



Universidade Federal de Pernambuco  
Centro de Ciências Biológicas  
Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal

Janaina Câmara Siqueira da Cunha

**Levantamento da coleopterofauna (Insecta) aquática em Unidades de Conservação da  
Floresta Atlântica, Pernambuco, Brasil**

Recife  
2015

Janaina Câmara Siqueira da Cunha

**Levantamento da coleopterofauna (Insecta) aquática em Unidades de Conservação da  
Floresta Atlântica, Pernambuco, Brasil**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal do Departamento de Zoologia do Centro de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Biologia Animal.

Orientador: Prof. Dr. Gilberto Gonçalves Rodrigues

Recife

2015

Catálogo na Fonte:  
Bibliotecário Bruno Márcio Gouveia, CRB-4/1788

Cunha, Janaina Câmara Siqueira da

Levantamento da Coleopterofauna (Insecta) aquática em Unidades de Conservação da Floresta Atlântica, Pernambuco, Brasil / Janaina Câmara Siqueira da Cunha. – Recife: O Autor, 2015.

106 f.: il.

Orientador: Gilberto Gonçalves Rodrigues

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Ciências Biológicas. Pós-graduação em Biologia Animal, 2015.

Inclui referências e anexos

1. Coleóptero 2. Besouro 3. Inseto 4. Animais aquáticos I. Rodrigues, Gilberto Gonçalves (orient.) II. Título.

595.76

CDD (22.ed.)

UFPE/CCB-2015-129

Janaina Câmara Siqueira da Cunha

**Levantamento da coleopterofauna (Insecta) aquática em Unidades de Conservação da  
Floresta Atlântica, Pernambuco, Brasil**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal em 26 de Fevereiro de 2015 da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Biologia Animal.

Aprovada em: 26/02/2015.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Gilberto Gonçalves Rodrigues (Orientador)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Dr. Severino Rodrigo Ribeiro Pinto (Examinador Externo)  
Centro de Pesquisas Ambientais do Nordeste

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Luciana Iannuzzi (Examinador Interno)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof. Dr. José Roberto Botelho de Souza (Examinador Interno)  
Universidade Federal de Pernambuco

Aos meus pais Josias e Lujan, minha irmã Larissa e ao meu companheiro Dennis,  
Dedico com todo amor.

## **Agradecimentos**

Primeiramente aos meus pais, Lujan e Josias Cunha, por nunca deixar que eu desistisse de acreditar em mim, sempre me mostrando a importância de valorizar a educação e ter suas próprias conquistas. Se não fosse por seus ensinamentos, paciência e pela segurança a mim transmitida, eu não teria conseguido chegar tão longe.

À minha irmã, Larissa Cunha pela companhia em todos os momentos, enxugando minhas lágrimas e me dando o apoio necessário para seguir em frente.

Ao meu companheiro Dennis Cunha por todo incentivo e pelas repreensões que me fizeram crescer profissionalmente e academicamente. Não permitindo que eu enfraquecesse frente às adversidades durante todo o tempo que estamos juntos.

Aos meus avós por se mostrarem sempre orgulhosos com as minhas conquistas.

Ao Professor Gilberto Rodrigues, por ter me orientado, me mostrando que paciência pode ser uma virtude conquistada e por não criar barreiras profissionais.

Aos professores José Roberto Souza pela assistência pré-dissertação, Luciana Iannuzzi pelas contribuições durante todo o percurso e em especial a Alaide Gessner pelo auxílio na identificação dos coleópteros, pelos conselhos e incentivos. Aos demais avaliadores, Dr. Severino Ribeiro e Professor Simão Vasconcelos pela disponibilidade.

Ao professor André Morgado, representando o Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, pela assistência oferecida.

À CAPES pelo apoio financeiro fornecido, através da bolsa de mestrado.

À CPRH pela liberação da licença de pesquisa. Aos gestores e funcionários das Unidades de Conservação (Sandra Cavalcanti e Eduardo Ribeiro da ESEC Caetés; Família Rabelo da RPPN Tabatinga; Roberto Siqueira e Lenilson do RVS Mata da Usina São José; Cosme de Castro da APA de Santa Cruz; Família Souza Leão da RPPN Fazenda Sta. Beatriz do Carnijó; Luiz Antônio Borges e Rubens da RPPN Bicho Homem; Francisco, Cabral e Eduardo da RPPN Fazenda Santa Rita; Pedro Lins da REBIO de Saltinho).

Aos meus queridos companheiros de laboratório por alegrar os dias, tornando o trabalho mais fácil e agradável, inclusive durante as coletas (Millena Vieira, Iris Arruda, Carlos Henrique, Rayanny Soares, Aluisio Ribeiro e Renato Galindo). Em especial à Rafael Silva que me auxiliou não só durante todo período de coletas, mas também durante o período do mestrado, sem a sua ajuda, e todo apoio do biólogo de alma Josias Cunha, não teria conseguido realizar minhas coletas.

Às minhas eternas companheiras de graduação, em especial Camila Brito, Vanessa Rodrigues, Radharanne Recinos e Laís Muniz pela força e amizade nunca negada. Ao meu companheiro de mestrado Fábio Costa por alegrar este período de mestrado e dar suporte acadêmico e pessoal. À minha amiga Cinthya Tiburcio por comemorar as minhas conquistas. E à Luiza Camargo pelo suporte durante a estadia em São Carlos e por ter se tornado minha amiga.

*“Se avexe não... A lagarta rasteja até o dia em que cria asas”*

## Resumo

Este trabalho teve como objetivos inventariar a fauna de coleópteros aquáticos em ecossistemas do domínio Mata Atlântica em Pernambuco, caracterizando as assembleias da coleopterofauna aquática e comparando as Unidades de Conservação (UCs). Foram realizadas 24 coletas durante o período de Maio de 2013 e Abril de 2014 em doze UCs em ecossistemas lênticos e lóticos. Para a amostragem nos ecossistemas lênticos foram utilizadas peneiras e para os lóticos foram aplicadas três técnicas, a fim de amostrar os diferentes habitats disponíveis: Rede “D” e amostrador do tipo Surber, ambos com abertura de malha de 0,1 mm e manual que consistia em coleta dos substratos para peneiração. Foram coletados 406 indivíduos pertencentes a nove famílias de Coleoptera Chrysomelidae, Curculionidae, Dytiscidae, Elmidae, Gyrinidae, Haliplidae, Hydraenidae, Hydrophilidae e Noteridae, 38 gêneros e 62 espécies. Hydrophilidae representou 37% da abundância total, seguido de Dytiscidae (27%), Noteridae (27%) e a soma das seis famílias restantes com 8%. As famílias Hydrophilidae, Dytiscidae e Noteridae foram as mais abundantes e ricas, pois são famílias de besouros verdadeiramente aquáticos com ampla distribuição ecológica. A estação seca do ano teve maior abundância (58% do total) e riqueza de espécies, com 48 espécies sendo 26 espécies exclusivas desta estação em relação a estação chuvosa com 42% de abundância e 36 espécies, sendo 14 exclusivas. Os ecossistemas lênticos tiveram maior abundância (58%), em relação aos ecossistemas lóticos, que registraram maior riqueza de espécies (40). As RPPNs Santa Rita e N. Sra. do Oiteiro de Maracaípe apresentaram os maiores índices de diversidade de Shannon-Wiener e Simpson, respectivamente. As 62 espécies de besouros aquáticos são registradas pela primeira vez para a Região Nordeste do Brasil e, em especial, para o Estado de Pernambuco. Este estudo contribuiu para o conhecimento da coleopterofauna aquática, que é considerada bioindicadora de ecossistemas conservados, podendo ser utilizada como ferramenta na gestão e monitoramento de Unidades de Conservação.

**Palavras-chave:** besouros aquáticos. Ecossistemas lênticos e lóticos. Diversidade de espécies; Estações do ano.

## Abstract

This present study aimed to survey the fauna of aquatic beetles in ecosystems of Atlantic Forest in Pernambuco (Brazil), characterizing the assemblages of water beetles fauna and comparing the Protected Areas (PAs). Twenty-four samples were taken during the period from May 2013 to April 2014 in twelve PAs in lentic and lotic ecosystems. For the sampling in lentic, ecosystems it was used sieves and for the lotic ecosystems, three techniques were applied in order to sample the different habitats available: entomological net and Surber sampler (mesh of 0.1 mm) and manual that consisted to sample substrates for bolting. We collected 406 individuals belonging to nine families of Coleoptera, Chrysomelidae, Curculionidae, Dytiscidae, Elmidae, Gyrinidae, Haliplidae, Hydraenidae, Hydrophilidae e Noteridae, 38 genus and 62 species. Hydrophilidae represented 37% of total abundance, followed by Dytiscidae (27%), Noteridae (27%) and the sum of the remaining 6 families with 8%. Hydrophilidae, Dytiscidae and Noteridae were the most abundant and richness, because they are families of true aquatic beetles with wide distribution. Dry season had higher abundance (58% from total) and species richness, with 48 species of which 26 species exclusives to this season compared to rainy season with 42% and 36 species of which 14 are exclusive. Lentic ecosystems were more abundant (58%) compared to lotic ecosystems that recorded greater species richness (40). RPPNs Santa Rita and N. Sra. do Oiteiro de Maracaípe presented the largest Simpson and Shannon-Wiener diversity index. Sixty-two water beetles' species were recorded for the first time in the Northeast region of Brazil and, in particular, for the state of Pernambuco. This study contributed to the knowledge of aquatic beetles' fauna, which is considered a bioindicator of conserved ecosystems and can be used as a tool in the management and monitoring of Protected Areas.

**Keywords:** aquatic beetles. Lentic and lotic ecosystems. Species diversity. Year's seasons.

## Lista de ilustrações

Figura 1. Mapa de Pernambuco e do Brasil destacando as doze Unidades de Conservação, onde foi realizada a amostragem dos besouros aquáticos no período de Maio de 2013 a Abril de 2014. ..	27
Figura 2. Local de realização das coletas na Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda Tabatinga, no município de Goiana, Zona da Mata Norte de Pernambuco, nos meses de Setembro de 2013 e Janeiro de 2014.....	28
Figura 3. Local de realização das coletas na Área de Proteção Ambiental de Santa Cruz, no município de Itamaracá, Região Metropolitana de Recife em Pernambuco, nos meses de Julho de 2013 e Novembro de 2014.....	29
Figura 4. Local de realização das coletas no Refúgio de Vida Silvestre da Mata da Usina São José, no município de Igarassu, Região Metropolitana de Recife em Pernambuco, nos meses de Julho de 2013 e Março de 2014.....	30
Figura 5. Local de realização das coletas na Reserva da Floresta Urbana da Mata de São Bento, no município de Abreu e Lima, Região Metropolitana de Recife em Pernambuco, nos meses de Setembro de 2013 e Fevereiro de 2014.....	30
Figura 6. Local de realização das coletas na Estação Ecológica de Caetés, no município de Paulista, Região Metropolitana de Recife em Pernambuco, nos meses de Julho de 2013 e Novembro de 2014. ....	31
Figura 7. Local de realização das coletas na Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda Santa Beatriz do Carnijó, no município de Moreno, Região Metropolitana de Recife em Pernambuco, nos meses de Setembro de 2013 e Fevereiro de 2014. ....	32
Figura 8. Local de realização das coletas no Parque Estadual Mata do Zumbi, no município de Cabo de Santo Agostinho, Região Metropolitana de Recife em Pernambuco, nos meses de Julho de 2013 e Dezembro de 2014. ....	33
Figura 9. Local de realização das coletas Reserva Particular do Patrimônio Natural Nossa Senhora do Oiteiro de Maracaípe, no município de Ipojuca, Região Metropolitana de Recife em Pernambuco, nos meses de Agosto de 2013 e Janeiro de 2014. ....	33
Figura 10. Local de realização das coletas na Reserva Particular do Patrimônio Natural Bicho Homem, no município de Catende, Zona da Mata Sul de Pernambuco, nos meses de Setembro de 2013 e Abril de 2014.....	34
Figura 11. Local de realização das coletas na Reserva Particular do Patrimônio Natural Frei Caneca, no município de Jaqueira, Zona da Mata Sul de Pernambuco, nos meses de Agosto de 2013 e Fevereiro de 2014.....	35

Figura 12. Local de realização das coletas na Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda Santa Rita, no município de Água Preta, Zona da Mata Sul de Pernambuco, nos meses de Setembro de 2013 e Março de 2014.....	35
Figura 13. Local de realização das coletas na Reserva Biológica de Saltinho, no município de Tamandaré, Zona da Mata Sul de Pernambuco, nos meses de Maio de 2013 e Março de 2014...	36
Figura 14. Amostragem nos ambientes alagados de doze Unidades de Conservação da Zona da Mata e Região Metropolitana de Pernambuco - Brasil no período de Maio de 2013 e Abril de 2014. As fotos foram retiradas na Área de Proteção Ambiental de Santa Cruz. A) coleta nas poças; B) material passado para peneira de 0,25 mm; C) e D) coleta dos besouros contidos nas peneiras. .	37
Figura 15. Ambientes alagados em doze Unidades de Conservação da região metropolitana e zona da mata de Pernambuco – Brasil, nos quais foram coletados besouros aquáticos, durante o período de Maio de 2013 e Abril de 2014. A) área de banhado na Reserva do Patrimônio Particular Natural (RPPN) Fazenda Santa Rita e B) banhado na RPPN Fazenda Sta. Beatriz do Carnijó, C) poça encontrada na RPPN Bicho Homem e D) poça da Área de Proteção Ambiental de Santa Cruz. .	38
Figura 16. Imagem esquemática da amostragem realizada nos trechos dos cursos d’água com as três unidades amostrais (u.a.) das doze Unidades de Conservação da Zona da Mata e Região Metropolitana de Pernambuco - Brasil no período de Maio de 2013 e Abril de 2014.....	39
Figura 17. As três técnicas utilizadas para a amostragem nos ambientes lóticos de doze Unidades de Conservação da Zona da Mata e Região Metropolitana de Pernambuco - Brasil no período de Maio de 2013 e Abril de 2014. A) amostrador do tipo Surber; B) rede entomológica em formato de “D”; C) coleta manual de substrato e D) peneiração nas margens. ....	40
Figura 18. Abundância e riqueza de espécies nas estações (A) e curva de rarefação com intervalo de confiança de 95% (B) calculada para as espécies de besouros aquáticos (Coleoptera) encontradas em doze Unidades de Conservação da Zona da Mata e Região Metropolitana de Pernambuco - Brasil (Maio de 2013 e Abril de 2014). ....	48
Figura 19. Abundância e riqueza de espécies coletadas em doze Unidades de Conservação da Zona da Mata e Região Metropolitana de Pernambuco – Brasil, na estação chuvosa entre os meses de Maio de 2013 e Setembro de 2013. ....	50
Figura 20. Abundância e riqueza de espécies coletadas em doze Unidades de Conservação da Zona da Mata e Região Metropolitana de Pernambuco – Brasil, na estação seca entre os meses de Novembro de 2013 e Abril de 2014. ....	51
Figura 21. Abundância e riqueza de espécies coletadas em doze Unidades de Conservação da Zona da Mata e Região Metropolitana de Pernambuco – Brasil, nos ecossistemas lênticos e lóticos entre os meses de Maio de 2013 e Abril de 2014. ....	52
Figura 22. Dendrograma da análise de cluster utilizando correlação de Spearman, dos besouros aquáticos coletados em ecossistemas lênticos e lóticos de doze Unidades de Conservação da Zona da Mata e	

Região Metropolitana de Pernambuco – Brasil, nos períodos chuvoso e seco de Maio de 2013 a Abril de 2014. I) espécies exclusivas dos lóticos; II) espécies exclusivas dos lênticos; e III) espécies em comum dos dois ecossistemas. ....	53
Figura 23. Valores de constância (%) das espécies de besouros aquáticos (Coleoptera) das coletas realizadas em doze Unidades de Conservação da Zona da Mata e Região Metropolitana de Pernambuco - Brasil no período de Maio de 2013 a Abril de 2014. ....	55
Figura 24. Análise de Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (NMDS) para os besouros aquáticos coletados em ecossistemas lênticos e lóticos de doze Unidades de Conservação da Zona da Mata e Região Metropolitana de Pernambuco – Brasil, nos períodos chuvoso e seco de Maio de 2013 a Abril de 2014. A) grupos I e II separados pela coordenada 1; e B) grupos III e IV separados pela coordenada 2. Stress: 0,4627 .....	56
Figura 25. Ordenação a partir da análise canônica de correspondentes (CCA) das doze Unidades de Conservação localizadas na Zona da Mata e Região Metropolitana de Pernambuco – Brasil, com coleta de dados realizadas no período de Maio de 2013 a Abril de 2014. Baseada nos valores de abundância das 62 espécies coletadas e nos valores médios das seis variáveis abióticas/ambientais. ....	59
Figura 26. Espécies de Coleoptera que apresentaram correlação com as variáveis abióticas e ambientais e as Unidades de Conservação localizadas na Zona da Mata e Região Metropolitana de Pernambuco – Brasil, com coleta de dados realizadas no período de Maio de 2013 a Abril de 2014. ....	60
Quadro 1. Descrição dos parâmetros ecológicos e socioambientais utilizados para a avaliação do estado de conservação dos cursos d’água coletados em doze unidades de conservação – Pernambuco, Brasil, no período entre Maio de 2013 e Abril de 2014. ....	44

## Lista de tabelas

- Tabela 1. Abundância das famílias de Coleoptera coletadas em doze UCs – Pernambuco, Brasil, no período entre Maio de 2013 e Abril de 2014. Ab.\* Abundância; A = Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Fazenda Tabatinga; B = Área de Proteção Ambiental de Santa Cruz; C = Refúgio de Vida Silvestre Mata da Usina São José; D = Reserva da Floresta Urbana Mata de São Bento; E = Estação Ecológica de Caetés; F = RPPN Sta. Beatriz do Carnijó; G = Parque Estadual Mata do Zumbi; H = RPPN Nossa Senhora do Oiteiro de Maracaípe; I = RPPN Bicho Homem; J = RPPN Frei Caneca; K = RPPN Santa Rita; L = Reserva Biológica de Saltinho. .... 46
- Tabela 2. Índices de diversidade de Simpson ( $1 - D$ ) e Shannon-Wiener ( $H'$ ) e equitabilidade de Pielou ( $J$ ) para os besouros aquáticos coletados em doze Unidades de Conservação da Zona da Mata e Região Metropolitana de Pernambuco - Brasil no período de Maio de 2013 e Abril de 2014. A = Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Fazenda Tabatinga; B = Área de Proteção Ambiental de Santa Cruz; C = Refúgio de Vida Silvestre Mata da Usina São José; D = Reserva da Floresta Urbana Mata de São Bento; E = Estação Ecológica de Caetés; F = RPPN Sta. Beatriz do Carnijó; G = Parque Estadual Mata do Zumbi; H = RPPN Nossa Senhora do Oiteiro de Maracaípe; I = RPPN Bicho Homem; J = RPPN Frei Caneca; K = RPPN Santa Rita; L = Reserva Biológica de Saltinho. .... 54
- Tabela 3. Valores médios das variáveis abióticas e ambientais medidas nos ecossistemas lênticos e lóticos no período de Maio de 2013 e Abril de 2014 nos cursos d'água e as características ambientais relacionadas a vegetação ciliar em doze Unidades de Conservação da Zona da Mata e Região Metropolitana de Pernambuco – Brasil. A = Ausente; P = Presente; CO = Completa; PA = Parcial. As medidas estão em centímetros. .... 58
- Tabela 5. Correlação das variáveis ambientais com os eixos 1 e 2 da Análise de Correspondência Canônica, no período de Maio de 2013 e Abril de 2014 em doze Unidades de Conservação da Zona da Mata e Região Metropolitana de Pernambuco – Brasil. .... 58
- Tabela 6. Status de conservação dos cursos d'água de doze Unidades de Conservação localizadas na Zona da Mata e Região Metropolitana de Pernambuco – Brasil, com coleta de dados realizadas no período de Maio de 2013 a Abril de 2014, com base no índice de Conservação Ecológica e Socioambiental proposto por Ribeiro, 2014. Status Degradada (0 – 7); Perturbada (8 – 14); Conservada (15 – 21). .... 62

## Sumário

<b>Introdução</b> .....	13
<b>1. Referencial Teórico</b> .....	17
1.1. Unidades de Conservação .....	17
1.2. Levantamento faunístico .....	19
1.3. Ecossistemas aquáticos continentais .....	20
1.4. Coleopterofauna aquática.....	22
<b>2. Material e Métodos</b> .....	26
2.1. Área de Estudo .....	26
2.2. Procedimentos de Coleta e Identificação da coleopterofauna aquática.....	36
2.3. Análise dos Dados.....	41
<b>3. Resultados</b> .....	45
3.1. Riqueza e Abundância da Coleopterofauna .....	45
3.2. Variação temporal .....	48
3.3. Ecossistemas lênticos vs. lóticos.....	52
3.4. Diversidade dos besouros aquáticos.....	53
3.5. Relação das variáveis abióticas e ambientais e a coleopterofauna.....	57
3.6. <i>Status</i> de conservação.....	61
<b>4. Discussão</b> .....	63
4.1. Composição faunística .....	63
4.2. Análise da variação temporal e dos ecossistemas .....	65
4.3. Diversidade e equivalência ecológica .....	67
4.4. Relação entre as UCs e suas variáveis .....	67
4.5. Estado de conservação das UCs .....	70
<b>5. Considerações Finais</b> .....	74
5.1. Conclusões .....	74
5.2. Trabalhos futuros .....	75
<b>Referências</b> .....	76
<b>Apêndice A – Abundância das famílias de Coleoptera do estudo</b> .....	87
<b>Apêndice B – Variáveis abióticas e da vegetação do estudo</b> .....	91
<b>Anexo A – Artigo publicado durante a pesquisa</b> .....	93
<b>Anexo B – Autorização da Agência Estadual de Meio Ambiente para pesquisa</b> .....	102
<b>Anexo C – Autorização do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade</b> .....	103

## Introdução

A Mata Atlântica brasileira tem uma constituição bem diversificada tanto faunística quanto florística, formada por diversas fitofisionomias determinadas pela proximidade da costa, pelo relevo, classes de solos e regimes pluviométricos distribuída ao longo de toda costa (CABRINI *et al.*, 2013; GOMES *et al.*, 2009a). Assim, o Domínio Mata Atlântica engloba áreas formadas pela floresta litorânea, as matas de araucária, as florestas decíduais e semidecíduais interioranas e ecossistemas associados como restingas, manguezais, florestas costeiras, campos de altitude e inserções de campos e brejos de altitude (CAPOBIANCO, 2001; LEÃO *et al.*, 2014).

Atualmente, é considerada uma das 34 áreas mundiais prioritárias para a conservação da biodiversidade mundial que representam apenas 2,3% de toda superfície terrestre, sendo um *hotspot* da biodiversidade (CONSERVATION INTERNATIONAL, 2007; MYERS *et al.*, 2000). Apesar da sua importância, o domínio é um dos mais devastados, restando apenas de 7 a 8 % da mata original (GALINDO-LEAL; CÂMARA, 2005) que possuía área de 1,3 milhão de km<sup>2</sup>, estendendo-se do Rio Grande do Norte ao Rio Grande do Sul (CONSERVATION INTERNATIONAL, 2000; JOLY *et al.*, 2014).

A maioria dos países tem adotado a criação de Áreas Protegidas como estratégia para proteger *in situ* a biodiversidade, ou seja, mantém as populações viáveis em seus ecossistemas e habitats naturais, a fim de minimizar e evitar uma maior degradação (BERNARD *et al.*, 2014; BRITO, 2000). Dentre as Áreas de Proteção, as Unidades de Conservação (UCs) são áreas delimitadas e protegidas que possuem características naturais relevantes, de forma a conservar estes recursos naturais instituídos legalmente pelo Poder Público. No Brasil, foi oficialmente estabelecido em 2000 o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), que de acordo com a Lei 9.985/00 estabelece critérios e normas para a criação, implantação e gestão das unidades de conservação (BRASIL, 2000).

Apesar das medidas preventivas, de uma forma geral em relação à proteção ambiental brasileira, ainda há uma constante alteração antrópica e os habitats presentes. Em sua maioria, continuam sendo fragmentados, tornando-se uma das maiores ameaças à biodiversidade global (KRAUSS *et al.*, 2010; VITOUSEK *et al.*, 1997), afetando a composição de espécies e o funcionamento dos ecossistemas modificados (LIU; SLIK, 2014; SAUNDERS *et al.*, 1991). Desta forma, é destacada a importância de estudos faunísticos e botânicos e o entendimento de fatores e processos ecológicos, a fim de avaliar as transformações antrópicas (CUNHA *et al.*, 2014; SILVEIRA NETO *et al.*, 1995).

Assim, para uma análise detalhada são utilizados bioindicadores na avaliação dos ecossistemas de água doce, entre estes os macroinvertebrados aquáticos são largamente utilizados pelas vantagens proporcionadas (ABÍLIO, 2007). Dentro deste grupo de macroinvertebrados encontram-se os coleópteros, em que alguns são considerados importantes bioindicadores, pois respondem de forma diferente em ambientes impactados e não-impactados podendo ser utilizado em estudos de monitoramento ambiental (BURGHELEA *et al.*, 2011).

A ordem Coleoptera possui uma grande variedade de formas, tamanhos, estratégias ecológicas e habitats. É a ordem mais diversa da classe Insecta com cerca de 360.000 espécies distribuídas por todos os continentes, exceto na Antártida, com aproximadamente 180 famílias (BOUCHARD *et al.*, 2009; BOUCHARD *et al.*, 2011). Destas, são destacadas 40 famílias com representantes de besouros aquáticos ou semiaquáticos incluídos nos grupos ecológicos encontrados com pelo menos 10.000 espécies aquáticas em alguma fase de vida, sendo 30 famílias as que possuem representantes aquáticos em alguma fase da vida na Região Neotropical (DELER-HERNÁNDEZ; CALA-RIQUELME, 2010; JÄCH, 1998; JÄCH; BALKE, 2008). Destes, 29 famílias são encontradas na América do Sul com aproximadamente 190 gêneros e mais de mais de 2.000 espécies com representantes aquáticos e semiaquáticos (ARCHANGELSKY *et al.*, 2009; FROELICH, 1999; TREMOUILLES *et al.*, 1995).

Existe uma lacuna de conhecimentos acerca dos coleópteros aquáticos que habitam tanto a América do Sul quanto o Brasil, pois os estudos faunísticos enfocando os besouros aquáticos ainda são incipientes. Grande parte destes estudos destacam determinadas famílias ou não possuem identificação ao nível genérico e específico, que contribua de forma efetiva para a conservação dos mesmos. Para o Brasil, ainda é desconhecido o número de famílias com representantes aquáticos, pois estudos com a coleopterofauna aquática ainda está crescendo no país. Há uma maior concentração de trabalhos nas regiões Sul, Sudeste e Amazônica do país, estando defasados nas outras regiões. Assim, poucas espécies são citadas em listas vermelhas para as regiões do Brasil devido à esta lacuna de conhecimento.

As comunidades de besouros aquáticos são encontradas em diversos tipos de ecossistemas podendo ser encontrados em rios, lagos, riachos, estuários, áreas de remanso e corredeiras, banhados, poças temporárias e/ou permanentes e ambientes artificiais (EPLER, 2010; BENETTI *et al.*, 1998). Devido à diversidade de hábitos e habitats, os insetos aquáticos, incluindo alguns grupos de besouros aquáticos, são utilizados como indicadores da boa qualidade aquática em ecossistemas lóticos e lênticos. Como exemplo, os indivíduos da superfamília Dryopoidea são geralmente encontrados em ambientes bem conservados e com

boa oxigenação, por este motivo são frequentemente utilizados em estudos com embasamento para monitoramento ambiental (SHORT; KADOSOE, 2011). Além de alguns gêneros de besouros das famílias Dytiscidae e Gyrinidae como *Bidessus*, *Laccophilus* e *Gyrinus* serem utilizados para caracterizar água poluídas, em processo de recuperação e águas limpas (BENETTI *et al.*, 1998).

A importância da Ordem Coleoptera aliada ao processo histórico de intensas transformações em áreas de monocultura, restando fragmentos isolados com insuficientes Unidades de Conservação, ligados à ausência de planejamento e manejo adequado que o domínio Mata Atlântica no Estado de Pernambuco vem passando, motivou a realização deste estudo. Além disto, ressalta-se que nenhuma UC brasileira tenha sido criada com o intuito de conservação dos insetos aquáticos, embora estes ocorram em todos dos ambientes de água doce. Desta forma, é necessário que estudos proporcionem subsídios para projetos de monitoramento ambiental e auxiliem os trabalhos de manejo e conservação, a fim de diminuir as constantes ameaças sofridas por estes locais. Além de aumentar o conhecimento à cerca da composição faunística, salvaguardando a biodiversidade, evitando extinções locais e proporcionando um *status* de conservação dos cursos d'água.

Assim, o objetivo geral desta dissertação foi inventariar a fauna de Coleoptera aquática das Unidades de Conservação da Zona da Mata Norte e Sul e da Região Metropolitana, no domínio Mata Atlântica, do Estado de Pernambuco. Sendo os objetivos específicos:

- i) Identificar os táxons de coleópteros aquáticos encontradas nas Unidades de Conservação em diferentes estações do ano;
- ii) Comparar a abundância e riqueza de espécies dos coleópteros aquáticos entre as estações seca e chuvosa, demonstrando as espécies exclusivas de cada estação.
- iii) Comparar a diversidade e constância entre os ecossistemas estudados (riacho, córrego, poça e banhado);
- iv) Caracterizar a fauna de coleópteros aquáticos dos ecossistemas da Mata Atlântica nas Unidades de Conservação.

As hipóteses testadas nesta pesquisa foram:

- i) Ocorre diferença significativa na riqueza de espécies com relação à variação temporal, com uma maior riqueza na estação chuvosa do ano.
- ii) Os ecossistemas lóticos apresentam maior diversidade quando comparados aos ecossistemas lênticos (ambientes associados).

iii) Existe diferença na riqueza e abundância de espécies em relação à proximidade física com a capital do Estado, Recife, com as Unidades de Conservação localizadas mais distante de Recife apresentando maior riqueza e diversidade.

A dissertação está estruturada da seguinte forma: no Capítulo 1 é realizado o referencial teórico para melhor entendimento do assunto, com três subtópicos: 1.1. Unidades de Conservação; 1.2. Levantamento faunístico; e 1.3. Coleopterofauna aquática. O material e métodos utilizados por esta pesquisa está descrita em detalhes no Capítulo 2, composta por: 2.1. Área de estudo; 2.2. Procedimentos de coleta e identificação; e 2.3. Análise dos dados. Os resultados encontrados são apresentados no Capítulo 3 e a discussão destes resultados no Capítulo 4. Por último o Capítulo 5 que expõe as considerações finais desta dissertação. Sendo este o único estudo envolvendo apenas os coleópteros aquáticos com identificação específica no Nordeste brasileiro e a primeira ocorrência de espécies para o Estado de Pernambuco.

## Referencial Teórico

### 1.1. Unidades de Conservação

A conversão de habitat é um dos principais fatores ameaçadores da biodiversidade por todo mundo (FOLEY *et al.*, 2005). A fragmentação e a destruição de habitats causam uma perda de diversidade de espécies e variabilidade genética, além de aumentar o efeito de borda nos ecossistemas nativos (BROWN JR; BROWN, 1992). Ou seja, os fragmentos diferem do habitat natural por duas razões, i) os fragmentos possuem maior quantidade de borda por área e ii) o centro de cada fragmento está mais próximo da borda (PRIMACK; RODRIGUES, 2001). Outros fatores como, espécies invasoras, mudanças climáticas, deterioração ambiental e cascatas de extinção também aceleram este processo de perda da biodiversidade (KRAUSS *et al.*, 2010), podendo ser chamado de decaimento do *status* de conservação

A inclusão de áreas protegidas nas paisagens torna-se um importante alternativa para prover que processos ecológicos e evolucionários essenciais perdurem para manutenção da biodiversidade (WILLIS *et al.*, 2012). Áreas protegidas não é um conceito moderno, pois ao longo dos milênios existiam locais sagrados protegidos pelas comunidades indígenas para utilização de recursos em comum ou áreas reservadas para a realização de caça (CHAPE *et al.*, 2005). Com o passar dos tempos, o conceito moderno de áreas protegidas foi desenvolvido e refinado no século passado, e a quantidade de áreas protegidas mundial vem crescendo de forma rápida (WATSON *et al.*, 2014). Apesar da importância e do aumento espacial dessas áreas, existem apenas 12% da área mundial sob alguma forma de proteção (WILLIS *et al.*, 2012).

