificadas no nível de espécies e gêneros com variáveis ambientais, utilizando dados de abundância. Os valores significativos de cada esforço de triagem estão em negrito, os valores assinalados em cinza demonstram onde o padrão foi quebrado.

	Serrapilheira		Área do fragmento		Densidade de árvores	
	Espécies	Gêneros	Espécies	Gêneros	Espécies	Gêneros
Esforço 50%	<b>0,02</b>	<b>0,05</b>	0,28	0,25	0,55	0,65
Esforço 25%	0,13	<b>0,66</b>	0,62	0,66	0,47	0,47
Esforço 12,5%	0,63	<b>0,03</b>	0,06	0,82	0,39	0,20
Esforço 6,25%	0,06	<b>0,05</b>	0,07	0,30	0,47	0,67

#### 4.3.2 Padrão detectado para dados de presença e ausência de espécies ou de gêneros de ácaros oribatídeos

Considerando a influência da serrapilheira sobre a presença e ausência de espécies, a relação não significativa desta variável foi mantida em todas as diluições. O padrão não significativo da área foi quebrado no esforço 12,5% (MANOVA; Pillai trace = 0,601,  $p \leq 0,02$ ), mas houve um possível erro do tipo II na triagem 50% (MANOVA; Pillai trace = 0,372,  $p = 0,07$ ). O padrão não significativo se manteve em todas as diluições para o efeito da densidade de árvores.

Para gêneros como substitutos de espécies, o efeito significativo da serrapilheira detectado no esforço de triagem de 50% (MANOVA; Pillai trace = 0,402,  $p = 0,05$ ) não se manteve nos demais esforços (MANOVA; Pillai trace = 0,402,  $p = 0,05$ ). Foi detectado um possível erro do tipo II no esforço 50% (MANOVA; Pillai trace = 0,381,  $p = 0,07$ ) para o tamanho de área, mas o efeito foi detectado no esforço 12,25% (MANOVA; Pillai trace = 0,502,  $p = 0,02$ ). O padrão não significativo se manteve para a densidade de árvores (Apêndices D e E).

Comparando o efeito da serrapilheira entre espécies e gêneros o padrão é quebrado apenas no esforço 50%. Na variável área e densidade de árvores, o padrão se mantém em todas as diluições.

**Tabela 6.** Valores de probabilidade “p” das regressões múltiplas multivariada entre os eixos de ordenação da comunidade de ácaros oribatídeos identificadas no nível de espécies e gênero com a área do fragmento e densidade de árvores, utilizando dados de presença e ausência. Os valores significativos de cada esforço de triagem estão em negrito. Os valores assinalados em cinza demonstram onde o padrão não se manteve.

	Serrapilheira		Área do fragmento		Densidade de árvores	
	Espécies	Gêneros	Espécies	Gêneros	Espécies	Gêneros
Esforço 50%	0,20	<b>0,05</b>	0,07	0,07	0,12	0,19
Esforço 25%	0,19	0,17	0,89	0,89	0,43	0,43
Esforço 12,5%	0,24	0,16	<b>≤0,01</b>	<b>≤0,02</b>	0,70	0,83
Esforço 6,25%	0,50	0,52	0,31	0,43	0,28	0,37

#### 4.4 Custos financeiros e de tempo estimados para cada esforço de triagem de ácaros oribatídeos

As análises dos custos financeiros foram efetuadas com os esforços amostrais disponíveis para as 16 parcelas (50, 25, 12,5 e 6,25%). As 160 subamostras (dez de cada parcela) foram triadas por um técnico de nível médio, dois bolsistas de iniciação científica, um técnico do INPA e um bolsista de Pós-Graduação nível mestrado. A identificação no nível de espécie foi feita pelo bolsista de Pós-Graduação, sob supervisão do orientador. Foi estimado o tempo e os custos necessários para cada trabalhador, desde a triagem até a identificação de todos os fragmentos. O custo total estimado do projeto foi de ~ U\$ 20.000 (Tabela 7). Os custos de campo e de laboratório representaram 10,4% e 89,6% do investimento total respectivamente. A maior parte do tempo e dos recursos foram gastos em laboratório, uma vez que as coletas nas 16 parcelas foram efetuadas em apenas um mês, totalizando 240 horas/pessoa. Em contrapartida, uma média de 9.744 horas foi necessária para que cinco pessoas processassem o material em laboratório.

A tabela 8 demonstra os valores estimados para as identificações dos ácaros oribatídeos no nível de espécie, sem considerar os gastos em campo e material permanente. O principal efeito da diminuição do esforço de triagem está na redução do tempo e nos custos necessários para identificar os ácaros oribatídeos em laboratório. O custo por espécie adicionada é bem mais elevado a partir do esforço 12,5%. Por exemplo, o custo por espécie no esforço de triagem a 50% chega a US\$ 36,80, caindo US\$ 19,34 no esforço 25%.

**Tabela 7.** Custos totais envolvidos na triagem e identificação de ácaros oribatídeos coletados em 16 parcelas de quatro ha em 16 fragmentos de floresta.

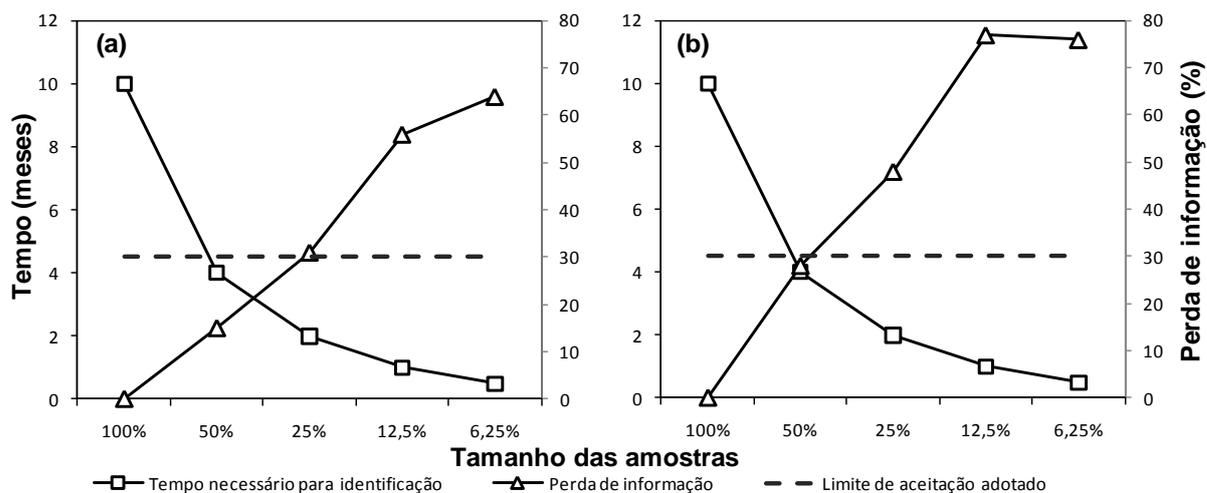
	Tempo (horas)	R\$ mensal	R\$ total	U\$ total
<b>CAMPO</b>				
Diárias (30 diárias)	240	1050	1050	460,53
Aluno de mestrado (bolsa)	240	1200	1200	526,32
Alimentação (3 pessoas)	240	1800	1800	789,47
Combustível	240	180	180	1.885,27
<b>LABORATÓRIO</b>				
Mestrando	4800	1200	24000	10526,32
Técnico de nível médio	1920	300	2400	1052,63
Parataxonomista	1920	1200	9600	4210,53
Iniciação científica	960	240	960	421,05
Iniciação científica 2	720	240	720	315,79
<b>Total</b>	<b>9744</b>	<b>7410</b>	<b>41910</b>	<b>20187,91</b>

**Tabela 8.** Custos e tempo estimados na identificação de ácaros oribatídeos em 16 parcelas de quatro ha em 16 fragmentos de floresta.

