

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

**Estrutura da assembléia de Gerromorpha (Heteroptera) em Igarapés dos  
Municípios de Rio Preto da Eva e Manaus, Amazonas**

Bruno Spacek Godoy

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais do convênio INPA/UFAM, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas, área de concentração em Entomologia.

Manaus – Amazonas

2007

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

**Estrutura da assembléia de Gerromorpha (Heteroptera) em Igarapés dos  
Municípios de Rio Preto da Eva e Manaus, Amazonas**

Orientadora: Dra. Neusa Hamada

Co-orientador: Dr. Paulo De Marco Junior

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais do convênio INPA/UFAM, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas, área de concentração em Entomologia.

Manaus – Amazonas

2007

**Ficha técnica**

G588 Godoy, Bruno Spacek

Estrutura da assembléia de Gerromorpha (Heteroptera) em igarapés dos municípios de Rio Preto da Eva e Manaus, Amazonas / Bruno Spacek Godoy – Manaus: INPA/UFAM, 2007.

48 f.

Dissertação (mestrado) – INPA/UFAM, Manaus 2007

Orientador: Hamada, Neusa

Co-orientador: De Marco Junior, Paulo

Área de concentração: Entomologia

1. Insetos aquáticos. 2. Heteroptera. 3. Amazônia Central. 4. Diversidade Beta.  
5. Modelos de verossimilhança I. Título.

CDD 595.742

**Sinopse:**

A assembléia de Gerromorpha (Heteroptera: Insecta) foi amostrada e estudada nos municípios de Rio Preto da Eva e Manaus, Amazonas, Brasil, no período de abril a agosto de 2004. Junto às coletas foi elaborado um protocolo que visava observar a estrutura do ambiente do igarapé amostrado. Com esses dados foram elaboradas análises de mudança na composição das espécies (diversidade beta) e elaborados modelos que explicariam a ocorrência das espécies. Foi observado que a mudança na composição das assembléias de Gerromorpha é relacionada a mudanças no ambiente amostrado e, que nem todas as ocorrências das espécies podem ser modeladas através de parâmetros ambientais, inferindo uma possível interação biótica entre as espécies.

**Palavras chaves:** 1. Insetos aquáticos, 2. Heteroptera, 3 Amazônia central, 4. Diversidade Beta, 5. Modelos de verossimilhança

## Dedicatória

À minha mãe pelo carinho e as cobranças infundáveis; à minha irmã pela ajuda em todos os momentos difíceis; ao meu pai (*in memoriam*) por me ensinar a gostar de riachos; por tantos amigos que deixei na eterna caminhada.

*“Como foi possível saber que estas coisas sucederam assim e não doutra maneira, a resposta a dar é a mesma de que todos os relatos são como os da criação do universo, ninguém lá esteve, ninguém assistiu, mas toda a gente sabe o que aconteceu.”*

José Saramago

## Agradecimentos

Agradecimentos sempre são difíceis de fazer, não por falta de humildade de saber agradecer as pessoas que te apoiaram nos momentos difíceis, mas sim pelo medo de esquecer alguém importante. Gostaria de agradecer a todos que de uma forma ou de outra participaram dessa jornada em uma terra estranha para mim, tão longe do meu ninho, mas se caso esqueci de alguém é culpa dos devaneios da memória humana, que por tentar guardar tantas coisas acaba esquecendo de muitas.

Começo agradecendo à primeira molécula replicadora do planeta, sem a mesma não existiria tantas formas de vida para serem contempladas e estudadas.

À Neusa Hamada, por ter me aceito como orientando mesmo não me conhecendo e por toda a infraestrutura que me proporcionou, possibilitando a realização do trabalho.

Ao Paulo De Marco, por saber despertar nas pessoas a paixão pela ciência, e me ensinando muitas coisas de Ecologia, mas antes de tudo como se deve comportar um cientista perante a sociedade.

Aos professores Gonçalo e Jansen que tanto me suportaram quando tinha dúvidas sobre tudo, sendo referências para mim na ciência.

Ao professor Maurício Lopes de Faria, que tantas vezes conseguiu me tirar do sério mas sempre buscando me ensinar os primeiros passos na jornada científica.

À galera de Ipatinga, Alexandre (Negão), Luciano (Xkuei), Vinicius (Kuia), Roberto (Japito), Raoni, Roger (Rojão), Márlon, que deixei para trás há um bom tempo, mas sempre estarão presentes na minha vida fazendo parte da minha formação como pessoa.

Ao povo do laboratório de Ecologia Quantitativa em Viçosa, Dilermando, Daniel, Francisco, Marquinhos, Rachel, Mirian, Leandro, Flávias, pois participaram do momento em que aprendi o que era ser um cientista e pesquisador.

Ao povo do laboratório de Citotaxonomia e Insetos Aquáticos do INPA, Ulisses, Patrícia, Ruth, Carlos, Ana, Aline, Daiane, Roberta, Kaká, Juju, por fazer minha vida de nerd mais suportável em frente ao computador.

Às pessoas lá de casa, Solange, Antônio, Ricardo, Victor, Livia, Joe, que sempre riam das minhas piadas sem graça, e por saber o real significado da frase: “Vou comprar cigarro e já volto”.

Ao lixão e seus moradores, tantos os antigos como os novos, Anselmo, Ricardo, Tony, Filhote (672), Carol, Kátia, Heloisa, Paulo, Miguelito, por me acolherem como uma família nessa terra.

À turma de entomologia e ecologia de 2005, principalmente Leo, Renato, por tantas bebedeiras e conversa fiada, Zé Mateus e Thaise (Pexão), Helena, pela amizade.

À turma da entomologia, ecologia e genética de 2006, com ênfase a Narck, Luis, Brasa, Manu, Nando, Charles, Rodrigo Fadiga, Marco Antônio, Kaká, Rafolia, povo legal.

À muitas outras pessoas que passaram na minha vida, mas deixaram algo em troca, Sejana (a eternidade do momento se tornou breve), André Gaúcho, Lílian, Tannia, Flávia, Fabricera, Ju, a todos do ZEE, Júlio, Preta, Maxley, Alison (EUA), Potira, é muita gente, não consigo lembrar de todos.

<b><u>FICHA TÉCNICA .....</u></b>	<b><u>III</u></b>
<b><u>DEDICATÓRIA .....</u></b>	<b><u>IV</u></b>
<b><u>AGRADECIMENTOS .....</u></b>	<b><u>VI</u></b>
<b><u>LISTA DE FIGURAS .....</u></b>	<b><u>X</u></b>
<b><u>LISTA DE TABELAS .....</u></b>	<b><u>XII</u></b>
<b><u>LISTA DE ANEXOS .....</u></b>	<b><u>XIV</u></b>
<b><u>RESUMO.....</u></b>	<b><u>XV</u></b>
<b><u>ABSTRACT.....</u></b>	<b><u>XVI</u></b>
<b><u>1.     <u>INTRODUÇÃO.....</u></u></b>	<b><u>1</u></b>
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>3</b>
OBJETIVO GERAL:.....	3
OBJETIVOS ESPECÍFICOS: .....	3
<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>3</b>
ÁREA DE ESTUDO .....	3
MÉTODOS DE CAMPO.....	4
<b><u>2.     <u>CAPÍTULO 1.....</u></u></b>	<b><u>7</u></b>

<b>FATORES EM MACRO ESCALA DETERMINANTES DA ASSEMBLÉIA DE GERROMORPHA EM IGARAPÉS DA REGIÃO DA AMAZÔNIA CENTRAL .....</b>	<b>7</b>
INTRODUÇÃO.....	7
MÉTODOS ESTATÍSTICOS .....	8
RESULTADOS .....	11
DISCUSSÃO.....	14
<b><u>3.        CAPITULO 2.....</u></b>	<b><u>17</u></b>
<b>FATORES LOCAIS E CARACTERÍSTICAS BIONÔMIC AS DETERMINANTES NA OCORRÊNCIA DAS ESPÉCIES DE GERROMORPHA EM IGARAPÉS DA REGIÃO DA AMAZÔNIA CENTRAL .....</b>	<b>17</b>
INTRODUÇÃO.....	17
ESPÉCIES ANALISADAS.....	19
ADEQUAÇÃO DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS E HIPÓTESES TESTADAS.....	20
TESTE DE HIPÓTESES .....	23
RESULTADOS .....	24
DISCUSSÃO.....	28
<b><u>4.        CONCLUSÕES .....</u></b>	<b><u>31</u></b>
<b><u>5.        ANEXOS.....</u></b>	<b><u>33</u></b>
<b><u>6.        REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</u></b>	<b><u>42</u></b>

## Lista de Figuras

- Figura 1 – Igarapés (33) amostrados ao norte da cidade de Manaus e oeste de Rio Preto da Eva. .... 4
- Figura 2 – Relação entre a matriz de variáveis ambientais, protocolo de qualidade de habitat, com a matriz de dissimilaridade da assembléia de Gerromorpha, nos igarapés da região da Amazônia central próximos a cidade de Manaus e Rio Preto da Eva no ano de 2004. .... 13
- Figuras 3 – Relação entre a matriz de distancia euclidiana entre os pontos com a matriz de dissimilaridade da assembléia de Gerromorpha nos igarapés da região da Amazônia central próximos a cidade de Manaus e Rio Preto da Eva no ano de 2004. .... 13
- Figura 4 – Relação entre a estrutura da assembléia de Gerromorpha e a dissimilaridade ambiental, com o efeito da distância retirado entre os pontos na região da Amazônia central, próximos as cidades de Manaus e Rio Preto da Eva no ano de 2004. .... 14
- Figura 5 – Ocorrência da espécie *Brachymetra lata*, relacionada à heterogeneidade do canal em igarapés da região da Amazônia central próximos as cidades de Manaus e Rio Preto da Eva, no ano de 2004. A linha representa a probabilidade de ocorrência da espécie, enquanto a linha tracejada representa a variação entre 0 e 1 da variável preditora ..... 26
- Figura 6 – Ocorrência da espécie *Rhagovelia amazonensis*, relacionada à heterogeneidade do canal em igarapés da região da Amazônia central próximos as cidades de Manaus e Rio Preto da Eva, no ano de 2004. A linha representa a probabilidade de ocorrência da espécie, enquanto a linha tracejada representa a variação entre 0 e 1 da variável preditora ..... 27

Figura 7 – Ocorrência da espécie *Rhagovelia evites*, relacionada à estrutura de habitat em igarapés da região da Amazônia central próximos as cidades de Manaus e Rio Preto da Eva, no ano de 2004. A linha representa a probabilidade de ocorrência da espécie, enquanto a linha tracejada representa a variação entre 0 e 1 da variável preditora ..... 27

Figura 8 – Ocorrência da espécie *Mesovelia* sp1, relacionada à presença de mata ciliar em igarapés da região da Amazônia central próximos as cidades de Manaus e Rio Preto da Eva, no ano de 2004. A linha representa a probabilidade de ocorrência da espécie, enquanto a linha tracejada representa a variação entre 0 e 1 da variável preditora ..... 28

## Lista de Tabelas

Tabela 1 – Família, gêneros e espécies de Gerromorpha encontrados nos 32 igarapés coletados na região da Amazônia central. ....	6
Tabela 2 – Valores dos coeficientes da regressão múltipla para o número de espécies coletadas em 32 igarapés na região da Amazônia central no ano de 2004, relacionado com os valores encontrados para os eixos do NMDS representantes da variação ambiental dos mesmos e abundância total de indivíduos coletados .....	11
Tabela 3 – Valores das correlações entre os componentes de distância, ambiental com a diversidade beta das assembléias de Gerromorpha em igarapés da Amazônica central no ano de 2004, através de teste de Mantel. Valores de p entre parêntesis, e em negrito para menor que 0,05 .....	12
Tabela 4 – Espécies de Gerromorpha e seu tamanho médio, selecionadas para serem utilizadas nos modelos de verossimilhança de ocorrência em igarapés na região da Amazônia central próximos as cidades de Manaus e Rio Preto da Eva no ano de 2004 .....	19
Tabela 5 – Igarapés da região da Amazônia Central próximos a cidade de Manaus e Rio Preto da Eva e suas respectivas variáveis adequadas para a utilização nos modelos de verossimilhança no ano de 2004 .....	21
Tabela 6 – Modelos e hipóteses associadas para a ocorrência de espécies agrupadas por gêneros de Gerromorpha em igarapés da Amazônia central próximos as cidades de Manaus e Rio Preto da Eva no ano de 2004 .....	22
Tabela 7 – Modelos que descreveram a ocorrência das espécies e valores de AIC padronizados para as espécies de Gerromorpha na região da Amazônia Central próximos as cidades de Manaus e Ripo Preto da Eva no ano de 2004 .....	25

Tabela 8 – Resultados para os testes exatos de Fisher para as hipóteses com relação a ocorrência de espécies dos gêneros de Gerromorpha em igarapés da Amazônia central próximos a cidade de Manaus e Rio Preto da Eva no ano de 2004 .....	26
---	----

## Lista de Anexos

Anexo 1 – Parâmetros do Protocolo e valores que podem ser observados por cada parâmetro segundo Nessimian <i>et. al.</i> 2006 .....	33
Anexo 2 – Localidades dos pontos amostrados e os valores encontrados do protocolo, no ano de 2004.....	35
Anexo 3 – Modelos de verossimilhança testados para as espécies de Gerromorpha coletados em 32 igarapés da região da Amazônia central próximo as cidades de Manaus e Rio Preto da Eva no ano de 2004. ....	36

## Resumo

A assembléia de Gerromorpha (Heteroptera: Insecta) foi coletada em 32 igarapés na região da Amazônia central, nos municípios de Rio Preto da Eva e Manaus, AM, em quatro sub-bacias do complexo Rio Negro-Amazonas, no período de abril a agosto de 2004. Junto às coletas foi elaborado um protocolo visando descrever a estrutura do ambiente dos igarapés amostrados. A sub-bacia do rio Cuieiras apresentou o maior número de espécies, 22 do total de 30 coletadas, distribuídas nas famílias Gerridae, Veliidae, Hydrometidae e Mesoveliidae. Não houve relação significativa entre a estrutura do ambiente e a riqueza de espécies. A utilização do teste de Mantel permitiu observar que os parâmetros ambientais não estão correlacionados com a distância física. Outros três testes de Mantel indicaram que a assembléia de Gerromorpha está relacionada tanto com a mudança ambiental registrada no protocolo quanto com a distância física dos pontos amostrais, tanto para as variáveis em separado como em conjunto. Para determinar se o ambiente estaria influenciando na ocorrência das espécies foram utilizados modelos que calculavam a máxima verossimilhança para os dados coletados, incluindo as características ambientais como variáveis. Foram selecionadas 17 espécies para a elaboração desses modelos, apenas seis (40%) apresentaram modelos que incluíam variáveis ambientais como melhor descritores para sua ocorrência. Fatores como o efeito de massa e interações bióticas entre as espécies podem funcionar como “ruído” nos modelos que explicam a ocorrência das espécies baseada na relação do organismo com o ambiente. Uma das explicações pode estar relacionado ao efeito de massa que permitiria a espécies “não adaptadas” a condições ambientais de um igarapé estejam presentes no mesmo através de migração de locais onde exista uma população viável. Tal efeito é observado quando levamos em consideração a relação da proximidade dos pontos com a similaridade da assembléia. Assim, a estrutura da assembléia de Gerromorpha em igarapés na região da Amazônia central está relacionada com a estrutura do habitat, onde diferentes espécies possuem funções de ocorrências distintas.

## Abstract

The members of the Gerromorpha assemblage (Heteroptera: Insecta) were collected in 32 streams in central Amazonia in the counties of Rio Preto da Eva and Manaus, Amazonas, in four sub-basins of the Rio Negro and Lower Amazon from April to August 2004. In parallel with the collection process, a protocol was developed in order to describe the structure of the habitat of the stream. The Cuieiras River basin had the largest number of species: 22 out of the total of 30 collected. These were distributed in the families Gerridae, Veliidae, Hydrometidae and Mesoveliidae. No significant relationship was found between the structure of the habitat and the increase in the number of species. The Mantel test indicated that the environmental parameters examined are not correlated with physical distance. Three other Mantel tests indicated that the Gerromorpha assemblage is related both to the environmental change registered using the protocol and to the physical distance between the sampled points, as much for each variable separately as in set. To determine whether habitat influences occurrence of these species, models were used that calculated the maximum likelihood for the data collected, using the environmental characteristics as variables. Seventeen species were selected for inclusion in these models, only six (40%) they had presented models including ambient variable as better describing for your occurrence. Sixty percent of the tested species were not well explained by models that included environmental covariables. Factors such as the effect of mass and of biotic interactions among the species can act as "noise" in models that explain the occurrence of the species taking into account the relationship of the organism to its habitat. One explanation to related to mass effect mass allowed species that are not adapted to environmental conditions of a given stream to be present anyway due to migration from places where a viable population exists. An effect of this type was observed when we took into account the relationship between the proximity of the points and the similarity of the assemblage. Thus, the Gerromorpha assemblage in the region of the central Amazônia stream is related with the structure of the habitat, where different species possess functions of distinct occurrences.