O aumento na degradação ambiental torna-se um fator de forte influência na criação de áreas protegidas, como uma forma de conservação *in situ* para manter as espécies e ecossistemas conservados em resposta às rápidas mudanças que ocorrem ao redor, com populações viáveis de espécies mantidas em seus habitats naturais (BRITO *et al.*, 1999; WATSON *et al.*, 2014). A utilização de áreas protegidas tem se mostrado uma estratégia de conservação plausível, pois áreas bem manejadas têm conseguido reduzir a perda de habitat, principal fator de ameaça a biodiversidade, e conseguem manter os níveis populacionais mais altos do que em outros tipos de manejo (WATSON *et al.*, 2014).

No Brasil, o marco legal dos parques nacionais foi estabelecido pelo Código Florestal de 1934 (Decreto 23.793, de 23 de Janeiro de 1934), com o primeiro parque brasileiro (Parque do Itatiaia) sendo criado em 1937 nas encostas da Mata Atlântica no Rio de Janeiro. Em 1979,

o Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (antigo IBDF) publicou o primeiro plano para um sistema de unidades de conservação, que nunca foi legalizado, com 16 categorias e seus objetivos de manejo. As categorias neste plano estavam mal definidas nas instâncias federal, estadual e municipal, com objetivos confusos e com funções duplicadas entre órgãos federais. Por isso, em 1988 foi incluído no Projeto Nacional de Meio Ambiente a demanda por um sistema definido e coerente de unidades de conservação (RYLANDS; BRANDON, 2005). As áreas protegidas no Brasil são chamadas de Unidades de Conservação e conforme a Lei (Lei nº 9.985, de 18 de Julho de 2000), que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), são definidas como:

[...] espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção (BRASIL, 2000, p.1).

As UCs se dividem em dois grupos: Unidades de Proteção Integral (uso indireto) e de Uso Sustentável (uso direto). Segundo o SNUC, as unidades de proteção integral são divididas em cinco categorias: Estação Ecológica; Reserva Biológica; Parque Nacional; Monumento Natural e Refúgio de Vida Silvestre; e as unidades de uso sustentável em sete categorias: Área de Proteção Ambiental; Áreas de Relevante Interesse Ecológico; Floresta Nacional; Reserva Extrativista; Reserva de Fauna; Reserva de Desenvolvimento Sustentável e Reserva Particular do Patrimônio Natural (BRASIL, 2000).

No Estado de Pernambuco, Lei estadual nº 13.787, de 08 de Junho de 2009, que institui o Sistema Estadual de Unidades de Conservação da Natureza, estabelece: “[...] critérios e normas para a criação, implantação e gestão das unidades que o constituem, além de dispor sobre o apoio e incentivo ao Sistema, bem como sobre as infrações cometidas em seu âmbito e as respectivas penalidades” (PERNAMBUCO, 2009, p. 1).

Em Pernambuco existem 78 UCs sob administração estadual (CPRH), pertencentes às seguintes categorias: Estação Ecológica; Parque Estadual; Refúgio da Vida Silvestre (RVS); Monumento Natural; Área de Proteção Ambiental (APA) e APA Estuarina; Reserva de Floresta Urbana (FURB) e Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN). Sob a administração federal, existem 22 UCs nas categorias: Reserva Biológica; Parque Nacional; Floresta Nacional; Reserva Extrativista, APA e RPPN (AGÊNCIA..., 2014). Sob administração municipal do Recife existem 25 UCs nas categorias: APA; FURB; RVS; Unidade de Conservação da Natureza; Unidade Protegida e Parque Natural (RECIFE, 2012).

Em Pernambuco, existe o incentivo por meio do ICMS Socioambiental, onde os municípios participantes recebem uma parcela maior desse imposto, de forma a estimular medidas que visem a proteção ambiental. Este ICMS funciona como uma forma de compensação para os municípios que aderem técnicas de produção que degradam e poluam menos o meio ambiente, mantendo e melhorando a qualidade ambiental. De forma que um dos objetivos do ICMS Socioambiental é compensar os municípios que possuam Unidades de Conservação em seu território, institucionalizadas por instrumento legal (Silva Júnior *et al.*, 2013). O que gera alguns conflitos, devido ao fato dessas UCs serem criadas sem muitos estudos com a finalidade apenas de receber o incentivo fiscal. Para isso, esta atividade deveria ter maior atenção no sentido da conservação ambiental, a fim de evitar problemas como o enquadramento incorreto dessas áreas dentro das categorias de UCs.

Por isso, apesar das áreas serem enquadradas como UCs, essas podem ser formadas por paisagens fragmentadas e isoladas. A maioria dos fragmentos de remanescentes florestais tem uma área média menor do que 100 ha e muitos desses remanescentes de Mata Atlântica pertencem aos proprietários privados que, geralmente, possuem refinarias de etanol ou usinas açucareiras (BERNARD *et al.*, 2011). Diante dessas pressões antrópicas do entorno, sem um manejo adequado, as UCs podem perder espécies e as funções ecológicas e ambientais proporcionadas pelos ecossistemas. Em Pernambuco, apesar do esforço de se criar mais UCs, estas condições também se configuram do mesmo sentido, porém o que as distingue é o processo de colonização que aqui ocorreu, a priori, anteriormente as demais regiões do Brasil, caracterizando uma maior pressão antrópica.

## 1.2. Levantamento faunístico

De forma a avaliar a conservação da biodiversidade, para que o conhecimento sobre os ecossistemas seja mais amplo, é importante destacar que os seres vivos estão conectados ao meio físico. Assim, estudos que realizem inventários de grupos animais englobando áreas, como a taxonomia, ecologia e biogeografia servem para ser utilizados para o monitoramento da biodiversidade em áreas protegidas, à priori. Apesar da grande diversidade dos artrópodes, a representatividade deste grande grupo nos levantamentos e inventários faunísticos têm sido mínimos (VIEIRA *et al.*, 2013).

Os inventários faunísticos buscam verificar diretamente a diversidade de um determinado local e tempo e partir dos dados primários gerados, compondo uma das

ferramentas mais importantes para o manejo das áreas protegidas. Além da importância dos inventários como ferramenta para programas de monitoramento, verificando se determinado impacto alterou de forma significativa as comunidades presentes. Necessitam ser realizados de maneira padronizada, organizadas, com delineamento amostral bem definido e amplo para que os programas tenham bons resultados e avaliar os impactos de maneira adequada, pois existe uma grande sinergia causada por diversos impactos e eles não seriam mitigados da maneira correta sem uma avaliação mais ampla (SILVEIRA *et al.*, 2010).

Sabe-se que as perturbações antrópicas têm sido responsáveis pela supressão de espécies e pela modificação da composição faunística dos macroinvertebrados aquáticos em ecossistemas lóticos (CUMMINS, 1973; CORTEZZI *et al.*, 2009) e poucos estudos são representativos para a supressão em ecossistemas lênticos, como as áreas alagadas (*wetlands*) e ambientes menores, como poças e ambientes temporários. Estes animais possuem grande diversidade ecológica e por isso respondem de maneira variada às perturbações ambientais, podendo ter indivíduos altamente sensíveis ou tolerantes aos impactos (ROSENBERG; RESH, 1993). Assim, esses indivíduos vêm sendo incluídos nos estudos de avaliação e monitoramento ambiental, de forma a averiguar a qualidade ambiental dos ecossistemas aquáticos amostrados (BAPTISTA *et al.*, 2007; CORTEZZI *et al.*, 2009).

A perda de biodiversidade aquática pode ser causada pela sinergia de diversos fatores, como: degradação do habitat (incluindo poluição), modificações nos sistemas hidrológicos, conversão de áreas naturais para outras atividades (p.ex.: monocultura e pecuária extensiva), modificações nos sistemas hidrológicos, superexploração das espécies, mudanças climáticas e introdução de espécies exóticas (ALLAN; FLECKER, 1993; PRIMACK; RODRIGUES, 2001).

Os impactos antrópicos vêm crescendo de forma desordenada realçam a importância de estudos englobando a composição faunística para minimizar a extinção local e perda de espécies. Assim, sabe-se que 25 espécies de Coleoptera aquáticos estão na lista vermelha de espécies ameaçadas da IUCN, oito espécies na categoria Vulnerável (seis da família Dytiscidae, um da família Elmidae e um de Cicindelidae), nove na categoria Ameaçado (oito da família Dytiscidae e um de Cicindelidae), duas categorizadas como Criticamente Ameaçado (família Dytiscidae) e na categoria Extinto seis espécies (família Dytiscidae), sendo duas espécies (*Megadytes ducalis* e *Rhantus orbigny*) regionalmente extintas no Brasil (IUCN, 2014).

### 1.3. Ecossistemas aquáticos continentais

Os habitats nos quais os insetos residem podem ser classificados como lênticos e lóticos. Os ecossistemas lóticos compreendem as águas correntes, desde pequenos riachos até grandes rios, variando drasticamente em características como, tamanho, velocidade da correnteza e substrato. Esses ecossistemas são considerados o habitat ancestral para a maioria dos grupos de insetos aquáticos, sendo as espécies habitantes de ecossistemas lênticos consideradas derivadas das linhas ancestrais. Porém, ordens como Hemiptera e Coleoptera, as espécies aquáticas se desenvolveram em ambientes lênticos, pois são ordens primariamente terrestres. Os coleópteros e hemípteros considerados bem adaptados aos ambientes lóticos (águas correntes) evoluíram mecanismos especializados para captação de oxigênio dissolvido contido na água. Os ecossistemas lênticos possuem uma diversidade de habitats para os insetos aquáticos, com influência das condições ambientais que podem proporcionar diferentes gradientes espaciais e mudanças temporais. Diante dessa diversidade, esses ecossistemas podem ser lagos profundos, lagoas com vegetação marginal, charcos rasos e pântanos com plantas herbáceas e lenhosas (WARD, 1992).

Os habitats dos insetos aquáticos também podem ser classificados de forma diferente, abordando as características físicas e químicas dos ecossistemas, diferindo em graus de estabilidade e/ou continuidade: habitats permanentes, artificiais (antrópicos) e temporários. Os habitats permanentes possuem água em base permanente, mas não necessariamente numa escala de tempo geológica, podendo apresentar diferenças devido à um fator ou a combinação deles, como: geologia, clima, precipitação, vegetação, solo, drenagem e química da água. Esses habitats podem ser de água corrente (ex.: rios, riachos, nascentes e planície de inundação) e água parada (lagos, lagoas, charcos). Os habitats artificiais são aqueles formados por ações antropogênicas, como os reservatórios, fluxo de canalização e valas nas estradas (WILLIAMS; FELTMATE, 1992).

Os habitats temporários possuem maior amplitude dos parâmetros físicos e químicos do que em ambientes permanentes e pelo fato da baixa profundidade desses ambientes a temperatura pode sofrer fortes alterações. Lagos e riachos temporários possuem uma fase seca de duração variada, devido ao fato desses ambientes terem uma baixa correnteza e formação de poças no período seco, as espécies dos ecossistemas lóticos temporários possuem grande semelhança com as espécies de ecossistemas lênticos. Outros exemplos de habitats temporários são as poças formadas pela chuva e fitotelmatas que são micro ecossistemas aquáticos em estruturas vegetais (ex.: bromélias, troncos de árvores) (WILLIAMS; FELTMATE, 1992).

#### 1.4. Coleopterofauna aquática

Os coleópteros possuem uma ampla distribuição em todos os continentes (JÄCH; BALKE, 2008) e sua grande diversidade é atribuída à posição dos élitros, que permite a adaptação das espécies em praticamente todos os ambientes terrestres e de água doce (COSTA, 2008). Os élitros são pares de asas anteriores modificadas que, em repouso, recobrem as asas posteriores membranosas, sendo a principal sinapomorfia presente nos adultos, afirmando a monofilia do grupo (COSTA, 2000). Estudos filogenéticos apontam a existência de quatro subordens e 18 superfamílias (BOUCHARD *et al.*, 2011), destas subordens três possuem representantes aquáticos: Myxophaga (90% aquáticos), Adephaga (18% aquáticos) e Polyphaga (1,25% aquáticos) (JÄCH; BALKE, 2008).

Além da diversidade de espécies, os coleópteros possuem uma grande variedade de formas, tamanhos, estratégias ecológicas e habitats que permitem uma ampla distribuição, sendo um grupo bem sucedido no Reino Animalia (SEGURA, 2012). Mundialmente, existem estudos variados acerca dos coleópteros aquáticos, abordando taxonomia, sistemática, ecologia, biologia, alguns *checklists* e chaves de identificação. Porém, estes trabalhos englobam algumas famílias mais conhecidas, de forma que não há estudos amplamente distribuídos ao nível de família e especialmente no mundo. Existem dois trabalhos bem explicativos, abordando a diversidade global, fazendo um *checklist* das famílias de coleópteros aquáticos e semiaquáticos, exemplificando os grupos ecológicos (JÄCH, 1998; JÄCH; BALKE, 2008), como também as chaves de identificação dos coleópteros aquáticos da Florida (EPLER, 2010) para o continente americano. Existem trabalhos recentes, de várias regiões do mundo, destacando a relação das espécies com os ecossistemas aquáticos (HENDRICH *et al.*, 2004; ARCE-PEREZ *et al.*, 2010; DELER-HERNANDÉZ; CALA-RIQUELME, 2010; DIJKSTRA *et al.*, 2014; PÉREZ-BILBAO *et al.*, 2014), como também dando destaque ao caráter bioindicador do grupo, em trabalhos de monitoramento e avaliação ambiental (GARCÍA-CRIADO; FERNANDÉZ-ALAEZ, 1995; MISERENDINO; ARCHANGELSKY, 2006; SHORT; KADOSOE, 2011; FREITAG, 2014). Apesar dos ordens, Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (índice EPT) serem as mais utilizadas como índices biológicos, há a proposta de inclusão de Coleoptera no índice EPTC devido ao caráter indicador do grupo, demonstrando a degradação dos riachos (COMPIN; CÉRÉGHINO, 2003). Como existem modificações para o EPT-C com a inclusão da família Chironomidae, que apresenta contraste de Ordens de organismos sensíveis com os organismos da família sendo tolerantes em sua maioria.

No Brasil ainda há muito o que ser conhecido sobre os coleópteros aquáticos. Para o Rio Grande do Sul existe um levantamento para a Ordem Coleoptera (BENETTI *et al.*, 1998) e para a subordem Adephaga (BENETTI *et al.*, 2003; BENETTI; FIORENTIN, 2003; BENETTI; RÉGIL CUETO, 2004) e uma chave de identificação (BENETTI *et al.*, 2003), como também para a Amazônia Central (BENETTI; HAMADA, 2003), para São Paulo (SEGURA *et al.*, 2007; SEGURA *et al.*, 2012) e para o Rio de Janeiro (FERREIRA JR. *et al.*, 1998). Algumas listas de espécies foram realizadas para o Rio de Janeiro para Hydrophilidae (SANTOS *et al.*, 2009), Elmidae (PASSOS *et al.*, 2009), Dytiscidae e Noteridae (FERREIRA JR.; BRAGA, 2009).

Os besouros aquáticos ocupam diversos níveis na cadeia trófica, podendo ser desde fitófagos até predadores, além de ampla valência ecológica, demonstrando a sua importância na composição da fauna aquática (BENETTI; HAMADA, 2003). Visando esta diferença ecológica, Jäch (1998) realizou uma distinção das famílias de besouros aquáticos em grupos ecológicos. Abaixo, mencionamos com uma nova terminologia os seis grupos ecológicos, segundo seu hábito de vida, sendo eles:

- **Adultos submersos:** este grupo possui indivíduos que ficam a maior parte do tempo submersos no estágio adulto (larvas e pupas podem ser aquáticas ou terrestres) ou parcialmente submersos (adultos de Gyrinidae). São encontrados fora da água devido aos voos de dispersão (adultos), para se esquentar no sol ou quando as condições aquáticas não estão favoráveis: Gyrinidae, Haliplidae, Noteridae, Amphizoidae, Hygrobiidae, Dytiscidae, Lepiceridae, Torridincolidae, Hydroscaphidae, Helophoridae, Epimetopidae, Hydrochidae, Spercheidae, Hydrophilidae, Hydraenidae, Elmidae, Dryopidae e Lutrochidae.
- **Imaturos submersos:** são aquáticos somente nos estágios imaturos, adultos são predominantemente terrestres: Scirtidae, Psephenidae, Ptilodactylidae, Eulichadidae e Lampyridae.
- **Aquáticos facultativos:** são indivíduos que ocasionalmente ou regularmente permanecem submerso por um tempo determinado (para caçar, se alimentar ou fugindo de predadores) em qualquer estágio de desenvolvimento: Carabidae (em parte), Staphylinidae, Scarabaeidae (Dynastinae) e Lampyridae.
- **Hidrófilos:** são geralmente terrestres, mas são encontrados exclusivamente próximos às margens ou em ambientes alagados, em todos os estágios de desenvolvimento: Microsporidae, Carabidae (em parte), Georissidae, Hydrophilidae, Histeridae, Ptiliidae, Leiodidae (Cholevinae), Staphylinidae, Scarabaeidae, Limnichidae, Heteroceridae, Elateridae,

Lampyridae, Phycosecidae, Melyridae, Monotomidae, Tenebrionidae, Salpingidae e Anthicidae.

- **Associados às plantas aquáticas (Fitófilos):** são predominantemente terrestres, podendo estar estritamente correlacionados as plantas aquáticas (para se alimentar ou viver) e podem submergir pelo menos em algum estágio de desenvolvimento: Chrysomelidae e Curculionidae, ambas em parte.
- **Associados aos animais aquáticos:** utilizam um hospedeiro, que podem ser anfíbios ou mamíferos aquáticos: Leiodidae (Psylliinae).

Para tal, são necessárias várias adaptações para sobreviver ao meio aquático, podendo ser fisiológicas, morfológicas ou comportamentais. As principais adaptações são do tipo respiratórias, onde muitos coleópteros obtêm o oxigênio da atmosfera, outros diretamente da água e alguns de tecido vegetal. As larvas podem respirar por tráqueo-brânquias ou obter oxigênio através do aerênquima de plantas aquáticas e nos adultos as formas são mais variadas, podendo ser por plastrão ou câmara de ar, por exemplo (BENETTI; FIORENTIN, 2003). Os adultos que realizam a respiração por meio do plastrão de ar, mantêm uma fina camada de ar ao redor do corpo que é renovado por difusão do oxigênio da água para o ar mantido no plastrão. Estes são indivíduos que vivem em áreas de corredeiras, possuindo também modificações morfológicas como, pernas e outras partes do corpo cobertas por cerdas hidrofóbicas (BROWN, 1987; SEGURA, 2012). Enquanto que os que necessitam do ar atmosférico, utilizam a antena ou outra extremidade do abdômen para quebrar a tensão superficial da água e renovar o ar mantido embaixo dos élitros, voltando a superfície para renovação do estoque de ar (LARSON *et al.*, 2000).

Outras adaptações são relacionadas para facilitar a natação e captura de alimento, como o corpo hidrodinâmico, que reduz a resistência à correnteza da água, tamanho, apêndices no tórax e ornamentações do tegumento (exemplo: cerdas natatórias). Algumas espécies possuem as patas em forma de remo para facilitar a natação em ambientes lênticos e outras possuem garras tarsais para auxiliar na fixação ao substrato para se proteger do carreamento provocado pela correnteza (BENETTI; FIORENTIN, 2003; SEGURA, 2012). Com isso, os modos de locomoção podem ser variados, sendo alguns bons nadadores e outros que não nadam e caminham sobre os substratos, e larvas de alguns grupos que ficam aderidas ao substrato e se movimentam pouco (ARCHANGELSKY *et al.*, 2009).

Os coleópteros aquáticos possuem diversos hábitos alimentares, onde a maioria das famílias é predadora, como ditiscídeos grandes que são predadores vorazes capazes de devorar

pequenos peixes e girinos, enquanto outras famílias são primariamente herbívoras ou detritívoras (WARD, 1992). A variação das partes bucais é dependente do tipo de dieta, por exemplo, existem as mandíbulas com lobos molares características dos herbívoros, como encontrada nas famílias Haliplidae e Elmidae, as mandíbulas curvadas e afiadas dos predadores de Gyrinidae e mandíbulas que podem ser adaptadas para a sucção de Dytiscidae e alguns hidrofilídeos (WILLIAMS; FELTMATE, 1992).

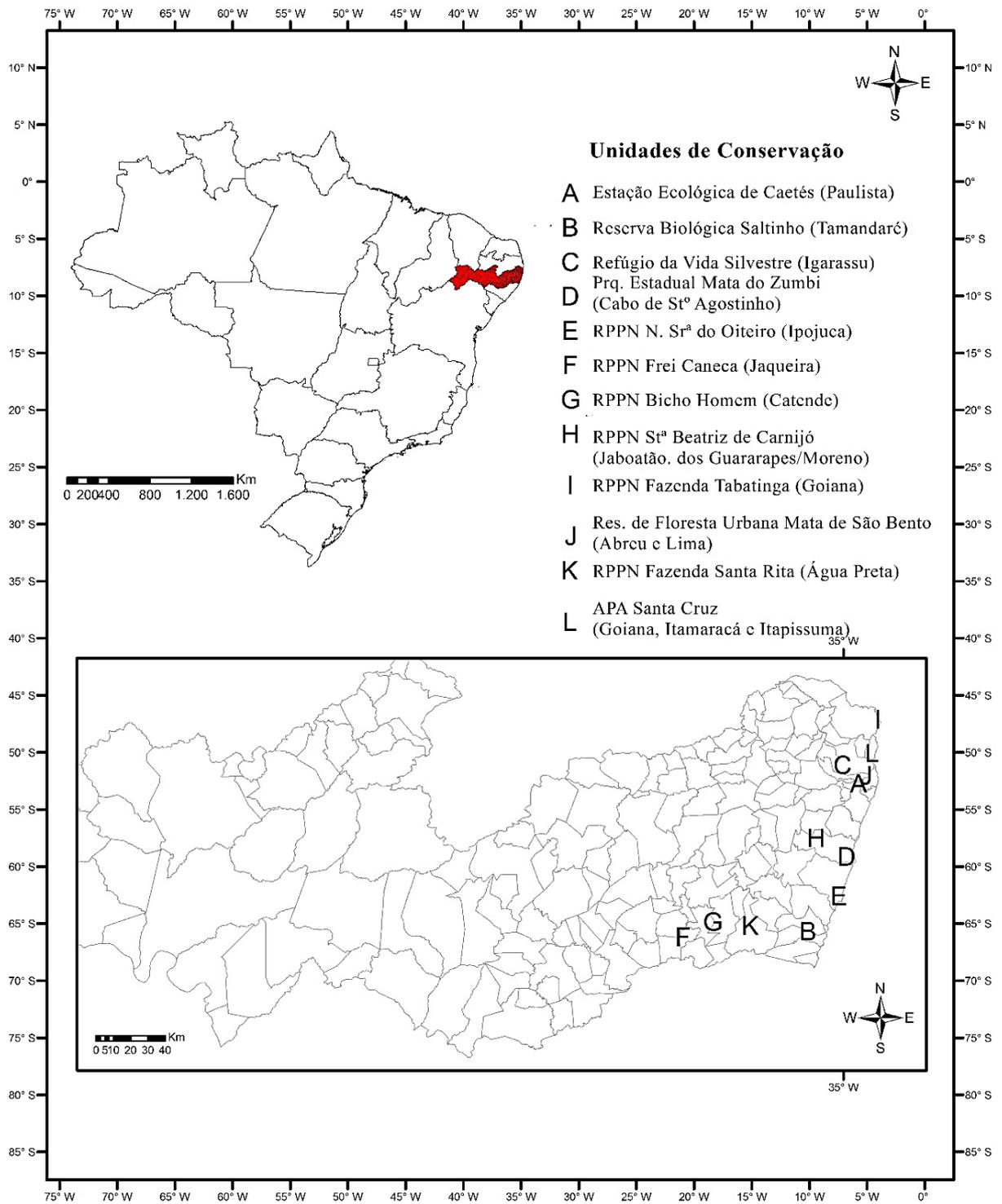
Assim, os coleópteros podem ocupar diversos ecossistemas aquáticos ou semiaquáticos, como os ecossistemas lênticos feito os banhados com grande quantidade de vegetação, as poças temporárias com pouca água e ecossistemas lóticos com grande volume de água e profundos (BENETTI; RÉGIL CUETO, 2004). Alguns indivíduos adultos preferem águas rasas, pois muitas espécies dependem da superfície para obtenção de oxigênio, por isso, que em águas profundas, aderem a vegetação aquática associada às margens locais para suporte contra a correnteza e obtenção de alimento e/ou oxigênio (NASCIMENTO *et al.*, 2011). Porém, outros são considerados nadadores ativos e são encontrados com frequência em ambientes com grande quantidade de água e profundos (BENETTI; RÉGIL CUETO, 2004). Dentre essas espécies que ocorrem em águas correntes, apenas 36% possuem fortes adaptações para suportarem as fortes correntezas, como os indivíduos da família Psephenidae (WARD, 1992). Existindo famílias que habitam apenas ambientes lóticos e vivem associadas a águas bem oxigenadas (p.ex.: Elmidae e Psephenidae) e outras que, permanentemente ou ocasionalmente, fazem parte das comunidades bentônicas (ARCHANGELSKY *et al.*, 2009).

## Material e Métodos

### 2.1. Área de Estudo

O estudo foi realizado em ecossistemas lóticos e lênticos de doze Unidades de Conservação (UCs) no domínio da Mata Atlântica. Destas, sete estão localizadas na região metropolitana do Recife, uma na zona da mata norte de Pernambuco e quatro na zona da mata sul. A Zona da Mata e a Região Metropolitana de Pernambuco, que compreendem áreas de Floresta Ombrófila Densa – Mata Atlântica, apresentam estações chuvosa e seca, que influenciam a dinâmica dos ecossistemas e de sua biota. A estação chuvosa está compreendida entre os meses de abril e setembro e de estiagem entre os meses de outubro e março, podendo variar de ano para ano o início e o fim de cada estação. A pesquisa foi realizada durante a estação chuvosa nos meses de Maio a Setembro de 2013 e a estação seca entre Novembro e Abril de 2014, exceto no mês de Outubro pelas chuvas intensas que descaracterizaram um mês de estiagem. O Estado de Pernambuco possui diversos climas segundo a classificação de Köppen, onde a zona da mata e região metropolitana apresentam os tipos Am (monção) e As (verão seco), com temperatura média entre 24 – 26 °C e precipitação anual média entre 700 – 2500 mm (ALVARES *et al.*, 2013). As coletas ocorreram nos municípios de: Abreu e Lima, Água Preta, Cabo de Santo Agostinho, Catende, Goiana, Igarassu, Ipojuca, Itamaracá, Jaqueira, Moreno, Paulista e Tamandaré (Figura 1).

Figura 1 - Mapa de Pernambuco e do Brasil destacando as doze Unidades de Conservação, onde foi realizada a amostragem dos besouros aquáticos no período de Maio de 2013 a Abril de 2014.



Fonte: Autora.

A Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Fazenda Tabatinga ( $07^{\circ}36'17''S$  /  $34^{\circ}49'13''W$ ), criada pela Portaria CPRH/SECTMA N° 093/1997 após o Decreto n° 19.815 em 02 de junho de 1997, que dispõe sobre o reconhecimento das RPPNs pelo Estado de

Pernambuco, constitui essa a primeira UC privada de Pernambuco (Figura 2). A RPPN Fazenda Tabatinga está localizada no município de Goiana em uma propriedade com 75 ha, sendo 19,23 ha representados pela RPPN. A RPPN Fazenda Tabatinga é formada por remanescentes de Mata Atlântica, manguezal e restinga, inseridos na bacia hidrográfica de Grupos de Pequenos Rios Litorâneos 1 (GL1). Sendo essa área constituída por dois quilômetros de praia, onde devido ao seu valor paisagístico há um projeto dos proprietários (Família Rabelo) de inserir a área como parte de um roteiro turístico do litoral Norte (Circuito Náutico do Estado de Pernambuco). Na área, exceto a reserva, existe um projeto de carcinicultura para exploração econômica da área de 76 ha, pois neste tipo de UC são permitidas atividades econômicas desde que não estejam inseridas na área da reserva. A RPPN Fazenda Tabatinga tem como limite norte os tanques de carcinicultura e a vila da Fazenda Tabatinga; ao sul, monocultura de cana de açúcar; leste, a Praia de Ponta de Pedra; e oeste a Rodovia PE-049 (MESQUITA, 2004; CAVALCANTI, 2014).

Figura 2 - Local de realização das coletas na Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda Tabatinga, no município de Goiana, Zona da Mata Norte de Pernambuco, nos meses de Setembro de 2013 e Janeiro de 2014.



Fonte: Autora.

A Área de Proteção Ambiental (APA) de Santa Cruz ( $07^{\circ}46'56''S$  /  $34^{\circ}51'07''W$ ) foi criada a partir do Decreto nº 32.488 de 17 de outubro de 2008 que define os municípios na qual a área está inserida (Itamaracá, Itapissuma e parte de Goiana), com área total de 38.692,32 ha, sendo 24.943,02 ha no continente e o restante de área marítima. A área possui como limite norte a Ilha de Itapessoca e a Rodovia PE-049; ao sul a Rodovia PE-014 e o Veneza Walter Park; leste o Oceano Atlântico; e oeste a Rodovia BR-101 e os municípios de Araçoiaba e Itaquitinga. A APA de Santa Cruz é formada por remanescentes de Mata Atlântica e ecossistemas associados, como manguezal e restinga, abrigando seis Refúgios de Vida Silvestre (RVS) e três áreas estuarinas, sob jurisdição Estadual pelo órgão público CPRH (Agência Estadual de Meio

Ambiente). Sendo o Complexo Estuarino do Canal de Santa Cruz um dos mais importantes ecossistemas do litoral pernambucano, com grande importância ambiental e socioeconômica. Geologicamente, a APA de Santa Cruz está inserida na Bacia Sedimentar Costeira Pernambuco-Paraíba, onde em sua área a formação é predominantemente de sedimentos meso-cenozóicos. A APA de Santa Cruz está inserida na bacia hidrográfica de GL1, sendo as bacias dos rios Jaguaribe, Arataca, Botafogo e Igarassu inseridas na área da APA (PERNAMBUCO, 2008; AGÊNCIA, 2009). A amostragem da área foi realizada em um dos afluentes do Rio Jaguaribe, conhecido pela população como córrego “Boi das Negas” (Figura 3).

Figura 3 - Local de realização das coletas na Área de Proteção Ambiental de Santa Cruz, no município de Itamaracá, Região Metropolitana de Recife em Pernambuco, nos meses de Julho de 2013 e Novembro de 2014.



Fonte: Autora.

O Refúgio da Vida Silvestre (RVS) da Mata da Usina São José (07°50'42"S / 35°00'17"W) está localizada no município de Igarassu, foi criada pela Lei nº 9.989, de 13 de janeiro de 1987 que estabelece as reservas ecológicas dentro da Região Metropolitana do Recife e categorizada como RVS no Sistema Estadual de Unidades de Conservação da Natureza (SEUC) pela Lei nº 14.324, de 03 de junho de 2011. O RVS da Mata da Usina São José tem uma área de 298,78 ha de Floresta Ombrófila Densa (GOMES *et al.*, 2009b) e está inserido na bacia hidrográfica GL1 dentro da bacia dos rios Botafogo-Arataca. As coletas foram realizadas no córrego Marroquim inserido no refúgio, fazendo parte do açude de mesmo nome, que é alimentado pelo Rio Botafogo (Figura 4). O limite norte do RVS é a Rodovia PE-041; ao sul a Rodovia PE-018; leste a Rodovia BR-101 e a sede do Município de Igarassu; e oeste a Rodovia PE-027.