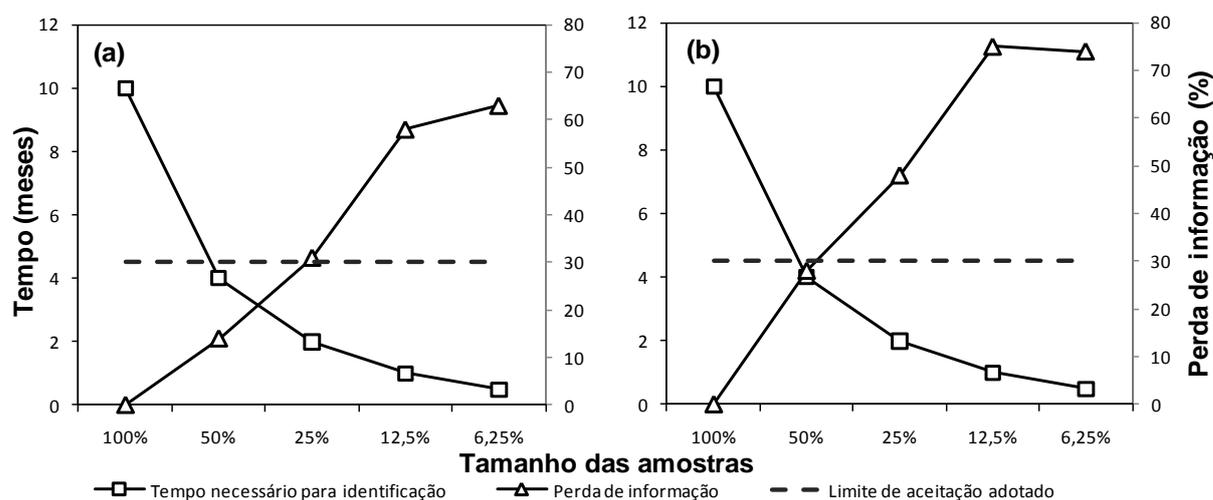
Tamanho das amostras	Tempo (horas)	Custos (US\$)	Número espécies	US\$ por espécie
100%	4800	10526,32	156	67,48
50%	2400	5263,16	143	36,80
25%	1200	2631,58	136	19,34
12,5%	600	1315,79	114	11,54
6,25%	300	657,895	101	6,51

#### 4.4.1 Economia de tempo em relação à perda de informação ecológica

A correlação com a matriz de similaridade entre o esforço máximo de triagem (100%) e o de 50% foi maior que 0,7 tanto para dados de abundância, quanto para dados de presença e ausência de espécies ou gêneros de ácaros oribatídeos (ver tabela 2). A comparação com os dados de abundância do esforço 25% revela uma similaridade de 0,69. Isto significa que o tempo e as despesas com a triagem nos dois níveis de identificação, espécie e gênero, podem ser reduzidos pela metade ou mais com pouca perda de informação (Figuras 13 e 14). Para os demais níveis de diluição, a perda da informação é maior que 30%.



**Figura 13.** Tempo gasto na identificação e perda de informação (em valores de Mantel entre as comparações a 100%) e de espécies de ácaros oribatídeos em 80 sub-amostras (8 parcelas), para dados de abundância (Bray-Curtis) (a) e para dados de presença e ausência (Sorensen) (b).



**Figura 14.** Perda de informação (em valores de Mantel entre as comparações a 100%) e tempo gasto na identificação de gêneros de ácaros oribatídeos em 80 sub-amostras (8 parcelas), para dados de abundância (Bray-Curtis) (a) e presença e ausência (Sorensen) (b).

Dependendo do objetivo do estudo, dos recursos e do tempo disponível pode-se escolher o esforço de triagem mais adequado. Nesse caso o material restante não identificado ficaria disponível para outros estudos.

## 5. DISCUSSÃO

### 5.1 A fauna de ácaros oribatídeos nos fragmentos de floresta de Alter do Chão

Foram coletadas e identificadas mais espécies de ácaros oribatídeos nos fragmentos de florestas que os registros anteriores na savana de Alter do Chão ao redor dos fragmentos efetuado por Santos *et al.* (2008). Em 38 parcelas de savana, similares às que foram usadas em nosso estudo, esses autores registram 91 espécies. Apesar de ter sido utilizado 16 parcelas, foram registradas 156 espécies nos fragmentos de floresta. Esse número foi similar ao encontrado por Moraes (2010), com 161 espécies, ao estudar o efeito da redução do número de parcelas sobre a comunidade de ácaros oribatídeos em floresta de terra firme na Amazônia central (Reserva Ducke, Manaus). Exceto o estudo de Santos *et al.* (2008) e o de Moraes (2010), o resultados de estudos anteriores realizados nas proximidades de Manaus são pouco comparáveis ao nosso pois estes são estudos de escala espacial pequena e de curto prazo. O número de espécies de ácaros oribatídeos edáficos foi maior em florestas de igapó (33 a 45 espécies) do que em florestas de várzea (13 a 35 espécies), porém esse número pode ser bem maior em florestas de terra firme (71 a 76 espécies) (Franklin *et al.* 1997; Franklin *et al.* 2004).

O alto número de ácaros não identificados no nível específico ou espécies de identificação incerta (61%) é muito semelhante ao encontrado em outros trabalhos. Quase a metade das espécies (~49%) encontradas em uma reserva ecológica na Amazônia (Reserva Ducke) não é descrita (Moraes, 2010). As duas espécies mais abundantes desse estudo, *R. ovulum* e *A. longisetosus*, também foram as duas espécies mais abundantes encontradas por Moraes (2010) na Reserva Ducke. Esse padrão é diferente do encontrado por Santos (2005) em savanas amazônicas, onde as espécies mais abundantes encontradas em nosso estudo (*Neoppia schauenbergi*, *Symphauloppia* sp.A, *A. longisetosus* e *R. ovulum*) foram, respectivamente, a décima terceira e sexagésima sexta mais abundantes. A diminuição da abundância destas espécies na savana pode demonstrar que essas espécies são mais sensíveis às condições ambientais daquele ambiente mais seco e com menor cobertura vegetal.

A proporção de espécies raras (“singletons”) foi baixa (10,59%) se comparada com a proporção registrada por Santos *et al.* (2008), que foi de 23%. Isso provavelmente ocorreu porque espécies raras normalmente são específicas de um microhabitat e muitas não resistem às condições disponíveis nos fragmentos, ao contrário das espécies comuns e abundantes que colonizam habitats mais perturbados (Kunin & Gaston, 1993). Vasconcelos *et al.* (2006) encontraram menor número de espécies raras de formigas nos fragmentos de floresta de Alter do Chão do que na floresta contínua. Esses autores justificam que as espécies raras podem ter requisitos especiais, uma distribuição desigual ou podem estar ausentes dos fragmentos simplesmente por efeitos de amostragem.