## 1. Introdução

*“Nenhum objeto de pensamento resiste à dúvida,  
mas o próprio ato de duvidar é indubitável.”*  
Descartes

O conceito de continuidade de rios visualiza a biota aquática ajustada ao gradiente físico em que o corpo d'água está inserido, com comunidades ligadas longitudinalmente (Vannote *et al.* 1980). A distribuição das espécies e dos grupos funcionais (por exemplo raspadores, predadores, fragmentadores e filtradores) é organizada de acordo com o fluxo de energia, criando zonas potenciais de ocorrência para os organismos. Assim, comunidades encontradas a jusante do rio são dependentes dos processos que ocorrem à montante, aproveitando a ineficiência de processos como a degradação de matéria orgânica que ocorreram rio acima (Hynes 1970).

Grande parte dos estudos de ecologia dos organismos que vivem em corpos de água corrente enfoca a distribuição e a abundância de macroinvertebrados e seu relacionamento com o ambiente físico (Lloyd *et al.* 2005). A alteração da composição de espécies entre locais distintos, ou diversidade beta (Whittaker 1972, Whittaker & Levin 1977, Magurran 1988, Cody 1991) é, entretanto, o maior determinante no aumento do número de espécies em escala regional (Steinitz *et al.* 2006a). A mudança na composição das espécies entre localidades poderia ser determinada por adaptações a diferenças climáticas ou substratos, interações ecológicas, história filogenética ou uma dispersão limitada dos organismos (Hutchinson 1959, Hutchinson 1961, Harrison 1992, Huston 1994, Harper *et al.* 1997a, Hubbell 2001).

Uma das explicações para o incremento da diversidade com o aumento da área é a existência da relação diretamente proporcional entre área e a heterogeneidade do habitat (Huston 1994). A ocorrência de espécies responde em escala fina às variações de fatores como produtividade, estrutura do habitat, distúrbios e interações bióticas (Vinson & Hawkins 2003, Diniz *et al.* 2004), influenciando os padrões de distribuição de diversidade e composição das comunidades locais. Por outro lado, a composição das comunidades locais está relacionada com a composição regional de espécies, onde regiões mais ricas fornecem maior um número de espécies aumentando assim a diversidade entre localidades (Fukami 2004).

Heino *et al.* (2003) observaram a dependência da diversidade de invertebrados bentônicos em riachos com a diversidade total encontrada nos rios da Finlândia. Nesse

sistema, a comunidade local é influenciada pela composição da comunidade regional, porém, as localidades não apresentam assembléias saturadas, demonstrando a dependência local com a heterogeneidade ambiental. Por outro lado, vem sendo demonstrado que a distribuição das espécies de insetos aquáticos tem como principal fator as características físico-químicas do ambiente (Mykra *et al.* 2004).

Um dos grupos mais representativos nos sistemas lóticos é o dos insetos, tanto em abundância como em diversidade (Merritt & Cummins 1979, Merritt & Cummins 1984, Bispo & Oliveira 1998). Entre os insetos aquáticos, os da ordem Hemiptera (Heteroptera), infra-ordens Gerromorpha e Nepomorpha, apresentam adaptações à vida aquática e semi-aquática. Estes são conhecidos popularmente como percevejos e, suas espécies têm hábitos quase exclusivamente carnívoros (Campos *et al.* 2004). As espécies dessas duas infra-ordens ocupam uma grande diversidade de habitats, desde substratos localizados no leito do rio até a superfície da água (Andersen 1979, Merritt & Cummins 1984). Os membros da infra-ordem Nepomorpha possuem asas quando adultos, e espécies de Gerromorpha podem apresentar alternâncias de gerações aladas e ápteras (Nieser & Melo 1997). Essas diferenças bionômicas dentro do grupo têm papel importante nas taxas de dispersão e contribuem para uma maior ou menor similaridade de fauna entre localidades (Loreau 2000).

Os representantes da infra-ordem Gerromorpha fazem parte do pleuston, vivendo na lâmina superficial dos corpos d' água, mantendo-se nesse sistema em função das propriedades de tensão superficial e densidade da água (Travers 1993). As interações e a percepção de presas nesse grupo também é dependente de vibrações formadas na lâmina d' água pelo movimento da presa e de organismos da mesma espécie (Travers & Sih 1991). Travers (1993) observou que *Microvelia austrina* Bueno (Veliidae) tem o comportamento de forragear em agrupamentos de vários indivíduos, facilitando assim a captura de presas.

Identificar os fatores que determinam a distribuição dos organismos, tanto bióticos como abióticos, auxilia na compreensão de como a diversidade de espécies está distribuída. Essas informações permitirão compreender melhor os padrões observados na natureza possibilitando elaborar hipóteses sobre os processos que promovem a diferenciação da composição de espécies nas comunidades locais. Assim, estudos sobre os fatores que estruturam as assembléias de Gerromorpha nos permitirão levantar hipóteses, sobre o grupo, relacionadas à ecologia aplicada, como a identificação de áreas degradadas ou impactadas pela ação antrópica.

## **Objetivos**

### **Objetivo Geral:**

Identificar como a estrutura do habitat contribui para determinar a composição das assembléias de Gerromorpha em igarapés da região da Amazônia central.

### **Objetivos Específicos:**

O trabalho possui como objetivo o teste das seguintes hipóteses:

1. Igarapés mais próximos possuem uma maior similaridade na composição das espécies de Gerromorpha, devido a uma maior probabilidade de troca de indivíduos entre si;
2. Igarapés com estruturas de habitat diferentes possuem assembléias de Gerromorpha distintas, graças a seletividade dos organismos ao meio que vivem;
3. Espécies de mesmo gênero possuem probabilidades similares de serem encontradas em localidades estruturalmente parecidas, pois as mesmas compartilham de uma história evolutiva próxima.

## **Material e Métodos**

### **Área de Estudo**

A região da Amazônia central compreende o local que no período terciário era ocupado por um lago de água doce de grandes proporções, onde hoje encontra se depositado no solo, argila e areia da mesma época. Seus limites compreendem a oeste a cordilheira dos Andes, a norte e sul o escudo das Guianas e Brasileiro respectivamente e a leste sedimentos do paleozóico (Fittkau 1964). A região é irrigada por uma malha complexa de igarapés com águas pobres em nutrientes, porém ricas em ácidos provenientes da decomposição vegetal (Walker 1998). Essa rede de drenagem insere se em um sistema que abrange uma diversidade de solos e padrões geomorfológicos (Sioli 1984), possibilitando a criação de diferentes habitats nos igarapés.

O material utilizado nessa dissertação é proveniente de 33 igarapés de 2ª e 3ª ordem localizados em quatro sub-bacias posicionadas ao norte da cidade de Manaus e a oeste da cidade de Rio Preto da Eva, Amazonas, que deságuam nos rios Negro e Amazonas (Fig. 1). As quatro sub-bacias têm como rios principais os Rios Cuieiras, Tarumã, Preto da Eva e Urubu, localizados entre as coordenadas 60,62° e 59,33°W e 3,14° e 2,00°S. Os igarapés encontram se sob floresta de terra firme em um terreno

moderadamente acidentado. A coloração escura da água é resultante da grande concentração de ácidos húmicos e fúlvicos provenientes da matéria orgânica da vegetação do entorno (Walker 1998). A precipitação anual é de aproximadamente 2200 mm, com a estação seca ocorrendo de junho a setembro (Ribeiro *et al.* 1999).

A dissertação foi dividida em dois capítulos, pois compreende análises distintas das assembléias amostradas. No primeiro capítulo a escala em questão leva em consideração o igarapé como unidade amostral, relacionando a mudança na composição das assembléias com fatores como dispersão ou mudanças na estrutura de habitats. O capítulo segundo tem como unidade amostral as espécies, priorizando as interações que os organismos possuem localmente com o habitat.

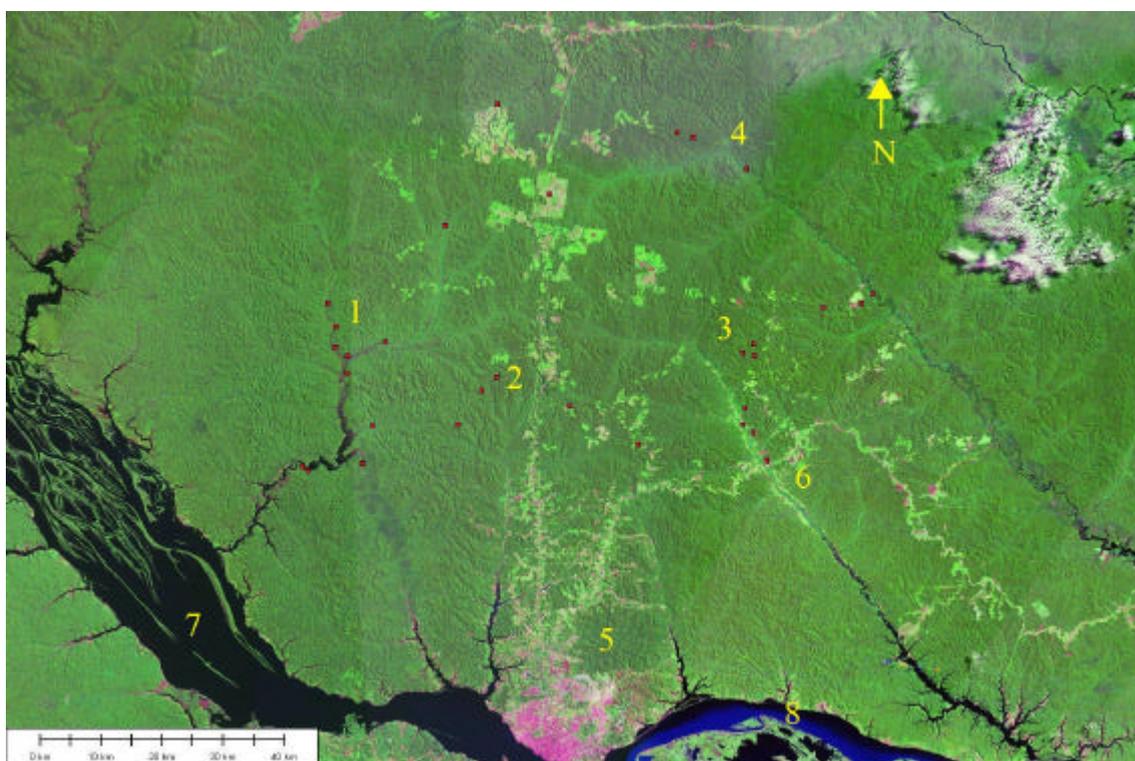


Figura 1 – Igarapés (33) amostrados ao norte da cidade de Manaus e oeste de Rio Preto da Eva. 1 – Rio Cuieiras, 2 – Rio Tarumã, 3 – Rio Preto da Eva, 4 – Rio Urubu, 5 – Cidade de Manaus, 6 – Cidade de Rio Preto da Eva, 7 – Rio Negro, 8 – Rio Amazonas. Pontos vermelhos representam os igarapés amostrados. Fonte Landsat 2000.

### **Métodos de Campo**

As coletas foram realizadas, no período de abril a agosto de 2004, utilizando uma rede entomológica aquática em D, com área aproximada de 0,246m<sup>2</sup> e malha de 0,5mm de abertura. Em cada igarapé foram coletadas cinco sub-amostras separadas entre si por dez metros. Cada amostra consistia em um trecho de um metro em cada margem dos igarapés. O material biológico foi fixado e conservado em álcool etílico a

80% para posterior triagem e identificação em laboratório. O material foi identificado usando chaves taxonômicas (Nieser & Melo 1997) e com auxílio de especialistas até o nível de espécies, ou morfo-espécies devido a falta de chaves taxonômicas ou trabalhos de descrição para espécies de Gerromorpha na região Amazônica (tabela 1).

As ninfas foram desprezadas, pois não permitiam a identificação a níveis desejados para o trabalho. Todo material foi etiquetado com dados de identificação e local de coleta, para serem depositados na Coleção de Invertebrados do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA).

Junto com as coletas foi aplicado o protocolo, desenvolvido por (Nessimian *et al.* 2006) (Anexo 1). O protocolo contém 12 parâmetros que refletem as condições ambientais do igarapé e do seu entorno: padrão do uso de solo, além da zona ripária; largura da mata ciliar; estado de preservação da mata; estado da conservação da mata ripária em uma faixa de dez metros; dispositivos que podem represar o curso de água; sedimentos dentro do canal; estrutura do barranco nas margens do corpo d' água; escavação sob esse barranco; aparência do substrato pedra (caso possua); aparência do leito do igarapé; disposição das áreas de corredeiras e remansos; e presença de vegetação aquática. Para cada parâmetro foi dado um valor, representando de forma categórica o local amostrado (Anexo 2). Coordenadas geográficas, utilizando-se um GPS, foram registradas nos pontos, para permitir o cálculo da distância entre os pontos.

A coleta foi realizada junto à equipe do projeto Ygarapés. Esse projeto foi realizado através da parceria de pesquisadores das seguintes instituições: INPA (Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia), UFAM (Universidade Federal do Amazonas), UFRJ (Universidade Federal do Rio de Janeiro), UFV (Universidade Federal de Viçosa) e PDBFF (Programa de Dinâmica Biológica de Fragmentos Florestais), com o objetivo de analisar os efeitos do desmatamento e da fragmentação florestal sobre a fauna associada a igarapés na Amazônia central. Porém como grande parte das coletas se deu em matriz de vegetação intacta, o trabalho aqui apresentado não possui poder de observar estes efeitos sobre a biota estudada, mas sim observando padrões encontrados em ambientes com pouca ou nenhuma influência antrópica.

Tabela 1 – Família, gêneros e espécies de Gerromorpha encontrados nos 32 igarapés coletados na região da Amazônia central.

Rio Preto da Eva (1), Cuieiras (2), Urubu (3) e Tarumã (4)

Família	Gênero	Espécie	Sub-bacias	Número de Indivíduos	Frequência
Veliidae	<i>Rhagovelia</i>	<i>amazonensis</i> (Gould)	1,2,3,4	33	8
		<i>evides</i> (Bacon)	1,2,3,4	66	7
		<i>trails</i> (Buchanan & White)	1,2,3	130	10
		sp. 1	1,2,3,4	173	11
		sp. 2	1,2	51	3
		sp. 3	3	86	4
		sp. 4	3	46	4
	<i>Stridulivelia</i>	<i>tersa</i> (Harr)	1,2,3,4	79	13
		<i>stridulata</i> (Hung)	1,2,3,4	27	9
		<i>transversa</i> (Hungerford)	1,2,3,4	53	13
		sp. 1	3,4	10	4
	<i>Microvelia</i>	<i>hinei</i> (Drake)	1,2,3	47	9
		<i>pulchella</i> (Westwood)	1,2,3	30	4
		sp. 1	3	15	4
		sp. 2	1	10	1
		sp. 3	4	1	1
		sp. 4	3	1	1
<i>Euvelia</i>	sp. 1	3	47	5	
<i>Paravelia</i>	sp. 1	1,2	29	2	
Gerridae	<i>Brachymetra</i>	<i>lata</i> (Shaw)	1,2,3,4	469	28
		<i>hialinus</i> (Fabricius)	1,2	2	2
	<i>Limnogonus</i>	<i>minutus</i> (De Carlo)	1	2	1
		sp. 1	1	2	1
	<i>Tachygerris</i>	<i>surinamensis</i> (Hungerford & Matsuda)	2,3,4	7	3
	<i>Cylindrothetus</i>	<i>palmares</i> (Drake & Harris)	2	6	1
		sp. 1	3	2	1
	<i>Neogerris</i>	<i>lotus</i> (White)	1,3	3	2
Mesoveliidae	<i>Mesovelia</i>	<i>mulsanti</i> (White)	1,2,3	40	4
		sp. 1	2,3,4	6	5
Hydrometridae	<i>Hydrometra</i>	<i>argentina</i> (Berg)	2,3	2	2

## 2. Capítulo 1

### Fatores determinantes da assembléia de Gerromorpha na escala de sub-bacias em igarapés da região da Amazônia central

*“When you have a new hammer,  
everything looks like a nail”*  
Provérbio russo

#### Introdução

Os modelos descritivos da distribuição de espécies, tanto animais como vegetais, em sistemas naturais se dividem em dois tipos básicos: os que estabelecem uma seletividade dos organismos ao meio, ou deterministas, e aqueles que utilizam a lógica neutralista. Na primeira categoria destaca-se a teoria de nicho multi-dimensional (Hutchinson 1961), sendo a mesma a base teórica da construção do conceito de continuidade de rios (Vannote *et al.* 1980). Esse conceito estabelece que os organismos que compõem as comunidades associadas a corpos de água corrente distribuem-se em zonas, ajustando-se à disponibilidade energética, por sua vez ocasionada pelo gradiente físico longitudinal do rio.