Figura 4 - Local de realização das coletas no Refúgio de Vida Silvestre da Mata da Usina São José, no município de Igarassu, Região Metropolitana de Recife em Pernambuco, nos meses de Julho de 2013 e Março de 2014.



Fonte: Autora.

A Reserva de Floresta Urbana (FURB) da Mata de São Bento ( $07^{\circ}54'07''S/ 34^{\circ}52'56''W$ ) está localizada em Abreu e Lima com área de 109,6 ha de Floresta Ombrófila Densa, definida pelo SEUC – PE nesta categoria e não pelo SNUC. Criada a partir da Lei nº 9.989/87 e categorizada como FURB pela Lei nº 14.324/11. Restam poucos fragmentos de Mata Atlântica na área, cercados por propriedades privadas com loteamentos e moradias irregulares com uma intensa desmembração da área, com poucos estudos realizados na área que permita uma caracterização mais detalhada do local. A área está inserida dentro do GL1 na bacia do Rio Timbó, sendo hoje a UC reduzida a cerca de 10% da sua área original, estando a destruição da vegetação relacionada com a redução dos recursos hídricos da bacia (AGÊNCIA..., 2003). Em um dos afluentes do Rio Timbó, Córrego do Ouro, foram realizadas as coletas (Figura 5).

Figura 5 - Local de realização das coletas na Reserva da Floresta Urbana da Mata de São Bento, no município de Abreu e Lima, Região Metropolitana de Recife em Pernambuco, nos meses de Setembro de 2013 e Fevereiro de 2014.



Fonte: Autora.

A Estação Ecológica (ESEC) de Caetés ( $07^{\circ}56'30''S$  /  $34^{\circ}55'15''W$ ) foi criada como Reserva Ecológica pela Lei n.º 9.989/87 e de acordo com a Lei nº 11.622, de 29 de dezembro de 1998, a UC foi redefinida como Estação Ecológica. A ESEC ocupa 157 ha, está inserida no município de Paulista e possui remanescentes de Mata Atlântica e estando também inserida no GL1 na bacia do Rio Paratibe. Tendo como limites ao norte a Rodovia PE-18 na divisa entre Paulista e Abreu e Lima; ao sul o Rio Paratibe; ao leste a Antiga fábrica Amarin Primo S/A e ao oeste a Fazenda Seringal Velho (AGÊNCIA..., 2006). O entorno da ESEC de Caetés passa por um processo intenso de degradação, apenas a parte vegetacional da UC se encontra preservada. Como o Rio Paratibe é o limite da estação, a outra margem é cercada por residências, clubes e outros loteamentos, a qualidade deste recurso hídrico pode estar comprometida, local onde as coletas foram realizadas (Figura 6).

Figura 6 - Local de realização das coletas na Estação Ecológica de Caetés, no município de Paulista, Região Metropolitana de Recife em Pernambuco, nos meses de Julho de 2013 e Novembro de 2014.



Fonte: Autora.

A RPPN Fazenda Santa Beatriz do Carnijó ( $08^{\circ}13'43''S$  /  $35^{\circ}08'30''W$ ) é uma UC Federal pertencente à família Souza Leão de acordo com a Portaria 24 - DOU 43- E - seção/pg. 1/88 de março de 2001 e Portaria Retificação - DOU 5 - seção/pg. 1/92 de 7 janeiro de 2005. A reserva está localizada no município de Moreno, possui 25,5 ha com remanescentes de Mata Atlântica estando inserida no Grupo de Pequenos Rios Litorâneos 2 (GL2) na bacia do Rio Carnijó, sendo as coletas realizadas em um dos afluentes desse rio (Figura 7). Os limites da área são ao norte a Rodovia BR-232; ao sul a PE-007; ao leste o Condomínio Vila Três Lagoas; e ao oeste o Distrito de Pedreiras.

Figura 7 - Local de realização das coletas na Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda Santa Beatriz do Carnijó, no município de Moreno, Região Metropolitana de Recife em Pernambuco, nos meses de Setembro de 2013 e Fevereiro de 2014.



Fonte: Autora.

O Parque Estadual (P.E.) Mata do Zumbi ( $08^{\circ}19'38''S$  /  $34^{\circ}59'01''W$ ) definida pela Lei nº 9.989/87 como Reserva Ecológica e redefinida pela Lei nº 14.324 de 03 de junho de 2011. A área total do P.E. compreende 292,4 ha, dos quais 160 ha sob responsabilidade de SUAPE e o restante no Loteamento Enseada dos Corais, dentro do município de Cabo de Santo Agostinho. O Parque não possui plano de manejo e nem infraestrutura para funcionamento, que de acordo com um diagnóstico, 50% é conservado (pertencente à SUAPE), 10% formada por canavial e 40% é para projetos de reflorestamento. Possuindo dois açudes, um ao norte que abastece o riacho dos Arrombados, onde foram realizadas as coletas e que passa por forte pressão antrópica e mais ao sul outro açude alimentado por pequenos afluentes do GL2 (Figura 8). Tem como limites ao norte a Rodovia PE-028 e a Reserva Ecológica Mata de Duas Lagoas; ao sul o Porto de Suape; ao leste Enseada dos Corais; e ao oeste o Distrito Industrial Cabo/Ipojuca (AGÊNCIA..., 2003b).

Figura 8 - Local de realização das coletas no Parque Estadual Mata do Zumbi, no município de Cabo de Santo Agostinho, Região Metropolitana de Recife em Pernambuco, nos meses de Julho de 2013 e Dezembro de 2014.



Fonte: Autora.

A RPPN Nossa Senhora do Oiteiro de Maracaípe ( $08^{\circ}31'63''S$  /  $35^{\circ}01'25''W$ ) definida pela Portaria 58 - DOU 187-E - 27/09/2000 - seção/pg. 1/98 sendo uma UC federal sendo propriedade da Paróquia de São Miguel, localizada no município de Ipojuca. A RPPN possui área de 76,21 ha composta por restinga (campo inundável e não-inundável e floresta não-inundável) e manguezal, dentro de uma área total do imóvel de 130,50 ha. A área faz parte da bacia hidrográfica do Rio Ipojuca e as coletas foram realizadas no Riacho do Castanho (Figura 9).

Figura 9 - Local de realização das coletas Reserva Particular do Patrimônio Natural Nossa Senhora do Oiteiro de Maracaípe, no município de Ipojuca, Região Metropolitana de Recife em Pernambuco, nos meses de Agosto de 2013 e Janeiro de 2014.



Fonte: Autora.

A RPPN Bicho Homem ( $08^{\circ}61'11''S$  /  $35^{\circ}73'44''W$ ) definida pela Portaria CPRH/SECTMA N° 007/2006 de 29 de dezembro de 2006, sendo propriedade da Destilaria

São Luiz (Luiz Antônio Borges de Queiroga Cavalcanti) com 90 ha com Mata Atlântica, no município de Catende e distrito de Laje Grande (AGÊNCIA..., 2014). A propriedade tem como principal atividade a monocultura de cana de açúcar e a produção alcooleira, fazendo parte da bacia hidrográfica do Rio Una, tendo inserido na UC o Riacho Bicho Homem, local onde as coletas foram realizadas (Figura 10).

Figura 10 - Local de realização das coletas na Reserva Particular do Patrimônio Natural Bicho Homem, no município de Catende, Zona da Mata Sul de Pernambuco, nos meses de Setembro de 2013 e Abril de 2014.



Fonte: Autora.

A RPPN Frei Caneca (08°44'59"S / 35°50'08"W) definida pela Portaria 91 - DOU 151 - 07/08/2002 - seção/pg. 1/100, sendo uma unidade federal de propriedade da Usina Frei Caneca S/A que está inativa no município de Jaqueira. A área possui 630,43 há e é classificada como Floresta Ombrófila Densa Submontana. A RPPN encontra-se circundada por uma matriz de cana de açúcar, banana e pequenas lavouras temporárias no complexo de Serras do Urubu e Espelho e inserida no Centro de Endemismo Pernambuco (ALVARENGA *et al.*, 2007). A reserva faz parte da bacia do Rio Una e as coletas foram realizadas no chamado córrego da faixa dentro do Povoado de Caixa d'água (Figura 11). A reserva tem como limites ao norte o Município de Lagoa dos Gatos e Rodovia PE-120; ao sul a PE-126 e Municípios de Maraial e São Bernardino do Sul; ao leste o Centro do Município de Jaqueira; e ao oeste a RPPN Mata D'anta e Rodovia BR-104.

Figura 11 - Local de realização das coletas na Reserva Particular do Patrimônio Natural Frei Caneca, no município de Jaqueira, Zona da Mata Sul de Pernambuco, nos meses de Agosto de 2013 e Fevereiro de 2014.



Fonte: Autora.

A RPPN Fazenda Santa Rita ( $08^{\circ} 41'25''S / 35^{\circ}29'08''W$ ) foi definida pela Portaria CPRH nº 071/06 de 27 de abril de 2006 com 122,71 ha de Floresta Ombrófila no município de Água Preta. É uma área rica em mananciais, tendo a propriedade criação de bovinos e cultura de cana-de-açúcar, localizada dentro da bacia hidrográfica do Rio Una, sendo as coletas realizadas no córrego inserido na reserva (AGÊNCIA..., 2014) (Figura 12).

Figura 12 - Local de realização das coletas na Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda Santa Rita, no município de Água Preta, Zona da Mata Sul de Pernambuco, nos meses de Setembro de 2013 e Março de 2014.



Fonte: Autora.

A Reserva Biológica (REBIO) de Saltinho ( $08^{\circ}43'09''S / 35^{\circ}11'02''W$ ) é um fragmento de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas e Secundária de 475,2 ha definida pelo Decreto Federal nº 88.744, de 21 de setembro de 1983 dentro dos municípios de Rio Formoso e, predominantemente, em Tamandaré. Esta reserva é cercada por uma matriz de cana-de-açúcar

dos engenhos vizinhos e sua unidade gestora é o ICMBio. Seus limites são ao norte o Engenho Paquevira; ao sul os Engenhos Ouro Preto, Tabor, União, Boa Esperança e Santa Cruz; ao leste o Engenho São Manoel e a Fazenda da Cachoeira; e ao os Engenhos Laranjeiras e Barro Branco (MINISTÉRIO..., 2003). A REBIO está inserida na bacia hidrográfica dos Grupos de Pequenos Rios Litorâneos 4 (GL4), sendo as coletas realizadas no Córrego do Saltinho (Figura 13).

Figura 13 - Local de realização das coletas na Reserva Biológica de Saltinho, no município de Tamandaré, Zona da Mata Sul de Pernambuco, nos meses de Maio de 2013 e Março de 2014.



Fonte: Autora.

## 2.2. Procedimentos de Coleta e Identificação da coleopterofauna aquática

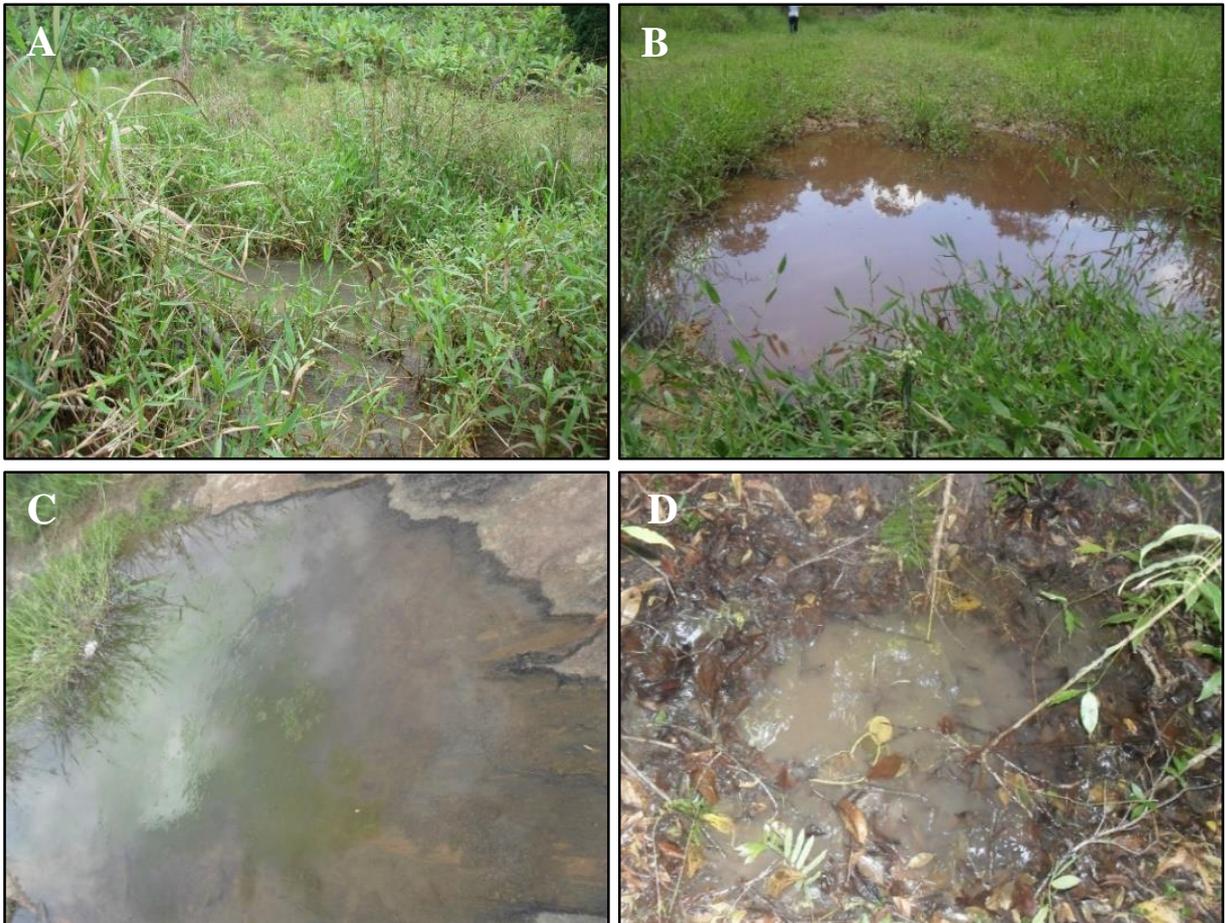
A amostragem consistiu em coletas em dois tipos de ecossistemas, considerados como lênticos e lóticos. As coletas realizadas nos ecossistemas lênticos, constituídos de poças e banhados associados aos riachos, tiveram um esforço amostral de aproximadamente duas poças ou banhados por área, sendo despendidos 10 minutos de coleta por local amostrado. Para a realização da coleta foram utilizadas peneiras manuais, como a arupemba (peneira de palha trançada, com diâmetro de 30 cm) pela maleabilidade proporcionada por ela que permitia uma amostragem mais abrangente e melhor do substrato. Foram realizadas cerca de 15 passadas por local, no qual o material foi passado em uma peneira de malha de 0,25 mm no local de coleta e, após, colocado em bandeja para que o material fosse triado. Em seguida foi armazenado em recipientes para o transporte ao laboratório e triagem no laboratório. Na triagem na peneira manual, foram coletados os indivíduos de besouros aquáticos vistos a olho nu e o material restante levado para análise em laboratório (Figura 14). Os ecossistemas alagados possuem área pequena (maior que 1,0 m) e com profundidade menor que 20 cm (Figura 15).

Figura 14 - Amostragem nos ambientes alagados de doze Unidades de Conservação da Zona da Mata e Região Metropolitana de Pernambuco - Brasil no período de Maio de 2013 e Abril de 2014. As fotos foram retiradas na Área de Proteção Ambiental de Santa Cruz. A) coleta nas poças; B) material passado para peneira de 0,25 mm; C) e D) coleta dos besouros contidos nas peneiras.



Fonte: Autora.

Figura 15 - Ambientes alagados em doze Unidades de Conservação da região metropolitana e zona da mata de Pernambuco – Brasil, nos quais foram coletados besouros aquáticos, durante o período de Maio de 2013 e Abril de 2014. A) área de banhado na Reserva do Patrimônio Particular Natural (RPPN) Fazenda Santa Rita e B) banhado na RPPN Fazenda Sta. Beatriz do Carnijó, C) poça encontrada na RPPN Bicho Homem e D) poça da Área de Proteção Ambiental de Santa Cruz.

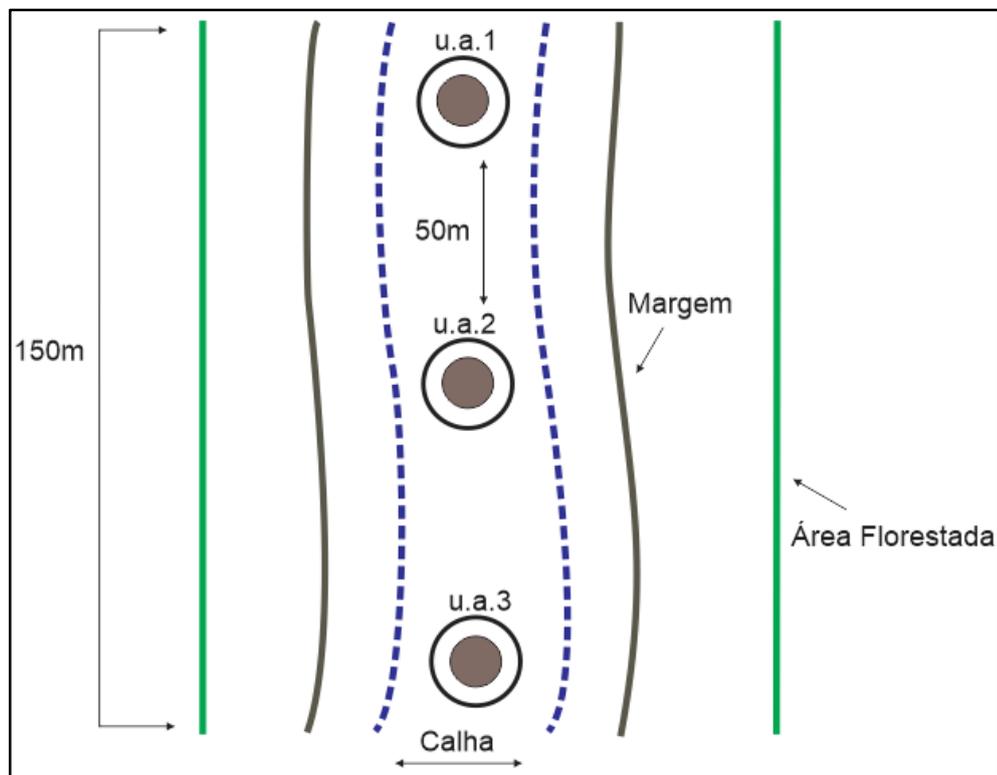


Fonte: Autora.

Para a amostragem nos ecossistemas lóticos, as coletas de coleópteros foram realizadas em trechos contínuos ao longo dos córregos ou rios, com um esforço amostral empregado de três unidades amostrais (u.a.) em cada UC, totalizando 36 u.a. por estação do ano e 72 em toda pesquisa, sendo despendidos dez minutos por u.a. (Figura 16). Foram aplicadas três técnicas, a fim de amostrar os diferentes tipos de habitats disponíveis: i) Rede “D e ii) amostrador do tipo Surber, ambos com abertura de malha de 0,1 mm e área de contato com a superfície de 30 X 30 cm, e iii) manual, que consistia em coleta dos substratos (folhiço, raízes, macrófitas, sedimentos) para triagem e também foi passada peneira nas margens (Figura 17). O material coletado foi acondicionado em recipientes etiquetados e transportados para o laboratório. Posteriormente, foi lavado em peneiras com abertura de malha de 1 mm, procedimento que separou as partículas maiores das menores do substrato, possibilitando uma maior visibilidade

dos indivíduos. Posteriormente, as partículas menores foram lavadas em peneiras de malha menor com 0,25 e 0,1 mm, a fim de ser melhor visibilidade dos indivíduos menores. Em *situ*, foi realizada observação e anotação das características ambientais de cada local, como presença de mata ciliar e cobertura de dossel e mensuração dos ambientes de coleta, com o auxílio de trenas e réguas, sendo consideradas as seguintes medidas: i) variação da coluna d'água, ii) altura do barranco na margem, iii) largura e iv) profundidade.

Figura 16 - Imagem esquemática da amostragem realizada nos trechos dos cursos d'água com as três unidades amostrais (u.a.) das doze Unidades de Conservação da Zona da Mata e Região Metropolitana de Pernambuco - Brasil no período de Maio de 2013 e Abril de 2014.



Fonte: Autora.

Figura 17 - As três técnicas utilizadas para a amostragem nos ambientes lóticos de doze Unidades de Conservação da Zona da Mata e Região Metropolitana de Pernambuco - Brasil no período de Maio de 2013 e Abril de 2014. A) amostrador do tipo Surber; B) rede entomológica em formato de “D”; C) coleta manual de substrato e D) peneiração nas margens.



Fonte: Autora.

Todos os indivíduos foram triados sob estereoscópico, quantificados e identificados a partir de chaves dicotômicas e conservados em álcool a 70%. A identificação foi realizada com base em chaves de identificação e revisões taxonômicas (e.g., BENETTI *et al.*, 2003; EPLER, 2010; EPLER, 2012; HENDRICH *et al.*, 2004; KOMAREK, 2005; LEECH; CHANDLER, 1956; MARVALDI; LANTERI, 2005; MEGNA; SHORT, 2004; PASSOS *et al.*, 2007; SEGURA *et al.*, 2011; SHORT, 2005; YOUNG, 1979; YOUNG 1985). A identificação teve auxílio da especialista Prof. Dra. Alaide Aparecida Fonseca Gessner do Laboratório de Entomologia Aquática do Departamento de Hidrobiologia da Universidade Federal de São Carlos. O material de coleta está depositado na Coleção Didática de Macroinvertebrados Aquáticos do Laboratório ARREÁgua (Avaliação, Recuperação e Restauração de Ecossistemas Aquáticos) da Universidade Federal de Pernambuco.

### 2.3. Análise dos Dados

A caracterização da coleopterofauna foi realizada a partir da riqueza taxonômica ( $S$  = somatório de todos os táxons em cada local de coleta) e das abundâncias absoluta (número de indivíduos em cada ponto amostral) e relativa (percentual que cada táxon representa em relação ao número total de indivíduos).

Para avaliar a diversidade foram utilizados os índices de Shannon-Wiener, fórmula:  $H' = -\sum(pi \cdot \ln \cdot pi)$ , onde  $pi$  = frequência de cada espécie, para  $i$  variando de 1 a  $S$ , que atribui maior peso a espécies raras. O índice de Simpson, segundo a fórmula:  $1 - D$ , onde  $D = \sum pi^2$  e  $pi$  = proporção de indivíduos da comunidade que pertencem à espécie  $i$ , que é mais influenciado por espécies dominantes. Para a testar a Equitabilidade foi utilizado o índice de Pielou ( $J$ ):  $J = H' / H_{máx}$ ,  $H_{máx} = \ln(S)$  = onde,  $\ln$  = logaritmo neperiano e  $S$  o número total de espécies amostradas (MAGURRAN, 2011).

Para comparar a acumulação de espécies entre as duas estações (chuvosa e seca) foi realizada uma análise de rarefação, baseada na abundância das espécies. As comparações entre as duas estações foram realizadas visualmente com o auxílio da curva de intervalo de confiança (95%).

A fim de verificar a similaridade entre as espécies dos ecossistemas lânticos e lóticos foi utilizado o Índice de Jaccard, que é definido pela fórmula:  $J_{\alpha\beta} = \frac{a}{a+b+c}$ , onde "a" é o número de populações comuns aos dois ambientes  $\alpha$  e  $\beta$ ; "b" as populações que ocorrem apenas no ambiente  $\alpha$ ; e "c" as que ocorrem apenas no ambiente  $\beta$ . Sendo um índice qualitativo trabalhado com presença (1) e ausência (0) e não com as quantidades (PILLAR, 1996). O índice foi utilizado na análise de *cluster*, para agrupamento dos dados dos ecossistemas e formação do dendrograma.

Para verificar a ocorrência das espécies foi utilizado o índice de constância, para determinar quais espécies são constantes numa escala espacial:  $C = n/N \cdot 100$ , onde  $n$  = número de locais onde a espécie foi coletada e  $N$  = número total de locais amostrados. A partir dos resultados obtidos, as espécies foram agrupadas nas categorias: espécies **constant**es (presentes em mais de 50% das amostras), **acessórias** (entre 25% e 50% das amostras, podendo o valor ser igual a 25%) e **acidentais** (em menos de 25% das amostras) (ARAÚJO; TEJERINA-GARRO, 2007; DAJOZ, 1983).

Com a finalidade de comparar a composição de espécies entre as diferentes UCs, foi utilizada a análise de Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (*non-metric*

*multidimensional scaling* - NMDS). A ordenação dos dados foi feita com base no índice de dissimilaridade Bray-Curtis, a partir dos dados de abundância das espécies padronizados em  $\log(x+1)$ . A análise foi implementada no Past 3 (HAMMER *et al.*, 2001).

Para a ordenação das variáveis abióticas (e.g., variação da coluna d'água, altura do barranco, profundidade e largura), ambientais (e.g., presença de mata ciliar e cobertura de dossel) e abundância das espécies foi empregada a Análise de Correspondência Canônica (*Canonical Correlation Analysis* – CCA), para ordenação dos táxons, áreas de amostragens e variáveis abióticas/ambientais com 10.000 permutações. Análise também implementada no Past 3. Além de ter sido realizada separada a correlação de Pearson entre a abundância das espécies e as variáveis abióticas e ambientais com nível de significância  $p < 0,05$ . Essa análise foi realizada no programa Statistica v.6 (STATSOFT, 1998).

Para todas as análises os dados ambientais para mata ciliar foram categorizados em presentes (1) e ausentes (0) e os dados de cobertura de dossel em completa (2), parcial (1) e ausente (0). As variáveis abióticas e ambientais foram normalizadas linearmente entre 0 e 1 segundo a fórmula de máx-min  $\{x''=[x'-\min(x')]/[\max(x')-\min(x')]\}$ .

A avaliação do estado de conservação dos cursos d'água foi feita com base nos dois índices de Conservação Ecológica e Socioambiental proposto por Ribeiro (2014), que neste trabalho foram unificados em um único índice (*Status* de conservação), a partir de parâmetros ecológicos e socioambientais. A situação ou *status* de cada parâmetro estabelecido foi avaliado através de observações realizadas durante as coletas. Para cada parâmetro observado foi atribuída uma pontuação entre 0 e 3, sendo realizado um somatório dos pontos de todos os parâmetros, obtendo-se um *score* final entre 0 e 21 para classificação do estado de conservação de cada área, dos pontos de vista ecológico e socioambiental, em Degradada (pontuação entre 0 e 7), Perturbada (pontuação entre 8 e 14) e Conservada (pontuação entre 15 e 21) (Quadro 1).

Os parâmetros ecológicos utilizados foram:

1. **Riqueza de espécies dos besouros aquáticos:** que representa o número de espécies coletadas nos cursos d'água durante a pesquisa de campo;
2. **Bioindicadores aquáticos:** representado pela predominância das famílias encontradas correspondentes às categorias tolerantes, sensíveis e resistentes estabelecidas a partir do *Biological Monitoring Working Party score system* (BMWP) com pontuações para cada grupo de acordo com a tolerância à poluição (LOYOLA, 2000);

3. **Cobertura Vegetal:** refere-se à vegetação nativa encontrada a um raio de 50 m do entorno do corpo d'água, segundo a Lei nº 12.651/12 (Código Florestal Brasileiro), a partir de observação realizada durante a amostragem.

Os parâmetros socioambientais considerados foram:

4. **Uso da água:** demonstra a frequência na qual o curso d'água é utilizado para consumo humano ou atividades econômicas, a partir de observação *in loco*;

5. **Uso e ocupação do solo no entorno:** aponta os tipos predominantes de uso e ocupação do solo que influenciam na conservação do solo e conseqüentemente em como o curso d'água irá se comportar;

6. **Presença de animais de criação:** a partir de observação *in loco* foi visto se havia presença ou não de animais de criação ou de vestígios (exemplo: pegadas ou fezes) no entorno dos cursos d'água;

7. **Presença de resíduos sólidos:** ocorrência de resíduos sólidos, como plásticos, vidro, material de construção, entre outros tipos que podem prejudicar o ambiente, e esta verificação foi realizada a partir de observações *in loco* durante a amostragem.

Quadro 1. Descrição dos parâmetros ecológicos e socioambientais utilizados para a avaliação do estado de conservação dos cursos d'água coletados em doze unidades de conservação – Pernambuco, Brasil, no período entre Maio de 2013 e Abril de 2014.

Parâmetros	Descrição do <i>status</i> observado em campo e sua pontuação			
	3	2	1	0
<b>Riqueza de espécies</b>	≥ 21 – ecossistemas conservados	11 a 20 – ecossistemas perturbados	≤ 10 – ecossistemas degradados.	Não observado – quando não forem coletados indivíduos.
<b>Bioindicadores aquáticos</b>	Pontuação do BMWP 7 – quando for coletada a família: Psephenidae.	Pontuação 6 – quando forem coletadas famílias: Dryopidae, Elmidae, Hydraenidae Helophoridae.	Pontuação 5 – quando forem coletadas famílias: Noteridae, Haliplidae, Curculionidae, Chrysomelidae.	Pontuação 4 – quando forem coletadas famílias: Hydrophilidae, Dytiscidae, Gyrinidae.
<b>Cobertura vegetal</b>	Arbórea.	Arbóreo-arbustiva.	Arbustiva.	Herbácea.
<b>Uso da água</b>	Ausente	Eventual	Frequente	Diário
<b>Uso e ocupação do solo no entorno</b>	Mata nativa virgem ou em processo de regeneração natural.	Policultura - cultivo de culturas diversificadas.	Pastagem ou monocultura.	Solo exposto.
<b>Presença de animais de criação</b>	Ausente	Baixa	Moderada	Alta
<b>Presença de resíduos sólidos</b>	Ausente	Baixa	Moderada	Alta

Fonte: Modificado de Ribeiro, 2014.

## Resultados

### 3.1. Riqueza e Abundância da Coleopterofauna

Foram identificados 406 indivíduos distribuídos em nove famílias da Ordem Coleoptera (Chrysomelidae, Curculionidae, Dytiscidae, Elmidae, Gyrinidae, Haliplidae, Hydraenidae, Hydrophilidae e Noteridae), compondo 38 gêneros e 62 espécies de besouros aquáticos. As espécies mais abundantes foram *Suphisellus curtus* com 43 indivíduos (11% do total), Noteridae sp. com 41 (10%), ambas da família Noteridae, seguidos por *Tropisternus salsamentus* da família Hydrophilidae com 33 indivíduos (8%). O gênero mais abundante foi *Tropisternus* com 82 indivíduos (20%) pertencentes a quatro espécies (*Tropisternus* sp., *T. affinis*, *T. collari* e *T. salsamentus*). *Hydrocanthus* foi o gênero mais rico das amostras com cinco espécies (*H. ancus*, *H. debilis*, *H. guignoti*, *H. oblongus* e *H. socius*) (Tabela 1).

As famílias mais abundantes foram Hydrophilidae com 151 indivíduos (37%), Dytiscidae com 110 indivíduos (27%) e Noteridae com 109 indivíduos (27%). Estas mesmas famílias foram as mais ricas, Hydrophilidae composta por nove gêneros e 19 espécies, Dytiscidae por 10 gêneros e 15 espécies e Noteridae por cinco gêneros e 13 espécies (Tabela 1). Dentre os táxons encontrados, foram coletados 41 indivíduos do gênero Noteridae sp., que pode ser um novo gênero dentre os coleópteros aquáticos da família Noteridae e uma possível nova espécie também foi coletada *Copelatus* sp. pertencente à família Dytiscidae com apenas três indivíduos. Existe a necessidade de um estudo mais detalhado, de forma a levantar mais caracteres morfológicos para a confirmação destes possíveis novos táxons.