## **5.2 Efeito da redução do esforço de triagem sobre a abundância e composição de espécies e gêneros de ácaros oribatídeos**

De posse dos dados de abundância e presença e ausência obtidos para oito parcelas, a similaridade entre o esforço máximo (100%) e o esforço reduzido de 50% a similaridade foi maior que o limite satisfatório de  $rM \geq 0,7$  nos dois níveis de identificação taxonômica, sem contar que a comparação com 25% a similaridade foi  $rM = 0,69$ . Porém, essa perda de informação poderia ser bem menor se o número de parcelas e sub-amostras fosse maior, como no caso do delineamento experimental de Santos (2005). Segundo esse autor, um número maior de parcelas implica em um maior acréscimo de indivíduos das espécies menos abundantes. Inventários completos de comunidades de invertebrados com alto número de espécies só serão possíveis se métodos múltiplos e esforço extensivo forem empregados tendo em vista que nenhum método registra todas as espécies presentes (Longino *et al.* 2002), fato agravado pela variação temporal.

Uma tendência registrada por esse trabalho é a grande quantidade de gêneros em relação ao número total de espécies. A criação de indiscriminada de gêneros de ácaros oribatídeos, tendo como justificativa facilitar a identificação (Balogh & Mahunka, 1969a e b, 1977, 1978; Balogh & Balogh, 1988, 1990, 1992a, 1992b), foi criticado por autores como Woas (1986, 1992).

Como o observado em outros estudos com ácaros oribatídeos da Amazônia (Franklin *et al.* 2004; Santos *et al.* 2008, Moraes, 2010), o número de parcelas amostradas não foi suficiente, considerando a área de estudo, para coletar todas as espécies. As curvas de rarefação das espécies não estabilizaram, demonstrando que mais espécies poderiam ser adicionadas se o número de parcelas aumentasse ou repetições temporais forem feitas. A riqueza e a diversidade de espécies são comumente utilizadas em estratégias de conservação da biodiversidade e para avaliar a saúde do ecossistema (Probst & Weinrich, 1993). No entanto, identificações no nível de espécie exigem uma enorme quantidade de recursos, principalmente devido à necessidade do emprego de taxonomistas, o que eleva os custos dos projetos (Cardoso *et al.* 2004).

A eficácia da abordagem do uso de táxons superiores depende de uma forte correlação existente entre a riqueza de grupos taxonômicos (ex. família ou gêneros) e riqueza de espécies (Williams & Gaston, 1994). Como o proposto por Andersen (1995), a utilização de categorias taxonômicas mais elevadas oferece benefícios óbvios em um contexto de escassez de recursos financeiros e humanos, e é particularmente útil quando levantamentos rápidos da biodiversidade dos grupos megadiversos são necessários. Verificamos que para ácaros oribatídeos, as identificações no nível de gênero são tão dispendiosas quanto no nível de espécies. Porém, identificações nesse nível são vantajosas quando ocorrem muitos espécimes dos gêneros: *Suctobelbella*, *Galumna*, *Pergalumna* e *Rostrozetes*, nos quais as identificações no nível de espécies são mais complicadas. Isso se deve à grande abundância, número de espécies e às características morfológicas utilizadas nas identificações no nível de espécies dos indivíduos pertencentes de cada um desses gêneros.

### **5.3 Efeito da redução do esforço de triagem sobre comunidade de ácaros oribatídeos em relação às variáveis ambientais**

A redução do esforço de triagem foi adequada em detectar padrões na comunidade associados a gradientes ecológicos. Apesar do esforço de triagem ter sido reduzido a 50% o padrão efeito da serrapilheira sobre a comunidade de

espécies e de gêneros foi detectado para os dados de abundância. Com os dados de presença e ausência esse padrão ainda se manteve para gêneros. A área do fragmento não influenciou a comunidade identificada no nível de espécies ou de gêneros para os dados de abundância. Porém, os dados de presença e ausência demonstraram haver um possível erro tipo II nos esforços 50 e 12,5%. O padrão verificado pelo esforço 50% na variável densidade de árvores se manteve em todas as análises. Para Santos *et al.* (2008) a quebra de padrão ocorrida nos esforços 25% não quer dizer que este esforço seja inapropriado. Tendo em vista que em alguns casos o efeito também foi capturado pelos esforços 12,5 e 6,25% a quebra de padrão do esforço 25% pode ter ocorrido apenas por artefatos estatísticos (Santos *et al.*, 2008) o que torna esse esforço viável.

Registramos que padrões capturados para as espécies foram os mesmos encontrados com gêneros. A utilização de gêneros de ácaros oribatídeos em estudos ecológicos já foi sugerida por Balogh *et al.* (2008). Esse autor ressalta que a abordagem no nível de gênero se justifica porque, normalmente, existem poucas espécies em cada gênero, e que, no caso dos oribatídeos, essa é uma categoria taxonômica mais estável em relação às espécies. Gêneros e famílias de ácaros oribatídeos já foram utilizados por Caruso e Migliorini (2006), na forma de agregações taxonômicas, e se mostraram eficientes em detectar a influência de distúrbios antrópicos no solo. Portanto, a utilização de gêneros como “surrogates” (i.e. substitutos) de espécies, é uma alternativa viável para estudos ecológicos com ácaros oribatídeos.

#### **5.4 Custos financeiros e de tempo estimados na redução do esforço de triagem**

O tempo gasto na identificação de invertebrados em relação aos seus tamanhos foi estudado por Lawton *et al.* (1998). Esses autores estabeleceram que o número de cientista/hora necessário para a identificação de invertebrados cresce à medida que o tamanho do táxon diminui. De fato, a identificação dos ácaros oribatídeos em 16 parcelas nos fragmentos de floresta de Alter do Chão foi dispendiosa e demandou muito tempo, e isso pode ser atribuído ao tamanho

reduzido dos oribatídeos. Então, para trabalhar a redução do tempo na identificação utilizamos a redução do tamanho das amostras. Com isso, demonstramos que o esforço utilizado pode ser amplamente reduzido e, como consequência, o tempo na identificação também diminui. Ao contrário dos resultados do presente estudo e dos resultados de Lawton *et al.* (1998), Gardner *et al.* (2008) não encontraram relação entre o tempo e os custos necessários para a identificação com tamanho dos organismos. Porém, esses autores não incluíram nas suas análises organismos menores e mais diversos como formigas, cupins ou pequenos invertebrados como ácaros e nematóides, como fizeram Lawton *et al.* (1998).

A redução dos custos neste estudo se baseou principalmente na redução do tempo de identificação dos espécimes em laboratório, cujo esforço utilizado demandou mais de 89% dos custos do projeto. Nossos resultados são comparáveis ao de Moraes (2010), cuja identificação de ácaros oribatídeos coletados em estudo de larga escala espacial numa floresta úmida de terra firme na Amazônia Central (Reserva Ducke) demandou 84% dos recursos do projeto. Aqui, estamos estimamos que a economia na identificação possa ser superior a 50%, dependendo da diminuição da quantidade de material identificado no nível de espécie ou de gênero. Como o realizado por Santos (2008) e Souza *et al.* (2009a), uma futura abordagem sobre a redução do esforço em campo é possível a partir dos resultados aqui obtidos. Esta abordagem poderia ser a redução do número de sub-amostras por parcela (rarefação) de espécies e gêneros.

A economia feita no trabalho de identificação com o esforço de triagem reduzido até 50% é viável, tanto para dados de abundância quanto para dados de presença e ausência de espécies e de gêneros de ácaros oribatídeos. Isso implica que o uso de ácaros oribatídeos em estudos de larga escala espacial, está possibilitado haja vista que grandes áreas poderão ser estudadas sem um esforço exaustivo de triagem. Dependendo do objetivo do estudo, recursos financeiros e logísticos disponíveis e, principalmente, do tempo de duração, pode ser muito interessante “perder” cerca de 15% ou mais de informação ( $rM$  entre 100 e 50% = 0,85 e  $rM$  entre 100 e 25% = 0,69) ao diluir as sub-amostras. Em projetos ecológicos de grande duração (PELD) a economia de tempo poderia ser utilizada também para nas repetições temporárias das amostras (Costa & Magnusson, 2010).