Em contrapartida, a teoria neutra de distribuição das espécies propõe que é possível explicar os padrões observados de distribuição de diversidade e na sua manutenção, através de características demográficas como migrações e colonizações, em comunidades já estabelecidas, construindo o conceito de meta-comunidades (Hubbell 2001). Como premissas para tal modelo é necessário admitir que todos os indivíduos presentes na comunidade, independentes da espécie, possuem a mesma probabilidade de reproduzir, morrer, ou colonizar novos locais e que a abundância total de uma comunidade sempre é constante com o passar do tempo. Quando assumimos tal premissa visualizamos o efeito de deriva ecológica, onde processos estocásticos influenciam as variações das abundâncias relativas das espécies, porém não na comunidade inteira. Esse processo leva a um caminhar aleatório da comunidade, onde a mesma pode ter a variação no número de espécies presentes de acordo com a migração entre comunidades distintas.

Os dois modelos teóricos, tanto o determinista como o neutralista, explicam de forma razoável a distribuição de organismos que possuem baixa mobilidade, como plantas e insetos bentônicos, porém em escalas espaciais distintas (Hutchinson 1959,

Hutchinson 1961, Harrison *et al.* 1992, Huston 1994, Harper *et al.* 1997b, Harte *et al.* 1999, Hubbell 2001). A distribuição de espécies obedeceria então a dois processos hierárquicos: a) localmente, onde o fator determinante seria a interação do organismo com o meio, e b) entre locais, ou regional, onde os processos demográficos agiriam de forma decisiva (Zuquim 2006). Os processos dispersivos possibilitariam às espécies chegarem ao local, enquanto que os processos de seleção de habitat ou de interações bióticas serviriam como filtros para quais espécies iriam estabelecer se no local (Rosenthal 2006, Jensen *et al.* 2006). Assim, as interações entre os organismos com o meio onde estão inseridos passam a ser objetos de estudo interessante para a descrição da distribuição da diversidade em qualquer sistema.

O objetivo do presente estudo é avaliar como a estrutura de habitat e a distância entre as assembléias podem ser fatores determinantes na distribuição das espécies de Gerromorpha em alguns cursos d'água nos municípios de Rio Preto da Eva e Manaus.

Para isso serão testadas as seguintes hipóteses:

1. localidades com habitats diferenciados possuem uma riqueza de espécies de Gerromorpha diferentes;
2. locais mais próximos, por possuírem maior probabilidade de troca de indivíduos entre si, possuem maior similaridade entre as suas assembléias de Gerromorpha;
3. locais com estrutura de habitat similar irão possuir maior similaridade entre as suas assembléias de Gerromorpha.

## **Métodos Estatísticos**

### Riqueza de espécies e estrutura de habitat

Como forma de observar relação entre a riqueza de espécies amostradas e a mudança na estrutura do habitat, foi necessário ordenar os valores do protocolo usando Escalonamento Multidimensional não Métrico (NMDS), dos valores encontrados no protocolo, utilizando o índice de dissimilaridade que possui a seguinte equação:

$$\text{Equação 1: } \text{distância}(x, y) = \frac{x_i \neq y_i}{i},$$

sendo  $x$  e  $y$  duas amostras diferentes e  $i$  número de parâmetros que cada local possui. O programa estatístico usado foi o R (R Development Core Team 2003). O número de eixos que apresentasse um menor valor de stress, preferivelmente abaixo de 0,2, foi

usado evitando uma possível distorção na representatividade das localidades em relação aos valores brutos (Faith *et al.* 1987). Os valores de cada igarapé nos eixos representaram as diferenças estruturais de cada local. Com o uso de uma Regressão múltipla a riqueza estimada foi relacionada aos valores encontrados para os eixos do NMDS, observando se o número de espécies muda junto a mudança observada no ambiente.

Um problema encontrada nesse tipo de análise é que a riqueza encontrada pode estar relacionado não somente com a quantidade de espécies total do local, mas também ao total de indivíduos coletados (Gotelli & Graves 1996b). Como forma de eliminar esse efeito o número de indivíduos coletados em cada igarapé foi inserido no modelo de regressão múltipla, tornando a função da regressão a seguinte:

$$\text{Equação 2: } S_{\text{observado}} = f(\text{Eixo1 NMDS}, \text{Eixo2 NMDS}, \text{Abundância total}).$$

#### Dissimilaridade ambiental e distância física intermediando a mudança da composição das espécies

Para testar as predições é necessário construir matrizes simétricas de dissimilaridade, demonstrando o quanto cada localidade é similar à outra (Legendre & Legendre 1998). Foram elaboradas quatro matrizes, uma comparando as assembléias entre si, por meio do Índice de Jaccard (Ludwig & Reynolds 1988), e outras três que observaram as características físicas tais como distância física e estrutura do habitat. O índice de Jaccard foi utilizado por trabalhar apenas com dados de presença e ausência, garantindo que falhas de amostragem com relação à quantidade de indivíduos não interfiram na análise (Legendre & Legendre 1998). A sua fórmula é:

$$\text{Equação 3: } \text{distância}(l, k) = \frac{\left( \frac{2 \times (i \in l \cap k)}{i \in l \cup k} \right)}{\left( \frac{1 + (i \in l \cap k)}{i \in l \cup k} \right)},$$

sendo  $l$  e  $k$  localidades distintas e  $i$  número de espécies.

A distância física foi calculada de duas formas, resultando em duas matrizes de dissimilaridade, uma utilizando a distância euclidiana e outra calculando a distância real, seguindo o canal do rio. A medida da distância pelo canal foi estimada através dos pontos de referência geográfica do GPS seguindo o percurso do corpo de água. A distância euclidiana foi calculada pela fórmula:

$$\text{Equação 4: } \text{dist\~{a}ncia}(x, y) = \sqrt{\sum_{i=1}^{\infty} (x_i + y_i)^2},$$

sendo  $i$  as coordenadas geogr\u00e1ficas (latitude e longitude) dos pontos  $x$  e  $y$ .

Essas duas medidas foram calculadas para representar os dois tipos de dispers\u00e3o que algumas esp\u00e9cies de Gerromorpha podem apresentar, atrav\u00e9s do v\u00f4o durante as gera\u00e7\u00f5es aladas (representado pela dist\u00e2ncia euclidiana) e seguindo o canal do igarap\u00e9 por deriva (no caso a dist\u00e2ncia atrav\u00e9s do percurso do corpo de \u00e1gua).

A matriz de dissimilaridade ambiental foi elaborada utilizando o \u00cdndice de Canberra (Lloyd *et al.* 2005), entre os pares de localidades utilizando os valores encontrados no protocolo durante a coleta. A medida de Canberra foi utilizada porque cada vari\u00e1vel contribui igualmente, mesmo que ocorra uma diferen\u00e7a num\u00e9rica absoluta entre elas, pelo fato do protocolo abranger medidas qualitativas ordenadas (Mac Nally 1994). Sua f\u00f3rmula \u00e9:

$$\text{Equa\u00e7\u00e3o 5: } \text{dist\~{a}ncia}(l, k) = \left( \frac{1}{NZ} \right) \sum \frac{x[p_l] - x[p_k]}{x[p_l] + x[p_k]},$$

onde  $x$  \u00e9 o valor do par\u00e2metro  $p$  na amostragem, e  $NZ$  correspondem ao n\u00famero de par\u00e2metros que s\u00e3o diferentes de zero.

O teste de Mantel foi utilizado para verificar se os elementos correspondentes de duas matrizes est\u00e3o linearmente correlacionados, utilizando permuta\u00e7\u00f5es de uma matriz a fim de eliminar problemas de correla\u00e7\u00e3o interna da matriz (Manly 1991). Cinco testes de Mantel foram realizados, um para analisar a rela\u00e7\u00e3o entre as vari\u00e1veis do protocolo e a dist\u00e2ncia f\u00edsica, observando se a varia\u00e7\u00e3o ambiental encontrada nos locais de coletas est\u00e3o correlacionados espacialmente (Sokal *et al.* 1989). Tr\u00eas foram utilizados para observar como as vari\u00e1veis de dist\u00e2ncia f\u00edsica (no caso as duas medidas) e ambiental influenciariam na diferen\u00e7a das assembl\u00e9ias de Gerromorpha. Por \u00faltimo, o Mantel parcial, foi elaborado para observar como a dissimilaridade das assembl\u00e9ias relaciona-se somente com a diferen\u00e7a ambiental, retirando o efeito da dist\u00e2ncia euclidiana entre os pontos (Lloyd *et al.* 2005).

Todos os testes utilizaram o m\u00e9todo de correla\u00e7\u00e3o de Spearman, que se baseia em associa\u00e7\u00e3o por ordena\u00e7\u00e3o dos dados, n\u00e3o necessitando assim uma distribui\u00e7\u00e3o normal dos valores (Ludwig & Reynolds 1988). Todos os testes utilizaram 10000 permuta\u00e7\u00f5es.

Foram elaborados gr\u00e1ficos de dispers\u00e3o de pontos para observar como se deram as rela\u00e7\u00f5es entre as matrizes. Todas as an\u00e1lises foram elaboradas atrav\u00e9s do programa

estatístico R (The R Development Core Team 2006), utilizando o pacote de análises para assembléias biológicas *vegan* (Oksanen *et al.* 2005).

## Resultados

### Fauna de Gerromorpha coletada

Foram amostrados 1475 indivíduos distribuídos em quatro famílias: Gerridae, Veliidae, Mesoveliidae e Hydrometridae (Tabela 2). Das trinta espécies amostradas, 14 foram identificadas como morfotipo. As espécies de *Microvelia* sp.2, *M.* sp.3, *M.* sp.4, *Limnogonus minutus* (De Carlo), *L.* sp.1, *Cylindrothetus palmares* (Drake & Harris) e *C.* sp.1 apareceram apenas em um igarapé, o oposto de *Brachymetra lata* (Shaw), que teve sua ocorrência associada a 28 igarapés.

A sub-bacia do rio Cuieiras apresentou o maior número de espécies (22), e a do rio Tarumã, o menor (11). Os igarapés coletados tiveram uma média de 4,94 ( $\pm 1,66$ ) espécies, sendo o valor mínimo de 2 e o máximo de 9.

### Riqueza de espécies e estrutura de habitat

O número mínimo de eixos que melhor representou os valores do protocolo no NMDS foi de 2, com 0,11 de stress. As relações entre a estrutura de habitat, o número de indivíduos com o incremento da riqueza de espécies de Gerromorpha não foram significativas (Tabela 2). Dessa forma, a alteração ambiental observada não resulta em aumento ou redução do número de espécies.

Tabela 2 – Valores dos coeficientes da regressão múltipla para o número de espécies coletadas em 32 igarapés na região da Amazônia central no ano de 2004, relacionado com os valores encontrados para os eixos do NMDS representantes da variação ambiental dos mesmos e abundância total de indivíduos coletados

Coeficientes	Estimado	p
Intercepto	3,45	<0,01
Eixo 1 NMDS	-0,81	0,77
Eixo 2 NMDS	3,43	0,47
Abundância	0,03	0,07

$r^2 = 0,12$  com 29 graus de liberdades

Relação entre as matrizes de variáveis ambientais e a fauna de Gerromorpha

coletada

As matrizes de variáveis ambientais, distância geográfica (Euclidiana e através do canal) e a dissimilaridade ambiental não apresentaram relações significativas. Todas as relações simples da assembléia de Gerromorpha com o ambiente apresentaram resultados significativos, menos quando relacionada com a distância através do canal (Tabela 3). Com relação ao teste de Mantel parcial, a dissimilaridade da assembléia é correlacionada com o efeito da mudança do ambiente, mesmo quando a distância euclidiana entre os pontos é controlada. Não foi utilizada a correção de Bonferroni para múltiplos testes devido as falhas apontadas para essa metodologia em estudos ecológicos (Moran 2003, Garcia 2004).

Tabela 3 – Valores das correlações entre os componentes de distância, ambiental com a diversidade beta das assembléias de Gerromorpha em igarapés da Amazônica central no ano de 2004, através de teste de Mantel. Valores de p entre parêntesis, e em negrito para menor que 0,05

Matriz resposta	Matriz explanatória			
	Distância euclidiana	Distância geográfica (canal)	Dissimilaridade ambiental	Dissimilaridade ambiental e distância euclidiana controlada
Dissimilaridade ambiental	0,065 (0,113)			
Dissimilaridade da assembléia	<b>0,091 (0,041)</b>	-0,008 (0,499)	<b>0,1817 (0,043)</b>	<b>0,1768 (0,046)</b>

A Figura 2, que representa a dispersão da matriz de dissimilaridade da assembléia com a matriz de dados ambientais demonstra que ambientes mais dissimilares possuem espécies diferentes, revelando uma tendência positiva na relação das duas matrizes. Essa mesma tendência é observada no gráfico entre a assembléia e a distância física, mas com um relacionamento mais fraco (Fig. 3). Já a Figura 4 visualiza relação dos resíduos das relações entre a distância física com a dissimilaridade ambiental e a dissimilaridade da assembléia, representando a análise parcial do Mantel.

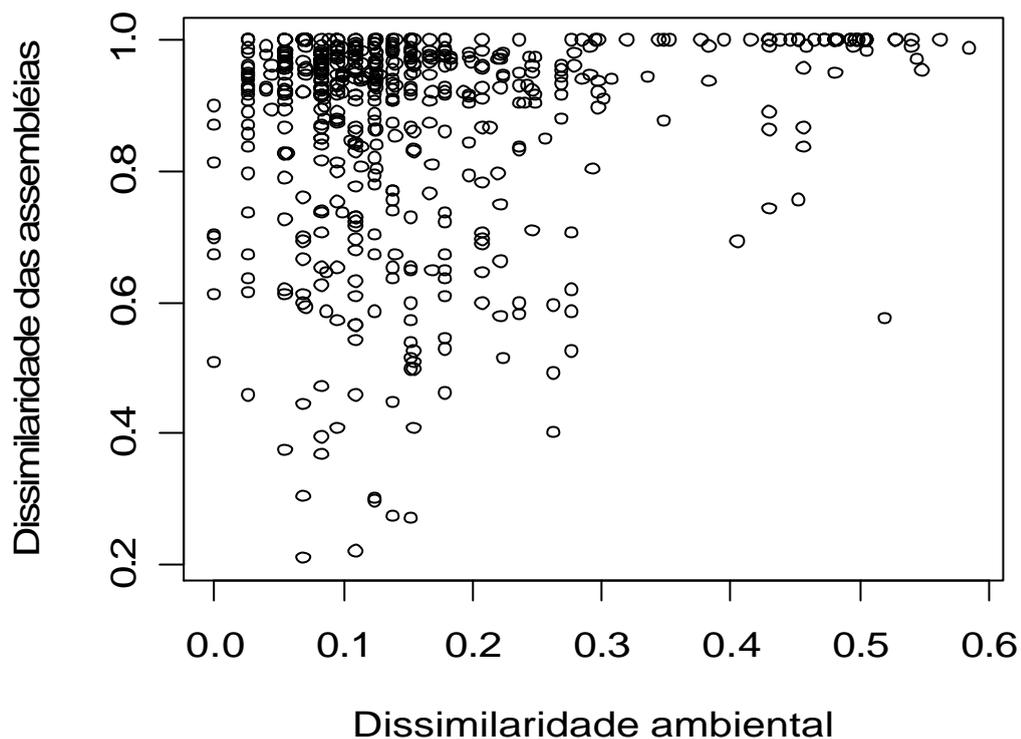
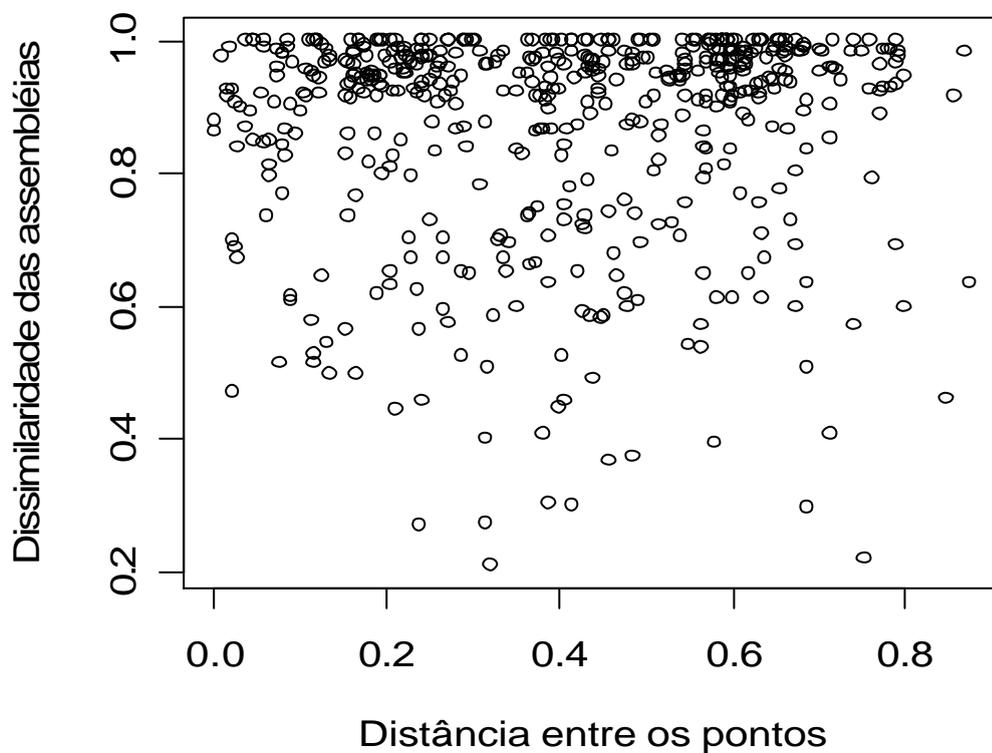


Figura 2 – Relação entre a matriz de variáveis ambientais, protocolo de qualidade de habitat, com a matriz de dissimilaridade da assembléia de Gerromorpha, nos igarapés da região da Amazônia central próximos a cidade de Manaus e Rio Preto da Eva no ano de 2004. Cada ponto representa a distância entre dois pontos amostrais.