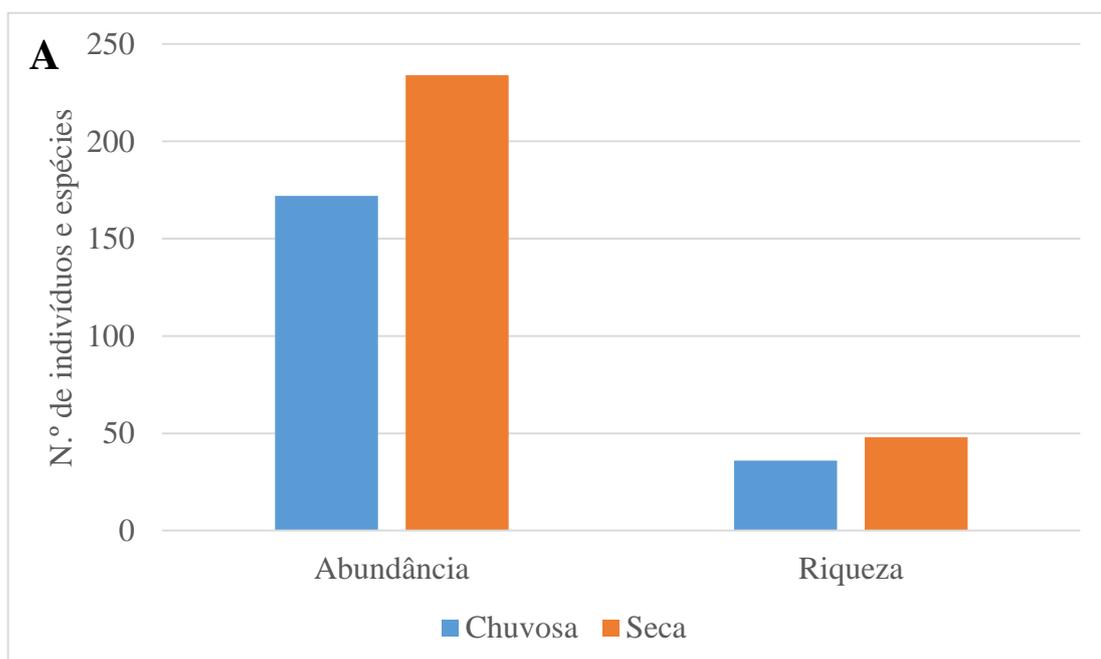


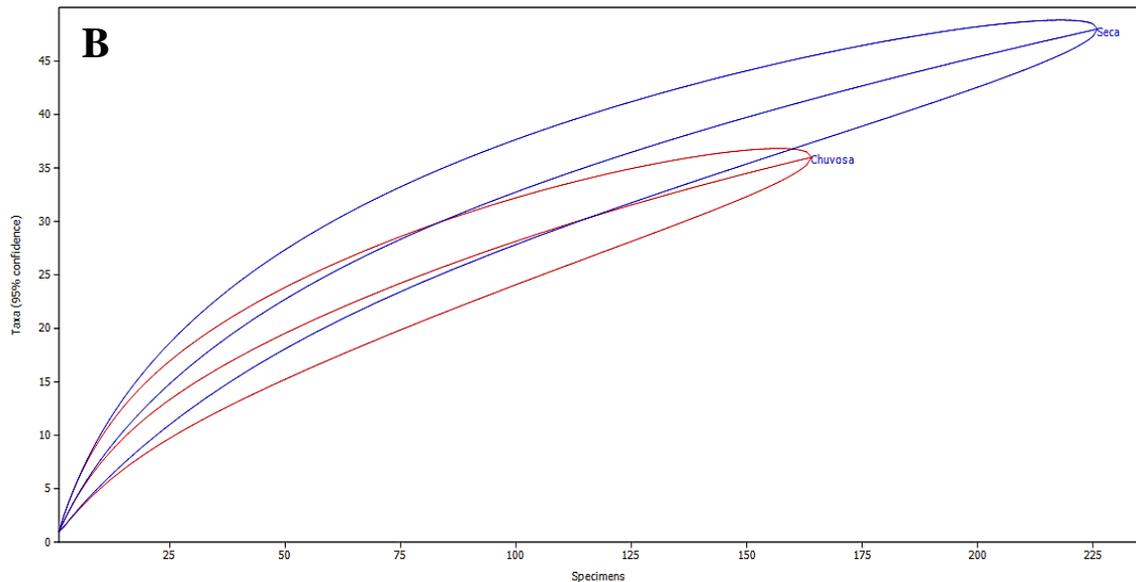


### 3.2. Variação temporal

Durante as duas estações do ano foram registrados 172 indivíduos na estação chuvosa (42%) distribuídos em 36 espécies com 14 espécies exclusivas desta estação (*Anacaena suturalis*, *Hydrocanthus debilis*, *Hydrocanthus socius*, *Hexacylloepus* sp., *Lixus* sp., *Lysathia* sp.1, *Lysathia* sp.2, *Lissorhoptrus* sp., *Mycrocylloepus* sp., *Oolimnius* sp., *Platypus* sp., *Rhantus calidus*, *Thermonectus nigrofasciatus* e *Tropisternus* sp.). Na estação seca foram encontrados 234 indivíduos (58%) pertencentes a 48 espécies com 26 espécies ocorrendo unicamente nesta estação (*Anacaena attigua*, *Celina* sp., *Copelatus* sp., *Derallus angustus*, *Derovatellus* sp.2, *Desmopachria* sp., *Enochrus* sp.1, *Enochrus* sp.2, *Halipilus* sp., *Helobata aff. larvalis*, *Hydrocanthus ancus*, *H. guignoti*, *Laccodytes* sp., *Laccophilus* sp., *Liodessus aff. flavicollis*, *Notomicrus* sp.1, *Notomicrus* sp.2, *Paracymus lodingi*, *Rhinoncus* sp., *Sphenophorus* sp., *Stenopelmus* sp., *Suphisellus curtus*, *S. lineatus*, *S. nigrinus*, *S. simoni* e *Thermonectus* sp.) (Figura 18). As espécies semiaquáticas da família Chrysomelidae só foram encontradas na estação chuvosa com poucos indivíduos e a única espécie encontrada de Haliplidae *Halipilus* sp. foi na estação seca do ano com um indivíduo. A estação chuvosa apresentou os menores valores de diversidade ( $1-D = 0,9223$  e  $H' = 2,94$ ) em relação a estação seca ( $1-D = 0,9294$  e  $H' = 3,125$ ).

Figura 18. Abundância e riqueza de espécies nas estações (A) e curva de rarefação com intervalo de confiança de 95% (B) calculada para as espécies de besouros aquáticos (Coleoptera) encontradas em doze Unidades de Conservação da Zona da Mata e Região Metropolitana de Pernambuco - Brasil (Maio de 2013 e Abril de 2014).

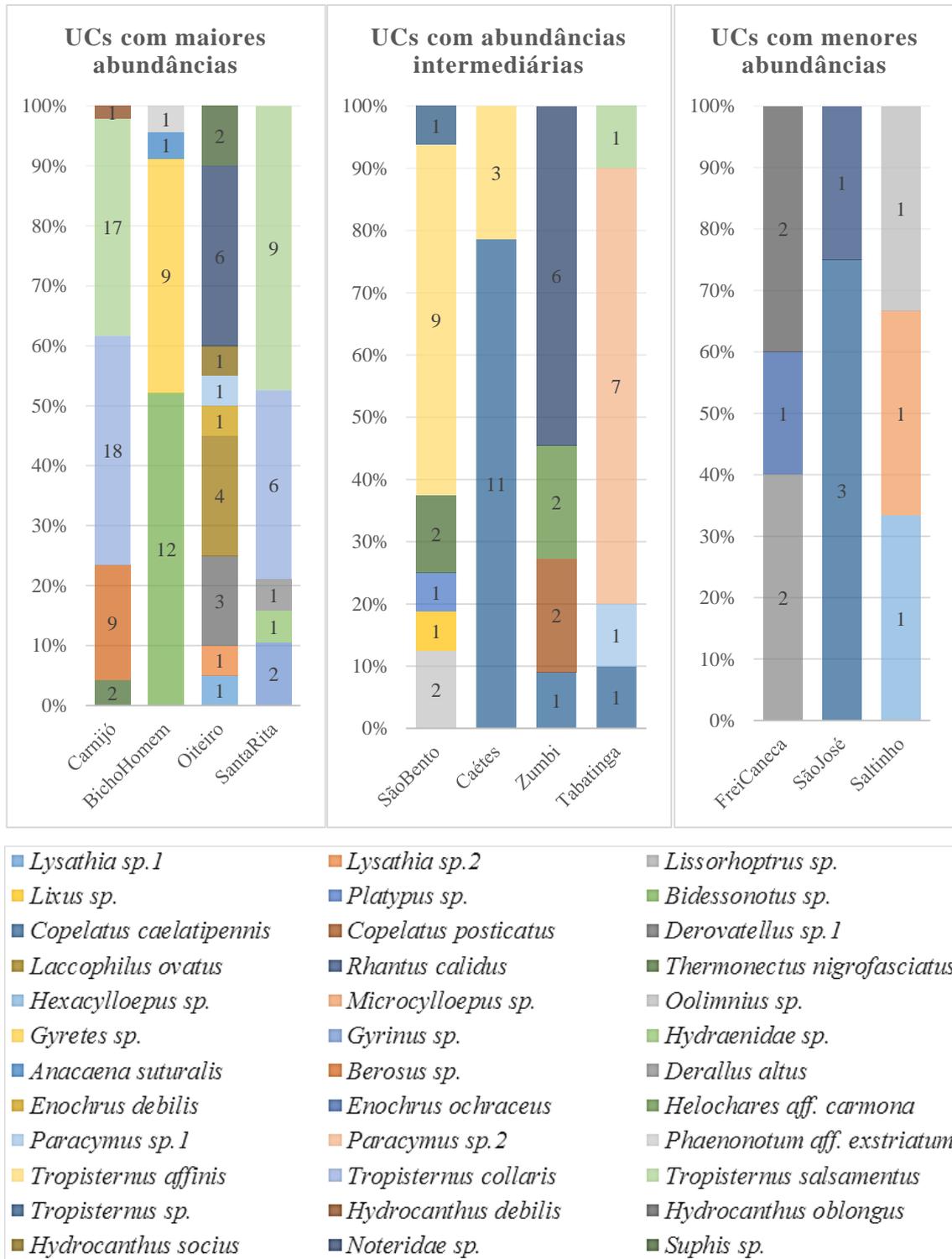




Fonte: Dados da Pesquisa.

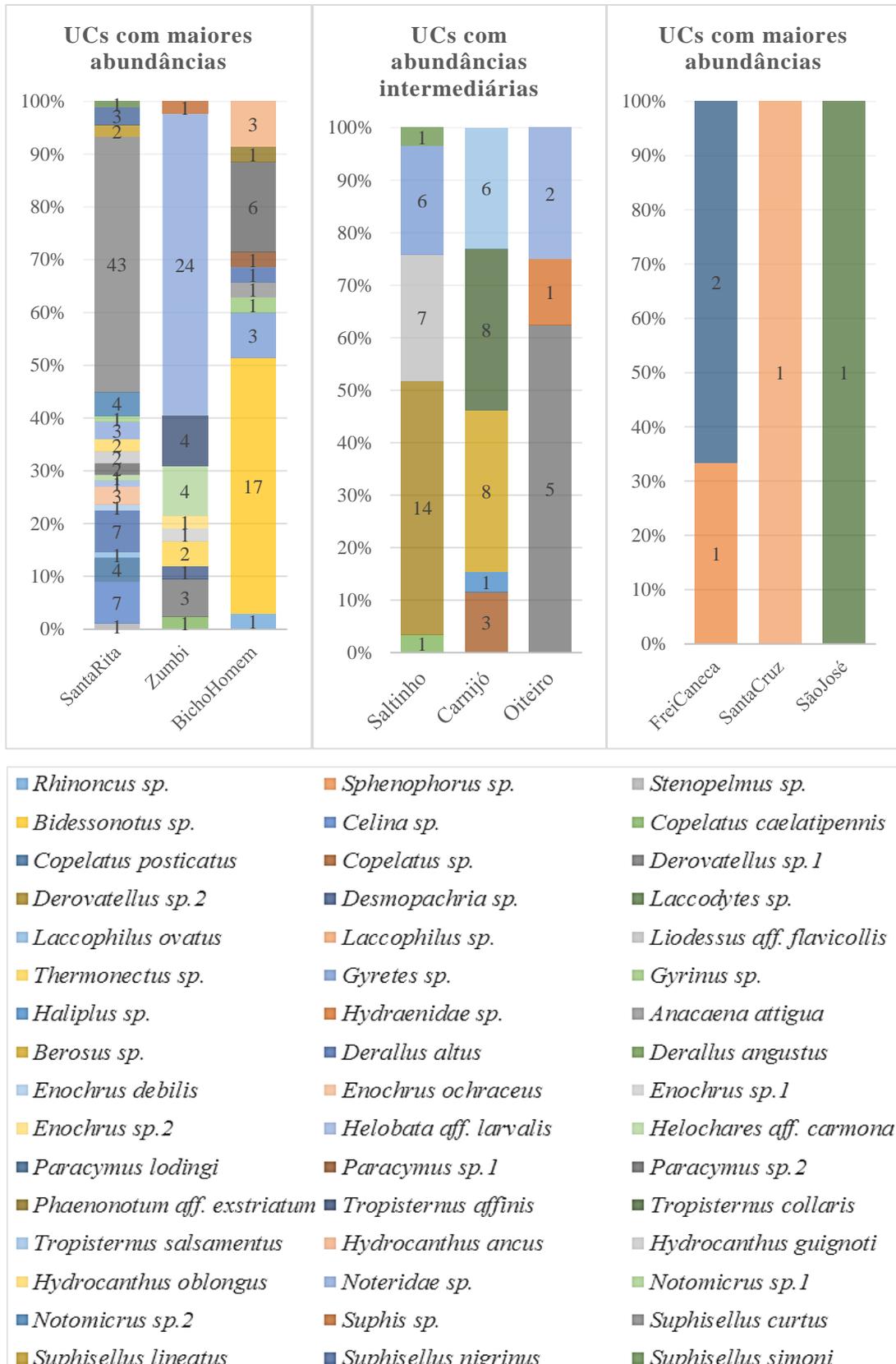
Com relação a variação temporal, a UC que apresentou maior abundância na estação chuvosa foi a RPPN Sta. Beatriz do Carnijó com 48 indivíduos distribuídos em quatro gêneros e cinco espécies, em segundo a RPPN Bicho Homem com 23 indivíduos com quatro gêneros e quatro espécies, em terceiro a RPPN N. Sra. do Oiteiro de Maracaípe com 20 indivíduos divididos em oito gêneros e nove espécies e em quarto a RPPN Santa Rita com 19 indivíduos, quatro gêneros e cinco espécies. Porém, entre as UCs mais ricas a RPPN Bicho Homem não se enquadra, pois a FURB São Bento possui cinco gêneros e seis espécies (Figura 19). Enquanto que na estação seca a RPPN Fazenda Santa Rita registrou 89 indivíduos distribuídos em 13 gêneros e 19 espécies, seguida pelo P. E. Mata do Zumbi com 42 indivíduos com nove gêneros e 10 espécies e a RPPN Bicho Homem com 35 indivíduos divididos em nove gêneros e 10 espécies (Figura 20). A RPPN Fazenda Santa Rita possuiu a maior abundância total (108) quando somada as duas estações, com maior contribuição da estação seca, e a maior riqueza de espécies de todas as áreas com 23 espécies.

Figura 19. Abundância e riqueza de espécies coletadas em doze Unidades de Conservação da Zona da Mata e Região Metropolitana de Pernambuco – Brasil, na estação chuvosa entre os meses de Maio de 2013 e Setembro de 2013.



Fonte: Dados da Pesquisa.

Figura 20. Abundância e riqueza de espécies coletadas em doze Unidades de Conservação da Zona da Mata e Região Metropolitana de Pernambuco – Brasil, na estação seca entre os meses de Novembro de 2013 e Abril de 2014.

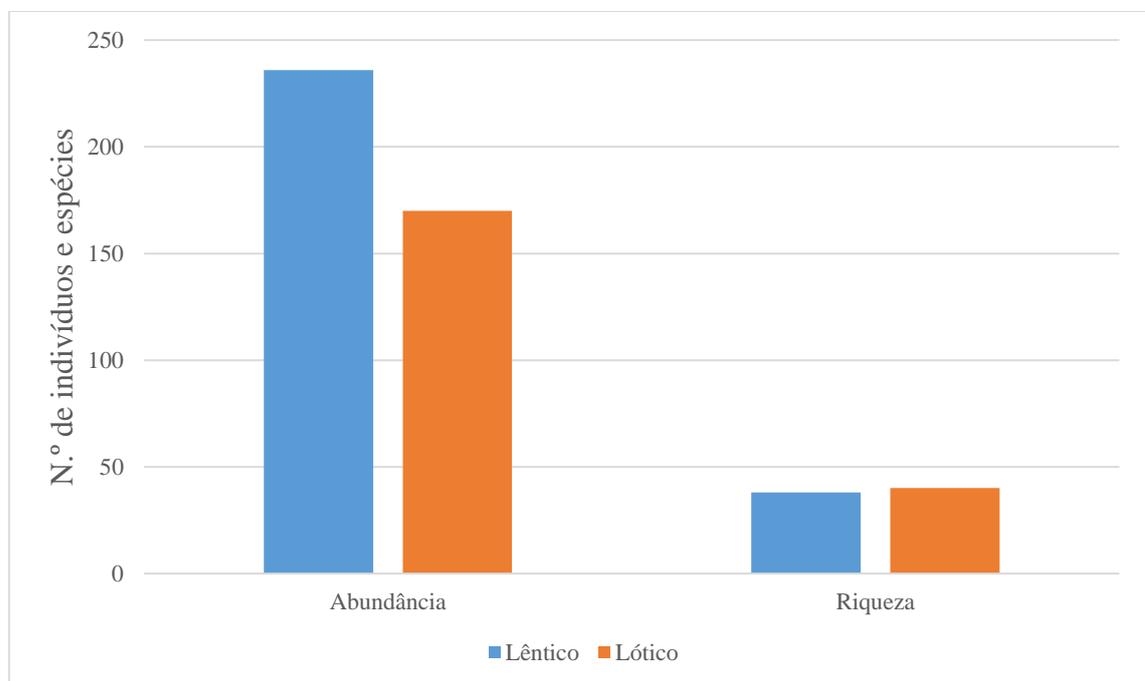


Fonte: Dados da Pesquisa.

### 3.3. Ecossistemas lênticos vs. lóticos

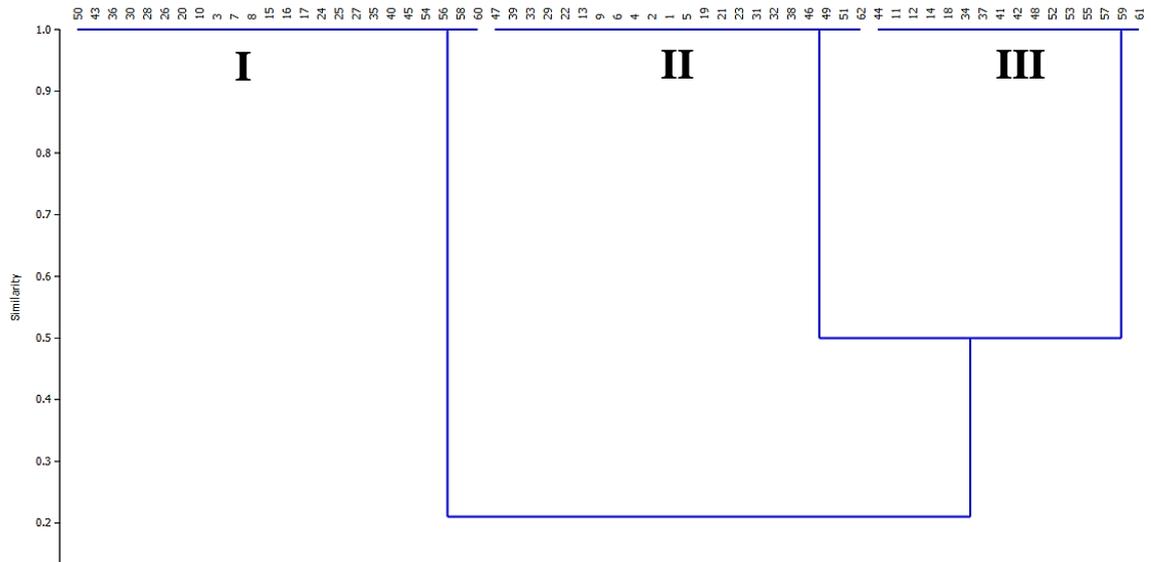
Com relação ao tipo de ecossistema, os lênticos apresentaram uma abundância de 236 indivíduos (58%), 28 gêneros e 38 espécies sendo 22 espécies exclusivas deste tipo de ecossistema. Os ecossistemas lóticos apresentaram abundância de 170 indivíduos (42%), 29 gêneros e 40 espécies sendo 24 exclusivas dos sistemas lóticos (Figura 21). A partir da análise de *cluster* (coeficiente de correlação: 0,8981), o dendrograma mostrou um agrupamento das espécies de acordo com o ecossistema no qual foram encontrados: grupo I formado pelas 24 espécies exclusivas dos ecossistemas lóticos, grupo II pelas 22 espécies exclusivas dos ecossistemas lênticos e grupo III pelas 16 espécies em comum dos dois ecossistemas, sendo o grupo II e III mais próximos em relação ao grupo I (Figura 22) Além disso, os ecossistemas lênticos apresentaram maior índice de Simpson (0,5781) do que os lóticos (0,3415), mas o mesmo não ocorreu com a diversidade de Shannon-Wiener (7,481 e 9,141, respectivamente).

Figura 21. Abundância e riqueza de espécies coletadas em doze Unidades de Conservação da Zona da Mata e Região Metropolitana de Pernambuco – Brasil, nos ecossistemas lênticos e lóticos entre os meses de Maio de 2013 e Abril de 2014.



Fonte: Dados da Pesquisa.

Figura 22. Dendrograma da análise de cluster utilizando correlação de Spearman, dos besouros aquáticos coletados em ecossistemas lênticos e lóticos de doze Unidades de Conservação da Zona da Mata e Região Metropolitana de Pernambuco – Brasil, nos períodos chuvoso e seco de Maio de 2013 a Abril de 2014. I) espécies exclusivas dos lóticos; II) espécies exclusivas dos lênticos; e III) espécies em comum dos dois ecossistemas.



<b>Grupo I - Ecossistemas Lóticos</b>	<b>Grupo II - Ecossistemas Lênticos</b>	<b>Grupo III - Comum entre os ecossistemas</b>
3 <i>Lissorhoptrus</i> sp.	1 <i>Lysathia</i> sp.1	11 <i>Copelatus caelatipennis</i>
7 <i>Sphenophorus</i> sp.	2 <i>Lysathia</i> sp.2	12 <i>Copelatus posticatus</i>
8 <i>Stenopelmus</i> sp.	4 <i>Lixus</i> sp.	14 <i>Derovatellus</i> sp.1
10 <i>Celina</i> sp.	5 <i>Platypus</i> sp.	18 <i>Laccophilus ovatus</i>
15 <i>Derovatellus</i> sp.2	6 <i>Rhinoncus</i> sp.	34 <i>Derallus altus</i>
16 <i>Desmopachria</i> sp.	9 <i>Bidessonotus</i> sp.	37 <i>Enochrus ochraceus</i>
17 <i>Laccodytes</i> sp.	13 <i>Copelatus</i> sp.	41 <i>Helochares aff. carmona</i>
20 <i>Liodessus aff. flavicollis</i>	19 <i>Laccophilus</i> sp.	42 <i>Paracymus lodingi</i>
24 <i>Hexacylloepus</i> sp.	21 <i>Rhantus calidus</i>	44 <i>Paracymus</i> sp.2
25 <i>Microcyllloepus</i> sp.	22 <i>Thermonectus</i>	48 <i>Tropisternus salsamentus</i>
26 <i>Oolimnius</i> sp.	23 <i>Thermonectus</i> sp.	52 <i>Hydrocanthus guignoti</i>
27 <i>Gyretes</i> sp.	29 <i>Haliplus</i> sp.	53 <i>Hydrocanthus oblongus</i>
28 <i>Gyrinus</i> sp.	31 <i>Anacaena attigua</i>	55 <i>Noteridae</i> sp.
30 <i>Hydraenidae</i> sp.	32 <i>Anacaena suturalis</i>	57 <i>Notomicrus</i> sp.2
35 <i>Derallus angustus</i>	33 <i>Berosus</i> sp.	59 <i>Suphisellus curtus</i>
36 <i>Enochrus debilis</i>	38 <i>Enochrus</i> sp.1	61 <i>Suphisellus nigrinus</i>
40 <i>Helobata aff. larvalis</i>	39 <i>Enochrus</i> sp.2	
43 <i>Paracymus</i> sp.1	46 <i>Tropisternus collaris</i>	
45 <i>Phaenonotum aff. exstriatum</i>	47 <i>Tropisternus affinis</i>	
50 <i>Hydrocanthus ancus</i>	49 <i>Tropisternus</i> sp.	
54 <i>Hydrocanthus socius</i>	51 <i>Hydrocanthus debilis</i>	
56 <i>Notomicrus</i> sp.1	62 <i>Suphisellus simoni</i>	
58 <i>Suphis</i> sp.		
60 <i>Suphisellus lineatus</i>		

Fonte: Dados da Pesquisa.

### 3.4. Diversidade dos besouros aquáticos

Os índices de diversidade de Simpson (1-D) e Shannon-Wiener (H') apresentaram valores na maioria baixos, variando de 0 a 0,83 e de 0 a 2,36, respectivamente. Dentre as áreas, quatro apresentaram maior diversidade de Simpson, em ordem decrescente: RPPN N. Sra. do Oiteiro, RPPN Santa Rita, RPPN Frei Caneca e REBIO de Saltinho. Enquanto que na diversidade de Shannon-Wiener a sequência em ordem decrescente foi RPPN Santa Rita, RPPN N. Sra. do Oiteiro e com os mesmos valores P.E. Mata do Zumbi e a RPPN Bicho Homem. De acordo com a equitabilidade de Pielou (J), os quatro maiores valores foram representados pela RPPN Frei Caneca, da RVS da Mata da Usina São José, a RPPN N. Sra. do Oiteiro e a FURB Mata de São Bento. As seis áreas mais distantes fisicamente da capital Recife (RPPN Fazenda Tabatinga, RPPN N. Sra. do Oiteiro, RPPN Bicho Homem, RPPN Frei Caneca, RPPN Fazenda Santa Rita e REBIO de Saltinho) apresentaram os índices melhores quando realizada as médias (1-D = 0,72; H' = 1,67; J = 0,78) e quando analisados os índices de diversidade separadamente, apenas a RPPN Fazenda Tabatinga se apresentou entre os menores valores. As áreas mais próximas à Recife (APA de Santa Cruz, RVS Mata da Usina São José, FURB Mata de São Bento, ESEC de Caetés, RPPN Sta. Beatriz do Carnijó e P.E. Mata do Zumbi) apresentaram uma média dos índices mais baixa (1-D = 0,48; H' = 0,97; J = 0,63) (Tabela 2).

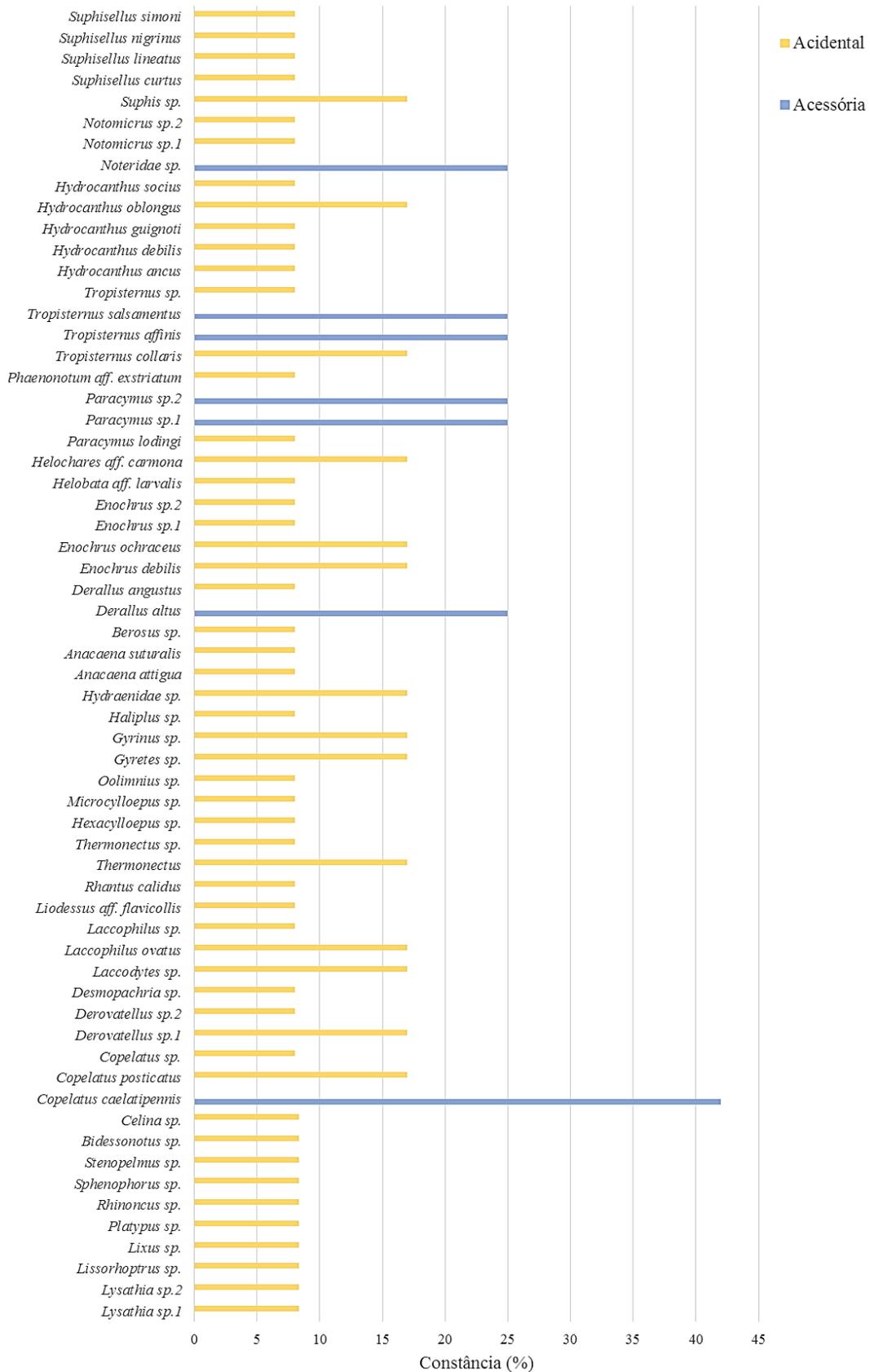
Tabela 2. Índices de diversidade de Simpson (1 - D) e Shannon-Wiener (H') e equitabilidade de Pielou (J) para os besouros aquáticos coletados em doze Unidades de Conservação da Zona da Mata e Região Metropolitana de Pernambuco - Brasil no período de Maio de 2013 e Abril de 2014. A = Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Fazenda Tabatinga; B = Área de Proteção Ambiental de Santa Cruz; C = Refúgio de Vida Silvestre Mata da Usina São José; D = Reserva da Floresta Urbana Mata de São Bento; E = Estação Ecológica de Caetés; F = RPPN Sta. Beatriz do Carnijó; G = Parque Estadual Mata do Zumbi; H = RPPN Nossa Senhora do Oiteiro de Maracaípe; I = RPPN Bicho Homem; J = RPPN Frei Caneca; K = RPPN Santa Rita; L = Reserva Biológica de Saltinho.

Índices	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Simpson (1-D)	0,48	0,00	0,56	0,64	0,34	0,72	0,65	<b>0,83</b>	0,69	<b>0,78</b>	<b>0,81</b>	<b>0,72</b>
Shannon-Wiener (H')	0,94	0,00	0,95	1,36	0,52	1,42	<b>1,60</b>	<b>1,99</b>	<b>1,60</b>	1,56	<b>2,36</b>	1,55
Pielou (J)	0,68	-	<b>0,87</b>	<b>0,76</b>	0,75	0,73	0,67	<b>0,86</b>	0,67	<b>0,97</b>	0,75	0,75

Fonte: Dados da Pesquisa.