## 6. CONCLUSÕES

- Tanto para abundância quanto para presença e ausência de espécies e gêneros, o esforço de triagem de ácaros oribatídeos pode ser reduzido a 50% ou a 25%, promovendo economia de tempo e custos, com pouca perda de informação taxonômica e ecológica da comunidade. Com a economia feita, o tempo e os custos podem ser reduzidos em estudos de larga escala espacial.

- Os padrões gerais da comunidade associados ao esforço de triagem máximo foram capturados para abundância e presença e ausência de espécies e gêneros. Foi demonstrado que as amostragens podem ter um melhor custo-benefício mantendo a maioria das informações biológicas importantes.

- A redução do esforço de triagem afetou a capacidade de detecção do número de espécies e de gêneros. Porém, a economia feita como os esforços menores justifica o seu uso em levantamentos faunísticos. A alta correlação entre a riqueza de gêneros e espécies favorece o uso de gêneros como substitutos de espécies em trabalhos ecológicos com ácaros oribatídeos. Além disto, os padrões de respostas das variáveis ecológicas para esses dois níveis taxonômicos são semelhantes nos esforços reduzidos.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andersen, A.N.; Hoffmann, B.D.; Müller, W.J.; Griffiths, A. D. 2002. Using ants as bioindicators in land management: simplifying assessment of ant community responses. *Journal of Applied Ecology*, 39: 8-17.
- Andersen, A.N. 1995. Measuring more of biodiversity: genus richness as a surrogate for species richness in Australian ant faunas. *Biological Conservation*.73: 39-43.
- Badejo, M.A.; Akinwale, P.O. 2006. Microenvironmental preferences of oribatid mite species on the floor of a tropical rainforest. *Experimental and Applied Acarology*, 40(2):145–156.
- Balogh P.; Gergócs V.; Farkas E.; Farkas P.; Kocsis M.; Hufnagel L. 2008. Oribated assembles of tropical high mountains on some points of the “Gondwana-bridge”- a case study. *Applied Ecology and Environmental Research*, 6(3): 127-158.
- Balogh, J. 1972. *The oribatid genera of the world*. Akadémiai Kiadó, Budapest, Hungary. 188 pp.
- Balogh, J.; Mahunka, S. 1969a. The scientific results of the Hungarian soil zoological expeditions to South America. 10. Acari: oribatids, collected by the second expedition. I. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 15(1-2): 1–21.
- Balogh, J.; Mahunka, S. 1969b. The scientific results of the Hungarian soil zoological expeditions to South America. 12. Acari: oribatids from the materials of the second expedition. III. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 15(3–4): 255 275.

- Balogh, J.; Mahunka, S. 1977. New data to the knowledge of oribatid fauna of Neogea (Acari). II. *Acta Zoológica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 23 (3-4): 247-265.
- Balogh, J.; Mahunka, S. 1978. New data to the knowledge of oribatid fauna of Neogea(Acari). III. *Acta Zoológica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 24(3-4): 269-299.
- Balogh, J; Balogh, P. 1988. *Oribatid mites of the Neotropical Region I*. Akadémiai Kiadó, Budapest, Hungary. 335 pp.
- Balogh, J; Balogh, P. 1990. *Oribatid mites of the Neotropical Region II*. Akadémiai Kiadó, Budapest, Hungary. 333 pp.
- Balogh, J; Balogh, P. 1992a. *The oribatid mites genera of the world*. 1v. Hungarian Natural History Museum, Budapest, 263pp
- Balogh, J.; Balogh, P. 1992b. *The oribatid mites genera of the world*. 2v. Hungarian Natural History Museum, Budapest. 375 pp.
- Behan-Pelletier, V.M. 1999. Oribatid mite biodiversity in agroecosystems: role for bioindication Agriculture. *Ecosystems and Environment*, 74: 411–423.
- Cardoso, P.; Silva, I.; Oliveira, N.G.; Serrano, A.R.M. 2004. Higher taxa surrogates of spider (Aranea) diversity and their efficiency in conservation. *Biological Conservation*, 117: 453-459.
- Caruso, T.; Migliorini, M. 2006. Micro-arthropod communities under human disturbance: is taxonomic aggregation a valuable tool for detecting multivariate change? Evidence from Mediterranean soil oribatid communities. *Acta Oecologica*, 30: 46-53.
- Carvalho Jr, E.A.R.; Lima, A.P; Magnusson, W.E.; Albernaz, A.L.K.M. 2008. Long-term effect of forest fragmentation on the Amazonian gekkonid lizards, *Coleodactylus amazonicus* and *Gonatodes humeralis*. *Austral Ecology*, 33(6):

- Coddington, J.A.; Griswold, C.E.; Dávila, D.S.; Peñaranda, E.; Larcher, S.F. 1991. Designing and testing sampling protocols to estimate biodiversity in tropical ecosystems. In: Dudley, E.C. (ed). *Unity of Evolutionary Biology: Proceedings of The Fourth International Congress of Systematic and Evolutionary Biology*. Dioscorides Press: 44-60
- Costa, F.R.C.; Magnusson, W.E. 2010. The need for large-scale, integrated studies of biodiversity – The experience of the Program for Biodiversity Research in Brazilian Amazon. *Natureza & Conservação*, 8(1): 3-12.
- Dambros, C.S. 2010. *Efeito do ambiente na composição de espécies de cupins e esforço amostral em uma floresta de terra-firme na Amazônia central*. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Fundação Universidade do Amazonas, Manaus, Amazonas. 21pp.
- Frankin, N.F.; Schubart, H.O.R.; Adis, J.U. 1997. Ácaros (Acari: Oribatida) edáficos de duas florestas inundáveis da Amazônia central: distribuição vertical, abundância e recolonização do solo após a inundação. *Revista Brasileira de Biologia*, 57(3): 501-520.
- Franklin, E. N.; Morais, J.W.; Santos, E.M.R. 2001. Density and biomass of Acari and Collembola in primary Forest, secondary regrowth and polycultures in the central Amazonia. *Andrias*, 15: 141-153.
- Franklin, E., Hayek, T., Fagundes, E.P.; Silva, L.L. 2004. Oribatid Mite (Acari: Oribatida) contribution to decomposition dynamic of leaf litter in primary forest, second growth, and polyculture in the Central Amazon. *Brazilian Journal of Biology*, 64(1): 59–72.
- Franklin, E.; Aguiar, N.O.; Soares, E.D.L. 2008. Invertebrados do solo, p. 109-122. In: Oliveira, M.L.; Baccaro F.B.; Braga-Neto, R.; Magnusson, W.E (Eds). *Reserva Ducke: a biodiversidade através de uma grade*. Áttema Design Editorial, Manaus, Amazonas.