Figuras 3 – Relação entre a matriz de distancia euclidiana entre os pontos com a matriz de dissimilaridade da assembléia de Gerromorpha nos igarapés da região da Amazônia central próximos a cidade de Manaus e Rio Preto da Eva no ano de 2004. Cada ponto representa a distância entre dois pontos amostrais.

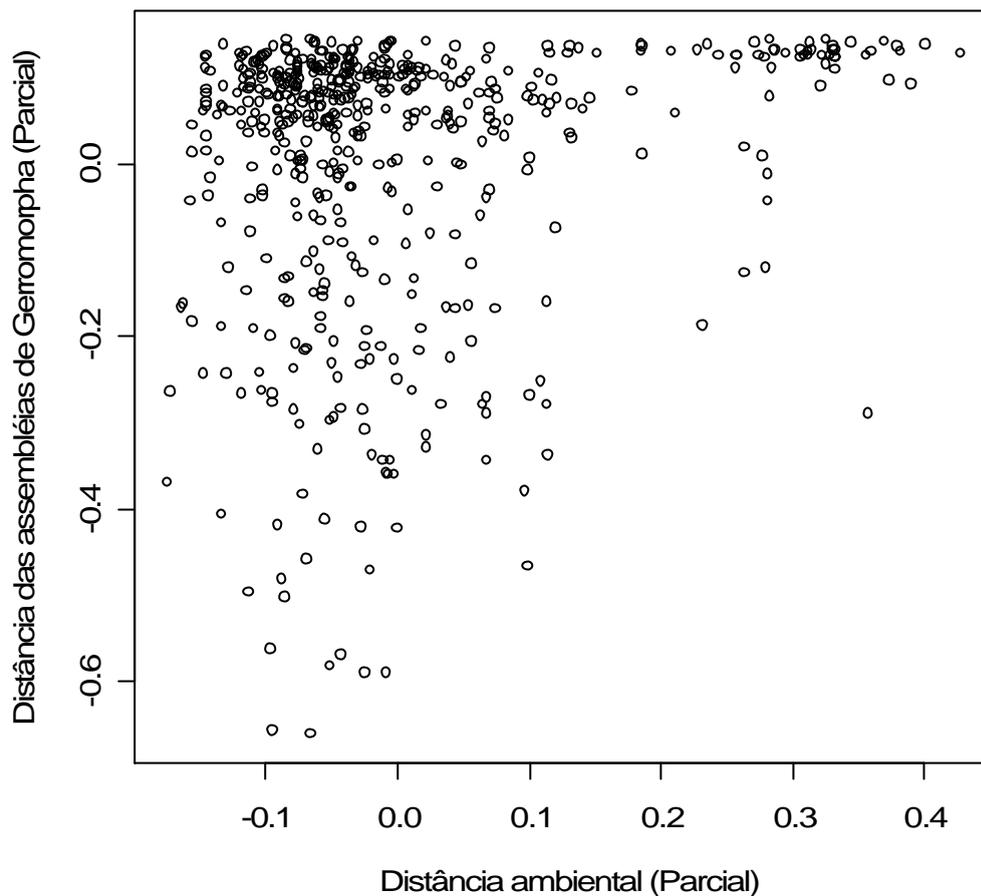


Figura 4 – Relação entre a estrutura da assembléia de Gerromorpha e a dissimilaridade ambiental, com o efeito da distância retirado entre os pontos na região da Amazônia central, próximos as cidades de Manaus e Rio Preto da Eva no ano de 2004.

## **Discussão**

### Auto-correlação dos pontos de amostragem

O fato das variáveis ambientais do protocolo não apresentarem relação significativa com a distância física representa uma independência entre os locais amostrados, uma vez que a proximidade entre locais não leva a estrutura de habitat similar. Dessa forma, a variação ambiental encontrada no sistema estudado pode estar bem distribuída dentro do local de amostragem possibilitando uma colonização igual por sub-bacia, para cada espécie.

### Relação entre a similaridade das assembléias e a distância física

Apenas a distância euclidiana entre pontos apresentou relação significativa com a similaridade das assembléias, sugerindo que a principal forma de dispersão das

espécies de Gerromorpha na escala de estudo é através do vôo e não por deriva pelo corpo de água como normalmente acontece com organismos aquáticos (Brittain & Eikeland 1988). Assim, a conectividade entre os corpos de água não possuiria muita influência na troca de indivíduos entre locais diferentes, e sim a distância em linha reta. Esse padrão de distribuição se deve provavelmente a alternância de gerações que algumas espécies possuem. A fase alada teria a função de colonizar novas locais evitando a competição intra-específica, e áptera, a função de estabelecimento de populações após a chegada dos colonos (Andersen 1982).

#### Estrutura de habitat e dissimilaridade da assembléia

A relação significativa entre a dissimilaridade ambiental entre os locais e a dissimilaridade das assembléias coletadas denota uma dependência da estruturação da assembléia com a estrutura do habitat. Assim locais, que possuem habitats semelhantes por sua vez possuirão uma assembléia mais parecida. Lloyd *et al.* (2005), observaram o mesmo padrão para comunidades de macroinvertebrados bentônicos em rios do sudeste da Austrália, porém utilizando medidas ambientais distintas. Sua amostragem se deu, entretanto, apenas em rios de grande porte, diferente do estudo aqui elaborado, que primou apenas por igarapés pequenos de no máximo terceira ordem.

O fato da riqueza não possuir relação significativa com a estrutura do habitat, no presente estudo, demonstra que a mudança no ambiente não acarreta na perda ou aumento do número de espécies, mas sim na mudança da composição das assembléias. Dessa forma, as espécies presentes nas localidades estão associadas à seletividade das mesmas ao ambiente, onde as espécies mais oportunistas estariam associadas a locais com habitat diferente de espécies mais seletivas. A dinâmica da ocupação das localidades se iniciaria com a chegada dos indivíduos de espécies distintas através de processos dispersivos, tais como vôo ou através de deriva pelo corpo de água (Robson & Chester 1999), mas o estabelecimento da população seria determinado pela especificidade do habitat pela espécie.

A relação entre três matrizes de dissimilaridade testa o quanto uma variável é importante na determinação de outra quando uma segunda variável preditora é controlada (Manly 1991). No caso aqui observado encontrou-se uma relação positiva na dissimilaridade ambiental sobre estrutura da assembléia de Gerromorpha, mesmo quando a variável distância geográfica é computada junta.

Quando observamos a Figura 2, representando a relação entre o habitat e a assembléia de Gerromorpha, vemos um acúmulo de pontos na região superior esquerda. Acúmulo esse representando locais com pouca diferença ambiental, porém com assembléias muito dissimilares. Na Figura 3, pode ser observado que localidades mais distantes tendem a possuir uma maior dissimilaridade das assembléias, indicando um possível efeito de massa (Kunin 1998, Robson & Chester 1999, Hubbell 2001). Esse efeito de massa indicaria que pontos com maior distância geográfica teria menor troca de indivíduos mesmo possuindo uma dissimilaridade ambiental pequena, como demonstrado na Figura 4. Isso justificaria a queda do valor de correlação entre as matrizes ( $r$ ) quando analisado a similaridade da assembléia com as variáveis ambientais e distância geográfica simultaneamente no teste do Mantel parcial, em relação ao teste simples de Mantel com a variável ambiental (Tabela 2).

### 3. Capítulo 2

*“The only perfect description of the  
real world is the real world itself”*

*Begon 2006*

#### **Fatores locais e características bionômicas determinantes da ocorrência das espécies de *Gerromorpha* em igarapés da região da Amazônia central**

##### **Introdução**

O estudo da alternância de diversidade entre localidades se torna incompleto quando dados biológicos dos organismos não são levados em consideração. Dentre esses estudos aqueles que buscam relacionar as espécies com as condições ambientais possuem um caráter importante, permitindo uma melhor compreensão dos mecanismos que ocasionam essa mudança entre comunidades (Gering & Crist 2002).

A discussão sobre como os organismos interagem com o ambiente iniciou-se junto a própria criação da ciência da Ecologia (Grinnell 1924), sendo considerada como base para formulação das principais teorias ecológicas. A formulação dessa interação em um conceito abstrato ocorreu quando Hutchinson (1957, 1959, 1961) propôs a teoria do nicho multidimensional. Tal conceito limita a distribuição dos organismos a locais onde as condições e recursos ambientais estejam em determinados níveis de tolerância para que a espécie possa permanecer ou até mesmo aumentar o número de indivíduos (Begon *et al.* 2006).

Porém, a inferência de ocorrência de organismos em locais pode ser influenciada pelo fato da não detecção deles nesses locais, implicando em uma falsa ausência (MacKenzie *et al.* 2005). Em amostragem de animais a detecção da espécie é indicativa da presença, mas o contrário não, o que vêm a ser chamado de probabilidade de detecção menor que 1. Se não houver uma correção estatística desse erro amostral, existe a probabilidade de conclusões errôneas em estudos de ecologia de populações e comunidades.

Os modelos de verossimilhança vêm sendo aplicados para otimização da observação de espécies com probabilidade de detecção menor que 1 (MacKenzie & Kendall 2002b). Os mesmos calculam as “funções de incidência” (Diamond 1975, Hanski 1992) que diz respeito a probabilidade de ocorrência da espécie em um ambiente

como uma função das características locais, levando em consideração também a probabilidade do organismo não ter sido coletado. Nesses modelos, podem ser incorporados variáveis ambientais (MacKenzie & Kendall 2002a) e, caso as mesmas possuam influência na ocorrência da espécie, a função de incidência da mesma é alterada.

A assembléia de animais que vivem na interface entre ar e água de corpos de água doce (pleuston), é um objeto de estudo interessante para determinantes ecológicos de ocorrência de espécies, graças a requerimentos especializados de habitat. A ocorrência de percevejos semi-aquáticos é influenciada por características físicas do ambiente, distribuição espacial de manchas de habitat, e interação entre as espécies (Arrington *et al.* 2005, McAbendroth *et al.* 2005). Espécies distintas exibem preferências por diferentes ambientes, distribuindo-se em uma variação de habitats que vão desde solos úmidos, margens até o meio do corpo de água (Andersen 1982).

Poucos estudos foram elaborados para observar a preferência de habitats em nível específico para a infra-ordem Gerromorpha, o que não permite criação de hipóteses relacionadas à ocorrência das espécies. Para eliminar essa lacuna de conhecimento de biologia utilizou-se a premissa que espécies pertencentes ao mesmo gênero responderiam de maneira similar ao ambiente. Porém, quando analisamos grupos irmãos é necessário retirar o efeito do parentesco, como maneira de discernir se a característica em estudo é proveniente de processos ecológicos ou de ancestralidade (Westoby *et al.* 1995a, Westoby *et al.* 1995b, Harvey 1996, Diniz-Filho 2000).

Foram elaboradas três hipóteses para explicar a ocorrência das espécies (Tabela 6). Essas hipóteses estão de acordo com características morfológicas e comportamentais que as pertencentes ao mesmo gênero e a sua possível relação desses caracteres com o ambiente. Nesse panorama, as espécies dos gêneros *Euvelia*, *Microvelia* e *Mesovelia* por possuírem menor tamanho corporal e distribuição mais agregada às margens dos corpos de água, necessitariam de locais com maior quantidade de refúgios, o que seria proporcionado pela existência de mata ciliar bem estruturada e alternâncias entre áreas de corredeira e remanso ao longo do curso do igarapé. *Brachymetra* spp. e *Rhagovelia* spp. normalmente aparecem em manchas com grande quantidade de indivíduos, necessitando uma maior quantidade de entrada de alimento (pequenos insetos que caem na superfície do corpo de água), proveniente do entorno, relacionados assim a presença de mata ciliar no igarapé. Localidades que possuem maior quantidade de meandros e remansos no canal do igarapé, seriam propícias para a ocupação de espécies maiores

como as do gênero *Stridulivelia*, visto que com o aumento do tamanho corpóreo poderia influenciar a possibilidade de um organismo ser carregado por correnteza mais forte.

Com informações sobre quais fatores estão relacionados à ocorrência das espécies e como essa relação se dá, potenciais espécies indicadoras de mudanças ambientais de origem antrópica podem ser identificadas, no caso, seriam as que possuam menor exigência quanto ao ambiente. O contrário, ou seja, espécies que possuam maior exigência, seriam organismos mais sensíveis indicando localidades com menor alterações ambientais.

Nesse capítulo foram testadas as hipóteses sobre a ocorrência de 17 espécies de Gerromorpha usando modelos de máxima verossimilhança, considerando se espécies maiores são mais facilmente observadas com o mesmo esforço amostral. Outro objetivo do trabalho foi relacionar a probabilidade da ocorrência das espécies com um conjunto de características ambientais do local.

### Espécies analisadas

Como nem todas as espécies amostradas possuíram uma taxa de ocorrência maior que 10% dos locais amostrados para serem utilizadas nos modelos de verossimilhança, apenas 17 foram utilizadas. Na Tabela 4 as espécies escolhidas, bem como seu tamanho corporal, são apresentadas.

Tabela 4 – Espécies de Gerromorpha e seu tamanho médio, selecionadas para serem utilizadas nos modelos de verossimilhança de ocorrência em igarapés na região da Amazônia central próximos as cidades de Manaus e Rio Preto da Eva no ano de 2004

Espécies	Número total de ocorrências	Tamanho médio da espécie (mm)
<i>Mesovelvia mulsanti</i> (White)	4	3,1
<i>Me. sp1</i>	5	2,2
<i>Euvelia sp1</i>	5	1,5
<i>Microvelia hinei</i> (Drake)	9	1,7
<i>M. pulchella</i>	4	1,5
<i>M. sp1</i>	4	1,6
<i>Rhagovelia amazonensis</i> (Gould)	8	3,2
<i>R. evites</i> (Bacon)	7	2,8
<i>R. traili</i> (Buchanan & White)	10	3,0
<i>R. sp1</i>	11	3,1
<i>R. sp2</i>	3	2,4
<i>R. sp4</i>	4	2,6
<i>Stridulivelia stridulata</i> (Hung)	9	5,7
<i>S. tersa</i> (Harr)	13	4,6
<i>S. transversa</i> (Hungerford)	13	2,9
<i>Brachymetra lata</i> (Shaw)	28	3,5
<i>Tachygerris surinamenses</i> (Hungerford & Matsuda)	3	4,5

### **Adequação das variáveis ambientais e hipóteses testadas**

Para a construção dos modelos foi necessário transformar as variáveis preditoras do protocolo utilizado para caracterizar o local de coleta em variáveis binárias. Essa transformação foi necessária porque o protocolo possui variáveis categóricas não ordinais, o que não permitia uma visualização da influência direta das mesmas sobre a ocorrência dos organismos, tornando-as impróprias para a utilização nos modelos. Os novos parâmetros então foram: presença de mata ciliar; presença de distúrbio na mata ciliar; presença de heterogeneidade ambiental no canal do igarapé e presença de macrófitas no igarapé. Heterogeneidade ambiental no canal representa a presença de remansos e correntezas, bem como objetos presentes no leito, tais como troncos ou pedras. A Tabela 5 demonstra como ficou a disposição dos valores das variáveis para cada igarapé. Outra variável inserida nos modelos é a seqüência que as sub-amostras foram coletadas em cada igarapé, representando como número de amostras pode influenciar na probabilidade de detecção das espécies.