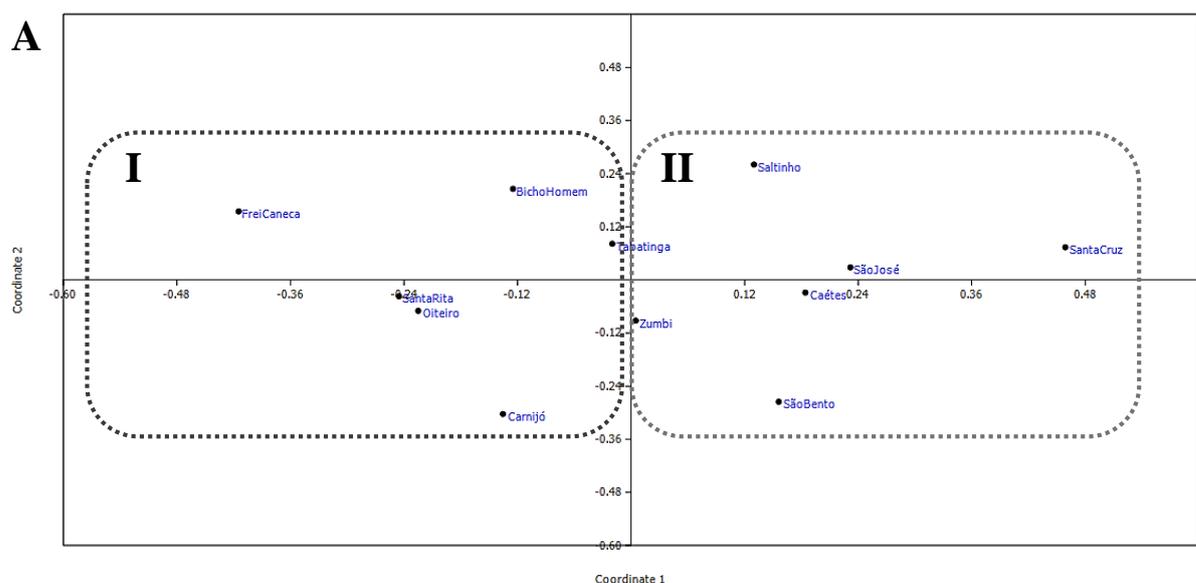
A partir do índice de constância foi visto que nenhuma espécie se mostra constante, com sete espécies sendo acessórias e todas as 55 espécies restantes como acidental com valores de 8% ou 17%. As sete espécies acessórias foram: *Copelatus caelatipennis* (42%), *Derallus altus* (25%), *Paracymus* sp.1 (25%), *Paracymus* sp.2 (25%), *Tropisternus affinis* (25%), *Tropisternus salsamentus* (25%) e Noteridae sp. (25%) (Figura 23).

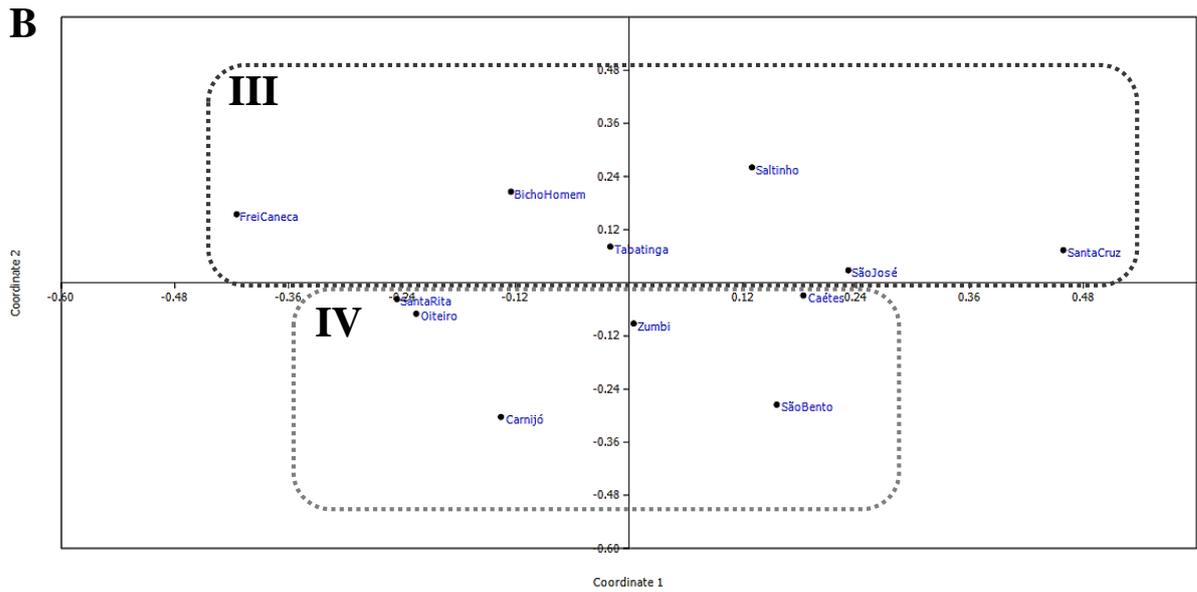
Figura 23. Valores de constância (%) das espécies de besouros aquáticos (Coleoptera) das coletas realizadas em doze Unidades de Conservação da Zona da Mata e Região Metropolitana de Pernambuco - Brasil no período de Maio de 2013 a Abril de 2014.



A composição de espécies entre as UCs a partir da análise de ordenamento (NMDS) mostrou uma formação visível de quatro grupos a partir dos eixos centralizados, mostrando a similaridade as UCs. Onde, a partir da separação pela coordenada 1 um grupo I é formado pelas UCs mais distantes de Recife (Mata sul: RPPN Frei Caneca, RPPN Bicho Homem e RPPN Santa Rita; mata norte: RPPN Tabatinga; e região metropolitana: RPPN N. Sra. do Oiteiro), apenas a RPPN Sta. Beatriz do Carnijó que não é uma das seis mais distantes. O grupo II teve todas as UCs restantes da região metropolitana que são mais próximas à Recife, com apenas uma da mata sul mais litorânea (REBIO Saltinho) que é uma das seis UCs mais distantes fisicamente de Recife (Figura 24A). Além disso, o grupo I é formado por locais que possuem em comum as espécies acessórias *D. altus*, *Paracymus* sp.1, *Paracymus* sp.2 e *T. salsamentus*. O grupo II foi formado pelas espécies acessórias *C. caelatipennis* e *T. affinis*, e pelo fato da RPPN Tabatinga também possuir a espécie *C. caelatipennis* ela ficou bastante próxima do grupo II. Enquanto que a partir da coordenada 2 não houve um grupo mais definido pela regionalização e pelas espécies acessórias, o grupo III separado por esta coordenada não teve uma espécie acessória comum entre as UCs e o grupo IV teve uma espécie acessória comum, *Noteridae* sp. (Figura 24B).

Figura 24. Análise de Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (NMDS) para os besouros aquáticos coletados em ecossistemas lênticos e lóticos de doze Unidades de Conservação da Zona da Mata e Região Metropolitana de Pernambuco – Brasil, nos períodos chuvoso e seco de Maio de 2013 a Abril de 2014. A) grupos I e II separados pela coordenada 1; e B) grupos III e IV separados pela coordenada 2. Stress: 0,4627





Fonte: Dados da Pesquisa.

### 3.5. Relação das variáveis abióticas e ambientais e a coleopterofauna

As medidas das variáveis abióticas e ambientais apresentaram pouca variação com relação aos valores de mata ciliar, cobertura de dossel e variação da coluna d'água. Porém, os dados de profundidade, altura do barranco e largura apresentaram uma grande variação, principalmente a medida de largura (Tabela 3).

Tabela 3. Valores médios das variáveis abióticas e ambientais medidas nos ecossistemas lênticos e lóticos no período de Maio de 2013 e Abril de 2014 nos cursos d'água e as características ambientais relacionadas a vegetação ciliar em doze Unidades de Conservação da Zona da Mata e Região Metropolitana de Pernambuco – Brasil. A = Ausente; P = Presente; CO = Completa; PA = Parcial. As medidas estão em centímetros.

Unidades de Conservação	Mata Ciliar	Cobertura de dossel	Variação da coluna d'água	Altura do barranco da margem	Largura entre as margens	Profundidade
RPPN Tabatinga	A	A	0,17±0,29	0,17±0,19	109,00±81,84	9,33±3,79
APA SantaCruz	P	CO	0,00±0,00	0,00±0,00	20,00±0,00	8,00±0,00
RVS SãoJosé	A/P	A/CO	1,00±1,00	0,40±0,57	56,50±61,52	18,50±20,51
FURB SãoBento	A/P	A/CO	0,38±0,48	10,53±20,32	112,50±93,29	10,25±6,40
ESEC Caetés	A	CO	0,00±0,00	13,00±0,00	25,00±0,00	6,00±0,00
RPPN Carnijó	A	A	0,00±0,00	0,00±0,00	55,00±21,21	8,00±2,83
P.E. Zumbi	A/P	PA/CO	0,17±0,29	21,00±36,37	71,00±82,53	18,33±19,66
RPPN Oiteiro	A/P	A/PA/CO	0,00±0,00	1,89±4,46	350,43±344,86	22,86±16,34
RPPN BichoHomem	A	A	0,61±0,74	33,16±44,82	105,33±83,57	18,22±12,09
RPPN FreiCaneca	A	A	0,50±0,87	15,50±13,33	285,00±428,75	17,00±7,00
RPPN SantaRita	A	A	0,25±0,27	5,56±11,99	211,67±183,70	25,50±22,81
REBIO Saltinho	P	CO/PA	0,50±0,00	64,33±8,50	272,00±64,55	20,33±7,09

Fonte: Dados da Pesquisa.

A análise canônica de correspondentes (CCA) mostrou uma distribuição dos táxons de acordo com as variáveis abióticas e ambientais de cada umas das doze UCs. Um pouco mais de 51,9% foram das propriedades essenciais da matriz representadas pelas variáveis de mata ciliar e cobertura de dossel, que apresentaram  $p > 0,05$  (0,052 e 0,921, respectivamente), enquanto que o restante teve influência menor com valores significantes, todos com  $p > 0,2326$  (variável profundidade). As variáveis ambientais mata ciliar, cobertura de dossel, variação da coluna d'água, largura e profundidade teve maior influência na ordenação do primeiro eixo, e para o segundo eixo apenas a variável de altura do barranco foi mais importante (Tabela 5).

Tabela 4. Correlação das variáveis ambientais com os eixos 1 e 2 da Análise de Correspondência Canônica, no período de Maio de 2013 e Abril de 2014 em doze Unidades de Conservação da Zona da Mata e Região Metropolitana de Pernambuco – Brasil.

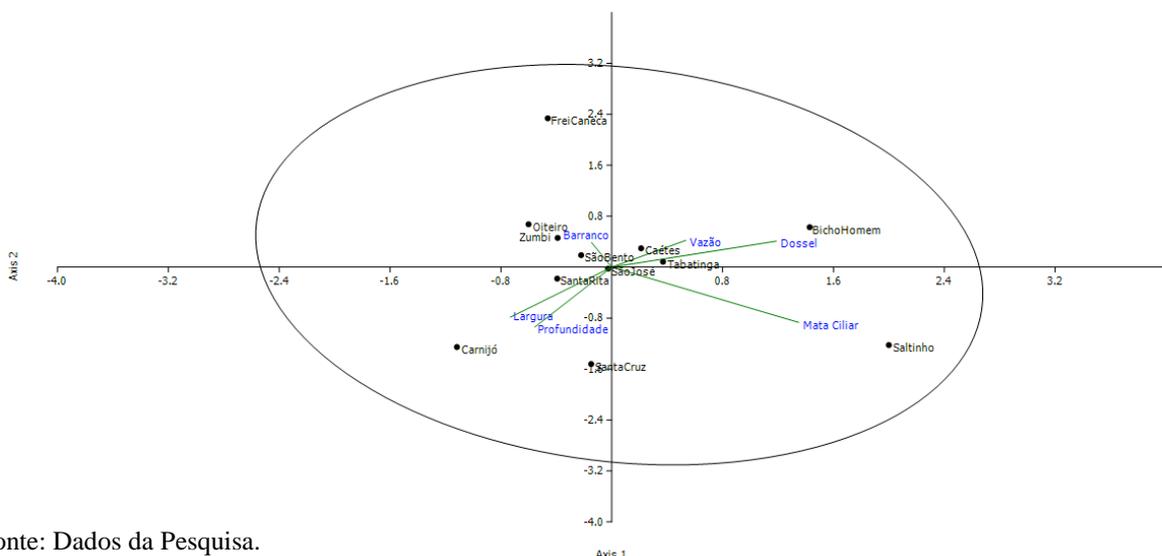
Variáveis ambientais	Eixos	
	1	2
Mata Ciliar	<b>0,675</b>	-0,434
Cobertura de dossel	<b>0,594</b>	0,205
Variação da coluna d'água	<b>0,268</b>	0,211
Altura do barranco	-0,073	<b>0,194</b>
Largura	<b>-0,366</b>	-0,392
Profundidade	<b>-0,278</b>	-0,470

Fonte: Dados da Pesquisa.

As três espécies coletadas de Elmidae (*Oolimnius* sp., *Hexacylloepus* sp. e *Microcyllloepus* sp.), *Derallus angustus*, *Liodessus aff. flavicollis* e *Derovatellus* sp.2 ficaram separadas das outras espécies, próximas da REBIO de Saltinho, e estão relacionadas com a variável de mata ciliar. As espécies *Phaenonotum aff. exstriatum*, *Hydrocanthus ancus*, *Rhinoncus* sp., *Bidessonotus* sp., *Anacaena attigua* e *Anacaena suturalis* estão agrupadas à RPPN Bicho Homem e relacionadas com as variáveis de variação da coluna d'água e cobertura de dossel. As espécies *Paracymus lodingi* e *Sphenophorus* sp. estiveram próximas da RPPN Frei Caneca, influenciadas pela variável de altura do barranco. As espécies *Copelatus* sp., *Haliplus* sp., *Berosus* sp. e *H. debilis* ficaram separadas, próximas da RPPN Sta. Beatriz do Carnijó, e estiveram igualmente relacionadas com as variáveis de largura e profundidade. Outro agrupamento influenciado pelas mesmas variáveis é o das espécies *Stenopelmus* sp., *Celina* sp., *Helobata aff. larvalis*, *H. guignoti*, *Notomicrus* sp.1, *Notomicrus* sp.2, *Suphisellus curtus*, *S. lineatus*, *S. nigrinus* e *S. simoni* que estiveram próximos à RPPN Fazenda Santa Rita.

As variáveis de cobertura de dossel e variação da coluna d'água influenciaram fortemente as UCs RPPN Fazenda Tabatinga, ESEC Caetés e RPPN Bicho Homem. A variável Mata Ciliar influenciou fortemente a REBIO de Saltinho, enquanto que altura do barranco influenciou fracamente a RPPN Frei Caneca, a RPPN Oiteiro, o P.E. Mata do Zumbi e a FURB São Bento. As variáveis largura e profundidade influenciaram a RPPN Carnijó, a RPPN Santa Rita e a APA de Santa Cruz (Figura 25).

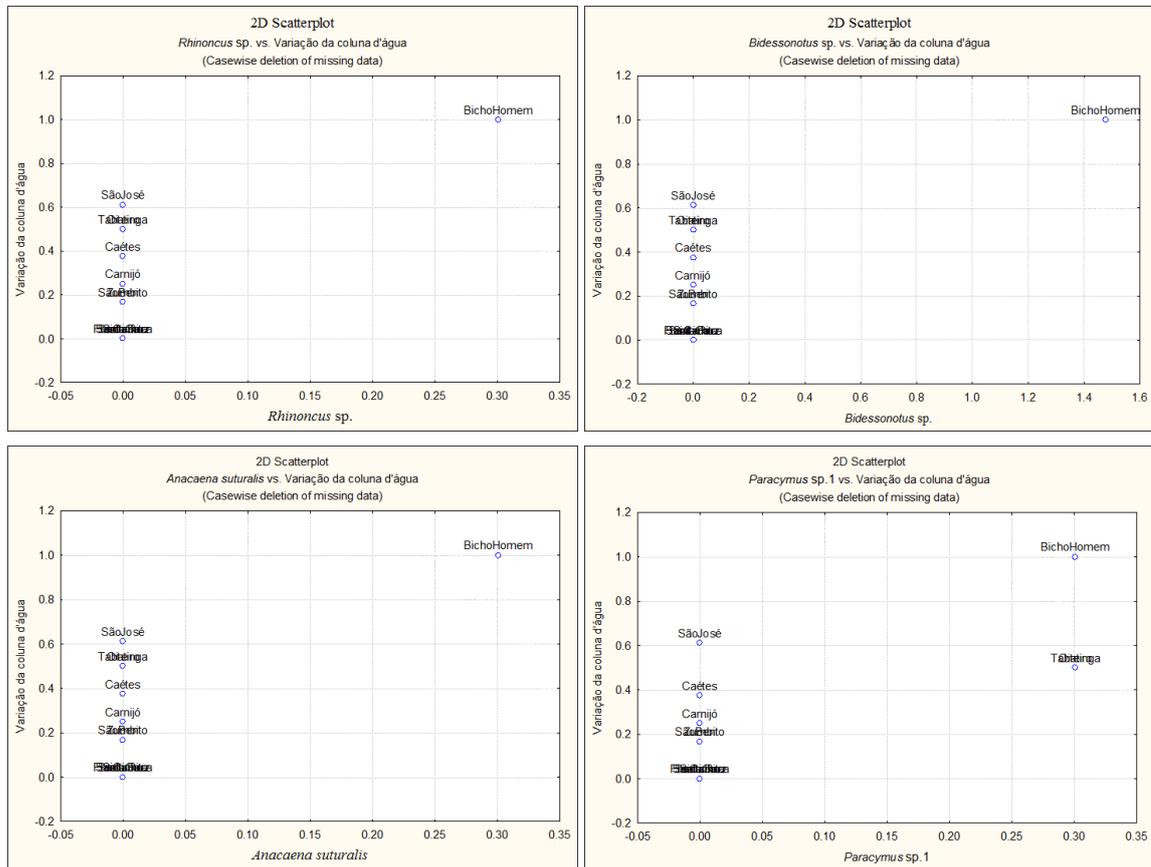
Figura 25. Ordenação a partir da análise canônica de correspondentes (CCA) das doze Unidades de Conservação localizadas na Zona da Mata e Região Metropolitana de Pernambuco – Brasil, com coleta de dados realizadas no período de Maio de 2013 a Abril de 2014. Baseada nos valores de abundância das 62 espécies coletadas e nos valores médios das seis variáveis abióticas/ambientais.

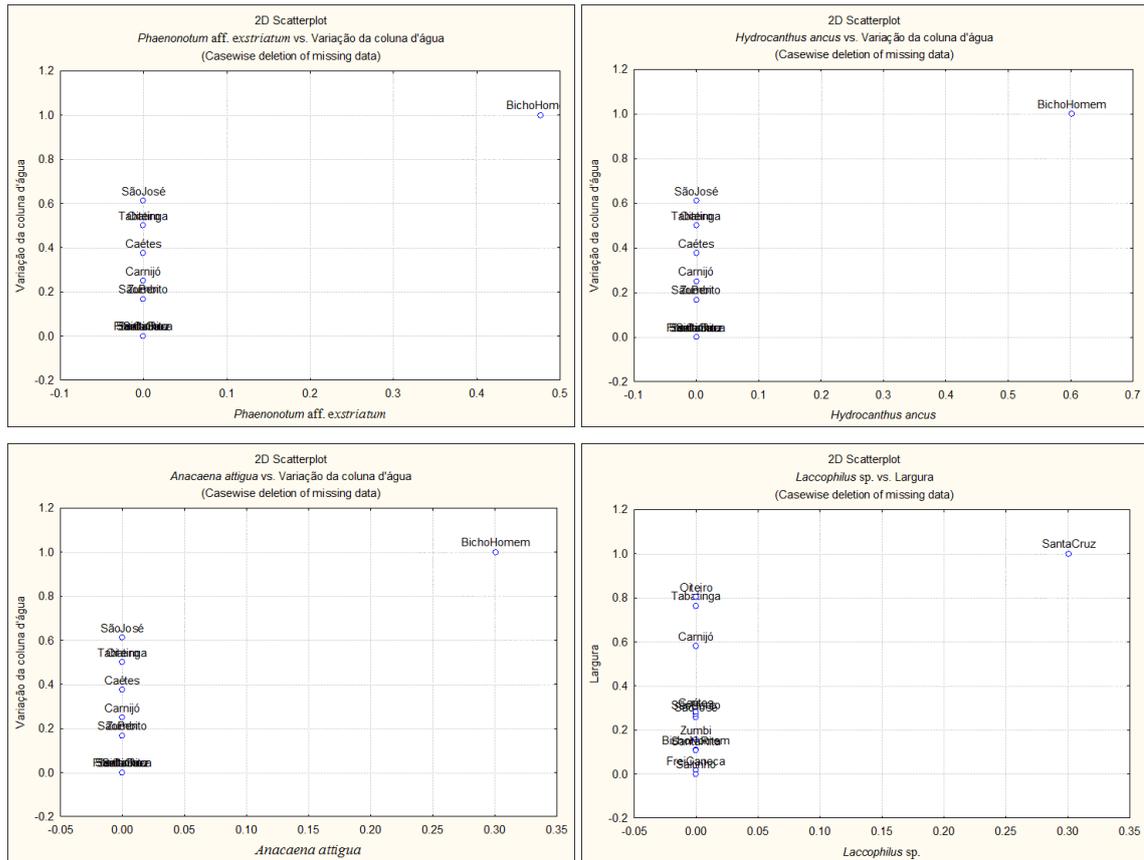


Fonte: Dados da Pesquisa.

As duas variáveis abióticas e ambientais que estiveram correlacionadas com algumas espécies foram: variação da coluna d'água e largura. Sete espécies apresentaram correlação positiva com a variação da coluna d'água, sendo: *Paracymus* sp.1 (0,7137;  $p = 0,009$ ) e *Anacaena attigua*, *Anacaena suturalis*, *Bidessonotus* sp., *Hydrocanthus ancus*, *Phaenonotum* aff. *exstriatum*, *Rhinoncus* sp. com os mesmos valores (0,7092;  $p = 0,010$ ). A espécie *Laccophilus* sp. apresenta correlação positiva com largura (0,5946;  $p = 0,41$ ). Todas as espécies que tiveram correlação com variação da coluna d'água foram encontradas na RPPN Bicho Homem e *Laccophilus* sp. foi encontrada apenas na APA de Santa Cruz (Figura 27).

Figura 26. Espécies de Coleoptera que apresentaram correlação com as variáveis abióticas e ambientais e as Unidades de Conservação localizadas na Zona da Mata e Região Metropolitana de Pernambuco – Brasil, com coleta de dados realizadas no período de Maio de 2013 a Abril de 2014.





Fonte: Dados da Pesquisa.

### 3.6. Status de conservação

A partir dos dados observados em campo, foi realizado um diagnóstico do estado de conservação dos locais onde foram amostrados os coleópteros aquáticos, de acordo com a adaptação do Índice Ecológico e Socioambiental proposto por Ribeiro (2014). Quatro das doze UCs estudadas foram categorizadas como **degradadas**, cinco como perturbadas e três como conservadas (Tabela 6). Entre as quatro degradadas, duas são da região metropolitana, uma da mata norte e outra da mata sul; as **perturbadas**, três são da região metropolitana e duas da mata sul; e entre as **conservadas**, duas são da região metropolitana e uma da mata sul. Sendo o possível novo gênero *Noteridae* um bom bioindicador, de áreas conservadas ou com pequenos processos de perturbação.

Tabela 5. *Status* de conservação dos cursos d'água de doze Unidades de Conservação localizadas na Zona da Mata e Região Metropolitana de Pernambuco – Brasil, com coleta de dados realizadas no período de Maio de 2013 a Abril de 2014, com base no índice de Conservação Ecológica e Socioambiental proposto por Ribeiro, 2014. *Status* Degradada (0 – 7); Perturbada (8 – 14); Conservada (15 – 21).

Unidades de Conservação	Riqueza de espécies	Bioindicadores aquáticos	Cobertura Vegetal	Uso da água	Uso e ocupação do solo no entorno	Presença de animais de criação	Presença de Resíduos Sólidos	<i>Status</i>
RPPN Tabatinga	1	0	0	0	1	0	1	3
RPPN FreiCaneca	1	1 (Curculionidae e Noteridae)	0	0	1	0	0	3
APA SantaCruz	1	0	2	1	1	1	0	6
FURB SãoBento	1	1 (Curculionidae)	0	1	2	1	1	7
RPPN Carnijó	1	1 (Haliplidae e Noteridae)	2	2	1	0	2	9
P.E. Zumbi	2	1 (Noteridae)	2	1	3	2	1	12
RPPN BichoHomem	2	1 (Curculionidae e Noteridae)	0	2	3	1	3	12
RPPN SantaRita	3	2 (Hydraenidae)	0	2	1	1	3	12
ESEC Caetés	1	0	3	2	3	3	1	13
RPPN Oiteiro	1	2 (Hydraenidae)	2	2	3	3	2	15
REBIO Saltinho	1	2 (Elmidae)	3	0	3	3	3	15
RVS SãoJosé	1	0	3	3	3	3	3	16

Fonte: Dados da Pesquisa.

## Discussão

### 4.1. Composição faunística

As duas subordens com representantes neste estudo foram Adephaga e Polyphaga. A subordem Adephaga é composta de 11 famílias das quais oito são aquáticas (Gyrinidae, Haliplidae, Meruidae, Noteridae, Amphizoidae, Aspidytidae, Hygrobiidae e Dytiscidae) e uma família que os membros são classificados como besouros aquáticos facultativos (Carabidae). A subordem Polyphaga é a maior subordem de Coleoptera com 13 famílias predominantemente aquáticas e 11 famílias sendo maioria terrestre com besouros aquáticos parasitas, facultativos, ripários e fitófilos (JÄCH; BALKE, 2008).

A abundância encontrada neste estudo quando comparada com outros trabalhos que englobam os dois tipos de ecossistema foi pequena, mas a diversidade de gêneros e espécies foi semelhante em trabalhos realizados no Brasil, como no Rio Grande do Sul (BENETTI *et al.*, 1998) e na região da Amazônia Central (BENETTI; HAMADA, 2003). Existem poucos trabalhos realizados apenas com foco nos besouros aquáticos no Brasil, dentre estes alguns trabalhos encontraram uma diversidade semelhante, sendo eles: 10 famílias e 27 gêneros no Estado do Rio Grande do Sul (BENETTI *et al.*, 1998), 12 famílias em 50 gêneros na região da Amazônia Central (BENETTI; HAMADA 2003) e no Estado de São Paulo dois estudos encontraram 13 famílias e 43 gêneros (SEGURA *et al.*, 2007) e 16 famílias em 50 gêneros (SEGURA *et al.*, 2012).

A espécie *Suphisellus curtus*, mais abundante nesta pesquisa, é encontrada apenas na região Neotropical distribuída na Argentina, Brasil, Colômbia, Panamá e Venezuela (NILSSON, 2006). O gênero *Suphisellus* Crotch, 1873 é mais comumente encontrado em ambientes de água parada, mas também ocorre em ambientes com baixa corrente e nas margens vegetadas dos córregos que é semelhante ao riacho na qual a espécie foi encontrada neste estudo (EPLER, 2010; HECKMAN, 1998). A segunda espécie mais abundante foi do gênero *Noteridae*, que possivelmente é um novo gênero da família Noteridae, sua maior abundância foi nos ecossistemas lênticos, mas também foram encontrados em ecossistemas lóticos com pouca corrente e com profundidade média de 20 cm. A terceira espécie mais abundante foi do gênero *Tropisternus* Solier, 1834 que é bem distribuído dentro do Novo Mundo, mas a maioria das suas espécies são neotropicais habitando, principalmente, ambientes com água parada (EPLER, 2010; SHORT, 2010).

Noteridae sp. foi considerado como um possível novo gênero, pois não se enquadrou em nenhum gênero das chaves de identificação, possuindo algumas diferenças dos gêneros mais próximos, como: tíbias anteriores e médias com cerdas longas e maleáveis; metacoxa larga e expandida. E uma possível nova espécie também foi coletada, *Copelatus* sp. pertencente à família Dytiscidae, diferindo das espécies do gênero por possuir três estrias laterais nos élitros. Porém, mais estudos envolvendo dados morfológicos mais detalhados são necessários para a confirmação destes novos táxons.

O gênero *Hydrocanthus* Say, 1823 foi o mais rico neste trabalho, possuindo 52 espécies descritas e encontrado em todas as regiões continentais (NILSSON, 2006). Este gênero é mais encontrado em ecossistemas lênticos, como os ambientes rasos associados à macrófitas e lagos, por este motivo a abundância neste estudo em ecossistemas lóticos foi de apenas seis indivíduos (BENETTI *et al.*, 1998; EPLER, 2010, NASCIMENTO *et al.*, 2011). Em estudo realizado na Restinga de Maricá, Rio de Janeiro, *Hydrocanthus* teve uma ampla distribuição ao longo do local estudado e apresentou a maior abundância do estudo (FERREIRA JR., 1998).

O padrão de dominância no qual a família Dytiscidae se destaca como mais abundante e rica seguida pela família Hydrophilidae é o encontrado em outros estudos realizados em diversos tipos de habitats, incluindo poças e alagados (BENETTI *et al.*, 1998, BENETTI; HAMADA, 2003). Apesar dos ditiscídeos serem besouros bem adaptados para sobreviver em diferentes ambientes (lênticos e lóticos), com características ecológicas e condições diversas (BENETTI; RÉGIL CUETO, 2004), neste estudo a família Hydrophilidae apresentou maior riqueza e abundância, devido, principalmente, ao gênero *Tropisternus*. Esta dominância é explicada pelo fato de que os indivíduos desta família são bem adaptados aos ecossistemas lênticos, sendo encontrados principalmente em poças d'água que foi um dos ecossistemas amostrados neste estudo (BENETTI; HAMADA, 2003). Em estudos realizados em ecossistemas lóticos e lênticos na Argentina, a frequência das famílias (abundância e riqueza de espécies) foi semelhante a este trabalho com a família Hydrophilidae sendo a mais frequente, seguida por Dytiscidae e Noteridae (FERNANDÉZ; RUF, 2006).

A baixa representatividade de Chrysomelidae e Curculionidae pode ser explicada pelo fato de poucas espécies apresentarem o hábito aquático, portanto, apresentam ocorrência efêmera ou ocasional nestes ambientes, constituindo-se em espécies acidentais. As famílias Haliplidae (*Halipplus* sp.) e Hydraenidae (*Hydraenidae* sp.), apesar de serem famílias aquáticas, possuem baixa frequência ou não são encontradas em estudos realizados no Brasil. A família Elmidae é bastante frequente em alguns Estados do Brasil, como São Paulo e Rio Grande do

Sul, e neste trabalho teve uma baixa abundância, possivelmente, devido às temperaturas mais elevadas das águas. Os dois gêneros coletados de Gyrinidae (*Gyretes* sp. e *Gyrinus* sp.) são os encontrados em outros trabalhos realizados no país (BENETTI *et al.*, 1998; BENETTI; HAMADA, 2003; SEGURA *et al.*, 2007; SEGURA *et al.*, 2012), suas espécies tiveram abundância relativa para este estudo, diferentemente das espécies das outras famílias, e esta abundância não foi maior devido à ausência de indivíduos coletados em ambientes lênticos.

#### 4.2. Análise da variação temporal e dos ecossistemas

Em estudo sobre a variação temporal da fauna de insetos aquáticos do Córrego Sarandi, Distrito Federal, demonstrou que os meses de estiagem apresentaram maior abundância de Coleoptera com relação aos meses chuvosos (SONODA, 2010), corroborando com o resultado encontrado neste trabalho de que 58% da abundância total foi na estação seca do ano. Como também em trabalho realizado no Córrego de Itaúna, São Paulo, mostrou também uma menor frequência de coleópteros na estação chuvosa do ano (KIKUCHI; UIEDA, 1998). Este fato pode ser atribuído ao aumento da pluviosidade na estação chuvosa que provoca um aumento na velocidade e vazão, causando uma menor estabilidade e o carreamento dos organismos ao longo dos corpos d'água (FERREIRA, 2011; RIBEIRO; UIEDA, 2005).