- Franklin, E.; Havey, T.; Fagundes, E.P.; Silva, L.L. 2004. Oribatid mite (Acari: Oribatida) contribution to decomposition dynamic of leaf litter in primary forest, second growth, and policulture in the Central Amazon. *Brazilian Journal of Biology*, 64(1): 59-72.
- Franklin, E.; Magnusson, W.E.; Luizão, F.J. 2005. Relative effects of biotic and abiotic factors on the composition of soil invertebrate communities in an Amazonian savanna. *Applied Soil Ecology*, 29 (3): 259-273.
- Franklin, E.; Santos, E.M.R.; Albuquerque, M.I C. 2006. Diversity and distribution of oribatid mites (Acari: Oribatida) in lowland rain forest in Peru and in several environments of the Brazilians States of Amazonas, Rondônia, Roraima and Pará. *Brazilian Journal of Biology*, 66(4): 999–1020.
- Franklin, E.; Morais, J.W. 2006. Soil mesofauna in Central Amazon, p. 142-162. In: Moreira, F.M.S.; Siqueira, J.O.; Brussaard, L. (Eds.). *Soil Biodiversity in Amazonian and other Brazilian Ecosystems*. Oxfordshire CABI Publishing, Wageningen, Netherlands.
- Garden, J.G.; McAlpine, C.A; Possingham, H.P.; Jones, D.N. 2007. Using multiple survey methods to detect terrestrial reptiles and mammals: What are the most successful and cost-efficient combinations? *Wildlife Research*. 34 (3): 218-227.
- Grandjean, F. 1953. Essai de classification des Oribates (Acariens). *Buletin de lá Société Zoologique de France*, 78: 421-446.
- Grandjean, F. 1965. Complément à mon travail de 1953 su lar classification des Oribates. *Acarologia*, 7: 713-734.
- Grandjean, F. 1969. Considération sur le classement des Oribates, Leurs division en 6 roupes majeurs. *Acarologia*, 10: 127-153.
- Gardner, T.A., Barlow, J.; Araújo, I.; Ávila-Pires, T.C.; Bonaldo, A.B.; Costa, J.E.; Espósito, M.C.; Ferreira, L.V.; Hawes, J.; Hernandez, M.I.M.; Hoogmoed,

- M.S.; Leite, R.N.; Lo-Man-Hung, N.F.; Malcom, J.R.; Martins, M.B.; Mestre, L.A.M.; Miranda-Santos, R.; Overal, W.L.; Parry, L.; Peters, S.L.; Ribeiro-Junior, M.A.; Silva, M.N.F.; Motta, C.S.; Peres, C.A. 2008 The cost-effectiveness of biodiversity surveys in tropical forests. *Ecology Letters*, 11: 139-150.
- Illig, J.; Langel, R.; Norton, R.A.; Scheu, S.; Maraun, M. 2005. Where are decomposers? Uncovering the soil food web of tropical montane rain forest in southern Ecuador using stable isotopes ( $^{15}\text{N}$ ). *Journal of Tropical Ecology*, 21(5): 589-593.
- Karasawaa, S.; Hijii, N. 2004 .Effects of microhabitat diversity and geographical isolation on oribatid mite (Acari: Oribatida) communities in mangrove forests. *Pedobiologia*, 48: 245-255.
- King, J.R.; Porter, S.D. 2005. Evaluation of sampling methods and species richness estimators for ants in upland ecosystems in Florida. *Environmental Entomology*. 34(6): 1566-1578.
- Krantz, G.W. 2009. *A Manual of Acarology*, Texas Tech University Press, Texas. 464pp
- Kunin, W.E.; Gaston, K.J. 1993. The biology of rarity: patterns, causes and consequences. *Trends in Ecology and Evolution*, 8: 298-301.
- Lawton, J.H; Bignell, D.E.; Bolton, B.; Bloemers, G.F; Eggleton, P; Hammond, P.M; Hodda, . Holt, M.R.D; Larsenk T.B; Mawdsley, N.A; Stork, N.E; Srivastava, D.S; Watt, A.D. 1998. Biodiversity inventories, indicator taxa, and effects of habitat modification in tropical forest. *Nature*, 391: 72-76.
- Lindo, Z.; Winchester, N. 2007. Local–regional boundary shifts in oribatid mite (Acari: Oribatida) communities: species–area relationships in arboreal habitat islands of a coastal temperate rain forest, Vancouver Island, Canada. *Journal of Biogeography*, 34(9): 1611-1621.

- Longino, J.T.; Coddington J.; Colwell R.K. 2002. The ant fauna of a Tropical rain Forest: Estimating species richness three different ways. *Ecology*, 83: 689-702.
- Magnusson, W.E.; Lima, A.P.; Luizão, R.; Luizão, F.; Costa, F.R.C., Castilho, C.V.; Kinupp, V.F. 2005. RAPELD: a modification of the gentry method for biodiversity surveys in long-term ecological research sites. *Biota Neotropica*, 5(2): 1–6.
- Magnusson, W.; Mourão, G. 2005. *Estatística sem matemática: a ligação entre as questões e a análise*. Editora Planta, Londrina, PR, Brasil. 137 pp.
- Maraun, M.; Salamon, J.; Schneider, K.; Schaefer, M.; Scheu, S. 2003. Oribatid mite and collembolan diversity, density and community structure in a model beech forest (*Fagus sylvatica*): effects of mechanical perturbations. *Soil Biology & Biochemistry*, 35(10): 1387-1394.
- Maraun, M.; Visser, S.; Scheu, S. 1998. Oribatid mites enhance the recovery of the microbial community after a strong disturbance. *Applied Soil Ecology*, 9 (1/3): 175-181.
- Miranda, I.S. 1993. Estrutura do estrato arbóreo do cerrado amazônico em Alter-do-Chão, Pará, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, 16: 143-150.
- Moraes, J. 2010. *Diversidade de ácaros edáficos (Acari: Oribatida) e redução do esforço amostral no gradiente ecológico de 10 mil ha de floresta de terra-firme da Reserva Ducke, Manaus, AM, Brasil*. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Fundação Universidade do Amazonas, Manaus, Amazonas. 83pp.
- Moura, C.A.R. 2006. *Esforço amostral e ecologia de formigas de liteira, com ênfase em Gnamptogenys e Pachychondyla (Hymenoptera: Formicidae) em uma floresta de terra firme na Amazônia Oriental*. Dissertação de Mestrado,

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Fundação Universidade do Amazonas, Manaus, Amazonas. 41pp.

Niedbala, W.N. 2004. Ptyctimous mites (Acari: Oribatida) of the Neotropical Region. *Annales Zoologici*, 54(1): 1-288.

Norton, R.A. 1990. Acarina: Oribatida, p. 779-803 In: Dindal, D. L. *Soil Biology Guide*. Wiley Interscience, New York. 779-803.

Norton, R.A. 1994. Evolutionary aspects of oribatid mites life histories and consequences for the origin of the Astigmata p. 99-135. In: Houch, M. (Ed). *Mites: ecological and evolutionary analyses of life history patterns*. Chapman & Hall, New York, USA.

Norton, R.A.1998. Morphological evidence for the evolutionary origin of Astigmata (Acari: Acariformes). *Experimental and Applied Acarology*. 22: 559-594.

Norton, R.A.; Behan-Pelletier, V.M. 2009. Suborder Oribatida, p. 430-564. In: Krantz, G.W.; Walter, D.E (Eds). *A Manual of Acarology*. Texas Tech University Press, Lubbock, Texas.

Oliveira, A.R.; Norton, R.A.; Moraes, G.J. 2005. Edaphic and plant inhabiting oribatid mites (Acari: Oribatida) from Cerrado and Mata Atlântica ecosystems in the State of São Paulo, southeast Brazil. *Zootaxa*, 1049: 49-68.

Oliver, I.; Beattie, A.J., 1993. A possible method for the rapid assessment of biodiversity. *Conservation biology*, 7: 562-568.

Oliver, I.; Beattie, A.J., 1996. Invertebrate morphospecies as surrogates for species: a case study. *Conservation biology*. 10: 99–109.

Probst, J.R.; Weinrich, J. 1993. Relating Kirtland's warbler population to changing landscape composition and structure. *Ecology*, 8: 257-273.