Tabela 5 – Igarapés da região da Amazônia Central próximos a cidade de Manaus e Rio Preto da Eva e suas respectivas variáveis adequadas para a utilização nos modelos de verossimilhança no ano de 2004

Local*	Variáveis ambientais **			
	Mata ciliar	Mata ciliar sem distúrbio	Heterogeneidade ambiental no canal do igarapé	Macrófitas no igarapé
Rpe1	1	0	0	1
Rpe2	1	0	0	0
Rpe3	1	1	0	1
Rpe4	0	0	0	0
Rpe5	1	1	1	1
Rpe6	1	1	1	1
Rpe7	0	0	0	0
Ru1	1	1	1	1
Ru2	1	1	1	1
Ru3	1	1	1	1
Ru4	1	0	0	0
Ru5	1	0	0	1
Ru6	1	1	1	1
Ru7	1	1	0	1
Ru8	1	1	1	1
Ru9	1	1	0	1
Rt1	1	1	0	1
Rt2	1	1	0	1
Rt3	1	1	0	1
Rt4	1	1	0	1
Rt5	1	0	0	0
Rc1	1	0	1	1
Rc2	1	0	0	1
Rc3	1	1	1	1
Rc4	1	1	1	0
Rc5	1	1	1	0
Rc6	1	0	0	1
Rc7	1	1	0	1
Rc8	1	1	1	1
Rc9	1	1	1	1
Rc10	1	1	1	1
Rc11	1	1	1	1
Rc12	1	1	1	1

\* Rpe - Rio Preto da Eva, Ru - Rio Urubu, Rt - Rio Tarumã, Rc - Rio Cuieiras

\*\* Valores de 1 correspondem à presença da variável e 0 a sua ausência.

As hipóteses a serem testadas, bem como os gêneros a qual elas estão relacionadas estão expostas na Tabela 6.

Tabela 6 – Modelos e hipóteses associadas para a ocorrência de espécies agrupadas por gêneros de Gerromorpha em igarapés da Amazônia central próximos as cidades de Manaus e Rio Preto da Eva no ano de 2004

Nome do modelo	Hipótese	Ambiente (Variáveis)	Gêneros de Gerromorpha
h1	A ocupação não é relacionada com nenhuma variável ambiental	Nenhuma	Todos
h2	Ocupação é alta em locais com acessos fáceis a refúgios	Mata ciliar sem distúrbio × Heterogeneidade ambiental no canal do igarapé × Macrófitas no igarapé	<i>Euvelia</i> , <i>Mesovelia</i> , <i>Microvelia</i>
h3	A ocupação é alta na presença de mata ciliar	Mata ciliar sem distúrbio	<i>Brachymetra</i> , <i>Rhagovelia</i>
h4	Espécies com tamanhos corporais maiores possuem alta taxa de ocupação em igarapés com canal heterogêneos	Heterogeneidade ambiental no canal de igarapé	<i>Stridulivelia</i>
h5	Ocupação é afetada por uma função aditiva entre todas as variáveis ambientais	Mata ciliar sem distúrbio + Heterogeneidade ambiental no canal do igarapé + Macrófitas no igarapé	Todos

Todos os modelos foram testados para todas as espécies com e sem a influência do número de amostras, totalizando assim 10 modelos para cada espécie. Para observar qual modelo melhor se adequava para as espécies foi utilizado o valor de AIC (Akaike's information criterion) padronizado. O parâmetro de AIC pode ser interpretado como sendo a contribuição do modelo para explicar um conjunto particular de dados (Williams *et al.* 2002), criando uma medida de balanço entre a complexidade (o número de variáveis preditoras inseridas no modelo) e o quanto o mesmo consegue ser semelhante aos dados de amostragem (estimado pela máxima verossimilhança) (Akaike 1974). O valor de AIC padronizado (wAIC) é a porcentagem que um modelo explica em um conjunto de dados, quando o mesmo está em um agrupamento de modelos competitivos.

O modelo h1 representa a hipótese nula esperada para a ocorrência das espécies, pois reflete como seria a presença dos organismos caso não exista relação entre o ambiente e as espécies. O modelo h5 é exatamente o oposto, onde qualquer variação ambiental, por menor que seja, acarreta mudanças na função de incidência das espécies. Esses tipos de modelos inseridos na análise fazem parte do protocolo proposto por Gotelli & Graves (1996a) para verificar todos os possíveis efeitos influenciando sobre

experimentos observacionais. Os modelos foram elaborados usando o programa Presence (Hines 2006).

As filogenias propostas por Damgaard et al. (2005a) e Andersen (1997) serviram confirmara a monofilia dos gêneros da infra-ordem Gerromorpha.

### **Teste de hipóteses**

Para testar as hipóteses propostas para os gêneros foram observados quais modelos melhor descreviam o conjunto de dados da ocorrência da espécie com um valor de wAIC maior que 0,2. Após isto, foi utilizada a mesma metodologia para valores de wAIC maiores que 0,1 a fim de elaborar uma análise menos conservadora e identificar fatores que poderiam influenciar a ocorrência de espécies. Desta relação foram discriminadas quais espécies que tiveram a hipótese *a priori* conservada pelo conjunto de modelos elaborados. A hipótese *a priori* era conservada caso o valor do coeficiente da variável fosse positivo, refletindo uma interação positiva entre a variável preditora e a ocorrência da espécie (ver anexo 3 para os valores de todos, os coeficientes dos modelos).

Para testar se os modelos explicam bem a ocorrência das espécies selecionadas para os mesmos, foi feito um teste exato de Fisher para cada hipótese. No teste, foi avaliado quantas vezes o modelo melhor descreveu a ocorrência das espécies selecionadas para a hipótese contra a enumeração de vezes que o mesmo foi melhor para outras espécies não selecionadas. Com esse teste *a posteriori* houve a possibilidade de observar o quanto as hipóteses estavam de acordo com a ocorrência dos organismos. As hipóteses que foram testadas são os modelos h2, h3 e h4, pois são as que representam predições baseadas na biologia das espécies.

O valor do AIC ponderado (Dif) foi utilizado para determinar se o modelo da hipótese conseguia descrever bem a ocorrência da espécie. Assim, foram comparados o valor do wAIC do modelo da hipótese com o wAIC do modelo mais simples, no caso, o modelo da hipótese h1, através da equação:

$$\text{Equação 5: } Dif = wAIC_{hipótese\_espécie} - wAIC_{mod\_1}$$

Se essa diferença for maior que 0,10 indica que o modelo descreve os dados melhor que a hipótese nula, de acordo com a metodologia proposta por Williams et al. (2002), corroborando o modelo para a espécie.

Gráficos de incidência foram elaborados para as espécies com os modelos que explicavam bem a sua ocorrência, relacionando o valor do coeficiente da variável com a presença da espécie. No caso, para desenhar a curva da incidência foi utilizada a seguinte equação logística:

$$\text{Equação 6: } q_i = \frac{\exp(X_i \mathbf{b})}{\exp(X_i \mathbf{b}) + 1},$$

onde  $q_i$  é a probabilidade da ocorrência da espécie no local  $i$ ;  $X_i$  o valor da variável  $X$  no mesmo local; e  $\beta$  é o coeficiente estimado para o efeito da variável. Como as variáveis possuem valores entre 0 e 1, os igarapés foram ordenados de acordo com a variável em questão para ajustar a curva de probabilidade relacionada à ocorrência das espécies. Com esses gráficos é possível ver o efeito da variável sobre a ocorrência da espécie.

Para o teste da hipótese relacionada ao tamanho das espécies e sua possível influência na amostragem, o mesmo procedimento de seleção de modelo foi realizado, com a diferença que poderia ser qualquer modelo, mas que tivesse a variável número de amostras. As espécies foram separadas em espécies grandes e pequenas utilizando a mediana dos valores de todos os tamanhos. Após essa separação o teste exato de Fisher foi calculado comparando a quantidade de vezes que o modelo com número de amostras foi melhor preditor para ocorrência de espécies pequenas contra quantas vezes que o modelo sem essa variável era melhor tanto para as espécies pequenas quanto para as grandes.

## Resultados

Após a construção dos modelos algumas espécies tiveram que ser excluídas das análises. Este corte ocorreu devido à obtenção de valores altos na matriz de variância e co-variância, tornando-o pouco confiável. As espécies que foram retiradas foram *Microvelia pulchella*, *M. sp1*, *Tachygerris surinamenses*, reduzindo o número de espécies para 14. Os modelos com os valores de AIC e os coeficientes das variáveis estão no Anexo 3.

Os valores dos AIC padronizados dos modelos mais simples (h1), das que melhor descreveram e das hipóteses prévias estão exibidos na Tabela 7. Junto a esses valores está também a distância desses modelos para o modelo mais simples o que representaria o teste da hipótese. Valores negativos da diferença dos modelos indicam que a inclusão de variáveis não melhora o modelo preditivo mais simples para a

ocorrência da espécie. Valores em negrito indicam uma diferença grande entre os modelos em relação ao mais simples melhorando a predição para a espécie.

Tabela 7 – Modelos que descreveram a ocorrência das espécies e valores de AIC padronizados para as espécies de Gerromorpha na região da Amazônia Central próximos as cidades de Manaus e Ripo Preto da Eva no ano de 2004

Espécies	wAIC para o modelo da Hipótese	wAIC para o modelo 1	Diferença de wAIC para o modelo da hipótese	Modelo com maior valor de wAIC	wAIC para o melhor modelo	Diferença de wAIC para o melhor modelo
<i>Euvelia</i> sp1	0,124	0,043	0,081	Modelo 5 com influência de amostra	0,222	<b>0,179</b>
<i>Microvelia hinei</i>	0,206	0,251	-0,044	Modelo 1	0,251	0,000
<i>Mesovelia mulsanti</i>	0,102	0,251	-0,148	Modelo 1	0,251	0,000
<i>Mesovelia</i> sp1	0,086	0,166	-0,080	Modelo 3	0,385	<b>0,219</b>
<i>Rhagovelia amazonensis</i>	0,097	0,108	-0,010	Modelo 4	0,369	<b>0,261</b>
<i>Rhagovelia evites</i>	0,010	0,021	-0,010	Modelo 2	0,475	<b>0,453</b>
<i>Rhagovelia traili</i>	0,108	0,215	-0,107	Modelo 1 com influencia de amostra	0,215	0,000
<i>Rhagovelia</i> sp1	0,164	0,187	-0,022	Modelo 1 com influencia de amostra	0,187	0,000
<i>Rhagovelia</i> sp2	0,195	0,168	0,026	Modelo 1 com influencia de amostra	0,195	0,026
<i>Rhagovelia</i> sp4	0,174	0,099	0,074	Modelo 2	0,174	0,074
<i>Stridulivelia transversa</i>	0,143	0,379	-0,236	Modelo 1 com influencia de amostra	0,379	0,000
<i>Stridulivelia tersa</i>	0,138	0,300	-0,161	Modelo 1	0,300	0,000
<i>Stridulivelia stridulata</i>	0,169	0,343	-0,173	Modelo 1	0,343	0,000
<i>Brachymetra lata</i>	0,069	0,165	-0,096	Modelo 4	0,553	<b>0,387</b>

\* Valores em negrito indicam diferença substancial entre AIC padronizados

Os testes relacionados à eficácia dos modelos para um conjunto de espécies é indicado na Tabela 8, relacionando a quantidade de vezes que os modelos escolhidos conseguiram predizer bem a ocorrência das espécies em comparação ao conjunto de espécies totais.

Tabela 8 – Resultados para os testes exatos de Fisher para as hipóteses com relação a ocorrência de espécies dos gêneros de Gerromorpha em igarapés da Amazônia central próximos a cidade de Manaus e Rio Preto da Eva no ano de 2004

Modelo	Número de espécies selecionadas para o modelo		Número de espécies não selecionadas para o modelo		Valor de p
	Explicadas pelo modelo	Não explicadas pelo modelo	Explicadas pelo modelo	Não explicadas pelo modelo	
2 com AIC > 0,1	2	2	4	6	0,594
2 com AIC > 0,2	0	4	0	10	Nulo *
3 com AIC > 0,1	3	3	3	5	0,529
3 com AIC > 0,2	0	6	2	6	0,307
4 com AIC > 0,1	1	2	4	7	0,725
4 com AIC > 0,2	0	3	2	9	0,604
Número de amostra como variável	4	4	1	5	0,237

\* O teste não foi utilizado devido ao fato de o modelo não ter explicado a ocorrência com um valor de AIC alto suficiente para nenhuma espécie selecionada

Os gráficos foram elaborados para as seguintes espécies *B. lata* e *R. amazonensis* com a variável que descreve a heterogeneidade do canal do igarapé, *R. evites* com todas variável ambientais multiplicadas e *Me. sp1* e a variável relacionada a mata ciliar sem distúrbio (Figs. 5-8). Essas espécies foram escolhidas pois apresentaram modelos com valores de wAIC maiores que o modelo h1. Todas as espécies apresentaram interações positivas com as variáveis, menos *R. evites*, como observado na Fig. 8.

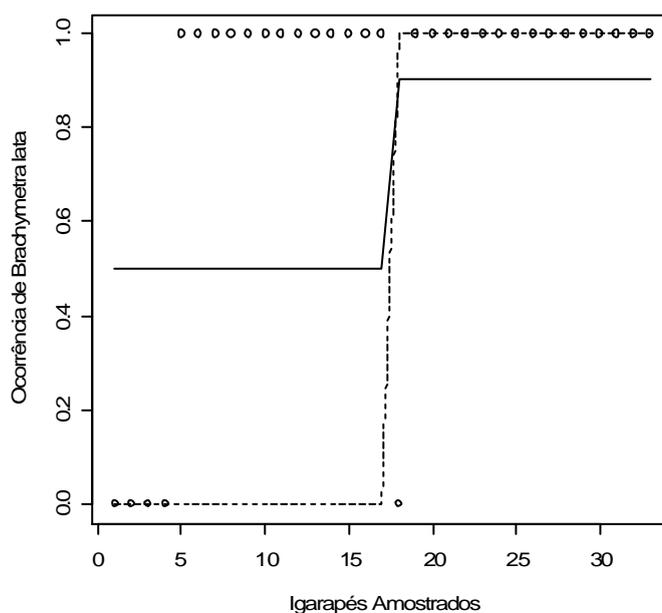


Figura 5 – Ocorrência da espécie *Brachymetra lata*, relacionada à heterogeneidade do canal em igarapés da região da Amazônia central próximos as cidades de Manaus e Rio Preto da Eva, no ano de 2004. A linha representa a probabilidade de ocorrência da espécie, enquanto a linha tracejada representa a variação entre 0 e 1 da variável preditora

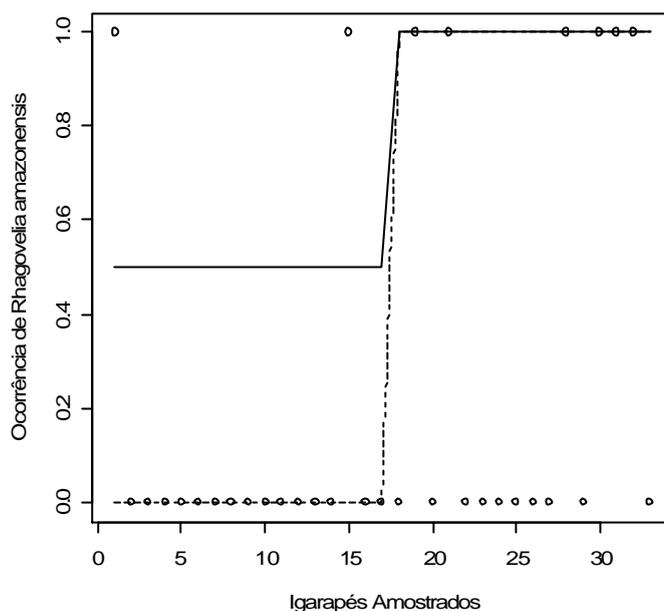


Figura 6 – Ocorrência da espécie *Rhagovelia amazonensis*, relacionada à heterogeneidade do canal em igarapés da região da Amazônia central próximos as cidades de Manaus e Rio Preto da Eva, no ano de 2004. A linha representa a probabilidade de ocorrência da espécie, enquanto a linha tracejada representa a variação entre 0 e 1 da variável preditora

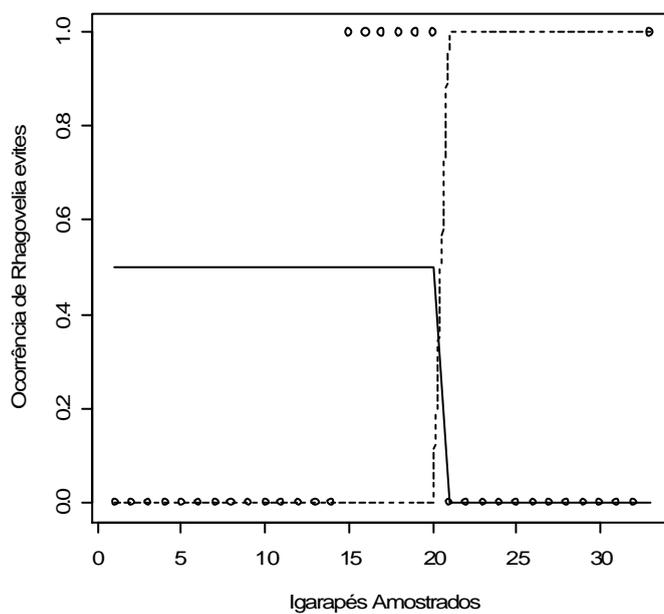


Figura 7 – Ocorrência da espécie *Rhagovelia evites*, relacionada à estrutura de habitat em igarapés da região da Amazônia central próximos as cidades de Manaus e Rio Preto da Eva, no ano de 2004. A linha representa a probabilidade de ocorrência da espécie, enquanto a linha tracejada representa a variação entre 0 e 1 da variável preditora

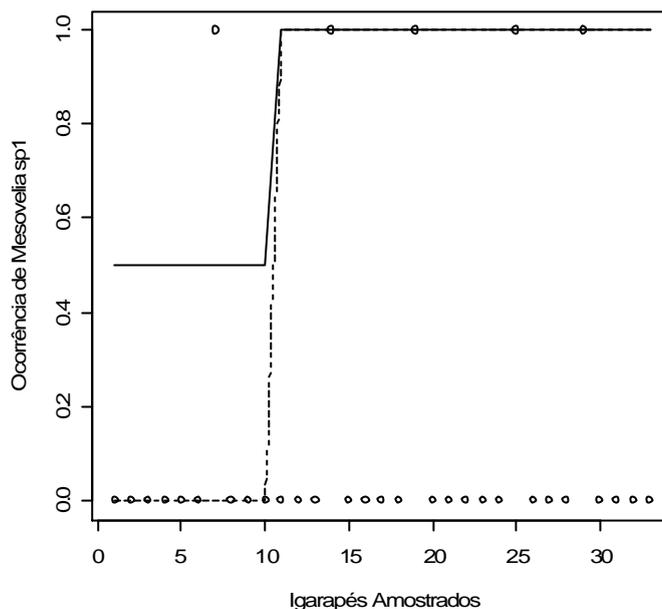


Figura 8 – Ocorrência da espécie *Mesovelia* sp1, relacionada à presença de mata ciliar em igarapés da região da Amazônia central próximos as cidades de Manaus e Rio Preto da Eva, no ano de 2004. A linha representa a probabilidade de ocorrência da espécie, enquanto a linha tracejada representa a variação entre 0 e 1 da variável preditora

## Discussão

A falta de influência do tamanho da espécie sobre a probabilidade de detecção do organismo possui implicações para o desenvolvimento de toda a discussão. Como não existe essa relação, assumi-se que a diferença nas probabilidades de observação entre espécies seja explicada pela relação do organismo com o ambiente e do padrão de utilização do meio pelo organismo, e não por falha de amostragem. O estudo abrangeu dois espectros no padrão de ocupação do habitat pelos organismos, um baseado na relação direta da espécie com o ambiente e o outro na similaridade desse padrão para um agrupamento taxonômico de espécies, no caso representado por gêneros.