Apesar de existir uma diferença numérica das áreas com relação à abundância nas estações chuvosa e seca, quando são comparadas as curvas de rarefação das duas estações não foi verificada uma diferença significativa, pois os intervalos de confiança das curvas se sobrepuseram apesar da curva da estação seca chegar mais próximo da assíntota. Além de ser visto, a partir das curvas, que os indivíduos na estação seca tiveram uma maior dispersão ao longo da amostragem. Sendo assim, a RPPN Santa Rita apresentou uma maior abundância total e riqueza de espécies de todas as áreas, sendo maior na estação seca, devido esta área apresentar características favoráveis para estes indivíduos, como uma maior estabilidade física com maior oferta de material alóctone e conseqüentemente maior disponibilidade de alimento. Refutando a hipótese de que haveria maior riqueza na estação chuvosa do ano, pois houve maior abundância e riqueza de espécies na estação seca do ano nos ecossistemas lênticos e lóticos.

As comunidades de besouros aquáticos são encontradas em diversos tipos de ecossistemas, podendo ser encontrados em rios, lagos, riachos, estuários, áreas de remanso e corredeira, banhados, poças temporárias ou permanentes e ambientes artificiais (EPLER, 2010; BENETTI *et al.*, 1998). Nesta dissertação, houve maior abundância de indivíduos nos

ecossistemas lênticos (58%) e maior índice de Simpson, mas os ecossistemas lóticos apresentaram maior riqueza de espécies com 40 espécies, sendo 24 exclusivas deste ecossistema (39% da riqueza total), e maior índice de Shannon-Wiener. Os ecossistemas lênticos contribuíram com 76% da abundância total da estação chuvosa e 45% da estação seca. A maior abundância de Coleoptera verificada na estação chuvosa foi vista também em outro estudo realizado em ambiente lêntico no estado do Paraná (BATISTA-SILVA *et al.*, 2011), devido à maior oferta de ambientes, como as poças temporárias carregadas pelas chuvas. Benetti; Régil Cueto (2004) realizaram estudos em sete tipos de ambientes, incluindo poças e banhados na Serra Gaúcha (Gramado, RS) e encontraram resultados semelhantes aos nossos, os quais os ecossistemas lênticos apresentaram características similares quanto ao substrato (lamoso) e presença da vegetação marginal.

Sabe-se que a distribuição da entomofauna aquática em ambientes lóticos é resultado da interação de diversos fatores: hábito das espécies, disponibilidade alimentar e características físicas e químicas e morfométricas do hábitat (MERRIT; CUMMINS, 1996; RESH; ROSENBERG, 1984) e do ecossistema, como as variáveis limnológicas de condutividade, turbidez e oxigênio dissolvido (CUNHA *et al.*, 2014). Existem variáveis que influenciam mais fortemente o padrão de distribuição em determinados ecossistemas, por exemplo, na região tropical os fatores mais atuantes são os regimes de chuva, velocidade de correnteza, vazão da água e tipo do substrato (OLIVEIRA *et al.*, 1997). Além disso, o padrão de distribuição nestes ambientes lóticos pode ser influenciado pela classificação hidrológica dos rios, pelas ações antrópicas e a presença ou ausência da vegetação ciliar (BISPO; OLIVEIRA, 1998). Cunha *et al.* (2014) encontrou para o Riacho Saltinho variação na composição da comunidade de macroinvertebrados com relação às variáveis limnológicas (pH, condutividade, temperatura, salinidade, turbidez e oxigênio dissolvido) e estruturais (substrato, profundidade, variação da coluna d'água, altura do barranco e largura). De forma que as variáveis estruturais de mesoescala tiveram maior influência na composição faunística deste estudo.

Por estes motivos, os ecossistemas lóticos tiveram uma representação de apenas 24% na estação chuvosa devido, principalmente, ao carreamento dos indivíduos e menor estabilidade provocada pelo regime de chuvas, e uma representação de 55% na abundância total da estação seca. Sabe-se que fatores naturais e antropogênicos podem gerar padrões em escalas temporais e espaciais, criando uma relação com a estrutura da comunidade podendo ser influenciada pelo tipo de ecossistema (WU; LOUCKS, 1995).

#### 4.3. Diversidade e equivalência ecológica

Os locais de coleta não apresentaram valores altos de diversidade devido às áreas apresentarem uma baixa abundância e baixa riqueza de espécies. A RPPN Santa Rita se enquadrou entre os maiores índices de diversidade do trabalho ( $H' = 2,363$ ;  $1 - D = 0,814$ ) pelo fato de apresentar a maior riqueza de espécies, mas não apresentou uma das maiores equitabilidade alta por causa da grande abundância de *S. curtus* que representou 40% da abundância total da área. A RPPN do Oiteiro também se apresentou entre os maiores valores de diversidade ( $H' = 1,989$ ;  $1 - D = 0,829$ ) e diferentemente da RPPN Santa Rita, esta área também se enquadrou entre os melhores valores de equitabilidade pelo fato de que suas espécies estiveram bem distribuídas ao longo da amostragem.

As espécies acessórias encontradas neste estudo apresentam preferência por ecossistemas distintos. A espécie *C. caelatipennis* é encontrada em sistemas lênticos (permanentes ou temporários) principalmente em habitats com águas turvas e substrato argiloso (MEGNA; EPLER, 2012), semelhante às poças nas quais os indivíduos desta espécie foram encontrados nesta dissertação. *D. altus* pertence a um gênero neotropical, onde a espécie é frequentemente encontrada em ambientes estagnados, como pântanos e brejos com densas vegetações (SHORT; TORRES, 2006), onde nesta dissertação foram encontrados em ecossistemas lênticos como poças e banhados e em ambientes de várzeas (áreas úmidas) com pouca corrente d'água. Indivíduos do gênero *Paracymus* são encontrados margeando lagos e lagoas, em pântanos e valas com fundo de areia podendo estar associados a vegetação local (EPLER, 2010), e as duas espécies acessórias encontradas neste estudo preferiram ambientes de várzea ou com densas vegetações ao longo dos córregos. A maioria das espécies do gênero *Tropisternus* prefere ecossistemas lênticos, mas algumas espécies podem ocorrer em locais com água corrente e densa vegetação (EPLER, 2010), sendo as duas espécies acessórias *T. affinis* e *T. salsamentus* encontradas neste estudo em poças, porém com apenas 6% sendo coletadas nos córregos. A outra espécie acessória é possivelmente novo gênero encontrado neste trabalho, pertencente à família Noteridae, sendo encontrado em ecossistemas lóticos e lênticos.

#### 4.4. Relação entre as UCs e suas variáveis

O NMDS demonstrou que cinco das seis áreas localizadas nos municípios mais distantes de Recife (Jaqueira, Catende, Água Preta, Goiana e Maracáipe), foram separados pela coordenada 1, conseqüentemente as áreas dos municípios mais próximos de Recife ficaram no

outro grupo. Enquanto que a partir da coordenada 2 um grupo foi formado por quatro das seis áreas mais distantes de Recife (Jaqueira, Catende, Tamandaré, Goiana, Itamaracá e Moreno). As áreas mais distantes apresentaram 60% da abundância total da amostragem (244 indivíduos) e 45 das 62 espécies, enquanto que as áreas mais próximas apresentaram apenas 25 espécies. Esta ordenação demonstra que apesar das áreas estarem localizadas no mesmo domínio e na mesma mesorregião do Estado de Pernambuco, as influências inerentes em cada localidade gera um padrão de diferenciação entre as UCs. Havendo uma possível maior degradação dos ambientes que estão próximos à capital do Estado devido aos diversos fatores, como: fragmentação (aumento do efeito de borda), degradação do hábitat (incluindo todos os tipos de poluição), superexploração das espécies para uso humano, entre outros fatores. Além de que, essa degradação afeta mais as espécies especialistas que são mais sensíveis e necessitam de melhores condições, aumentando as espécies generalistas que irão ocupar estes nichos podendo causar a extinção de espécies especialistas. Corroborando com a hipótese de que as UCs mais distantes de Recife (densamente povoada) apresentavam maior abundância e riqueza de espécies.

A maioria das UCs tiveram ausência de mata ciliar nos pontos de coleta, sendo que duas UCs havia presença de mata ciliar em todos os seus locais de coleta e outras quatro tiveram pontos com ausência e presença e as outras seis restantes com ausência em todos os locais. De forma que a presença de mata ciliar estava relacionada com a cobertura de dossel completa, com apenas a área da ESEC Caetés apresentando ausência de ciliar e dossel completo porque é uma área úmida (presença de poças) que possui sombreamento das árvores, mas sem vegetação margeando as poças. Ainda em relação ao dossel, três áreas apresentaram locais de coleta com cobertura de dossel parcial: P.E. Zumbi, RPPN Oiteiro e REBIO de Saltinho. A variação da coluna d'água de todas as áreas foi pequena, variando de 0 a 2 cm. Os dados de profundidade, altura do barranco e largura dos cursos d'água não influenciaram na tipologia destes, de forma que não houve um padrão definido de apenas um tipo de curso d'água utilizando estas variáveis.

As três espécies coletadas de Elmidae, *Derallus angustus*, *Liodesus aff. flavicollis* e *Derovatellus* sp.2 se distribuíram separadamente, próximas da área onde foram encontradas (REBIO de Saltinho), e estão relacionadas com a variável de mata ciliar. Esta área apresentou maior correlação com esta variável, em relação a todas as outras áreas, de forma que as espécies que foram exclusivas da REBIO se agruparam e foram influenciadas pela cobertura de dossel completa ou parcial encontrada na área. As espécies exclusivas da RPPN Bicho Homem se agruparam próximo a UC na análise, estando mais fortemente correlacionadas com a variável

de variação da coluna d'água, devido ao fato da UC apresentar a segunda maior média da variável. As espécies exclusivas da RPPN Frei Caneca agrupadas foram negativamente influenciadas pela variável de altura do barranco, onde a UC apresentou uma das maiores médias pra variável. Enquanto que as espécies exclusivas da RPPN Sta. Beatriz do Carnijó e da RPPN Fazenda Santa Rita se agruparam próximas as áreas onde foram encontradas, sendo influenciadas pelas variáveis de largura e profundidade, negativamente influenciadas pela largura. A maioria das espécies apresentou distribuição influenciada pela altura do barranco, que não teve médias semelhantes, de forma que quatro UCs estiveram separadas neste quadrante.

As sete espécies correlacionadas com a variável de variação da coluna d'água foram encontradas na RPPN Bicho Homem, com apenas a espécie *Paracymus* sp.1 não sendo exclusiva desta área, ocorrendo também na RPPN Oiteiro e RPPN Tabatinga e por isso o valor da correlação foi maior. Com quatro das sete espécies sendo exclusivas de ecossistemas lênticos (*Anacaena attigua*, *Anacaena suturalis*, *Bidessonotus* sp. e *Rhinoncus* sp.) e as outras três espécies exclusivas de ecossistemas lóticos (*Hydrocanthus ancus*, *Phaenonotum* aff. *exstriatum* e *Paracymus* sp.1) foram encontradas em locais de coleta que, em sua maioria, apresentavam uma variação da coluna d'água maior do que a média. *Laccophilus* sp., que apresentou correlação com a largura, foi coletada apenas em uma poça na APA de Santa Cruz, onde a UC apresentou a menor média de largura de todas as UCs amostradas, demonstrando uma possível preferência desta espécie por ecossistemas de menor tamanho.

*Anacaena attigua* e *A. suturalis* ocorreram em poças margeadas de vegetação e substrato lamoso neste estudo. O gênero *Anacaena* apresenta alta amplitude ecológica, podendo ser encontrado nas margens de valas gramadas, lagoas, lagos e córregos (EPLER, 2010); em corpos d'água de largura variada, como grandes rios e áreas de hidroelétrica (ARCE-PERÉZ et al., 2010); em igarapés e poças (BENETTI; HAMADA, 2003). Existem 13 espécies descritas para a região Neotropical, sendo algumas delas unificadas no *suturalis-group*, onde as espécies *A. attigua* e *A. suturalis* fazem parte (KOMAREK, 2005). Devido às semelhanças encontradas nestas espécies, pode justificar o fato delas terem sido encontradas no mesmo local e mesmo tipo ecossistema.

*Bidessonotus* sp. esteve presente apenas em ecossistemas lênticos. Em outros estudos a espécie pode ser encontrada em igarapés (BENETTI; HAMADA, 2003), pequenas poças ou nas bordas com vegetação de riachos lentos (EPLER, 2010) ou apenas em poças (FERREIRA JR. et al., 1998).

As espécies da família Curculionidae, como *Rhinoncus* sp., são consideradas fitófilas e por isso são encontradas em ecossistemas associados as vegetações locais. Assim, neste estudo esta espécie foi encontrada em poça margeada por vegetação com substrato lamoso.

*Hydrocanthus* foi encontrado com maior frequência em ecossistemas lênticos, como poças e alagados, mas também foram encontrados em ecossistemas lóticos. Epler (2010) encontrou o gênero, principalmente, em habitats lênticos associado às macroalgas flutuantes e outras vegetações e Ferreira Jr. *et al.*, 1998 registrou espécies apenas em poças.

Neste estudo *P. exstriatum* foi encontrada apenas em ecossistemas lóticos com substrato arenoso-argiloso. A espécie é da subfamília Sphaeridiinae, que é composta em sua maioria por indivíduos terrestres, é ao menos considerada como uma espécie semiaquática (EPLER, 2010). Pode ser encontrada em corpos d'água impactados, como o Rio San Juan no México, que possui substrato arenoso-argiloso com abundante vegetação aquática (ARCE-PERÉZ *et al.*, 2010).

Nesta dissertação, *Paracymus* sp.1 foi coletada em ecossistemas lóticos de três UCs: RPPN Fazenda Tabatinga, RPPN N. Sra. do Oiteiro e RPPN Bicho Homem. As espécies do gênero são encontradas em diversos tipos de habitats lênticos e lóticos, como: lagos artificiais (FERNANDÉZ; RUF, 2006); lagoas naturais, igarapés e poças (BENETTI; HAMADA, 2003); associadas às macrófitas encontradas em lagos, canais ou córregos (NASCIMENTO, 2011); em prados inundados, poças temporárias, infiltrações (STAINES; MAYOR, 2008).

Duas espécies de *Laccophilus* foram encontradas apenas em ecossistemas lênticos, como várzeas com macrófitas e lagos (BENETTI; HAMADA, 2003) ou tiveram predominância em ecossistemas lênticos (BENETTI *et al.*, 1998). De forma que a espécie correlacionada com largura, foi encontrada apenas em poça neste estudo.

#### 4.5. Estado de conservação das UCs

As UCs que se enquadraram como Degradadas (RPPN Tabatinga, RPPN Frei Caneca, APA de Santa Cruz e FURB São Bento) passam por um intenso processo de devastação. Inclusive pelo fato de que a RPPN Frei Caneca é gerida por uma Usina açucareira inativa e a área do entorno da UC está sendo loteada. Esta UC apresentou *Status* 3 (degradada) com valores baixos dos parâmetros utilizados com destaque para: baixa riqueza de espécies (5); cobertura vegetal herbácea nos pontos de coleta; uso de água diário, devido ao povoado próximo à UC utilizar o córrego para suas funções domésticas; presença de animais de criação no entorno alta, como caprinos, bovinos e equinos; e presença de resíduos sólidos alta.

Apesar da RPPN Tabatinga ser uma área privada bem gerida, a área do entorno do córrego é cercada por pastagens e próxima das casas, além do fato de que as nascentes são represadas para suprimento de água potável para os moradores da UC com *Status* 3 (degradada). Dentre os parâmetros analisados, destaca-se a baixa riqueza (4 espécies); a ausência de famílias de besouros com alta pontuação do índice BMWP; cobertura vegetal herbácea; uso diário da água; e presença de animais de criação próximos ao córrego, como bovinos e equinos.

A APA de Santa Cruz possui um conselho gestor efetivo, mas a área que envolve a APA (continental e estuarina) têm dimensões espaciais grandes, envolvendo três municípios (Itapissuma, Itamaracá e Goiana). Por isso, a dificuldade no controle e fiscalização da área torna-se maior, podendo ser a área onde foram realizadas as coletas um local bastante estressado e que não represente a real situação de toda a APA. Pois, a UC teve *Status* 6 (degradada), principalmente, por não apresentar famílias de besouros com valor alto do índice BMWP, pela presença de pastagem e monocultura no entorno no córrego e pela alta presença de resíduos sólidos.

A FURB São Bento não possui uma gestão adequada, pois está sem conselho gestor definido e a área está passando por um intenso desmatamento provocado pelo loteamento das áreas. A área florestada da UC está sendo substituída por casas e chácaras, restando apenas uma pequena mata próxima ao Rio Timbó, demonstrando a resiliência da Mata Atlântica frente às alterações antrópicas. A UC apresentou cobertura vegetal herbácea, presença de resíduos sólidos e animais de criação moderada.

As UCs consideradas como Perturbadas (RPPN Carnijó, P.E. Zumbi, RPPN Bicho Homem, RPPN Santa Rita e ESEC Caetés), em sua maioria, possuem uma gestão bem eficiente e este *status* pode estar relacionado com processos anteriores em que as áreas passaram, pois, exceto a ESEC Caetés, todas as UCs neste grupo se enquadram entre os maiores índices de diversidade.

A RPPN Carnijó é uma área com controle efetivo, realizado pela família Souza Leão, mas as atividades de pastagens ficam próximas ao córrego e, principalmente, por este motivo ficou enquadrada nesta categoria (*Status* 9 – perturbada). Além de apresentar uma baixa riqueza de espécies (5) e não ter famílias com alto valor do índice BMWP.

O P.E. Zumbi não apresenta um conselho gestor efetivo, mas a área próxima ao Estaleiro de Suape é melhor conservada e por isso a área se configurou entre os maiores valores do índice de Shannon-Wiener (1,60) com *Status* 12 (perturbada). Dentre os descritores, a UC não

apresentou famílias de besouros com alto valor do índice BMWP, uso de água frequente e presença de resíduos sólidos moderada.

A RPPN Bicho Homem é bem gerida pelo seu proprietário estando conectada com a RPPN Jussaral, ambas pertencentes a Destilaria São Luiz, e possivelmente, se enquadraram como perturbada (*Status* 12) em reflexo de processos anteriores sofridos pela monocultura de cana de açúcar que, atualmente, é inexistente próxima a UC. Esta UC se apresentou entre os maiores índices de Simpson (0,69) e Shannon-Wiener (1,60). Com relação aos parâmetros, teve baixos valores em: bioindicadores aquáticos, pois não teve famílias com altos valores de BMWP; a cobertura vegetal no entorno do córrego é herbácea; e pela baixa presença de animais de criação, como equinos.

A RPPN Santa Rita também é bem gerida pelos proprietários e, possivelmente, pelo enquadramento posterior como RPPN, a UC ainda esteja em processo de recuperação, pois a UC foi a mais rica de todas as UCs amostradas, sendo a única a conseguir o valor máximo no parâmetro de riqueza de espécies e entre os maiores valores bioindicadores aquáticos pela presença da família Hydraenidae. Além de apresentar o segundo maior valor Simpson (0,81) e o primeiro de Shannon-Wiener (2,36) com o *Status* 12 (perturbada). Os parâmetros que mais influenciaram, negativamente, para este *status* foram: vegetação herbácea próximo a maior parte do córrego e presença de animais de criação moderada, como bovinos e equinos.

A ESEC Caetés apesar de possuir uma gestão eficiente e mostrar uma área florestada bem conservada, pode ter se enquadrado nesta categoria pelo fato de que o Rio Paratibe, onde foram realizadas as coletas, é o limite sul da UC e a outra margem possui muitos loteamentos. De forma que, o curso d'água pode receber efluentes e resíduos sólidos das propriedades localizadas na outra margem tendo um *Status* 13 (perturbada). Por este motivo a UC não apresentou bons índices, com uma riqueza de apenas duas espécies coletadas em ecossistemas lênticos e uma abundância relativa de apenas 3% com ausência de famílias com altos valores do índice BMWP.

As três UCs consideradas Conservadas (RVS São José, REBIO de Saltinho e RPPN Oiteiro) possuem gestões eficientes, com exceção da RPPN Oiteiro que é gerida pela Paróquia de São Miguel e não possui atenção por parte da gestão. Apesar disso, a RPPN Oiteiro apresentou o maior índice de Simpson (0,83) e o segundo maior de Shannon-Wiener (1,99) de todas as UCs amostradas, demonstrando que os coleópteros aquáticos podem ser utilizados como bioindicadores, pois a UC se enquadraram como conservada (*Status* 15). A UC apresentou um dos maiores valores no parâmetro de bioindicadores aquáticos pela presença da família

Hydraenidae e não atingiu o valor máximo do *status* por causa dos parâmetros: vegetação arbórea-arbustiva, uso da água eventual e presença de resíduos sólidos baixa.

A RVS São José é uma área bem conservada, mas não apresentou bons índices e uma abundância e riqueza de espécies baixa, possivelmente por efeitos anteriores que a Usina São José possa ter causado no córrego e o curso d'água ainda se encontra em processo de recuperação. Ausente de famílias com altos valores de índice BMWP, tendo *Status* 16 (conservada), sem conseguir valores máximos nos parâmetros de riqueza de espécies e bioindicadores aquáticos.

A REBIO de Saltinho é uma UC conservada com *Status* 17 e possui um bom número de pesquisas realizadas na área, com efetiva gestão por parte do chefe e do conselho consultivo da UC, apresentando um dos maiores valores dos índices de diversidade ( $H' = 1,55$  e  $1-D = 0,72$ ). A UC não apresentou valor máximo para os parâmetros de: riqueza de espécies (8); uso da água diário, pelo uso do riacho para abastecimento da cidade de Tamandaré; e bioindicadores aquáticos, mas se enquadrou entre os maiores pela presença da família Elmidae.

A espécie do possível novo gênero Noteridae sp., da família Noteridae, teve uma abundância total de 39 indivíduos encontrados em três UCs (P.E. Zumbi, RPPN Oiteiro e RPPN Santa Rita). A espécie pode ser considerada uma boa bioindicadora, pelo fato de que foi uma espécie acessória da amostragem e ocorreu apenas em locais onde as UCs foram conservadas ou perturbadas, não ocorrendo em nenhuma UC com *status* de degradada. A maior abundância da espécie foi nas áreas que apresentavam mata ciliar e que a cobertura de dossel era completa ou parcial, com poucos indivíduos ocorrendo onde não havia mata ciliar.

## Considerações Finais

As espécies de besouros aquáticos de ecossistemas lênticos e lóticos foram registradas pela primeira vez para o Estado de Pernambuco, pois não há conhecimento de estudos conduzidos com foco apenas nos besouros aquáticos para a Região Nordeste do Brasil. Com relação aos ecossistemas lênticos é visto que apesar de alguns estudos já realizados no Brasil, os ambientes associados (poças, banhados e áreas úmidas) vêm sendo negligenciados nas amostragens ecológicas, apesar de possuírem uma abundância e riqueza de espécies significantes, incluindo espécies exclusivas destes habitats.

As mudanças no padrão de distribuição da coleopterofauna com relação às variáveis ambientais demonstram a importância da inclusão destas variáveis nos estudos com os besouros aquáticos. A partir do índice *Status* de conservação, quatro UCs foram consideradas degradadas, cinco perturbadas e três conservadas. Podendo o gênero *Noteridae* ser considerado um bom bioindicador de áreas conservadas ou com pequenos processos de perturbação, pois só foi registrado nas áreas conservadas ou perturbadas. Assim, este estudo contribuiu para o conhecimento da fauna de Coleoptera aquático que é considerada bioindicadora para ecossistemas em bom estado de conservação, podendo ser utilizada como ferramenta na gestão e monitoramento de Unidades de Conservação. Um novo gênero *Noteridae* sp., possivelmente, foi identificado, sendo encontrado em ecossistemas lênticos e lóticos de três UCs (RPPN N. Sra. do Oiteiro de Maracáipe, P.E. Mata do Zumbi e RPPN Santa Rita) e nas estações chuvosa e seca, sendo uma das espécies acessórias pela sua frequência. Uma nova espécie *Copelatus* sp. foi encontrada para a região em ambientes lênticos (poças) durante a estação seca do ano, necessitando de confirmação deste novo táxon.

### 5.1. Conclusões

- Com relação ao objetivo específico de identificar os táxons encontrados, foram identificadas 62 espécies de coleópteros aquáticos, sendo essa riqueza significativa em relação aos outros estudos realizados com besouros aquáticos.
- Sete espécies acessórias foram frequentes nos ecossistemas lóticos e na estação chuvosa do ano, as demais (55 espécies) foram consideradas como acidentais.

- A estação chuvosa do ano apresentou os valores menores de diversidade em relação a estação seca do ano que teve maior abundância e riqueza de espécies, refutando a hipótese de que há maior diversidade na estação chuvosa.
- Os ecossistemas lênticos apresentaram maior abundância de indivíduos, mas os ecossistemas lóticos apresentaram maior riqueza de espécies, com maior índice de diversidade (Shannon-Wiener), corroborando com a hipótese de que os ecossistemas lóticos apresentam maior diversidade.
- As RPPNs Santa Rita e Nossa Senhora do Oiteiro de Maracaípe se enquadraram entre as UCs com os maiores índices de diversidade e a RPPN Santa Rita com a maior abundância e riqueza de espécies da amostragem.
- A hipótese de que as áreas mais distantes espacialmente das zonas mais povoadas (Recife) apresentavam maior diversidade foi corroborada. Apesar das UCs estarem localizadas no mesmo domínio e na mesma mesorregião do Estado, um padrão de diferenciação foi gerado pelas influências particulares de cada localidade, como: abundância e riqueza de espécies, presença ou ausência de mata ciliar, cobertura de dossel, profundidade, variação da coluna d'água, largura e altura do barranco.

## 5.2. Trabalhos futuros

- Confirmação dos possíveis novos táxons, a partir de descrição morfológica detalhada, incluindo consultas em coleções científicas.
- Confecção de chaves de identificação para as espécies de besouros aquáticos de Pernambuco e Região Nordeste do Brasil, utilizando os besouros coletados das seguintes famílias: Hydrophilidae, Dytiscidae, Noteridae, Gyridae, Elmidae, Haliplidae, Hydraenidae, Chrysomelidae e Curculionidae.
- Realização de amostragem mais abrangente, englobando as outras mesorregiões do Estado de Pernambuco, de forma a aumentar o conhecimento sobre a fauna e avaliando possível padrão diferenciado entre as mesorregiões.
- Protocolo de monitoramento para áreas protegidas utilizando besouros aquáticos como indicadores ambientais.

## Referências

- ABÍLIO, F. J. P. *et al.* Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores de qualidade ambiental de corpos aquáticos da caatinga. **Oecol. Bras.**, v. 11, n.3, p. 397 – 409, 2007.
- ALLAN, J. D.; FLECKER, A. S. 1993. Biodiversity conservation in running waters. **BioScience**, v. 43, n.1, p. 32-43, Jan 1993.
- ALVARENGA, L. D. P. *et al.* Novas ocorrências de Briófitas para Pernambuco, Brasil. **Acta Bot. Bras.**, São Paulo, v. 21, n. 2, p. 349-360, abr./jun. 2007. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-33062007000200009&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-33062007000200009&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em 19 jan. 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062007000200009>.
- ALVARES, C. A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift (Berlin)**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ARAÚJO, N. B.; TEJERINA-GARRO, F. L. Composição e diversidade da ictiofauna em riachos do Cerrado, bacia do ribeirão Ouvidor, alto rio Paraná, Goiás, Brasil. **Rev. Bras. Zool.**, Curitiba, v. 24, n. 4, p. 981–990, dez. 2007. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-81752007000400014&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-81752007000400014&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 19 nov. 2014. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752007000400014>>.
- ARCE-PEREZ, R.; GOMEZ-ANAYA, J. A.; NOVELO-GUTIERREZ, R. Coleópteros acuáticos de la zona de influencia de la Central Hidroeléctrica "Ing. Fernando Hiriart Balderrama"(C. H. Zimapán), Hidalgo, México. II. Coleoptera: Polyphaga y Myxophaga. **Acta Zool. Mex, Xalapa**, v. 26, n. 3, p. 639-667, 2010. Disponível em: <[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0065-17372010000300010&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372010000300010&lng=es&nrm=iso)>. Acesso em: 20 nov. 2014.
- ARCHANGELSKY, M. *et al.* **COLEOPTERA**. IN: DOMINGUEZ E; FERNÁNDEZ HR. (Eds.). Macroinvertebrados bentônicos sudamericanos. Sistemática y biología. Tucumán: Fundación Miguel Lillo. p. 411-468, 2009.
- BAPTISTA, D.F. *et al.* A multimetric index based on benthic macroinvertebrates for evaluation of Atlantic Forest streams in Rio de Janeiro State, Brazil. **Hydrobiologia**, v. 575, p. 83-94, 2007. <http://dx.doi.org/10.1007/s10750-006-0286-x>

- BATISTA-SILVA, V. F. *et al.* Invertebrates associated to *Eichhornea azurea* Kunth in a lagoon of the Upper Paraná River: composition, community attributes and influence of abiotic factors. **Acta Limnologica Brasiliensia**, Rio Claro, v. 23, n. 4, p. 376-385, out./dez. 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S2179-975X2012005000016>
- BENETTI, C. J. *et al.* Coleoptero-fauna aquática na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS, Brasil. **Acta Biologica Leopoldensia**, v. 20, n. 1, p. 91-101, jan./jun. 1998.
- BENETTI, C.J.; CUETO, J.A.R.; FIORENTIN, G.L. Gêneros de Hydradephaga (Coleoptera: Dytiscidae, Gyrinidae, Haliplidae, Noteridae) citados para o Brasil, com chaves para identificação. **Biota Neotropica**, v. 3, n. 1, p. 1-4, 2003. Disponível em: <http://www.biotaneotropica.org.br/v3n1/pt/abstract?identificationkey+BN00803012003>. Acesso em: 19 out. 2014.
- BENETTI, C. J.; HAMADA, N. Fauna de Coleópteros Aquáticos (Insecta: Coleoptera) na Amazônia Central, Brasil. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 33, n.4, p. 701-709, dez. 2003.
- BENETTI, C. J.; FIORENTIN, G. L. Bionomia e ecologia de coleópteros aquáticos, com ênfase em Hydradephaga. **Acta Biologica Leopoldensia**, São Leopoldo, v. 25, n.2, p. 153-164, jun./dez. 2003.
- BENETTI, C. J.; RÉGIL CUETO, J. A. Fauna composition of water beetles (Coleoptera: Adephaga) in seven water environments in the municipality of Gramado, RS, Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 16, n. 1, p. 1-11, 2004.
- BERNARD, E.; MELO, F. P. L.; PINTO, S. R. R. Challenges and opportunities for biodiversity conservation in the Atlantic Forest in face of bioethanol expansion. **Tropical Conservation Science**, v. 4, n. 3, p. 267-275, 2011.
- BERNARD, E., PENNA, L. A. O.; ARAÚJO, E. Downgrading, Downsizing, Degazettement, and Reclassification of Protected Areas in Brazil. **Conservation Biology**, v. 28, n. 4, p. 939–950, Aug 2014. doi: 10.1111/cobi.12298
- BISPO, P.C.; OLIVEIRA, L.G. Distribuição espacial de insetos aquáticos (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera) em córregos de cerrado do Parque Ecológico de Goiânia, Estado de Goiás. **Oecologia Brasiliensis. Ecologia de insetos aquáticos**, v. 5, n. 1, p. 175-189, 1998.
- BOUCHARD, P. *et al.* **Biodiversity of Coleoptera**. In *Insect biodiversity*: FOOTITT, R. G.; ADLER, P. H. (Eds.). Science and society p. 265–301, 2009. Wiley-Blackwell, Chichester, UK. doi: 10.1002/9781444308211.ch11
- BOUCHARD, P. *et al.* Family-group names in Coleoptera (Insecta). **ZooKeys**, v. 88, p. 1–972, 2011. doi: 10.3897/zookeys.88.807

- BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 19 jul. 2000.
- BRITO, M. C. W. **Unidades de Conservação: intenções e resultados**. FAPESP, 2000. 230p.
- BROWN, H. P. Biology of riffle beetles. **Annual Review Entomology**, v. 32, p. 253-273, 1987. doi: 10.1146/annurev.en.32.010187.001345
- BROWN JR., K.S.; BROWN, G.G. **Habitat alteration and species loss in Brazilian forests**. In: Tropical Deforestation and Species Extinction (T.C. Whitmore & Sayer J.A., Ed.). Chapman & Hall, Londres, p.119-142, 1992.
- BURGHELEA, C.I. *et al.* Predatory aquatic beetles, suitable trace element bioindicators. **Journal of Environmental Monitoring**, v. 13, n. 5, p. 1308-15, May 2011. doi: 10.1039/c1em10016e
- CABRINI, I. *et al.* Richness and composition of Calliphoridae in an Atlantic Forest fragment: implication for the use of dipteran species as bioindicators. **Biodiversity and Conservation**, v. 22, n. 11, p. 2635-2643, Oct 2013.
- CAPOBIANCO, J. P. R. (org.) - **Dossiê Mata Atlântica**. 2011. Projeto Monitoramento Participativo da Mata Atlântica. São Paulo: Rede de ONG's da Mata Atlântica/Instituto Socioambiental/Sociedade Nordestina de Ecologia (RMA/ISA/SNE), 2011. 15p.
- CAVALCANTI, F. B. **RPPN Fazenda Tabatinga**. Disponível em: <[http://www.cprh.pe.gov.br/unidades\\_conservacao/Uso\\_Sustentavel/RPPN\\_Fazenda\\_Tabatinga](http://www.cprh.pe.gov.br/unidades_conservacao/Uso_Sustentavel/RPPN_Fazenda_Tabatinga)>. Acesso em: 19 nov. 2014.
- CHAPE, S. *et al.* Measuring the extent and effectiveness of protected areas as an indicator for meeting global biodiversity targets. **Philosophical Transactions of the Royal Society, Biological Sciences**, v. 360, n. 1454, p. 443-455, Feb 2005. doi: 10.1098/rstb.2004.1592
- CLARKE, K. R.; GORLEY, R. N. **Primer v.6 Permanova+**. Primer-E Ltd., Plymouth, UK, 2006.
- CONSERVATION INTERNATIONAL. **Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Mata Atlântica e Campos Sulinos**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2000.
- CONSERVATION INTERNATIONAL. Biodiversity hotspots (collection). 2007. Disponível em: <<http://www.eoearth.org/view/article/150569>>. Acesso em: 19 out. 2014.
- COMPIN, A.; CÉRÉGHINO, R. 2003. Sensitivity of aquatic insect species richness to disturbance in the Adour-Garonne stream system (France). **Ecological Indicators**, v. 3, n. 2, p. 135-142, June 2003. doi:10.1016/S1470-160X(03)00016-5

- CORTEZZI, S. S. *et al.* Influência da ação antrópica sobre a fauna de macroinvertebrados aquáticos em riachos de uma região de cerrado do sudoeste do Estado de São Paulo. **Iheringia, Sér. Zool.**, Porto Alegre, v. 99, n. 1, p. 36-43, mar. 2009. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0073-47212009000100005&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0073-47212009000100005&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 20 jan. 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/S0073-47212009000100005>.
- COSTA, C. Estado de conocimiento de los Coleoptera Neotropicales. In: Martin Piera, F.; Morrone, J. J.; Melic, A. (Eds.). **Hacia un Proyecto CYTED para el inventario y estimación de la diversidad Entomológica en Iberoamérica: PRIBES-2000**. Zaragoza: Sociedad Entomológica Aragonesa (SEA), 2000, 326 p.
- COSTA, C. **La colección de inmaduros de Coleoptera del Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo**. In: Simposium sobre Informatización de colecciones biológicas en Iberoamérica, 2008, Lima, Peru. Palestra apresentada dia 6-7/10/2008.
- AGÊNCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE. **Diagnóstico socioambiental do litoral norte de Pernambuco**. Recife: CPRH, 2003, 214p.
- \_\_\_\_\_. **Projeto Orla Perfil Socioeconômico e Ambiental Cabo de Santo Agostinho**. Recife, Pernambuco, 2003b.
- \_\_\_\_\_. **Plano de Manejo Fase 1 - Estação Ecológica de Caetés**. Recife, Pernambuco, 2006.
- \_\_\_\_\_. **Diagnóstico da APA de Santa Cruz**. 2009. Disponível em: [http://www.cprh.pe.gov.br/ARQUIVOS\\_ANEXO/diagnosticosantacruz;2243;20120906.pdf](http://www.cprh.pe.gov.br/ARQUIVOS_ANEXO/diagnosticosantacruz;2243;20120906.pdf). Acesso em: 19 nov. 2014.
- \_\_\_\_\_. **RPPN Fazenda Santa Rita**. Disponível em: <[http://www.cprh.pe.gov.br/unidades\\_conservacao/Usos\\_Sustentavel/RPPN\\_Fazenda\\_Santa\\_Rita](http://www.cprh.pe.gov.br/unidades_conservacao/Usos_Sustentavel/RPPN_Fazenda_Santa_Rita)>. Acesso em: 19 nov. 2014.
- \_\_\_\_\_. **RPPN Bicho Homem e Jussaral**. Disponível em: <[http://www.cprh.pe.gov.br/unidades\\_conservacao/Usos\\_Sustentavel/RPPN\\_Bicho\\_Homem](http://www.cprh.pe.gov.br/unidades_conservacao/Usos_Sustentavel/RPPN_Bicho_Homem)>. Acesso em: 19 nov. 2014.
- \_\_\_\_\_. **Descrição das Unidades**. Disponível em: <[http://www.cprh.pe.gov.br/Unidades\\_de\\_Conservacao/descricao\\_das\\_unidades](http://www.cprh.pe.gov.br/Unidades_de_Conservacao/descricao_das_unidades)>. Acesso em: 19 nov. 2014.
- CUMMINS, K. W. Trophic relations of aquatic insects. **Annual Review of Entomology**, v. 18, p. 183-206, Jan 1973.

- CUNHA, J. C. S. *et al.* Benthic macrofauna and the limnological parameters of a first-order stream in Atlantic Forest of Brazilian Northeast. **Acta Limnol. Bras.**, Rio Claro, v. 26, n. 1, p. 26-34, 2014. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2179-975X2014000100005&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2179-975X2014000100005&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 30 jan. 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/S2179-975X2014000100005>.
- DAJOZ, R. **Ecologia geral**. 4ª edição, Eds. Vozes/EDUSP, Petrópolis, Brasil, 1983, 472 p.
- DELER-HERNÁNDEZ, A.; CALA-RIQUELME, F. 2010: Escarabajos acuáticos de la reserva florística manejada “Monte Barranca”, Santiago de Cuba, Cuba (Coleoptera: Adephaga, Polyphaga). **Novitates Caribaea**, v. 3, p. 69-76, 2010.
- DIJKSTRA, K. D. B.; MONAGHAN, M. T.; PAULS, S. U. Freshwater biodiversity and aquatic insect diversification. **Annual Review of Entomology**, v. 59, p. 143-16, 2014.
- EPLER, J.H. **The Water Beetles of Florida**. Florida, EUA, 2010, 414 p.
- FERNANDEZ, L.A.; RUF, M.L.L. Aquatic Coleoptera and Heteroptera inhabiting waterbodies from Berisso, Buenos Aires province, Argentina. **Rev. Biol. Trop**, v. 54, n. 1, p. 139-148, 2006.
- FERREIRA, J. S. Entomofauna Aquática e sua distribuição na microbiologia do Córrego Barreiro do Campos da UEG, Anápolis, Goiás. **Goiânia**, v. 38, n. 2, p. 381-396, 2011.
- FERREIRA-JR, N. *et al.* Levantamento preliminar e distribuição de besouros aquáticos (Coleoptera) na Restinga de Maricá, Maricá, RJ. In: Nessimian, J.L.; Carvalho, A.L. **Ecologia de Insetos aquáticos. Oecologia Brasiliensis**, v. 5, p. 129-140, 1998.
- FERREIRA JR., N.; BRAGA, R.B. Dytiscidae e Noteridae (Insecta: Coleoptera) recorded from Rio de Janeiro State, Brazil. **Arquivos do Museu Nacional**, v. 67, n. 3-4, p. 321-327, 2009.
- FOLEY, J. A. *et al.* “Global Consequences of Land Use”. **Science**, v. 309, n. 5734, p. 570-574, 2005.
- FREITAG H. A Mega-Diverse Water Beetle Genus (Coleoptera: Hydraenidae: Hydraena Kugelann) Commonly Overlooked in Southeast Asia and its Potential Use for Environmental Biomonitoring. **Entomol Ornithol Herpetol**, v. 3, p. 125, Mar 2014. doi: 10.4172/2161-0983.1000125
- FROEHLICH, C.G. **Outros Insetos**. In: Ismael D, Valenti WC, Matsumura-Tundisi T, Rocha O (eds.) **Biodiversidade do Estado de São Paulo, Vol. 4, Invertebrados de Água Doce**, FAPESP, São Paulo, 1999.
- GALINDO-LEAL, C.; CÂMARA, I.G. **Status do hotspot Mata Atlântica: uma síntese**. In: GALINDO-LEAL, C.; CÂMARA, I.G. (Eds). **Mata Atlântica: biodiversidade, ameaças e**

- perspectivas. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica, 2005, p.3-11. Disponível em: <<http://www.conservation.org.br/>>. Acesso em: 07 nov. 2012.
- GARCÍA-CRIADO, F.; FERNÁNDEZ-ALÁEZ, M. Aquatic Coleoptera (Hydraenidae and Elmidae) as indicators of the chemical characteristics of water in the Órbigo River basin (N-W Spain). **Ann Limnol**, v. 31, p. 185-199, 1995.
- GOMES, L. M.; REIS, R. B.; CRUZ, C. B. M. **Análise da Cobertura florestal da Mata Atlântica por município no estado do Rio de Janeiro**. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, 2009a.
- GOMES, J.S. *et al.* Estrutura do sub-bosque lenhoso em ambientes de borda e interior de dois fragmentos de Floresta Atlântica em Igarassu, Pernambuco. **Rodriguésia**, v. 60, n. 2, p. 295-310, 2009b.
- HAMMER, Ø.; HARPER, D.A.T.; RYAN, P.D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. **Palaeontologia Electronica**, v. 4, n. 1, 9pp, 2001.
- HECKMAN, C. W. **The Pantanal of Poconé**. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 1998, 622 p.
- HENDRICH, L.; BALKE, M.; YANG, C. Aquatic Coleoptera of Singapore – species richness, ecology and conservation. **Raffles Bulletin of Zoology**, v. 52, n. 1, p. 97–145, 2004.
- IUCN. **The IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2014.3. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, 2014. Disponível em: <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. Acesso em: 27 jan. 2015
- JÄCH, M. A. Annotated checklist of aquatic and riparian/littoral beetle families of the world (Coleoptera). **Water Beetles of China**, v. 2, p. 25-42, 1998.
- JÄCH, M. A.; BALKE, M. Global Diversity of Water Beetles (Coleoptera) in Freshwater. **Hydrobiologia**, v. 595, p. 419-442, 2008.
- JOLY, C. A., METZGER, J. P.; TABARELLI, M. Experiences from the Brazilian Atlantic Forest: ecological findings and conservation initiatives. **New Phytologist**, v. 204, p. 459–473, 2014. doi: 10.1111/nph.12989.
- KIKUCHI, R.M.; UIEDA, V.S. Composição da comunidade de invertebrados de um ambiente lótico tropical e sua variação espacial e temporal, p. 157-173. In: J.L. NESSIMIAN; A.L. CARVALHO (Eds). Ecologia de insetos aquáticos. **Séries Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, PPGE-UFRJ, 1998, 309p.
- KOMAREK, A. Taxonomic revision of *Anacaena* Thomson, 1859. II. Neotropical species (Coleoptera: Hydrophilidae). **Koleopterologische Rundschau**, v. 75, p. 253–301, 2005.

- KRAUSS, J. *et al.* Habitat fragmentation causes immediate and time-delayed biodiversity loss at different trophic levels. **Ecology Letters**, v. 13, p. 597–605, 2010. doi: 10.1111/j.1461-0248.2010.01457.x
- LARSON, D. J.; ALARIE, Y.; ROUGHLEY, R. E. **Predaceous Diving Beetles (Coleoptera: Dytiscidae) of the Nearctic Region, with emphasis on the fauna of Canada and Alaska**. Ottawa, Ontario, Canada: NRC Research Press, 2000, 982 pp.
- LEÃO, T. C. C. *et al.* Predicting Extinction Risk of Brazilian Atlantic Forest Angiosperms. **Conservation Biology**, v. 28, p. 1349–1359, 2014. doi: 10.1111/cobi.12286
- LEECH, H.B.; CHANDLER, H.P. **Aquatic Coleoptera**. In USINGER, R.L. (Ed.). *Aquatic Insects of California*. Berkeley: University of California Press., 1956, p. 293-371.
- LIU, J.; SLIK, J. W. "Forest fragment spatial distribution matters for tropical tree conservation." **Biological Conservation**, v. 171, p. 99- 106, 2014.
- LOYOLA, R. G. N. **Atual estágio do IAP no uso de índices biológicos de qualidade**. In Anais do V Simpósio de Ecossistemas Brasileiros: Conservação. São Paulo: ACIESP, 2000, pp. 46-52.
- MAGURRAN, A. E. **Medindo a diversidade biológica**. Curitiba: Editora da UFPR, 2011, 261 pp.
- MARVALDI, A. E.; LANTERI, A. A. Key to higher taxa of South America weevils based on adult characters (Coleoptera, Curculionidae). **Revista Chilena de História Natural**, v. 78, p. 67-87, 2005.
- MEGNA, Y. S.; EPLER, J. H. A review of *Copelatus* from Cuba, with the description of two new species (Coleoptera: Dytiscidae: Copelatinae). **Acta Entomologica Musei Nationalis Pragae**, v. 52, p. 383-410, 2012.
- MERRITT, R. W.; CUMMINS, K. W. **An introduction to the aquatic insects of North America**. Kendall/Hunt Publishing Company, 3th edition, 1996, 862p.
- MESQUITA, C. A. B. **RPPN – Reservas particulares do patrimônio natural da mata atlântica**. Orgs: Carlos Alberto Bernardo Mesquita & Maria Cristina Weyland Vieira. São Paulo: Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, 2004, 56 p.
- MISERENDINO, M.L.; ARCHANGELSKY, M. Aquatic Coleoptera distribution and environmental relationships in a large Patagonian river. **International Review of Hydrobiology**, v. 91, n. 5, p. 423–437, 2006.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE / INSTITUTO BRASILEIRO DE MEIO AMBIENTE. **Plano de Manejo, Fase 2, da Reserva Biológica Saltinho**. Brasília, Brasil, 2003, 354 pp.

- MORONI, J.; BACHMANN, A.O. **Dytiscidae**. In: HURLBERT, S.H. (ed.) *Biota Acúatica de Sudamérica Austral*. San Diego: San Diego State University, 1977, p. 217-225.
- MYERS, N. *et al.* Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853- 858, 2000.
- NASCIMENTO, L. V.; ALBERTONI, E. F.; PALMA-SILVA, C. P. Fauna de Coleoptera associada a macrófitas aquáticas em ambientes rasos do sul do Brasil. **Perspectiva (Erexim)**, v. 35, p. 53 – 64, 2011.
- NILSSON, A. N. **A World Catalogue of the Family Noteridae, or the Burrowing Water Beetles (Coleoptera, Adephaga)**. Sweden: University of Umeå, 2006, 52 pp.
- OLIVEIRA, L.G.; BISPO, P.C.; SÁ, N.C. Ecologia de comunidades de insetos bentônicos (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera), em córregos do parque ecológico de Goiânia, Goiás, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 14, p. 867-876, 1997.
- PASSOS, M.I.S.; NESSIMIAN, J.L.; FERREIRA JUNIOR, N. Chave para identificação dos gêneros de Elmidae (Coleoptera) ocorrentes no Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 51, p. 42-53, 2007.
- PASSOS, M. I. S. *et al.* Elmidae (Insecta: Coleptera) from Rio de Janeiro State: list of species and new records. **Arquivos do Museu Nacional**, v. 67, n. 3-4, p. 377-382, 2009.
- PÉREZ-BILBAO, A.; CALAPEZ, A. R.; FEIO, M. J. Aquatic Coleoptera distribution patterns and their environmental drivers in central Portugal, Iberian Peninsula. **Limnologica - Ecology and Management of Inland Waters**, v. 46, p. 45-57, 2014.
- PERNAMBUCO. Decreto nº 32.488 de 17 de outubro de 2008. Declara como Área de Proteção Ambiental – APA a região que compreende os Municípios de Itamaracá e Itapissuma e parte do Município de Goiana, e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado**, Recife, PE, 17 de outubro de 2008.
- PERNAMBUCO. Lei nº 13.787, de 08 de junho de 2009. Institui o Sistema Estadual de Unidades de Conservação da Natureza – SEUC, no âmbito do Estado de Pernambuco, e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado**, Recife, PE, 08 de junho de 2009.
- PILLAR, V.D. **Variações espaciais e temporais na vegetação; métodos analíticos**. UFRGS, Departamento de Botânica, 1996. Disponível em: <<http://ecoqua.ecologia.ufrgs.br>>. Acesso em: 20 Dez. 2014.
- PRIMACK, R.B.; RODRIGUES, E. **Biologia da Conservação**. Londrina: E. Rodrigues, 2001 328p.

- RECIFE. **Lista das Unidades de Conservação do Recife**. Recife, Pernambuco, 2012. Disponível em: < <http://www2.recife.pe.gov.br/wp-content/uploads/>> Acessado em: 25 jan. 2015.
- RESH, V. H.; ROSENBERG, D. M. (Eds.). **The ecology of aquatic insects**. — Holt Saunders Ltd., New York: Praeger Publishers, 1984, 625 pp.
- RIBEIRO, A. S. Estado de Conservação das Nascentes do Alto Trecho do Rio Pajeú, Pernambuco, Brasil. **Dissertação** – Universidade Federal de Pernambuco, Recife – Brasil, 2014 111 pp.
- RIBEIRO, L.O.; UIEDA, V.S. Estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos de um riacho de serra em Itatinga, São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 22, n. 3, p. 613-618, 2005.
- ROSENBERG, D. M.; RESH, V. H. (Eds.). **Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates**. New York: Chapman & Hall, 1993.
- RYLANDS, A. B.; BRANDON, K. Unidades de conservação brasileiras. **Conservation Biology**, v. 19, p. 612-618, 2005.
- SANTOS, A. D.; CLARKSON, B.; FERREIRA-JUNIOR, N. Hydrophilidae (Insecta: Coleoptera) from Rio de Janeiro State, Brazil: list of species and new records. **Arquivos do Museu Nacional**, v. 67, n. 3-4, p. 329-336, 2009.
- SAUNDERS, D. A.; HOBBS, R. J.; MARGULES, C. J. Biological consequences of ecological fragmentation: a review. **Conservation Biology**, v. 5, p. 18–32, 1991.
- SEGURA, M. O.; FONSECA-GESSNER, A. A.; TANAKA, M. O. Composition and distribution of aquatic Coleoptera (Insecta) in low-order streams in the state of São Paulo, Brazil: influence of environmental factors. **Acta Limnol. Bras.**, v. 19, n. 3, p. 247-256, 2007.
- SEGURA, M.O. *et al.* Water beetles in mountainous regions in southeastern Brazil. **Braz. J. Biol.**, v. 72, n. 2, p. 311-321, 2012.
- SHORT, A. E. Z. Review of the Enochrus Thomson of the West Indies (Coleoptera: Hydrophilidae). **Koleopterologische Rundschau**, v. 74, p. 351–361, 2004.
- SHORT, A. E. Z. A review of the subtribe Acidocerina of Central America with special reference to Costa Rica (Coleoptera: Hydrophilidae: Hydrophilini). **Koleopterologische Rundschau**, v. 75, p. 191–226, 2005.
- SHORT, A. E. Z. Phylogeny, Evolution, and Classification of the Giant Water Scavenger Beetles (Coleoptera: Hydrophilidae: Hydrophilini: Hydrophilina). **Systematics and Biodiversity**, v. 8: 17-37, 2010.

- SHORT, A.E.Z.; TORRES, P.J. Review of the Hemiosus Sharp and Derallus Sharp in North America, Central America, and the Caribbean (Coleoptera: Hydrophilidae: Berosini). **Zootaxa**, v. 1369, p. 1-17, 2006.
- SHORT, A.E.Z.; FIKACEK, M. World catalogue of the Hydrophiloidea (Coleoptera): additions and corrections II (2006-2010). **Acta Entomologica Musei Nationalis Pragae**, v. 51, n. 1, p. 83-122, 2011.
- SHORT, A.E.Z.; FIKACEK, M. Molecular Phylogeny, Evolution, and Classification of the Hydrophilidae (Coleoptera). **Systematic Entomology**, v. 38, p. 723–752, 2013.
- SHORT, A.E.Z.; KADOSOE, V. Aquatic Beetles of the Kwamalasamutu Region, Suriname (Insecta: Coleoptera). **RAP Bulletin**, v. 63, p. 79-90, 2011.
- SILVA JUNIOR, L. H.; PEDROSA, B. M. J.; SILVA, M. F. Avaliação dos Impactos do ICMS Socioambiental na Criação de Unidades de Conservação e Unidades de Tratamento de Resíduos Sólidos em Pernambuco: Uma Análise a partir do Método de Diferenças-em-Diferenças. **Rev. Econ. NE, Fortaleza**, v. 44, n. 2, p. 559-574, 2013.
- SILVEIRA, L.F. *et al.* Para que servem os inventários de fauna? **Estudos avançados**, v. 24, n. 68, p. 173-207, 2010. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-40142010000100015&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142010000100015&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 30 jan. 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142010000100015>.
- SILVEIRA NETO, S. *et al.* Uso da análise faunística de insetos na avaliação do impacto ambiental. **Scientia Agrícola**, v. 52, p. 9-15, 1995.
- SONODA, K. C. **Variação Temporal da Fauna de Insetos Aquáticos do Córrego Sarandi, DF**. Planaltina, DF: Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 2010, 23 p.
- STAINES, C. L.; MAYOR, A. J. Aquatic and Semiaquatic Beetles of the Great Smoky Mountains National Park (Coleoptera: Dytiscidae, Gyrinidae, Haliplidae, Helophoridae, Hydraenidae, Hydrochidae, Hydrophilidae, and Noteridae). **Southeastern Naturalist**, v. 7, n. 3, p. 505-514, 2008.
- STATSOFT. **Statistica for Windows**. Tulsa: Statsoft, 1998.
- TREMOUILLES, E.R.; OLIVA, A.; BACHAMNN, A.O. **Insecta Coleoptera**. In Lopretto EC, Tell G (Eds.). Ecosistemas de aguas continentales: metodologías para su estudio. La Plata: Ediciones Sur, La Plata, 1995, p. 1133-1197.
- VIEIRA, L. C. *et al.* Faunistic Inventory of Spheciformes Wasps at Three Protected Areas in Portugal. **Journal of Insect Science**, v. 13, p. 113, 2013. doi:10.1673/031.013.11301

- VITOUSEK, P. M. *et al.* Human domination of Earth's ecosystems. **Science**, v. 277, p. 494-499, 1997.
- YOUNG, F. N. Water beetles of the genus *Suphisellus* Crotch in the Americas North of Colombia (Coleoptera: Noteridae). **The Southwestern Naturalist**, v. 24, n. 3, p. 409-429, 1979.
- YOUNG, F. N. A key to the American species of *Hydrocanthus* Say, with descriptions of new taxa (Coleoptera: Noteridae). **Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia**, v. 137, n. 1, p. 90-98, 1985.
- WARD, J.V. *Aquatic Insect Ecology, Part I, Biology and Habitat*. London: John Wiley & Sons, 1992, 456p.
- WATSON, J. E. M. *et al.* The performance and potential of protected areas. **Nature**, v. 515, n. 7525, p. 67-73, 2014. doi:10.1038/nature13947
- WILLIAMS, D. D.; FELTMATE, B. W. **Aquatic Insects**. CAB International, 1992, 358p.
- WILLIS, K.J. *et al.* Determining the ecological value of landscapes beyond protected areas. **Biological Conservation**, v. 147, n. 1, p. 3-12, 2012. doi:10.1016/j.biocon.2011.11.001
- WU, J.; LOUCKS, O.L. 1995. From balance of nature to hierarchical patch dynamics: a paradigm shift in ecology. **The Quarterly Review of Biology**, v. 70, n. 4, p. 439-466, 1995. <http://dx.doi.org/10.1086/419172>

## Apêndice A – Abundância das famílias de Coleoptera do estudo

Abundância das famílias de Coleoptera coletadas em doze unidades de conservação – Pernambuco, Brasil, no período entre Maio de 2013 e Abril de 2014. Ab.\* Abundância; A = Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Fazenda Tabatinga; B = Área de Proteção Ambiental de Santa Cruz; C = Refúgio de Vida Silvestre Mata da Usina São José; D = Reserva da Floresta Urbana Mata de São Bento; E = Estação Ecológica de Caetés; F = RPPN Sta. Beatriz do Carnijó; G = Parque Estadual Mata do Zumbi; H = RPPN Nossa Senhora do Oiteiro de Maracaípe; I = RPPN Bicho Homem; J = RPPN Frei Caneca; K = RPPN Santa Rita; L = Reserva Biológica de Saltinho.

Táxon	Estação Chuvosa												Estação Seca												Ab.* total	Ab. relativa (%)
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L		
Chrysomelidae Latreille, 1802																										
<i>Lysathia</i> sp.1								1																	1	0
<i>Lysathia</i> sp.2								1																	1	0
Curculionidae Latreille, 1802																										
<i>Lissorhoptrus</i> sp.				2																					2	0
<i>Lixus</i> sp.				1																					1	0
<i>Platypus</i> sp.				1																					1	0
<i>Rhinoncus</i> sp.																				1					1	0
<i>Sphenophorus</i> sp.																					1				1	0
<i>Stenopelmus</i> sp.																						1			1	0
Dytiscidae Leach, 1815																										
<i>Bidessonotus</i> sp.									12												17				29	7
<i>Celina</i> sp.																						7			7	2
<i>Copelatus caelatipennis</i> Aubé, 1838	1	3		11		1												1					1	18	4	
<i>Copelatus posticatus</i> (Fabricius, 1801)							2															4			6	1



<i>Enochrus debilis</i> (Sharp, 1882)						1											1		2	0
<i>Enochrus ochraceus</i> (Melsheimer, 1844)							1										3		4	1
<i>Enochrus</i> sp.1																1			1	0
<i>Enochrus</i> sp.2																1			1	0
<i>Helobata</i> aff. <i>larvalis</i>																		1	1	0
<i>Helochares</i> aff. <i>carmona</i>							2									4		1	7	2
<i>Paracymus lodingi</i> (Fall, 1910)																		2	2	0
<i>Paracymus</i> sp.1	1						1										1		3	1
<i>Paracymus</i> sp.2	7																6	2	15	4
<i>Phaenonotum</i> prox. <i>exstriatum</i>								1									1		2	0
<i>Tropisternus affinis</i> Motschulsky, 1859			9	3												4			16	4
<i>Tropisternus collaris</i> (Fabricius, 1775)				18				6						8					32	8
<i>Tropisternus salsamentus</i> Fall, 1901	1			17				9					6						33	8
<i>Tropisternus</i> sp.			1																1	0
Noteridae Thomson, 1860																				
<i>Hydrocanthus ancus</i> Guignot, 1942																		3	3	1
<i>Hydrocanthus debilis</i> Sharp, 1882				1															1	0
<i>Hydrocanthus guignoti</i> Young, 1985																		2	2	0
<i>Hydrocanthus oblongus</i> Sharp, 1882								2										2	4	1
<i>Hydrocanthus socius</i> Sahlberg, 1844							1												1	0
Noteridae sp.				6	6									24	2		3		41	10
<i>Notomicrus</i> sp.1																	1		1	0
<i>Notomicrus</i> sp.2																	4		4	1
<i>Suphis</i> sp.							2								1				3	1
<i>Suphisellus curtus</i> Sharp, 1882																	43		43	11
<i>Suphisellus lineatus</i> (Horn, 1871)																	2		2	0
<i>Suphisellus nigrinus</i> (Aubé, 1838)																	3		3	1
<i>Suphisellus simoni</i> (Régimbart, 1889)																	1		1	0

---

Total	10	0	4	16	14	48	11	20	23	5	19	3	0	1	1	0	0	25	42	8	35	3	89	29
	173											233						406	100					

---

Fonte: Dados da Pesquisa.

## Apêndice B – Variáveis abióticas e da vegetação do estudo

Variáveis abióticas e da vegetação, pontos de coleta e seus respectivos locais (S = surber, R = rede, M = manual; 1 = riacho, 2 = córrego, 3 = poça, 4 = banhado; P = presente, A = ausente; CO = completa, PA = parcial, AU = ausente; MO = matéria orgânica, AR = areia, AG = argila, CA = cascalho, SI = silte, SE = seixo; VA = vazão, BA = barranco, LA = largura, PR = profundidade; medidas em cm).

Ponto	Local	Tipo de coleta	Tipo de ambiente	Mata ciliar	Cobertura de dossel	Substrato	Medidas			
							VA	BA	LA	PR
1	Tamandaré	S	1	P	CO	MO/AG/SI	0.5	67	157	40
2	Tamandaré	M	1	P	PA	MO/AR/SE	0.5	64	335	14
3	Paulista	M	3	A	CO	MO/AG	0	13	25	6
4	Igarassu	M	3	A	CO	MO/AG	0	0	13	4
5	Cabo	M	3	A	CO	MO/AG	0	0	17	8
6	Maracaípe	M	4	A	PA	MO/AG/SE	0	12	55	6
7	Maracaípe	M	3	P	CO	MO/AG	0	0	23	9
8	Maracaípe	R	1	P	CO	MO/AR	0	0	435	20
9	Maracaípe	R/S	1	P	PA	MO/AR	0	0	300	26
10	Maracaípe	R/S	1	P	PA	MO/AR	0	0	180	13
11	Jaqueira	M	4	A	AU	MO/AR	0	26	45	17
12	Catende	R/M	2	A	AU	MO/AG/AR/SE	0.5	0	167	23
13	Catende	R	2	A	AU	MO/AG/SE	0.5	64	121	35
14	Catende	R	2	A	AU	MO/AG/SE	1	116	47	15
15	Catende	M	3	A	AU	MO/AG/SI	0	0	42	3
16	Moreno	M	4	A	AU	MO/AG/AR	0	0	70	9
17	Goiana	R	2	A	AU	MO/AG/SI	0	0	181	12
18	Goiana	R	2	A	AU	MO/AR/SI	0.5	0	126	11
19	Goiana	M	3	A	AU	MO/AR	0	0	20	5
20	Abreu e Lima	R	2	A	AU	MO/AG/SI	0.5	0	114	19

21	Abreu e Lima	S	2	A	AU	MO/AG/SI	1	0	243	11
22	Abreu e Lima	M	3	A	CO	MO/AG/AR	0	41	60	5
23	Abreu e Lima	M	3	A	AU	MO/AG	0	0	33	6
24	Água Preta	R/M	1	A	AU	MO/AG	0.5	0	198	67
25	Água Preta	M	1	A	AU	MO/AG	0.5	0	480	33
26	Água Preta	M	3	A	AU	MO/AG	0	30	20	8
27	Itamaracá	M	3	P	CO	MO/AG/AR	0	0	20	8
28	Cabo	M	3	A	CO	MO/AG	0	0	30	6
29	Cabo	R	1	P	PA	MO/AG	0.5	63	166	41
30	Maracaípe	R	1	P	AU	MO/AG	0	0	1040	53
31	Maracaípe	R	1	P	CO	MO/AG	0	0	420	33
32	Jaqueira	M	4	A	AU	MO/AR	0	20	30	10
33	Jaqueira	M	2	A	AU	MO/AR	1.5	0	780	24
34	Moreno	M	3	A	AU	MO/AG/SI	0	0	40	13
35	Moreno	M	2	P	PA	MO/AG/AR	0.5	128	190	34
36	Moreno	M	2	A	AU	MO/AG/AR	1	132	149	43
37	Igarassu	M	2	P	CO	MO/AG/AR/SE	2	0	100	33
38	Tamandaré	R/M	1	P	CO	MO/AR/SE	0.5	73	206	28
39	Tamandaré	R/M	1	P	CO	MO/AR/SE	0.5	56	275	19
40	Água Preta	M	1	P	CO	MO/AR/CA	0.5	57	98	25
41	Água Preta	S/R/M	1	A	AU	MO/AR	0.5	0	212	22
42	Água Preta	S/R/M	1	A	AU	MO/AG	0	0	350	19
43	Água Preta	M	3	A	AU	MO/AG	0	0	10	4
44	Catende	S/R	2	A	AU	MO/AG/AR/SE	0	0	217	26
45	Catende	M	2	A	AU	MO/AG/SE	1.5	32	62	26
46	Catende	M	2	A	AU	MO/AG/SE/CA	2	86	237	28
47	Catende	M	3	A	AU	MO/AG/SI	0	0	45	5
48	Catende	M	3	A	AU	MO/SE	0	0	10	3

Fonte: Dados da Pesquisa.