- Proctor, H. C. 2001. Extracting aquatic mites from stream substrates: a comparison of three methods. *Experimental and Applied Acarology*, 25(1): 1-11.
- R Development Core Team. 2010. R: *A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.
- Ribeiro-Junior, M.A.; Gardner, T.A.; Ávila-pires, T.C.S. 2008. Evaluating the effectiveness of herpetological sampling techniques across a gradient of habitat change in a tropical forest landscape. *Journal of Herpetology* 42(4): 733-749.
- Roy, D.B.; Rothery, P.; Brereton, T. 2007. Reduced-effort schemes for monitoring butterfly populations. *Journal of Applied Ecology*, 44: 993–1000.
- Sanaiotti, T.M.; Martinelli, L.A.; Victoria, R.L.; Trumbore, S.E.; Camargo, P.B. 2002. Past vegetation changes in Amazon savannas determined using carbon isotopes of soil organic matter. *Biotropica*, 34(1): 2-16.
- Santos, E.M.R. 2005. *Diversidade, distribuição de ácaros oribatídeos (Acari: Oribatida) e análise do esforço amostral nos padrões vistos na comunidade, em savana amazônica na região de Alter do Chão no Pará*. Tese de Doutorado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Fundação Universidade do Amazonas, Manaus, Amazonas.132 pp.
- Santos, E.M.R.; Frankin, E.; Magnusson, W.E. 2008. Cost-efficiency of a sub sampling protocols to evaluate oribatid-mite communities in a Amazonian savanna. *Biotropica*, 40(6): 728-735.
- Schatz, H. 2002. Die Oribatidenliteratur und die beschriebenen Oribatidenarten (1758-2001) –. Eine Analyse. *Abhandlungen und Berichte des Naturkundemuseums*, 74: 37-45
- Schneider, K.; Migge, S.; Norton, R.A.; Scheu, S.; Langel, R.; Reineking, A.; Maraun, M. 2004. Trophic niche differentiation in soil microarthropods (Oribatida,

- Acari): evidence from stable isotope ratios ( $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ). *Soil Biology & Biochemistry*, 36 (11): 1769–1774.
- Souza, J.L.P.; Moura, C.A.R.; Franklin, E. 2009a. Cost-efficiency and information reduction in inventories of ants in an Amazonian forest reserve. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 44(8): 940-948.
- Souza, J.L.P.; Moura, C.A.R.; Franklin, E. 2009b. Complementaridade de métodos e redução de esforço amostral em inventários de *Crematogaster*, *Gnamptogenys* e *Pachycondyla* (Hymenoptera: Formicidae) na Floresta Nacional de Caxiuanã In: Lisboa, P.L.B. (Eds). *Caxiuanã: desafios para a conservação de uma Floresta na Amazônia*. vol. 2. Museu Goeldi, Belém, Pará. p. 135-146.
- Souza, J.L.P.; Moura, C.A.R.; Harada, A.Y.; Franklin, E. 2007. Diversidade de espécies dos gêneros de *Crematogaster*, *Gnamptogenys* e *Pachycondyla* (Hymenoptera: Formicidae) e complementaridade dos métodos de coleta durante a estação seca numa estação ecológica no estado do Pará, Brasil. *Acta Amazonica*, 37 (4): 649 - 656.
- Subías, L.S. 2004. Listado sistemático, sinonímico y biogeográfico de los ácaros oribátidos (Acariformes, Oribatida) del mundo (1758-2002). *Graellsia*, 60(1): 03-305.
- Van Straalen, N.M.; Verhoef, H.A. 1997. The development of a bioindicator system for soil acidity based arthropod pH preference. *Journal Applied Ecology*, 34(1): 217-232.
- Vasconcelos, H.L.; Vilhena, J.M.; Magnusson, W.E.; Albernaz, A.L.K.M. 2006. Long-term effects of forest fragmentation on Amazonian ant communities. *Journal of Biogeography*, 33: 1348–1356.
- Oliveira, V. S. 2008. *Influência da fragmentação florestal sobre a comunidade de formigas epigêicas (Hymenoptera, Formicidae) em Alter do Chão, santarém*

- (PA). Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Fundação Universidade do Amazonas, Manaus, Amazonas. 63pp.
- Vulinec, K; Lima, A.P; Carvalho, E.A.R; Mellow, D.J. 2008. Dung beetles and long-term habitat fragmentation in Alter do Chão, Amazônia, Brazil. *Tropical Conservation Science*, 1(2): 111-121.
- Ward, D.F; Larivière<sup>1</sup>, M. 2004 Terrestrial invertebrate surveys and rapid biodiversity assessment in New Zealand: lessons from Australia. *New Zealand Journal of Ecology*, 28(1): 151-159.
- Webster, R. 2010, A Handbook of Tropical Soil Biology: Sampling & Characterization of Below-ground Biodiversity - edited by Moreira, F.M.S.; Huising, E.J.; Bignell, D.E. *European Journal of Soil Science*, 61: 1118-1119.
- Williams, P.H.; Gaston, K.J.; 1994. Measuring more of biodiversity: can higher-taxon richness predict wholesale species richness? *Biological Conservation*, 67(3): 211-217.
- Woas, S. 1986. Beitrag zur revision der Oppioidea sensu Balogh, 1972 (Acari, Oribatei). *Andrias*, 5: 21-224.
- Woas, S. 1992. Beitrag zur revision der Gimodamaeidae Grandjean, 1954 (Acari, Oribatei). *Andrias*, 9: 121-161.
- Woas, S. 2002, Acari. In: Adis, J. (Ed.). *Amazonian Arachnida and Myriapoda*. Pensoft, Sofia-Moscow. pp. 21-291.
- Wunderle, I. 1992. Die Baum - und bodenbewohnenden Oribatiden (Acari) im Tieflanderegenwald von Panguana, Peru. *Amazoniana*, 17(1): 119-142.

**Apêndice A.** Abundância e frequência relativa das espécies de ácaros oribatídeos coletados em 16 fragmentos de florestas com o esforço de triagem 50%.