As espécies *Euvelia* sp1, *Rhagovelia* sp2 e *Rhagovelia* sp4 apresentaram valores de AIC padronizados maiores para os modelos das hipóteses propostas que os modelo mais simples. Porém esses mesmos valores não foram grandes o suficiente indicando que a inclusão de variáveis ambientais não representa uma melhoria no modelo para a predição de ocorrência dessas espécies.

Das 14 espécies avaliadas, seis obtiveram modelos que incluíam variáveis ambientais com os maiores valores para o AIC padronizado. As espécies e seus respectivos modelos são: *Euvelia* sp1 com modelo mais completo (modelo h5), *Mesovelia* sp1 com o modelo que inclui o distúrbio na mata ciliar (modelo h3), *R. evites*

no modelo que leva em consideração todas as variáveis ambientais em conjunto (modelo h2) e, *B. lata* e *R. amazonensis* influenciadas pela heterogeneidade no canal do igarapé (modelo h4).

Diferente das outras espécies, *R. evites*, apresentou um coeficiente negativo relacionado com sua ocorrência, refletindo que a espécie tem probabilidade maior de ser encontrada em locais com algum nível de mudança na estrutura do habitat. O modelo, que leva em consideração todas as variáveis ambientais em conjunto é o mais sensível a variações ambientais o que poderia significar que a espécie tem hábito oportunista, ocorrendo junto a distúrbios ambientais. Isso torna a espécie um potencial indicador de qualidade de habitat para igarapés, servindo como indicadora de mudanças pequenas que igarapés podem estar sujeitos na região.

As espécies que possuam valores positivos de coeficientes para as variáveis demonstrariam uma menor tolerância a distúrbios, pois a probabilidade de ocorrência da espécie seria reduzida com qualquer mudança ambiental. Nesse panorama encontra-se *Euvelia* sp1, que não possuiria tanta exigência já que a ausência de alguma estrutura do habitat é compensada pela existência de outra estrutura, permitindo assim que a espécie tenha uma maior plasticidade na escolha de habitats. O gênero *Mesovelia* é representado por espécies que se encontram, preferencialmente, sob folhas de herbáceas ribeirinhas (Andersen 1982), demonstrando assim a sensibilidade de *Mesovelia* sp1 em relação a qualquer alteração na mata ciliar, onde uma redução de cobertura vegetal nesse ambiente reduziria a probabilidade de ocorrência da espécie. *B. lata* e *R. lata* possuem como habitat a região central do canal, demonstrando assim sua dependência com a heterogeneidade encontrada no igarapé, onde a existência de locais com corredeiras e meandros seriam facilitadores para a sua ocorrência. No caso dessas duas espécies, locais com micro-habitats diferenciados permitiriam que diferentes estádios de vida dos organismos possam viver, onde as larvas não costumam co-habitar com indivíduos adultos, tanto por adversidade do meio como por predação dos adultos (Deshefy 1980, Foster & Treherne 1980, Blanckenhorn 1991, Spence & Carcamo 1991, Haskins *et al.* 1997).

A infra-ordem Gerromorpha é filogeneticamente bem estudada até gênero (Andersen 1997, Damgaard *et al.* 2005b), permitindo o levantamento de hipóteses nessa resolução taxonômica. Para espécies do mesmo gênero era esperado que a função de ocupação respondesse de forma semelhante, possuindo características ambientais semelhantes para determinação da sua ocorrência (Hengeveld 1980, Richman 1996).

Essa expectativa não foi observada nos resultados, já que nenhuma hipótese relacionada ao agrupamento das espécies foi corroborada no teste exato de Fisher (Tabela 8). Assim espécies do mesmo gênero possuem requerimentos ambientais distintos, demonstrando a fraca influência da filogenia na estimativa de ocorrência das espécies em pequena escala.

O número de espécies que não tiveram o melhor modelo aqueles levando em consideração variáveis ambientais representaram 60%. Fatores como o efeito de massa e interações bióticas entre as espécies podem funcionar como “ruído” nos modelos que explicam a ocorrência das espécies que levam em consideração a relação do organismo com o ambiente, reduzindo a sua importância para a função de incidência. O efeito de massa permitiria que espécies não “adaptadas” a condições ambientais de um igarapé estejam presente no mesmo através de migração de locais onde exista uma população viável, criando o sistema fonte-sumidouro (Gilpin & Hanski 1991, Gotelli 1998, Hubbell 2001, Begon *et al.* 2006).

Como os habitats favoráveis para sustentar uma população de insetos é espalhada em manchas no igarapé (McAbendroth *et al.* 2005) e a distribuição das populações agregadas (Travers 1993) resultaria em uma maior taxa de encontros localmente entre as espécies. Em consequência as interações bióticas negativas como competição reduziria a probabilidade da ocorrência de uma espécie em um igarapé que apresenta uma estrutura de habitat ideal para a mesma (Lotka 1925, Volterra 1926, Tokeshi & Romero 1995, Kawai & Tokeshi 2006).

Para a melhor compreensão da ocorrência das espécies de Gerromorpha é necessário entender as interações bióticas entre as espécies além da influência do meio sobre uma dada espécie. Para tal fim, novos estudos sobre a ocorrência de indivíduos da infra-ordem Gerromorpha devem ser orientados para a detecção da influência de interações bióticas entre as espécies sobre as taxas de coexistência das mesmas.

#### 4. Conclusões

*“Oh! Ai de mim! Tudo está claro!  
Ó luz, que eu te veja pela derradeira vez!”  
Sófocles, Édipo Rei*

A distribuição das espécies de Gerromorpha em igarapés da região da Amazônia central possui relação com a distribuição de tipos de habitats distintos na matriz florestal. Essa mesma distribuição, porém, não é representada por acréscimo da riqueza em locais que possuem diferenças ambientais marcantes, mas sim por uma substituição das espécies. Muitos protocolos que visam observar o grau de preservação de corpos de água corrente utilizam o aumento da riqueza de espécies de macro-invertebrados como um parâmetro de melhoria do habitat (Thorne & Williams 1997, Karr 1999). Porém tal resultado aparentemente não é observado no estudo aqui apresentado para a assembléia de Gerromorpha, visto que não há aumento nem redução do número de espécies em localidades com ambientes distintos. Resultado divergente com o encontrado por Couceiro *et al.* (2006) em igarapés na região de Manaus, onde locais submetidos a desflorestamentos e poluição apresenta um menor número de taxa de macro-invertebrados aquáticos.

Uma hipótese que explica essa diferença nos resultados está relacionada ao habitat do organismo estudado, onde organismos bentônicos sofreriam mais com desmatamento e poluição por estarem mais intimamente em contato com a coluna de água. Isso impossibilitaria a ocupação desses organismos nesses locais por estresse fisiológico, acarretado pelo aumento de nutrientes e/ou poluentes. Como Gerromorpha utiliza apenas a superfície da coluna de água como substrato físico seu contato é menor, sofrendo menos com a modificação físico-química do corpo de água.

Para questões de conservação esse horizonte é interessante e ao mesmo tempo, preocupante, pois para a preservação de um grande número de espécies é necessária a conservação desse mosaico de ambientes. Apesar da mudança da composição da assembléia estar relacionada à mudança da estrutura de habitat, o meio ambiental não foi suficiente para explicar a ocorrência das espécies, como observado nos modelos de verossimilhança. Organismos que possuem uma mobilidade mais limitada possuiriam assim uma maior relação com o meio na escolha de ambientes aonde se estabelecer, como visto por Steinitz (2006b) e Harrison (1992). Em animais que possuem uma maior mobilidade, como no caso da infra-ordem Gerromorpha, a taxa de encontros intra ou

inter-específico é maior. Assim a estrutura da assembléia localmente responderia tanto a processos em larga e meso escala como dispersão e seleção de habitats por espécies e também a processos em micro escala como relações bióticas entre as espécies.

Nesse panorama é válido observar que para a elaboração de uma estratégia visando a conservação do maior número possível de espécies, a preservação deve abranger um maior número possível de repetições do mosaico de habitats. Medida que mitigaria a interferência que uma espécie pode ocasionar na ocorrência de outra espécie quando, quando as duas encontram-se no mesmo local.

## 5. Anexos

Anexo 1 – Parâmetros do Protocolo e valores que podem ser observados por cada parâmetro segundo Nessimian *et. al.* 2006

Parâmetros	Escala medidas por parâmetro					
	1	2	3	4	5	6
1. Padrão de Uso da Terra além da zona de vegetação ribeirinha	Floresta Contínua/Fragmento de 100 – depois fragmento de 10	Capoeira <i>Cecropia</i>	Capoeira <i>Vismia</i>	Pasto	Cultivos Agrícolas de ciclo longo / estrada	Cultivos Agrícolas de ciclo curto
2. Largura da Mata Ciliar	Continuidade da mata ciliar com a floresta adjacente	Mata ciliar bem definida com mais de 30 m	Mata ciliar bem definida entre 5 e 30 m de largura	Mata ciliar bem definida de 1 a 5 m de largura	Mata ciliar ausente com alguma vegetação arbustiva	Vegetação arbustiva ciliar ausente
3. Estado de preservação da Mata Ciliar	Mata Ciliar intacta sem quebras de continuidade	Quebra ocorrendo em intervalos maiores que 50 m	Quebra freqüente com algumas cicatrizes e barrancos	Cicatrizes profundas com barrancos ao longo do seu comprimento		
4. Estado da Mata ciliar dentro de uma faixa de 10 m	Mais de 90% da densidade é constituída de árvores não pioneiras ou nativas	Espécies pioneiras mescladas com árvores maduras	Mescla de grama com algumas árvores pioneiras e arbustos	Vegetação constituída de grama e poucos arbustos		
5. Dispositivos de retenção	Canal com rochas e/ou troncos firmemente colocadas no local	Rochas e/ou troncos presentes mas preenchidas com sedimento	Dispositivo de retenção solto movendo-se com o fluxo	Canal livre com poucos dispositivos de retenção		
6. Sedimentos no canal	Pouco ou nenhum alargamento resultante de acúmulo de sedimento	Algumas barreiras de cascalho e pedra bruta e pouco silte	Barreira de sedimento e pedras, areia e silte comuns	Canal dividido em tranças ou rio canalizado		

7. Estrutura do barranco do rio	Ausência de barrancos	Barranco estável de rochas e/ou solo firme, coberto de grama, arbustos e raízes	Barranco firme, coberto por grama e arbustos.	Barranco com solo livre e uma camada esparsa de grama e arbustos	Barranco instável com solo e areia soltos, facilmente perturbável
8. Escavação sob o barranco	Pouca ou nenhuma evidência, ou restrita a áreas de suporte de raízes	Escavações apenas nas curvas e constrictões	Escavações frequentes	Escavações severas ao longo do canal, com queda de barrancos	
9. Aparência do substrato de pedra	Pedras limpas, arredondadas, podendo ser um pouco escurecidas	Pedras arredondadas, com um pouco de areia e silte aderidos	Algumas pedras com pontas, cobertas com areia e silte	Pedras brilhantes e com pontas, cobertas com areia e silte	
10. Leito do rio	Fundo de pedras de vários tamanhos, agrupadas, com interstício óbvio	Fundo de pedra facilmente móvel, com pouco silte	Fundo de silte, cascalho e areia em locais estáveis	Fundo uniforme de silte e areia livres, substrato de pedra ausente	
11. Áreas de corredeiras e poções ou meandros	Distintas, ocorrendo em intervalos de 5 a 7 vezes a largura do rio	Espaçamento irregular	Longos poções separando curtas áreas de corredeiras, meandros ausentes	Meandros e áreas de corredeiras/poções ausentes ou rio canalizado	
12. Vegetação Aquática	Quando presente consiste de musgos e manchas de algas	Algas dominantes nos poções, plantas vasculares semi-aquáticas ou aquáticas ao longo da margem	Emaranhados de algas, algumas plantas vasculares e poucos musgos	Algas emaranhadas no fundo, plantas vasculares dominam o canal	

---

Anexo 2 – Localidades dos pontos amostrados e os valores encontrados do protocolo, no ano de 2004  
 RPE – Rio Preto da Eva, RU – Rio Urubu, RT – Rio Tarumã, RC – Rio Cuieiras.

	Pontos Amostrados		Parâmetros do Protocolo											
	Latitude	Longitude	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
RPE1	2,61263	59,73308	2	2	2	1	1	1	2	1	3	1	1	2
RPE2	2,63738	59,73608	2	3	4	2	2	2	2	1	4	1	2	2
RPE3	2,69008	59,70050	1	1	2	1	1	1	2	1	3	1	1	2
RPE4	2,69130	59,70036	4	3	3	4	3	4	4	3	4	3	3	3
RPE5	2,53113	59,73666	1	1	1	1	1	1	2	1	3	1	1	1
RPE6	2,53452	59,71952	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1
RPE7	2,64897	59,72211	4	5	4	3	4	4	5	4	4	3	4	3
RU1	2,51702	59,72047	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
RU2	2,16100	60,09822	2	1	1	1	1	1	2	1	3	1	1	1
RU3	2,20980	59,81063	1	1	1	1	1	1	2	1	3	1	1	1
RU4	2,20338	59,83416	2	2	2	2	2	3	2	1	3	1	1	2
RU5	2,29488	60,02125	2	2	2	2	2	1	3	1	3	1	1	2
RU6	2,45672	59,56236	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
RU7	2,25602	59,73163	1	1	1	1	2	1	2	1	3	1	1	2
RU8	2,46336	59,61880	2	1	2	2	2	1	3	1	3	2	1	1
RU9	2,44236	59,54616	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2
RT1	2,63802	60,15450	1	1	1	2	1	1	1	1	3	2	1	2
RT2	2,58722	60,11972	1	1	1	1	1	1	1	1	3	2	1	2
RT3	2,56683	60,09830	1	1	1	1	1	1	1	1	3	2	1	2
RT4	2,66702	59,89036	1	1	1	2	1	1	1	1	3	2	1	2
RT5	2,61052	59,99069	2	3	2	2	2	2	1	1	3	2	1	2
RC1	2,70534	60,38371	1	2	2	2	1	1	1	1	3	1	1	1
RC2	2,70696	60,37450	1	2	1	2	1	1	1	1	3	2	1	2
RC3	2,69593	60,29520	1	1	1	1	1	1	2	1	3	1	1	1
RC4	2,69610	60,29520	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	3	1
RC5	2,63907	60,28022	1	1	1	1	1	1	3	1	3	2	2	1
RC6	2,56288	60,31760	1	1	2	1	1	1	1	1	3	1	1	2
RC7	2,53612	60,31720	1	1	2	2	1	1	2	1	3	2	1	2
RC8	2,51532	60,26233	1	1	2	1	1	1	2	1	2	2	1	1
RC9	2,52350	60,33480	1	1	2	1	1	1	2	1	3	1	1	1
RC10	2,49308	60,33419	1	1	2	1	1	1	2	1	3	1	1	1
RC11	2,45865	60,34600	1	1	2	1	1	1	2	1	3	1	1	1
RC12	2,57325	60,29582	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1

Anexo 3 – Modelos de verossimilhança testados para as espécies de Gerromorpha coletados em 32 igarapés da região da Amazônia central próximo as cidades de Manaus e Rio Preto da Eva no ano de 2004.

Espécie	Modelo	AIC <sup>3</sup>	variação AIC	wAIC <sup>4</sup>	Verossimilhança do modelo	Coefficiente da variável**	(-2*Máximo Verossimilhança)
<i>Mesovelia mulsanti</i>	Psi <sup>1</sup> (h1 <sup>5</sup> ),p <sup>2</sup> (.)	50,760	0,000	0,251	0,063	-	467597,000
	psi(h4),p(.)	50,860	0,100	0,239	0,060	-1,736 (1,299)	448614,000
	psi(h3),p(.)	51,980	1,220	0,137	0,034	-1,044 (1,187)	45982,000
	psi(h2),p(.)	52,550	1,790	0,103	0,026	0,528 (1,151)	465495,000
	psi(h1),p(cansaço)	53,230	2,470	0,073	0,018	-	492317,000
	psi(h4),p(cansaço)	53,330	2,570	0,070	0,018	-1,620 (1,164)	473333,000
	psi(h5),p(.)	54,190	3,430	0,045	0,011	-	441926,000
	psi(h3),p(cansaço)	54,450	3,690	0,040	0,010	-0,990 (1,114)	484539,000
	psi(h2),p(cansaço)	55,020	4,260	0,030	0,008	0,503 (1,096)	490214,000
	psi(h5),p(cansaço)	56,710	5,950	0,013	0,003	-	467127,000
<i>Mesovelia sp1</i>	psi(h3),p(.)	47,130	0,000	0,386	0,149	61,240 (0,000)	411343,000
	psi(h1),p(.)	48,810	1,680	0,166	0,064	-	44812,000
	psi(h3),p(cansaço)	49,390	2,260	0,125	0,048	25,695 (3,186)	433862,000
	psi(h2),p(.)	50,130	3,000	0,086	0,033	26,626 (769814,0)	441295,000
	psi(h5),p(.)	50,700	3,570	0,065	0,025	-	407015,000
	psi(h4),p(.)	50,810	3,680	0,061	0,024	2,965 (205238,9)	44812,000
	psi(h1),p(cansaço)	51,370	4,240	0,046	0,018	-	473729,000
	psi(h5),p(cansaço)	52,150	5,020	0,031	0,012	-	421474,000
	psi(h2),p(cansaço)	53,370	6,240	0,017	0,007	0,102 (1,420)	473676,000
	psi(h4),p(cansaço)	53,370	6,240	0,017	0,007	0,102 (1,420)	473676,000
<i>Euvelia sp1</i>	psi(h5),p(cansaço)	62,800	0,000	0,223	0,050	-	527956,000
	psi(h5),p(.)	63,010	0,210	0,201	0,045	-	530078,000
	psi(h2),p(cansaço)	63,960	1,160	0,125	0,028	2,156 (1,199)	579636,000
	psi(h3),p(cansaço)	64,060	1,260	0,119	0,027	38,464 (4,071)	580597,000
	psi(h2),p(.)	64,180	1,380	0,112	0,025	2,153 (1,197)	581758,000
	psi(h3),p(.)	64,270	1,470	0,107	0,024	65,398 (2,368)	582719,000
	psi(h1),p(cansaço)	66,050	3,250	0,044	0,010	-	620464,000
psi(h1),p(.)	66,260	3,460	0,040	0,009	-	622586,000	

	psi(h4),p(cansaço)	68,040	5,240	0,016	0,004	0,087 (1,221)	620411,000
	psi(h4),p(.)	68,250	5,450	0,015	0,003	0,087 (1,219)	622534,000
<i>Microvelia hinei</i>	psi(h1),p(.)	96,630	0,000	0,251	0,063	-	926349,000
	psi(h2),p(.)	97,020	0,390	0,207	0,052	-1,200 (0,987)	910223,000
	psi(h4),p(.)	97,610	0,980	0,154	0,039	-1,069 (1,106)	916134,000
	psi(h3),p(.)	98,580	1,950	0,095	0,024	-0,218 (0,948)	925817,000
	psi(h1),p(cansaço)	98,600	1,970	0,094	0,024	-	945981,000
	psi(h2),p(cansaço)	98,990	2,360	0,077	0,019	-1,145 (0,943)	929855,000
	psi(h4),p(cansaço)	99,580	2,950	0,057	0,014	-0,994 (0,995)	935766,000
	psi(h3),p(cansaço)	100,540	3,910	0,036	0,009	-0,206 (0,894)	945449,000
	psi(h5),p(.)	101,490	4,860	0,022	0,006	-	914939,000
	psi(h5),p(cansaço)	103,450	6,820	0,008	0,002	-	934507,000
<i>Microvelia pulchella</i>	psi(h1),p(.)	41,660	0,000	0,306	0,093	-	376594,000
	psi(h2),p(.)	41,660	0,000	0,306	0,093	24,250 (159776,976)	356638,000
	psi(h3),p(.)	43,630	1,970	0,114	0,035	25,358 (863115,420)	376257,000
	psi(h4),p(.)	43,660	2,000	0,112	0,034	-4,757 (-1)	376594,000
	psi(h5),p(.)	43,990	2,330	0,095	0,029	-	33987,000
	psi(h2),p(cansaço)	46,570	4,910	0,026	0,008	1,889 (1,322)	405659,000
	psi(h1),p(cansaço)	46,960	5,300	0,022	0,007	-	42956,000
	psi(h3),p(cansaço)	48,890	7,230	0,008	0,003	0,322 (1,308)	428934,000
	psi(h4),p(cansaço)	48,920	7,260	0,008	0,003	-0,266 (1,359)	429183,000
	psi(h5),p(cansaço)	51,170	9,510	0,003	0,001	-	411659,000
<i>Microvelia sp1*</i>	psi(h5),p(cansaço)	42,970	0,000	0,590	0,349	-	329666,000
	psi(h5),p(.)	44,750	1,780	0,242	0,143	-	347535,000
	psi(h3),p(cansaço)	47,900	4,930	0,050	0,030	36,919 (2,896)	419007,000
	psi(h1),p(cansaço)	49,020	6,050	0,029	0,017	-	45023,000
	psi(h4),p(cansaço)	49,120	6,150	0,027	0,016	-1,704 (1,253)	431246,000
	psi(h3),p(.)	49,640	6,670	0,021	0,012	32,802 (3,028)	436374,000
	psi(h1),p(.)	50,760	7,790	0,012	0,007	-	467597,000
	psi(h2),p(cansaço)	50,810	7,840	0,012	0,007	0,521 (1,136)	448127,000

	psi(h4),p(.)	50,860	7,890	0,011	0,007	-1,736 (1,299)	448614,000
	psi(h2),p(.)	52,550	9,580	0,005	0,003	0,528 (1,151)	465495,000
<i>Rhagovelia amazonensis</i>	psi(h4),p(.)	85,340	0,000	0,370	0,137	26,718 (2,430)	793381,000
	psi(h5),p(.)	87,020	1,680	0,160	0,059	-	770178,000
	psi(h1),p(.)	87,800	2,460	0,108	0,040	-	837961,000
	psi(h4),p(cansaço)	87,810	2,470	0,108	0,040	31,055 (2,234)	818079,000
	psi(h3),p(.)	88,010	2,670	0,097	0,036	1,486 (1,216)	820103,000
	psi(h5),p(cansaço)	89,510	4,170	0,046	0,017	-	79506,000
	psi(h2),p(.)	89,780	4,440	0,040	0,015	-0,117 (0,930)	837802,000
	psi(h1),p(cansaço)	90,270	4,930	0,031	0,012	-	86266,000
	psi(h3),p(cansaço)	90,480	5,140	0,028	0,011	1,424 (1,177)	844802,000
	psi(h2),p(cansaço)	92,250	6,910	0,012	0,004	-0,110 (0,880)	862501,000
<i>Rhagovelia evites</i>	psi(h2),p(.)	77,660	0,000	0,475	0,226	-27,108 (283948,572)	716557,000
	psi(h2),p(cansaço)	77,880	0,220	0,426	0,202	-26,166 (176168,270)	718774,000
	psi(h1),p(.)	83,860	6,200	0,021	0,010	-	798636,000
	psi(h1),p(cansaço)	84,090	6,430	0,019	0,009	-	800852,000
	psi(h5),p(.)	85,130	7,470	0,011	0,005	-	75,13
	psi(h3),p(.)	85,230	7,570	0,011	0,005	-0,739 (0,922)	792288,000
	psi(h5),p(cansaço)	85,360	7,700	0,010	0,005	-	753611,000
	psi(h3),p(cansaço)	85,450	7,790	0,010	0,005	-0,732 (0,913)	794505,000
	psi(h4),p(.)	85,590	7,930	0,009	0,004	-0,539 (1,019)	795903,000
	psi(h4),p(cansaço)	85,810	8,150	0,008	0,004	-0,535 (1,008)	79812,000
<i>Rhagovelia traili</i>	psi(h1),p(cansaço)	111,670	0,000	0,215	0,046	-	1076692,000
	psi(h1),p(.)	111,780	0,110	0,204	0,044	-	1077786,000
	psi(h3),p(cansaço)	113,050	1,380	0,108	0,023	-0,659 (0,834)	1070468,000
	psi(h2),p(.)	113,160	1,490	0,102	0,022	-0,661 (0,838)	1071562,000
	psi(h3),p(.)	113,160	1,490	0,102	0,022	-0,661 (0,838)	1071562,000
	psi(h4),p(cansaço)	113,660	1,990	0,080	0,017	0,108 (0,966)	1076565,000
	psi(h2),p(cansaço)	113,670	2,000	0,079	0,017	0,037 (0,799)	107667,000

	psi(h4),p(.)	113,770	2,100	0,075	0,016	0,109 (0,969)	1077659,000
	psi(h5),p(cansaço)	116,670	5,000	0,018	0,004	-	1066669,000
	psi(h5),p(.)	116,780	5,110	0,017	0,004	-	1067757,000
	psi(h1),p(cansaço)	121,210	0,000	0,187	0,035	-	1172141,000
	psi(h3),p(cansaço)	121,470	0,260	0,164	0,031	-1,055 (0,804)	1154695,000
	psi(h1),p(.)	121,530	0,320	0,159	0,030	-	1175262,000
	psi(h3),p(.)	121,780	0,570	0,141	0,026	-1,060 (0,808)	1157816,000
	psi(h4),p(cansaço)	123,120	1,910	0,072	0,014	0,283 (0,941)	1171217,000
<i>Rhagovelia</i> sp1	psi(h2),p(cansaço)	123,150	1,940	0,071	0,013	-0,193 (0,770)	1171503,000
	psi(h4),p(.)	123,430	2,220	0,062	0,012	0,284 (0,943)	1174338,000
	psi(h2),p(.)	123,460	2,250	0,061	0,011	-0,194 (0,772)	1174624,000
	psi(h5),p(cansaço)	124,060	2,850	0,045	0,008	-	1140592,000
	psi(h5),p(.)	124,370	3,160	0,039	0,007	-	1143714,000
	psi(h3),p(cansaço)	41,780	0,000	0,195	0,038	26,719 (1,614)	357765,000
	psi(h1),p(cansaço)	42,070	0,290	0,169	0,033	-	380707,000
	psi(h4),p(cansaço)	42,560	0,780	0,132	0,026	25,359 (1,628)	365613,000
	psi(h3),p(.)	42,880	1,100	0,113	0,022	42,971 (1,614)	368819,000
	psi(h2),p(cansaço)	43,070	1,290	0,102	0,020	1,240 (1,282)	370677,000
<i>Rhagovelia</i> sp2	psi(h1),p(.)	43,180	1,400	0,097	0,019	-	391761,000
	psi(h4),p(.)	43,670	1,890	0,076	0,015	176,355 (1,676)	376668,000
	psi(h2),p(.)	44,170	2,390	0,059	0,012	1,240 (1,282)	381732,000
	psi(h5),p(cansaço)	45,160	3,380	0,036	0,007	-	351555,000
	psi(h5),p(.)	46,260	4,480	0,021	0,004	-	362609,000
	psi(h3),p(.)	53,110	0,000	0,174	0,030	21,535 (1,815)	471084,000
<i>Rhagovelia</i> sp4	psi(h3),p(cansaço)	53,420	0,310	0,149	0,026	72,901 (1,817)	474172,000
	psi(h2),p(.)	53,840	0,730	0,121	0,021	1,741 (1,219)	478406,000
	psi(h2),p(cansaço)	54,150	1,040	0,104	0,018	1,742 (1,220)	481494,000
	psi(h4),p(.)	54,180	1,070	0,102	0,018	117,633 (1,850)	481795,000
	psi(h1),p(.)	54,230	1,120	0,099	0,017	-	502306,000

	psi(h4),p(cansaço)	54,490	1,380	0,087	0,015	142,565 (1,860)	484883,000
	psi(h1),p(cansaço)	54,540	1,430	0,085	0,015	-	505395,000
	psi(h5),p(.)	55,930	2,820	0,043	0,007	-	459283,000
	psi(h5),p(cansaço)	56,240	3,130	0,036	0,006	-	462372,000
	psi(h1),p(.)	79,450	0,000	0,344	0,118	-	754485,000
	psi(h2),p(.)	80,030	0,580	0,257	0,088	-23,548 (6,752)	740331,000
	psi(h3),p(.)	80,670	1,220	0,187	0,064	-30,566 (0,951)	746741,000
	psi(h4),p(.)	80,860	1,410	0,170	0,058	-28,675 (0,964)	748568,000
	psi(h5),p(.)	83,690	4,240	0,041	0,014	-	736899,000
<i>Stridulivelia stridulata</i>	psi(h1),p(cansaço)	92,940	13,490	0,000	0,000	-	889369,000
	psi(h2),p(cansaço)	93,320	13,870	0,000	0,000	-1,198 (0,983)	873243,000
	psi(h3),p(cansaço)	93,810	14,360	0,000	0,000	-1,002 (0,969)	878092,000
	psi(h4),p(cansaço)	93,920	14,470	0,000	0,000	-1,066 (1,098)	879154,000
	psi(h5),p(cansaço)	97,360	17,910	0,000	0,000	-	873624,000
	psi(h1),p(.)	135,260	0,000	0,300	0,090	-	1312572,000
	psi(h3),p(.)	136,590	1,330	0,154	0,046	-0,672 (0,831)	1305887,000
	psi(h4),p(.)	136,810	1,550	0,138	0,042	0,636 (0,965)	1308072,000
	psi(h2),p(.)	137,250	1,990	0,111	0,033	-0,068 (0,773)	1312493,000
<i>Stridulivelia tersa</i>	psi(h1),p(cansaço)	137,450	2,190	0,100	0,030	-	133452,000
	psi(h3),p(cansaço)	138,780	3,520	0,052	0,016	-0,647 (0,795)	1327835,000
	psi(h4),p(cansaço)	139,000	3,740	0,046	0,014	0,619 (0,942)	133002,000
	psi(h5),p(.)	139,030	3,770	0,046	0,014	-	129026,000
	psi(h2),p(cansaço)	139,440	4,180	0,037	0,011	-0,066 (0,748)	1334441,000
	psi(h5),p(cansaço)	141,240	5,980	0,015	0,005	-	1312421,000
	psi(h1),p(cansaço)	126,870	0,000	0,379	0,144	-	1228687,000
	psi(h3),p(cansaço)	128,330	1,460	0,183	0,069	0,657 (0,898)	1223268,000
	psi(h2),p(cansaço)	128,460	1,590	0,171	0,065	0,534 (0,844)	1224599,000
	psi(h4),p(cansaço)	128,820	1,950	0,143	0,054	-0,209 (1,000)	1228244,000
<i>Stridulivelia transversa</i>	psi(h5),p(cansaço)	130,880	4,010	0,051	0,019	-	1208846,000

	psi(h1),p(.)	131,950	5,080	0,030	0,011	-	1279478,000
	psi(h3),p(.)	133,410	6,540	0,014	0,006	0,641 (0,878)	127406,000
	psi(h2),p(.)	133,540	6,670	0,014	0,005	0,518 (0,818)	127539,000
	psi(h4),p(.)	133,900	7,030	0,011	0,004	-0,203 (0,969)	1279035,000
	psi(h5),p(.)	136,000	9,130	0,004	0,002	-	1259959,000
	psi(h4),p(.)	202,210	0,000	0,553	0,306	2,228 (1,081)	1962096,000
	psi(h1),p(.)	204,620	2,410	0,166	0,092	-	2006187,000
	psi(h5),p(.)	205,500	3,290	0,107	0,059	-	1955034,000
	psi(h2),p(.)	205,610	3,400	0,101	0,056	1,121 (1,216)	199614,000
	psi(h3),p(.)	206,370	4,160	0,069	0,038	0,518 (1,018)	2003668,000
	psi(h4),p(cansaço)	213,130	10,920	0,002	0,001	2,285 (1,122)	2071332,000
	psi(h1),p(cansaço)	215,540	13,330	0,001	0,000	-	2115423,000
	psi(h5),p(cansaço)	216,450	14,240	0,000	0,000	-	2064535,000
	psi(h2),p(cansaço)	216,540	14,330	0,000	0,000	1,165 (1,286)	2105376,000
	psi(h3),p(cansaço)	217,290	15,080	0,000	0,000	0,532 (1,045)	2112904,000
	psi(h3),p(.)	33,800	0,000	0,299	0,089	73,003 (50172,359)	27,799
	psi(h1),p(.)	33,990	0,190	0,272	0,081	-	29,989
	psi(h4),p(.)	34,540	0,740	0,207	0,062	55,805 (0,000)	28,544
	psi(h2),p(.)	35,150	1,350	0,152	0,046	24,550 (350981,532)	29,147
	psi(h5),p(.)	37,250	3,450	0,053	0,016	-	27,246
	psi(h3),p(cansaço)	41,910	8,110	0,005	0,002	68,095 (10,516)	35,910
	psi(h1),p(cansaço)	42,200	8,400	0,005	0,001	-	38,204
	psi(h4),p(cansaço)	42,690	8,890	0,004	0,001	27,126 (1,588)	36,694
	psi(h2),p(cansaço)	43,200	9,400	0,003	0,001	1,265 (1,307)	37,201
	psi(h5),p(cansaço)	45,290	11,490	0,001	0,000	-	35,289

<sup>1</sup> – psi é a probabilidade de ocorrência, e está relacionada à inserção de alguma variável ambiental no modelo. <sup>2</sup> – p é a probabilidade de detecção, é relacionado a alguma fator que pode interferir na amostragem. <sup>3</sup> – AIC: Akaike Information Criterion. <sup>4</sup> – wAIC: AIC padronizado, é o quanto o modelo em questão é melhor explicativo em relação aos outros modelos. <sup>5</sup> – h representa o modelo da hipótese testado.