Espécies	Abundância	Frequência
<i>Rostrozetes ovulum</i> (Berlese, 1908)	723	16
<i>Archeozetes longisetosus</i> Aoki, 1965	370	10
<i>Eohypochthonius</i> (E.) <i>becki</i> Balogh & Mahunka, 1979	311	16
<i>Parhypochthonius</i> cf. <i>aphidinus</i> Berlese, 1904	189	10
<i>Brachiioppia</i> sp.A	170	14
<i>Malacoangelia remigera</i> Berlese, 1913	169	13
<i>Ramusella</i> ( <i>Insculptoppia</i> ) sp.A	140	8
<i>Lamellobates molecula</i> (Berlese, 1916)	115	14
<i>Galumna</i> sp.C	107	12
<i>Parakalumna foveolata</i> Balogh & Mahunka, 1969	107	12
<i>Pergalumna passimpunctata</i> Balogh & Mahunka, 1969	102	11
<i>Tecteremaeus anoporosus</i> Balogh & Mahunka, 1969	88	11
<i>Rostrozetes rimachensis</i> Beck, 1965	86	5
<i>Striatoppia</i> sp.A	84	14
<i>Scheloribates</i> sp.A	78	9
<i>Epactozetes setosus</i> Balogh & Mahunka, 1969	71	11
<i>Eremulus translamellatus</i> Balogh & Mahunka, 1969	70	16
<i>Galumna</i> sp.D	63	8
<i>Scheloribates luciensis</i> Mahunka, 1985	62	11
<i>Scheloribates praeincisus</i> (Berlese, 1910)	60	13
<i>Torpacarus omittens</i> Grandjean, 1950	59	11
<i>Pulchroppia maxima</i> (Balogh & Mahunka, 1981)	56	8
<i>Liochthonius</i> cf. <i>unirataris</i> Hammer, 1962	52	9
<i>Lyroppia similis</i> Balogh & Mahunka, 1977	52	11
<i>Cyrthermannia guadeloupensis</i> Mahunka, 1985	51	11
<i>Globoppia velata</i> Franklin & Woas, 1992	49	13
<i>Suctobelbella</i> sp.A	49	3
<i>Brachychochthonius foliatus</i> Hammer, 1958	48	8
<i>Allonothrus neotropicus</i> Balogh & Mahunka, 1969	45	7
<i>Teleoliodes zikani</i> (Sellnick, 1930)	44	2
<i>Oppia paraguayensis</i> (Balogh & Mahunka, 1981)	44	12
<i>Arcoppia tripartita</i> (Hammer, 1961)	44	11
<i>Rostrozetes nebulosus</i> Beck, 1965	40	8
<i>Rostrozetes</i> sp.A	40	6
<i>Ramusella</i> sp.B	38	10
<i>Pergalumna</i> sp.C	36	9
<i>Beklemishevia barbata</i> (Schubart, 1968)	35	12
<i>Galumna</i> sp.A	34	11
<i>Tectocephus</i> sp.A	34	9
<i>Phthiracarus pygmaeus</i> Balogh	33	7
? <i>Cryptoppia</i> sp.A	32	4
<i>Atopochthonius</i> sp.A	30	8
<i>Microtegeus</i> sp.A	30	4
<i>Frondeppia exigua</i> Mahunka, 1983	30	9
<i>Atropacarus</i> ( <i>Hoplophorella</i> ) <i>hamatus</i> (Ewing, 1909)	29	11
<i>Eremulus</i> cf. <i>nigrisetosus</i> Hammer, 1858	28	9
<i>Arcoppia</i> sp.A	28	4
<i>Scheloribates elegantulus</i> Hammer, 1961	27	5
<i>Heterobelba crassisetosa</i> Beck, 1962	26	6
<i>Solenozetes</i> sp.A	26	5

Espécies	Abundância	Frequência
<i>Berlesezetes</i> sp.A	24	7
<i>Eremobelba</i> sp.A	22	4
<i>Rugozetes gladiator</i> Balogh, 1962	22	3
<i>Protoribates capucinus</i> Berlese, 1908	22	9
<i>Suctobelbella</i> sp.D	21	8
<i>Ramusella puertomonttensis</i> Hammer, 1962	20	9
<i>Mixacarus</i> sp.A	19	7
<i>Acropia amazonica</i> (Balogh & Mahunka, 1969)	19	6
<i>Schalleria ramosa</i> Balogh & Mahunka, 1969	18	5
<i>Galumna hamifer</i> Mahunka, 1985	17	4
<i>Epilohmannia</i> sp.A	16	7
<i>Malaconothrus</i> sp.A	16	3
<i>Licnozetes flabellatus</i> Balogh & Mahunka, 1969	16	3
<i>Epilohmannia minuta</i> Berlese, 1920	15	8
<i>Galumna</i> sp.E	15	6
<i>Licneremaeus discoidalis</i> Willmann, 1930	15	5
<i>Afronothrus incisivus</i> Wallwork, 1961	15	5
<i>Yoshiobodes irmayi</i> Balogh & Mahunka, 1969	14	3
<i>Rostrozetes carinatus</i> Beck, 1965	14	7
<i>Berlesezetes brazilozetoides</i> Balogh & Mahunka, 1981	13	10
<i>Plateremaeus</i> sp.A	12	8
<i>Eremobelba</i> cf. <i>zicsii</i> Balogh & Mahunka, 1969	11	3
<i>Galumna</i> sp.F	11	5
<i>Varioppia radiata</i> Mahunka, 1985	11	5
<i>Aphelacarus</i> cf. <i>acarinus</i> (Berlese, 1910)	10	7
<i>Haplochthonius clavatus</i> (Hammer, 1958)	10	6
<i>Cosmochthonius lanatus</i> Michael, 1885	9	1
<i>Galumna</i> sp.B	9	5
<i>Pergalumna</i> sp.D	9	6
<i>Suctobelbella subcomplexa</i> (Balogh & Mahunka, 1968)	9	5
<i>Dolicheremaeus bolivianus</i> Balogh & Mahunka, 1969	9	1
<i>Rostrozetes</i> sp.B	8	3
<i>Cheloppia</i> sp.A	8	3
<i>Meristacarus</i> sp.A	7	1
<i>Teratoppia regalis</i> Mahunka, 1983	7	4
<i>Baloghacarus australis</i> Balogh & Mahunka, 1981	6	5
<i>Heterobelba oxapampensis</i> Beck, 1962	6	2
<i>Eremaezetes</i> sp.A	5	2
<i>Uracrobates incertus</i> Balogh & Mahunka, 1969	5	3
<i>Octoppia</i> sp.A	5	2
<i>Oppiella nova</i> (Oudemans, 1902)	5	2
<i>Protoribates antillensis</i> (Mahunka, 1985)	5	3
<i>Scheloribates</i> sp.B	5	2
<i>Suctobelbella compacta</i> (Woas, 1986)	5	3
<i>Hypozetes</i> sp.A	4	2
<i>Cosmochthonius plumatus</i> Berlese, 1910	4	3
<i>Eremobelba</i> cf. <i>balazsi</i> Mahunka, 1983	4	2
<i>Pergalumna complicata</i> Balogh & Mahunka, 1978	4	3
<i>Licnodamaeus</i> sp.A	4	1
<i>Liodes</i> sp.A	4	4
<i>Amerioppia</i> cf. <i>lanceolata</i> (Hammer, 1958)	4	2
<i>Pulchroppia sufflata</i> Franklin & Woas, 1992	4	1
<i>Neoribates</i> sp.A	4	3

Espécies	Abundância	Frequência
<i>Suctobelbella pseudornatissima</i> (Balogh & Mahunka, 1981)	4	2
<i>Suctobelbilla peruensis</i> Woas, 1986	4	2
<i>Tegeozetes tunicatus</i> Berlese, 1913	4	4
<i>Xenillus</i> cf. <i>heterotrichus</i> Balogh & Balogh, 1985	4	3
<i>Trixylobates bidactylus</i> Balogh & Mahunka, 1978	4	1
<i>Fosseremus laciniatus</i> (Berlese, 1905)	3	1
<i>Eremobelba piffli</i> Mahunka, 1985	3	3
<i>Rhysotritia brasiliiana</i> Mahunka, 1983	3	1
<i>Pergalumna</i> sp.E	3	3
<i>Anakingia reticulata</i> Balogh & Mahunka, 1969	3	2
<i>Aeroppia</i> sp.A	3	1
<i>Striatoppia</i> sp.B	3	2
<i>Oripoda</i> sp.A	3	2
<i>Lyroppia anareolata</i> Balogh & Mahunka, 1981	3	3
<i>Neosuctobelba transitoria</i> Balogh & Mahunka, 1969	3	3
<i>Suctobelbella perdentata</i> (Hammer, 1961)	3	2
<i>Suctobelbella</i> sp.H	3	2
<i>Suctobelbilla</i> sp.A	3	1
<i>Cultroribula</i> cf. <i>zicsii</i> Balogh & Mahunka, 1981	2	2
<i>Pergalumna</i> sp.B	2	1
<i>Uracrobates setiger</i> Balogh & Mahunka, 1978	2	2
<i>Uracrobates</i> sp.A	2	2
<i>Aeroppia</i> sp.C	2	2
<i>Pseudoppia</i> sp.B	2	2
<i>Suctobelbella</i> cf. <i>quadricarinata</i> (Hammer, 1958)	2	2
<i>Carabodes</i> sp.A	1	1
<i>Scapheremaeus bisculpturatus</i> Mahunka, 1984	1	1
<i>Microtritia</i> sp.A	1	1
<i>Galumna</i> sp.H	1	1
<i>Galumna</i> sp.I	1	1
<i>Pergalumna</i> sp.A	1	1
<i>Pergalumna</i> sp.F	1	1
<i>Mesoplophora</i> ( <i>M.</i> ) <i>sparsa</i> Niedbała, 2004	1	1
<i>Acaroceras</i> sp.A	1	1
<i>Nasobates mirabilis</i> Balogh & Mahunka, 1969	1	1
<i>Oribatella serrula</i> Pérez-Íñigo & Baggio, 1985	1	1
<i>Pseudoppia</i> sp.A	1	1
<i>Oripoda</i> sp.B	1	1
<i>Neoribates</i> sp.B	1	1
<i>Austrophthiracarus elizabethae</i> (Niedbała, 1988)	1	1
? <i>Rioppia</i> sp.A	1	1
<i>Suctobelbilla</i> sp.B	1	1