\* Essas espécies foram tiradas das análises, pois nenhum modelo encontrou resposta confiável para os valores de convergência de probabilidades de ocorrência e detecção.

\*\* O modelo da hipótese 1 não possui variáveis não apresentando assim valor para coeficiente. O modelo da hipótese 5 apresenta mais de um valor de coeficientes, um para cada parâmetro ambiental, por isso não foi incluído nas tabelas.

## 6. Referências bibliográficas

- Akaike, H. 1974. New Look at Statistical-Model Identification. *Institute of Electrical and Eletronics Engineers Transactions on Automatic Control* AC19:716-723.
- Andersen, N. M. 1979. Phylogenetic inference as applied to the study of evolutionary diversification of semiaquatic bugs (Hemiptera: Gerromorpha). *Systematic Zoology* 28:578.
- Andersen N. M. 1982. *The semiaquatic bugs (Hemiptera, Gerromorpha)*. Brill Academic, Leiden, Netherlands.
- Andersen, N. M. 1997. A phylogenetic analysis of the evolution of sexual dimorphism and mating systems in water striders (Hemiptera: Gerridae). *Biological Journal of the Linnean Society* 61:345-368.
- Arrington, D. A., K. O. Winemiller, and C. A. Layman. 2005. Community assembly at the patch scale in a species rich tropical river. *Oecologia* 144:157-167.
- Begon M., J. L. Harper, and C. R. Townsend. 2006. *Ecology: from individuals to ecosystems*, Quarta edição Blackwell Science, Oxford.
- Bispo, P. C., and L. G. Oliveira. 1998. Distribuição espacial de insetos aquáticos (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera) em córregos de cerrado do Parque Ecológico de Goiânia, estado de Goiás. *Oecologia Brasiliensis* V:175-189.
- Blanckenhorn, W. U. 1991. Fitness consequences of food-based territoriality in water striders, *Gerris remigis*. *Animal Behaviour* 42:147-149.
- Brittain, J. E., and T. J. Eikeland. 1988. Invertebrate Drift - A Review. *Hydrobiologia* 166:77-93.
- Campos, R. E., L. A. Fernandez, and V. E. Sy. 2004. Study of the insects associated with the floodwater mosquito *Ochlerotatus albifasciatus* (Diptera : Culicidae) and their possible predators in Buenos Aires Province, Argentina. *Hydrobiologia* 524:91-102.
- Cody M.L. Niche theory and plant-growth-form. *Vegetatio* 97[1], 39-55. 1991.
- Damgaard, J., N. M. Andersen, and R. Meier. 2005b. Combining molecular and morphological analyses of water strider phylogeny (Hemiptera-Heteroptera, Gerromorpha): effects of alignment and taxon sampling. *Systematic Entomology* 30:289-309.

- Deshefy, G. S. 1980. Anti-predator behavior in swarms of *Rhagovelia obesa* (Hemiptera, Veliidae). *Pan-Pacific Entomologist* 56:111-112.
- Diamond, J. M. 1975. *Assembly of species communities*. Pages 342-444 in M. L. Cody, and J. M. C. P. Diamond editors. *Ecology and Evolution in Communities*. Harvard University Press, London, UK.
- Diniz-Filho, J. A. F., T. F. L. V. Rangel, and B. A. Hawkins. 2004. A test of multiple hypotheses for the species richness gradient of South American owls. *Oecologia* 140:633-638.
- Diniz-Filho J. A. F. 2000. *Métodos Filogenéticos Comparativos*, Holos Editora.
- Faith, D. P., P. R. Minchin, and L. Belbin. 1987. Compositional dissimilarity as a robust measure of ecological distance. *Vegetatio* 69:57-68.
- Fittkau, E. J. 1964. Remarks on limnology of Central Amazon rain forest streams. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 15:1092-1096.
- Foster, W. A., and J. E. Treherne. 1980. Feeding, predation and aggregation behavior in a marine insect, *Halobates robustus* Barber (Hemiptera, Gerridae), in the Galapagos-Islands. *Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences* 209:539-553.
- Fukami, T. 2004. Community assembly along a species pool gradient: implications for multiple-scale patterns of species diversity. *Population Ecology* 46:137-147.
- Garcia, L. V. 2004. Escaping the Bonferroni iron claw in ecological studies. *Oikos* 105:657-663.
- Gering, J. C., and T. O. Crist. 2002. The alpha-beta-regional relationship: providing new insights into local-regional patterns of species richness and scale dependence of diversity components. *Ecology Letters* 5:433-444.
- Gilpin M., and I. Hanski. 1991. *Metapopulation dynamics: empirical and theoretical investigation*, Academic Press, San Diego, EUA.
- Gotelli N. J. 1998. *A primer of Ecology*, Primeira Edição Sinauer Associates, Inc., Sunderland, EUA.
- Gotelli N. J., and G. R. Graves. 1996a. *Null models in ecology*, Smithsonian Institution Press, Washington, EUA.
- Grinnell, J. 1924. Geography and evolution. *Ecology* 5:225-229.
- Hanski, I. 1992. Inferences from Ecological Incidence Functions. *The American Naturalist* 139:657-662.

- Harper, D., J. Mekotova, S. Hulme, J. White, and J. Hall. 1997a. Habitat heterogeneity and aquatic invertebrate diversity in floodplain forests. *Global Ecology and Biogeography Letters* 6:275-285.
- Harrison, D. J. 1992. Dispersal characteristics of juvenile coyotes in Maine. *Journal of Wildlife Management* 56:128-138.
- Harrison, S., S. J. Ross, and J. H. Lawton. 1992. Beta diversity on geographic gradients in Britain. *Journal of Animal Ecology* 61:151-158.
- Harte, J., A. Kinzig, and J. Green. 1999. Self-similarity in the distribution and abundance of species. *Science* 284:334-336.
- Harvey, P. H. 1996. Phylogenies for ecologists. *Journal of Animal Ecology* 65:255-263.
- Haskins, K. E., A. Sih, and J. J. Krupa. 1997. Predation risk and social interference as factors influencing habitat selection in two species of stream-dwelling waterstriders. *Behavioral Ecology* 8:351-363.
- Heino, J., T. Muotka, and R. Paavola. 2003. Determinants of macroinvertebrate diversity in headwater streams: regional and local influences. *Journal of Animal Ecology* 72:425-434.
- Hengeveld, R. 1980. Food specialization in ground beetles: an ecological or a phylogenetic process? (Coleoptera, Carabidae). *Netherlands Journal of Zoology* 30:585-594.
- Hines J.E. Presence - Software to estimate patch occupancy and related parameters. [2]. 2006. USGS-PWRC.
- Hubbell S. P. 2001. *The unified neutral theory of biodiversity and biogeography*. Princeton University Press, Princeton, USA.
- Huston M. A. 1994. *Biological Diversity: The coexistence of species in changing landscapes*. Press Syndicate of the University of Cambridge, London.
- Hutchinson, G. E. 1957. Concluding remarks. *Cold Spring Harbor Symposium of Quantitative Biology* 22:415-427.
- Hutchinson, G. E. 1959. Homage to Santa Rosalia or why are there so many kinds of animals. *The American Naturalist* 93:145-159.
- Hutchinson, G. E. 1961. The paradox of the plankton. *The American Naturalist* 95:137-145.
- Hynes, H. B. N. 1970. The ecology of stream insects. *Annual Review of Entomology* 15:25-42.

- Jensen, K., M. Trepel, D. Merritt, and G. Rosenthal. 2006. Restoration ecology of river valleys. *Basic and Applied Ecology* 7:383-387.
- Karr, J. R. 1999. Defining and measuring river health. *Freshwater Biology* 41:221-234.
- Kawai, T., and M. Tokeshi. 2006. Asymmetric coexistence: bidirectional abiotic and biotic effects between goose barnacles and mussels. *Journal of Animal Ecology* 75:928-941.
- Kunin, W. E. 1998. Biodiversity at the edge: A test of the importance of spatial "mass effects" in the Rothamsted Park Grass experiments. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 95:207-212.
- Legendre L., and P. Legendre. 1998. *Numerical Ecology*. Elsevier, New York, EUA.
- Lloyd, N. J., R. M. Nally, and P. S. Lake. 2005. Spatial autocorrelation of assemblages of benthic invertebrates and its relationship to environmental factors in two upland rivers in Southeastern Australia. *Biodiversity Research* 11:375-386.
- Loreau, M. 2000. Are communities saturated? On the relationship between alfa, beta and gama diversity. *Ecology Letters* 3:73-76.
- Lotka A. J. 1925. *Elements of Physical Biology*. Williams and Wilkins, Baltimore.
- Ludwig J. A., and J. F. Reynolds. 1988. *Statistical Ecology. A Primer on Methods and Computing*. John Wiley & Sons, New York.
- Mac Nally, R. 1994. Habitat-specific guild structure of forest birds in south- eastern Australia: a regional scale perspective. *Journal of Animal Ecology* 63:988-1001.
- MacKenzie, D. I., and W. L. Kendall. 2002a. How should detection probability be incorporated into estimates of relative abundance? *Ecology* 83:3532.
- MacKenzie, D. I., J. D. Nichols, N. Sutton, K. Kawanishi, and L. L. Bailey. 2005. Improving inferences in popoulation studies of rare species that are detected imperfectly. *Ecology* 86:1101-1113.
- Magurran A. E. 1988. *Ecological Diversity and its Measurement*. Cambridge University Press, London.
- Manly B. F. J. 1991. *Randomization and Monte Carlo Methods in Biology*. Chapman and Hall, London.
- McAbendroth, L., P. M. Ramsay, A. Foggo, S. D. Rundle, and D. T. Bilton. 2005. Does macrophyte fractal complexity drive invertebrate diversity, biomass and body size distributions? *Oikos* 111:279-290.
- Merritt R. W., and K. W. Cummins. 1979. *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*. Segunda edição. Kendall/Hunt Publ. Co., New York.

- Merritt R. W., and K. W. Cummins. 1984. *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*. Terceira edição. Kendall / Hunt Publishing Company, Dubuque.
- Moran, M. D. 2003. Arguments for rejecting the sequential Bonferroni in ecological studies. *Oikos* 100:403-405.
- Mykra, H., J. Heino, and T. Muotka. 2004. Variability of lotic macroinvertebrate assemblages and stream habitat characteristics across hierarchical landscape classifications. *Environmental Management* 34:341-352.
- Nessimian J.L., Venticinque E.M., Zuanon J.A.S., De Marco P.Jr., Gordo M. & Fidelis L. Land use, habitat integrity and aquatic insect assemblages in Central Amazonian streamlets. *Environmental Assessment*. 2006.
- Nieser N., and A. L. Melo. 1997. Os heterópteros aquáticos de Minas Gerais., 1st edition. Editora UFMG, Belo Horizonte, MG.
- Oksanen J., Kindt R. & O'Hara R.B. *Vegan: Community Ecology Package*. 1[1]. 2005.
- R Development Core Team. *R: A language and environment for statistical computing*. 2003. Vienna, Austria, R Foundation for Statistical Computing.
- Ribeiro J. E. L. S., M. J. G. Hopkins, A. Vicentini, C. A. Sothers, M. A. S. Costa, J. M. Brito, M. A. Souza, L. H. Martins, L. G. Lohmann, P. A. C. L. Assunção, E. C. Pereira, C. F. Silva, M. R. Mesquita, and L. C. Procópio. 1999. *Flora da Reserva Ducke: guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra-firme na Amazônia Central*. INPA, Manaus.
- Richman, A. D. 1996. Ecological diversification and community structure in the old world leaf warblers (genus *Phylloscopus*): A phylogenetic perspective. *Evolution* 50:2461-2470.
- Robson, B. J., and E. T. Chester. 1999. Spatial patterns of invertebrate species richness in a river: the relationship between riffles and microhabitats. *Australian Journal of Ecology* 24:599-607.
- Rosenthal, G. 2006. Restoration of wet grasslands - Effects of seed dispersal, persistence and abundance on plant species recruitment. *Basic and Applied Ecology* 7:409-421.
- Sioli, H. 1984. The Amazon: limnology and landscape ecology of mighty tropical river and its basin. *Monographiae Biologicae* 56:1689.
- Sokal, R. R., G. M. Jacquez, and M. C. Wooten. 1989. Spatial autocorrelation analysis of migration and selection. *Genetics* 121:845-855.

- Spence, J. R., and H. A. Carcamo. 1991. Effects of cannibalism and intraguild predation on pondskaters (Gerridae). *Oikos* 62:333-341.
- Steinitz, O., J. Heller, A. Tsoar, D. Rotem, and R. Kadmon. 2006a. Environment, dispersal and patterns of species similarity. *Journal of Biogeography* 33:1044-1054.
- Thorne, R. S., and W. P. Williams. 1997. The response of benthic macroinvertebrates to pollution in developing countries: A multimetric system of bioassessment. *Freshwater Biology* 37:671-686.
- Tokeshi, M., and L. Romero. 1995. Filling A Gap - Dynamics of space occupancy on a mussel-dominated subtropical rocky shore. *Marine Ecology-Progress Series* 119:167-176.
- Travers, S. E. 1993. Group foraging facilitates food finding in a semiaquatic hemipteran, *Microvelia australis* Bueno (Hemiptera, Veliidae). *Pan-Pacific Entomologist* 69:117-121.
- Travers, S. E., and A. Sih. 1991. The influence of starvation and predators on the mating-behavior of a semiaquatic insect. *Ecology* 72:2123-2136.
- Vannote, R. L., G. W. Minshall, K. W. Cummins, J. R. Sedell, and C. E. Cushing. 1980. The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 37:130-137.
- Vinson, M. R., and C. P. Hawkins. 2003. Broad-scale geographical patterns in local stream insect genera richness. *Ecography* 26:751-767.
- Volterra, V. 1926. Fluctuations in the abundance of a species considered mathematically. *Nature* 118:558-560.
- Walker, I. 1998. Population dynamics of Chironomidae (Diptera) in the central Amazonian blackwater river Tarumã-Mirim. *Oecologia Brasiliensis* V:235-252.
- Westoby, M., M. Leishman, and J. Lord. 1995b. Further remarks on phylogenetic correction. *Journal of Ecology* 83:727-729.
- Westoby, M., M. R. Leishman, and J. M. Lord. 1995a. On misinterpreting the phylogenetic correction. *Journal of Ecology* 83:531-534.
- Whittaker, R. H. 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon* 21:213-251.
- Whittaker, R. H., and S. A. Levin. 1977. The role of mosaic phenomena in natural communities. *Journal of Theoretical Biology* 12:117-139.
- Williams B. K., Nichols J.D., and M. J. Conroy. 2002. *Analysis and management of animal populations*. Academic Press, San Diego, California.

Zuquim, G. P. S. 2006. Diversidade beta da comunidade de pteridófitas de florestas de terra firme na Amazônia Central. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia.

*Dissertação de mestrado.*