**Apêndice B.** Valores de probabilidades parciais (eixo 1 e eixo 2), global (MANOVA), Pillai-Trace (Pillai) e  $r^2$  para as regressões múltiplas entre os eixos de ordenação PCoA com dados de abundância da comunidade de espécies de ácaros oribatídeos e as variáveis ambientais (serrapilheira, área do fragmento e densidade de árvores) nos esforços de triagem 50, 25, 12,5 e 6,25%. Em negrito estão os valores significativos ( $p \leq 0,05$ ).

Variáveis	Esforço 50%				Esforço 25%				Esforço 12,5%				Esforço 6,25%			
	Eixo 1	Eixo 2	Pillai	MANOVA	Eixo 1	Eixo 2	Pillai	MANOVA	Eixo 1	Eixo 2	Pillai	MANOVA	Eixo 1	Eixo 2	Pillai	MANOVA
Serrapilheira	0,30	<b>0,01</b>	0,49	<b>0,02</b>	0,40	0,06	0,30	0,13	0,32	0,78	0,08	0,63	0,43	<b>0,04</b>	0,38	0,06
Área do fragmento	0,41	0,26	0,19	0,28	0,46	0,46	0,08	0,62	0,41	<b>0,03</b>	0,39	0,06	0,09	0,21	0,36	0,07
Densidade de árvores	0,55	0,26	0,10	0,55	0,38	0,28	0,12	0,47	0,37	0,36	0,15	0,39	0,21	0,59	0,12	0,47
$r^2$	0,16	0,43		0,26	0,14	0,32		0,20	0,18	0,36		0,24	0,32	0,35		0,33

**Apêndice C.** Valores de probabilidades parciais (eixo 1 e eixo 2), global (MANOVA), Pillai-Trace (Pillai) e  $r^2$  para as regressões múltiplas entre os eixos de ordenação PCoA com dados de presença e ausência da comunidade de espécies de ácaros oribatídeos e as variáveis ambientais (serrapilheira, área do fragmento e densidade de árvores) nos esforços de triagem 50, 25, 12,5 e 6,25%. Em negrito estão os valores significativos ( $p \leq 0,05$ ).

Variáveis	Esforço 50%				Esforço 25%				Esforço 12,5%				Esforço 6,25%			
	Eixo 1	Eixo 2	Pillai	MANOVA	Eixo 1	Eixo 2	Pillai	MANOVA	Eixo 1	Eixo 2	Pillai	MANOVA	Eixo 1	Eixo 2	Pillai	MANOVA
Serrapilheira	0,90	0,07	0,24	0,20	0,40	0,11	0,25	0,19	0,27	0,35	0,22	0,24	0,87	0,23	0,11	0,50
Área do fragmento	0,89	<b>≥0,02</b>	0,37	0,07	0,76	0,73	0,02	0,89	0,26	<b>≤0,01</b>	0,60	<b>≤0,01</b>	0,12	0,88	0,18	0,31
Densidade de árvores	0,19	0,11	0,31	0,12	0,20	0,28	0,84	0,43	0,41	0,57	0,06	0,704	0,11	0,69	0,20	0,28
$r^2$	0,13	0,53		0,30	0,18	0,32		0,20	0,22	0,50		0,354	0,30	0,38		0,33

**Apêndice D.** Valores de probabilidades parciais (eixo 1 e eixo 2), global (MANOVA), Pillai-Trace (Pillai) e r<sup>2</sup> para as regressões múltiplas entre os eixos de ordenação PCoA com dados de abundância da comunidade de gêneros de ácaros oribatídeos e as variáveis ambientais (serrapilheira, área do fragmento e densidade de árvores) nos esforços de triagem 50, 25, 12,5 e 6,25%. Em negrito estão os valores significativos ( $p \leq 0,05$ ).

Variáveis	Esforço 50%				Esforço 25%				Esforço 12,5%				Esforço 6,25%			
	Eixo 1	Eixo 2	Pillai	MANOVA	Eixo 1	Eixo 2	Pillai	MANOVA	Eixo 1	Eixo 2	Pillai	MANOVA	Eixo 1	Eixo 2	Pillai	MANOVA
Serrapilheira	0,23	<b>0,04</b>	0,41	<b>0,05</b>	0,28	0,65	0,10	0,53	0,24	<b>0,02</b>	0,44	<b>0,03</b>	0,32	<b>0,03</b>	0,40	<b>0,05</b>
Área do fragmento	0,49	0,17	0,22	0,25	0,49	0,54	0,07	0,66	0,53	0,97	0,03	0,82	0,14	0,56	0,19	0,30
Densidade de árvores	0,57	0,38	0,07	0,65	0,44	0,31	0,12	0,47	0,56	0,07	0,25	0,20	0,39	0,64	0,06	0,67
r <sup>2</sup>	0,16	0,37		0,22	0,67	0,11		0,15	0,16	0,47		0,25	0,26	0,34		0,29

**Apêndice E.** Valores de probabilidades parciais (eixo 1 e eixo 2), global (MANOVA), Pillai-Trace (Pillai) e  $r^2$  para as regressões múltiplas entre os eixos de ordenação PCoA com dados de presença e ausência da comunidade de gêneros de ácaros oribatídeos e as variáveis ambientais (serrapilheira, área do fragmento e densidade de árvores) nos esforços de triagem 50, 25, 12,5 e 6,25%. Em negrito estão os valores significativos ( $p \leq 0,05$ ).

Variáveis	Esforço 50%				Esforço 25%				Esforço 12,5%				Esforço 6,25%			
	Eixo 1	Eixo 2	Pillai	MANOVA	Eixo 1	Eixo 2	Pillai	MANOVA	Eixo 1	Eixo 2	Pillai	MANOVA	Eixo 1	Eixo 2	Pillai	MANOVA
Serrapilheira	0,73	<b>0,02</b>	0,40	<b>0,05</b>	0,76	<b>0,05</b>	0,27	0,17	0,29	0,18	0,27	0,16	0,26	0,64	0,10	0,52
Área do fragmento	0,46	<b>0,04</b>	0,38	0,07	0,64	0,84	0,02	0,89	0,47	<b>≤0,01</b>	0,50	<b>≤0,02</b>	0,35	0,38	0,13	0,43
Densidade de árvores	0,14	0,45	0,25	0,19	0,19	0,16	0,14	0,43	0,56	0,67	0,03	0,83	0,46	0,23	0,16	0,37
$r^2$	0,21	0,44		0,30	0,15	0,28		0,20	0,18	0,42		0,28	0,19	0,16		0,18