## Anexo A – Artigo publicado durante a pesquisa

Artigo publicado na Revista *Acta Limnologica Brasiliensis*, 2014, v. 26, n. 1, p. 26-34.

*Acta Limnologica Brasiliensis*, 2014, vol. 26, no. 1, p. 26-34

<http://dx.doi.org/10.1590/S2179-97532014000100005>

### Benthic macrofauna and the limnological parameters of a first-order stream in Atlantic Forest of Brazilian Northeast

Macrofauna bentônica e as características limnológicas de um riacho de primeira ordem da Mata Atlântica do Nordeste Brasileiro

Janaina Câmara Siqueira da Cunha<sup>1</sup>, Renato Galindo de Barros Filho<sup>2</sup>, Rafael Pereira da Silva<sup>2</sup>,

Iris Gabrielly Arrada dos Santos<sup>1</sup> and Gilberto Gonçalves Rodrigues<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-graduação em Biologia Animal – PPGBA, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Av. Prof. Moraes Rego, 1235, Cidade Universitária, CEP 50670-901, Recife, PE, Brazil  
e-mail: janainaeso@gmail.com; iris.arradasantos@gmail.com

<sup>2</sup>Centro de Ciências Biológicas – CCB, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Av. Prof. Moraes Rego, 1235, Cidade Universitária, CEP 50670-901, Recife, PE, Brazil  
e-mail: renatogallindo@gmail.com; rafaelpsilvape@gmail.com

<sup>3</sup>Departamento de Zoologia, Centro de Ciências Biológicas – CCB, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Av. Prof. Moraes Rego, 1235, Cidade Universitária, CEP 50670-901, Recife, PE, Brazil  
e-mail: gilberto.rodrigues@ufpe.br

**Abstract:** **Aim:** The present study aimed to elucidate if the water physical and chemical parameters from a first order stream of Biological Reserve of Saltinho from south Pernambuco induces in the distribution and abundance of benthic macroinvertebrates. **Methods:** Both limnological parameters (pH-value, electrical conductivity, water temperature, turbidity, salinity and dissolved oxygen) and structural variables of aquatic habitat (substrate, food availability and flow velocity) influence the macroinvertebrates community structure. The creek is very small, with an approximate width of 1-3 m and a depth of 0.5 m. It was used a Surber sampler (100 µm) in three stretch of the creek, each one with two sampling units (s.u.) totaling six s.u. distant 50 m, with a sampling effort of five minutes per s.u.. The mesurer multiparameter was used in order to obtain the water analysis (limnological parameters). **Results:** From 11 taxa of macroinvertebrates found no significant correlation ( $p < 0.05$ ) was presented with pH-value, water temperature and salinity, but some taxa showed with electrical conductivity (EC), turbidity (TD) and dissolved oxygen (DO). Hemiptera abundance increases with decreasing DO; Ostracoda abundance increases with increasing EC and TD and the decrease in DO; and Trichoptera abundance increases with the decrease in EC and TD and the increase in DO. The stretches exhibited similarity in relation to the richness and abundance of macroinvertebrates and limnological parameters. The macroinvertebrates distribution in the stream not showed the same pattern, grouping s.u. of different stretch, because the habitat structural variables influenced the distribution. **Conclusions:** Therefore, the macroinvertebrates community varies according to abiotic factors in different limnological and structural parameters. This study is the first record of a work that associates benthic fauna and abiotic parameters at the Atlantic forest of Pernambuco.

**Keywords:** macroinvertebrates, abiotic variables, stream, Atlantic forest, benthic fauna.

**Resumo:** **Objetivo:** O presente trabalho teve por objetivo elucidar se as variáveis físicas e químicas da água, de um riacho de primeira ordem da Reserva Biológica de Saltinho do sul de Pernambuco atuam na distribuição e abundância dos macroinvertebrados bentônicos. **Métodos:** Sabe-se que tanto as variáveis limnológicas (pH, condutividade, temperatura, turbidez, salinidade e oxigênio dissolvido) quanto as variáveis estruturais do habitat aquático (substrato, disponibilidade de alimento e velocidade do fluxo) influenciam na estrutura da comunidade de macroinvertebrados. O riacho é muito pequeno com largura aproximada de 1-3 m e profundidade de 0,5 m. Foi utilizado um amostrador tipo Surber (100 µm) em três trechos do riacho, cada um com duas unidades amostrais (u.a.) totalizando seis u.a. distantes 50 m, com um esforço amostral de cinco minutos por u.a.; as variáveis da água foram coletadas com o auxílio do medidor multiparâmetro de qualidade da água. **Resultados:** Dos 11 táxons encontrados nenhum exibiu correlação significativa ( $p < 0,05$ ) com pH, temperatura e salinidade, mas alguns táxons apresentaram

com as outras variáveis. Hemiptera aumenta a abundância com o decréscimo de oxigênio dissolvido (OD); Ostracoda aumenta com o acréscimo da condutividade elétrica (CE), turbidez (TB) e o decréscimo do OD; e Trichoptera aumenta com a diminuição da CE e TB e com o aumento do OD. Cada trecho exibiu similaridade em relação à riqueza e abundância dos táxons e às variáveis limnológicas. A distribuição dos táxons no riacho não apresentou o mesmo padrão, agrupando as u.a. de trechos distintos, devido às variáveis estruturais do habitat. **Conclusões:** Assim, a comunidade de macroinvertebrados variou de acordo com as variáveis abióticas nos diferentes parâmetros estruturais e limnológicos. Este estudo é o primeiro registro de um trabalho associando fauna bentônica e variáveis abióticas na mata atlântica em Pernambuco.

**Palavras-chave:** macroinvertebrados, variáveis abióticas, riacho, Mata Atlântica, fauna bentônica.

## 1. Introduction

The aquatic macroinvertebrates have great species diversity and several ways of life. They can inhabit from puddles to rivers and are associated with different substrates (Rosenberg and Resh, 1993; Barbola et al., 2011). Their use in aquatic environmental impact assessments becomes frequent due to the great potential bioindicator and can be classified in three main groups (sensitive, tolerant or resistant) related to tolerance of adverse conditions (Goulart and Callisto, 2003; Holt and Miller, 2010). Therefore, they are considered important for the structure and functioning of aquatic ecosystems and their composition may be related to abiotic conditions influencing the structuring and distribution of individuals (Ribeiro and Uieda, 2005; Silva and Henry, 2013).

Thus, natural and anthropogenic factors or process generate patterns in spatial and temporal scales, creating a relationship with community structure that can be influenced by ecosystem type and organism group (Wu and Loucks, 1995). The macroinvertebrate community may differ according to structural variables (substrate composition, food availability and flow velocity) in a small scale or can result of water limnological differences in a large scale (Kikuchi and Uieda, 1998; Melo, 2009). Moreover, abiotic variables may be divided in macro or meso spatial scale in which mesoscale can be structural and limnological with hierarchical relationship between these scales influencing organisms (Vilella et al., 2004; Kubíková et al., 2012).

According to the River Continuum Concept, physical factors are necessary for understanding the dynamics and biological strategies of a river system, in which the use by group of macroinvertebrate functional feeding can be regulated by fluvial geomorphologic process (Vannote et al., 1980). Frissell et al. (1986) defined that in order to an

organism occur in a particular habitat it must go through numerous hierarchical filters, which are ecological barriers to the persistence of individual, where the habitat and communities are diverse within stream patch.

So, we sought to elucidate if the physical and chemical parameters of the water of a first order stream influence the abundance and distribution of benthic macroinvertebrates in large group level. Thereby, we tested the hypothesis that aquatic macroinvertebrate community presents changes in its structure according to the abiotic variables.

## 2. Material and Methods

The stream Saltinho is situated into the protected area - Biological Reserve of Saltinho (08°44'13" and 08°43'09"S / 35°10'11" and 35°11'02" W) localized in Tamandare city - Pernambuco. The watershed of the stream has approximately 22.634 ha and 475 ha in the protected area with two supply reservoirs for Tamandare, its source is outside the biological reserve area and its main flow direction is northwest-southwest flowing into the River Mamucabas (Brasil, 2003).

The samples were collected during rainy season on May, 2013, between 9 a.m. and 4 p.m. in the stream Saltinho, that May to July are the rainiest months in this region. Sampling occurred in three stretches of the stream, divided into three blocks with 150 m (A, B and C) it was used two sampling units (s.u.) for each stretch distant 50 m from each other with a sampling effort of five minutes by s.u (Figure 1). Each stretch has 1 to 3 m of width with depth about 0.5 m. The cover of stream is forested with native species but we found some exotic palm (*Elaeis guineensis*) and sugar cane (*Saccharum officinarum*). The substratum is formed mainly by sand-clay and stones. The litter is accumulated in some parts of stream. The creek exhibits high heterogeneity of microhabitats with chutes, waterfalls and backwater area. There are

some differences between the three blocks sampled in the Saltinho stream (Table 1).

For the collection of individuals we used a manual Surber sampler (30 cm<sup>2</sup>, open mesh of 100 µm) and water physical and chemical parameters (pH-value, salinity, electrical conductivity, water temperature, turbidity and dissolved oxygen) were collected with help of the multi-parameter Hanna HI 9828. The individuals were identified to lowest taxonomic level possible using specific identification keys (Costa et al., 2006; Fernández and Domingues, 2001; Mugnai et al., 2010), preserved in 70% alcohol and deposited in the collection of the Laboratory of Assessment, Recovery and Restoration of Aquatic Ecosystems – ARRE ÁGUA/UFPE.

For data analysis we used linear correlation with a significance level (p) less than 0.05 and hierarchical clustering of cases (complete linkage) by Euclidean distance, through Statistica™ 7.0, and values were standardized. These tests were realized to check the existence of a relationship between macroinvertebrates and abiotic variables,

in addition to verify how the s.u. is grouped from the macroinvertebrates richness and abundance with limnological parameters.

### 3. Results

A total of 175 individuals (N=6) were collected in stream Saltinho, belonging to 11 macroinvertebrates (Acart, Amphipoda, Chironomidae, Coleoptera, Ephemeroptera, Gastropoda, Hemiptera, Odonata, Oligochaeta, Ostracoda and Trichoptera). Arthropoda presented almost total individuals (99%) and the Insecta was the most prominent with six orders. Chironomidae–Diptera represented 46% of the total abundance, followed by Ostracoda (18%) and Coleoptera (15%) (Table 2).

The water physical and chemical parameters not showed significant difference of the six units, because the salinity had similar values in all s.u. It was excluded from the linear correlation analysis (Table 3).

The total abundance of macroinvertebrates presented correlation positive (0.8119; p=0.041)

**Table 1.** Characteristics of the three blocks sampled at the Saltinho stream during the rainy season in May, 2013 at the Biological Reserve of Saltinho, Tamandare city – Pernambuco, Brazil. BD – Boulders; CL – Clay; PB – Pebbles; SN – Sand.

Blocks	Substratum	Average	Variation of water	Average height of	Average width
		depth (cm)	column (cm)	ravine (cm)	(cm)
A	CL and SN	30.83±4.95	0.91±0.58	48.60±22.21	167.16±86.40
B	PB and BD	10.50±5.00	0.66±0.25	88.83±34.08	217.83±47.49
C	CL and SN	23.00±5.51	0.83±0.25	124.16±15.84	220.83±63.67

**Table 2.** Macroinvertebrates abundance collected in six sampling units during rainy season (May, 2013) at protected area - Biological Reserve of Saltinho, Tamandare city – Pernambuco, Brazil.

Taxa	Sampling Units						Total
	1	2	3	4	6	8	
Phylum Mollusca							
Class Gastropoda	1	0	0	0	0	0	1
Phylum Annelida							
Class Oligochaeta	1	0	0	0	0	0	1
Phylum Arthropoda							
Class Arachnida							
Order Acari	6	4	1	4	3	0	18
Class Ostracoda	11	13	2	2	2	1	31
Class Malacostraca							
Order Amphipoda	0	0	1	0	0	0	1
Class Insecta							
Order Ephemeroptera	1	0	0	2	0	0	3
Order Odonata	1	0	0	0	3	1	5
Order Hemiptera	0	4	0	0	0	0	4
Order Coleoptera	8	1	4	3	2	7	25
Order Diptera							
Family Chironomidae	3	8	20	18	12	19	80
Order Trichoptera	0	0	1	1	3	1	6
Total	32	30	29	30	25	29	175

**Table 3.** Abiotic variables values collected with mesoscale multi-parameter in six sampling units, it occurs during rainy season on the period of May, 2013 at Biological Reserve of Sabinho, Tamandare city – Pernambuco, Brazil.

Parameters	Sampling Units					
	1	2	3	4	5	6
pH-value	6.08	6.24	6.20	5.96	6.07	5.88
Water temperature (°C)	24.77	24.89	24.41	24.64	25.93	25.93
Electrical conductivity (µs/cm)	70	72	63	64	61	61
Turbidity (NTU)	35	36	31	32	31	30
Salinity (mg/L)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Dissolved oxygen (mg/L)	5.12	4.77	5.72	5.57	5.63	5.54

only with electrical conductivity. The taxa richness of all s.u. not correlated with any abiotic variables. In the linear correlation between macroinvertebrates and limnological parameters, Hemiptera, Ostracoda and Trichoptera were significantly correlated ( $p < 0.05$ ). Hemiptera showed negative correlation ( $-0.8378$ ;  $p = 0.037$ ) with dissolved oxygen (DO) that increases their abundance with DO decreasing. While Ostracoda demonstrated positive correlation with electrical conductivity (EC) ( $0.9728$ ;  $p = 0.001$ ) and turbidity (TD) ( $0.9846$ ;  $p = 0$ ), increasing their numbers proportionately to these variables and disproportionately with DO, it presents a negative correlation ( $-0.9167$ ;  $p = 0.010$ ). And lastly Trichoptera that showed opposite Ostracoda with a negative correlation with EC ( $-0.8955$ ;  $p = 0.016$ ) and TD ( $-0.8163$ ;  $p = 0.048$ ) and positive with DO ( $0.8124$ ;  $p = 0.049$ ).

From the cluster analysis of cases (s.u.), using as variables the macroinvertebrates richness and abundance and limnological parameters, it was found that the s.u. of each stretch are grouped separately that showed the similarity expected by stretch (Figure 2). Performing a cut on the distance between 0.14 and 0.16 were separated three groups with the s.u. of each stretch grouping.

Sampling units are grouped differently independently of the stretches, when are included the 11 taxa separately and the limnological parameters (Figure 3). From the cut between 1.2 and 1.4 were divided in two groups with the s.u. of block A connected and the s.u. of blocks B and C grouped, due to the proximity of these stretches in relation to stretch A.

#### 4. Discussion

From the cluster analysis, the dendrogram seemed a similarity in the abundance of macroinvertebrates s.u. of block A and blocks B and C similar to each other, with the stretches of block A presenting higher abundances than the other blocks. It showed the same pattern of grouping in relation to abiotic

parameters, because the block A exhibited the highest values of electrical conductivity and turbidity and lower dissolved oxygen values. This cluster was expected due to the proximity of the blocks B and C which are physically separated from the block A.

The cluster of s.u. from different stretch occurs due to structural characteristics (mesoscale variables) have more influence on the distribution and community composition than limnological parameters. Moreover, the macroscale variables are hierarchically higher than mesoscale (Vilella et al., 2004).

The aggregated distribution of benthic macroinvertebrates may result in a dominance of some groups with a great diversity of species (Bicudo and Bicudo, 2007; Kumar and Khan, 2013; Negi and Mangain, 2013). The dominance pattern of macroinvertebrates found in this study is commonly observed in others studies, which the class Insecta has a higher frequency and the family Chironomidae with greater abundance (Giulatti and Carvalho, 2009; Silva and Henry, 2013).

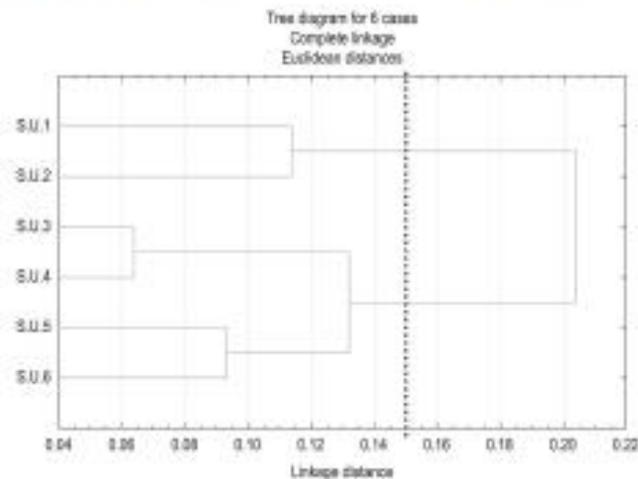
First order streams have a great offer of allochthonous material and consequently a higher quantity of shredders and collectors organisms (Vannote et al., 1980). Because this, Chironomidae is often dominant in samples taken in lotic or lentic local, due to its tolerance to adverse conditions such as hypoxia and its higher competitive ability (Carvalho and Uieda, 2004; Marques et al., 1999).

The diverse food habit of Chironomid midges is common to the group. They are most collector-gatherers and predators, but we can find some large with shredders and scrapers habit. Chironomi and Tanypodini are the most frequent Chironomid tribes, last one are obligatory predators (Abílio et al., 2007; Giulatti and Carvalho, 2009; Nin et al., 2009; Ribeiro and Uieda, 2005).

Ostracoda is a detritivore/herbivore group and most organisms are shredders, they are commonly found on the soft sediments at lentic habitats and they can support determined conditions, such as



**Figure 1.** Images of the three blocks A, B and C, respectively, sampled during rainy season in May, 2013 at the stream Sakinho of the Biological Reserve of Salinho, Tamandare city – Pernambuco, Brazil.

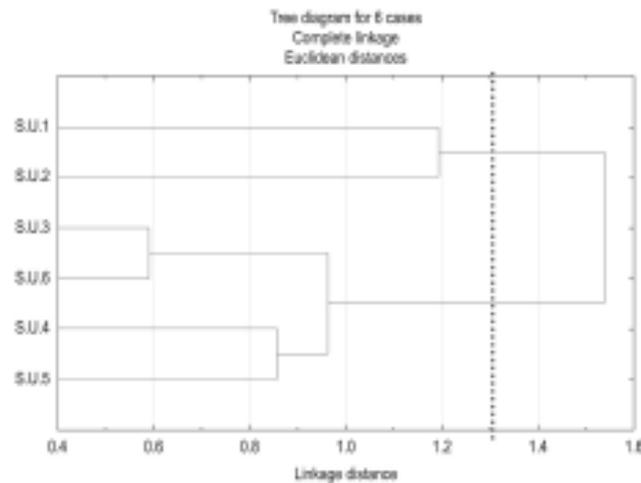


**Figure 2.** Dendrogram of cluster analysis based on six abiotic variables (pH-value, water temperature, electrical conductivity, turbidity, salinity and dissolved oxygen), macroinvertebrates abundance and richness in six sampling units (s.u.).

salinity, temperature and acidity (Gooderham and Tsyrlin, 2002; Ighikowska and Namiołko, 2012).

The most organisms of Coleoptera are predators with a wide ecological valence (Benetti and Hamada, 2003). Because of their adaptations to

survive in aquatic habitat, they can live in aquatic and semiaquatic ecosystems, including lentic and lotic systems (Benetti and Régil Cueto, 2004). The families Hydrophilidae, Dytiscidae, Noteridae, Gyrtinidae and Elmidae are the most found in



**Figure 3.** Dendrogram of cluster analysis based on six abiotic variables (pH-value, water temperature, electrical conductivity, turbidity, salinity and dissolved oxygen) and the eleven taxa of macroinvertebrates sampled in six sampling units (s.u.).

freshwater bodies at Atlantic forest of Pernambuco (Cunha, in prep.).

Among the limnological parameters evaluated those that influenced on the distribution and abundance of macroinvertebrates were: electrical conductivity, dissolved oxygen and turbidity. However, only the electrical conductivity significantly correlated with abundance, as found in previous works on first order streams, indicating the importance of this parameter as the structuring of macroinvertebrates assemblages (Baptista et al., 2001; Melo, 2009).

The electrical conductivity is connected with the variation of rainfall during the year. Indicating seasonal variations and the geological basis of geographical basin in which the water body is located, it can influence the composition and abundance of benthic fauna (Abílio et al., 2007). The lower values of electrical conductivity indicated that there is a lower concentration of dissolved ions and a smaller amount of external organic matter, which may be a parameter that contributes to the recognition of environmental impacts (Ciulatti and Carvalho, 2009). Also this parameter influenced the abundance of Ostracoda and Trichoptera, because EC had a role in the macroinvertebrates distribution (Rossaro et al., 2007). Despite the possible character indicative of pollution can be found tolerant individuals that have positive correlation with electrical conductivity and turbidity, such as ostracodes (Fulan et al., 2009).

The turbidity increases with the amount of dissolved solutes entered by the input of organic matter and allochthonous origin, exerting influence on the macroinvertebrate community (Abílio et al., 2007). The modification in abundance of Trichoptera and Ostracoda related to turbidity can be for the fact of macroinvertebrates diets be influenced by changes in resource availability due to turbidity-driven and variability in these diets can happen because of river turbidity (Kelly et al., 2013).

The rate of dissolved oxygen is characterized to be one of the limnological parameter that presents higher daily fluctuations. Its concentration is directly related to the processes of photosynthesis and respiration and/or decomposition that are associated with the light intensity and temperature. Besides, this parameter influences the metabolism of aquatic communities such as primary productivity, respiration and reproduction of organisms and decomposition of organic matter, which can also be induced by macroinvertebrates (Esteves, 2011).

The concentration of dissolved oxygen have daily and seasonal variations with higher concentrations during higher light incidence (Fulan et al., 2009), and the samples were collected at the rainy season that differ of the dry season because has less luminosity. It is consider one of the most important factors in macroinvertebrates distribution, which in several condition of organic pollution the concentration of dissolved oxygen is a limiting factor to species survival and more determinant in

the community composition than food availability (Rossaro et al., 2007).

The negative linear correlation between Hemiptera and dissolved oxygen is explained because of the ability that they have to use the atmosphere oxygen; hence they can survive in bodies' water with lower levels of oxygen (Bouchard, 2004). The most ostracodes are found in habitats with low oxygen level and intermediate water temperatures with dissolved oxygen being one of the most influential parameters (Kalköylüoğlu, 2003, 2005; Fernandes Martins et al., 2010). While the caddisflies are sensitive organisms that prefer cleaner aquatic habitats with low electrical conductivity and turbidity, in addition to well oxygenated (Bispo et al., 2006). The occurrence of organisms of the order Trichoptera may indicate a low organic enrichment of associated environments with this fauna. Because they are sensitive insects to organic pollution and characteristic of meso-oligotrophic systems, that disappear under increasing eutrophication (Merritt and Cummins, 1984; Abílio et al., 2007).

Our hypothesis was accepted but limnological studies for tropical systems involving differentiated scales in respect of abiotic factors and macroinvertebrates community are still incipient. Then, more works that include parameters with different scales are still necessary, for the purpose to provide better grants to assess and monitor the quality of aquatic ecosystems.

The most predominant groups in this study (Chironomidae, Ostracoda and Coleoptera) presented detritivore and predator habits with variation in the abundance because of structural and limnological parameters. In Pernambuco state we cannot find macroinvertebrates studies in streams with this approach. The Atlantic forest of Pernambuco stay covered by sugar cane and rests some little fragments of native forest, because it is important studies that provide material for the monitoring of these areas. This study looked for to show a first record of macroinvertebrates community and physical and chemical parameter of water in an area of Atlantic forest of Pernambuco.

#### Acknowledgements

The authors are thankful to colleagues for the assistance in field and laboratory work and Josias Cunha for the logistic effort at field. To CNPq and CAPES for the scholarship. To REBIO Salinho for the support.

#### References

- ABÍLIO, FJP, RUFFO, TLM., SOUZA, AHFF., FLORENTINO, HS., OLIVEIRA JUNIOR, ET., MEIRELES, BNO. and SANTANA, ACD. 2007. Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores de qualidade ambiental de corpos aquáticos da caatinga. *Oecologia Brasiliense*, vol. 11, no. 3, p. 397-409. <http://dx.doi.org/10.4257/oeco.2007.1103.09>
- BAPTISTA, DE, DORVILLÉ, LE, BUSS, DE and NESSIMIAN, JL. 2001. Spatial and temporal organization of aquatic insects assemblages in the longitudinal gradient of a tropical river. *Revista Brasileira de Biologia*, vol. 61, no. 2, p. 295-304. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-71082001000200012>
- BARBOLA, IE, MORAES, MFPG., ANAZAWA, TM., NASCIMENTO, EA, SEPKA, ER, POLEGATTO, CM., MILLÉO, J. and SCHÜHLI, GS. 2011. Avaliação da comunidade de macroinvertebrados aquáticos como ferramenta para o monitoramento de um reservatório na bacia do Rio Pitangui, Paraná, Brasil. *Iberingia. Série Zoológica*, vol. 101, no. 1-2, p. 15-23.
- BENETTI, CJ. and HAMADA, NO. 2003. Fauna de coleópteros aquáticos (insecta: coleoptera) na Amazônia central, Brasil. *Acta Amazonica*, vol. 33, no. 4, p. 701-709. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672003000400015>
- BENETTI, CJ. and RÉGIL CUETO, JA. 2004. Fauna composition of water beetles (Coleoptera: Adephaga) in seven water environments in the municipality of Gramado, RS, Brazil. *Acta Limnológica Brasileira*, vol. 16, no. 1, p. 1-11.
- BICUDO, CEM. and BICUDO, DC. 2007. *Amostragem em limnologia*. São Carlos: Rima. 351 p.
- BISPO, PC., OLIVEIRA, LG., BINI, LM. and SOUSA, KG. 2006. Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera assemblages from riffles in mountain streams of Central Brazil: environmental factors influencing the distribution and abundance of immatures. *Brazilian Journal of Biology*, vol. 66, no. 2b, p. 611-622. PMID:16906293. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842006000400005>
- BOUCHARD, RW. 2004. *Guide to aquatic invertebrates of the Upper Midwest: identification manual for students, citizen monitors, and aquatic resource professionals*. St. Paul: University of Minnesota/ Water Research Center. 208 p.
- Brasil. Ministério do Meio Ambiente – MMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA. *Plano de manejo: Reserva Biológica Salinho*. 2003. Brasília: MMA/IBAMA.
- CARVALHO, EM. and UIEDA, VS. 2004. Colonização por macroinvertebrados bentônicos em substrato artificial e natural em um riacho da serra de Itatinga, São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Zoológica*, vol. 21, no.2, p. 45-51.

- COSTA, C., IDE, S. and SIMONKA, CE. 2006. *Insetos tmauros: metamorfose e identificação*. Ribeirão Preto: Holos. 249 p.
- CUNHA, JCS. *Levantamento da coleoptero-fauna (Insecta) aquática em Unidades de Conservação da Floresta Atlântica, Pernambuco, Brasil*. Recife: Universidade Federal de Pernambuco. In prep. (Dissertação de Mestrado em Biologia Animal).
- ESTEVES, FA. 2011. *Fundamentos de Limnologia*. Rio de Janeiro: Intersciência. 226 p.
- FERNANDES MARTINS, MJ., NAMIOTKO, T., CABRAL, MC., FATELA, F. and BOAVIDA, MJ. 2010. Contribution to the knowledge of the freshwater Ostracoda fauna in continental Portugal, with an updated checklist of Recent and Quaternary species. *Journal of Limnology*, vol. 69, no. 1, p. 160-173.
- FERNÁNDEZ, HR. and DOMINGUES, E. 2001. *Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos*. Tucumán: Universidad Nacional de Tucumán. 282p.
- FRISSELL, CA., LISS, WJ., WARREN, CE. and HURLEY, MD. 1986. A hierarchical framework for stream habitat classification: viewing streams in a watershed context. *Environmental Management*, vol. 10, no. 2, p. 199-214. <http://dx.doi.org/10.1007/BF01867358>
- FULAN, JA., DAVANSO, RCS. and HENRY, R. 2009. A variação noturnal das variáveis físicas e químicas da água influencia a abundância dos macroinvertebrados aquáticos? *Revista Brasileira de Biotécnia*, vol. 7, no. 2, p. 150-154.
- GIULIATTI, TL. and CARVALHO, EM. 2009. Distribuição das assembleias de macroinvertebrados bentônicos em dois trechos do Córrego Laranja Doce, Dourados/MS. *Invertebto*, vol. 3, no. 1, p. 4-14.
- GOODERHAM, J. and TSYRLIN, E. 2002. *The waterbug book: a guide to the freshwater macroinvertebrates of temperate Australia*. Australia: CSIRO. 240 p.
- GOULART, MDC. and CALLISTO, M. 2003. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. *Revista da FAPAM*, ano 2, no. 1, p. 153-164.
- HOLT, EA. and MILLER, SW. 2010. Bioindicators: using organisms to measure environmental impacts. *Nature Education Knowledge*, vol. 3, no. 10, p. 8.
- IGLIKOWSKA, A. and NAMIOTKO, T. 2012. The impact of environmental factors on diversity of Ostracoda in freshwater habitats of subarctic and temperate Europe. *Annales Zoologici Fennici*, vol. 49, no. 4, p. 193-218. <http://dx.doi.org/10.5735/086.049.0401>
- KELLY, HAW., ROSI-MARSHALL, EM., KENNEDY, TA., HALL, RO., CROSS, WE. and BAXTER, CV. 2013. Macroinvertebrate diets reflect tributary inputs and turbidity-driven changes in food availability in the Colorado River downstream of Glen Canyon Dam. *Freshwater Science*, vol. 32, no. 2, p. 397-410. <http://dx.doi.org/10.1899/12-088.1>
- KIKUCHI, RM. and UIEDA, VS. 1998. Composição da comunidade de invertebrados de um ambiente lótico tropical e sua variação espacial e temporal. In NESSIMIAN, JL. and CARVALHO, AL., eds. *Ecologia de insetos aquáticos*. Séries Oecologia Brasiliensis, vol. 5. Rio de Janeiro: PPGE/UFRJ. p. 157-173.
- KUBÍKOVÁ, L., SIMON, OP., TICHÁ, K., DOUDA, K., MACIAK, M., and BÍLÝ, M. 2012. The influence of mesoscale habitat conditions on the macroinvertebrate composition of springs in a geologically homogeneous area. *Freshwater Science*, vol. 31, no. 2, p. 668-679. <http://dx.doi.org/10.1899/11-174.1>
- KÜLKÖYLÖOĞLU, O. 2003. Ecology of freshwater Ostracoda (Crustacea) from lakes and reservoirs in Bolu, Turkey. *Journal of Freshwater Ecology*, vol. 18, no. 3, p. 343-347. <http://dx.doi.org/10.1080/02705060.2003.9663968>
- KÜLKÖYLÖOĞLU, O. 2005. Ecological requirements of freshwater Ostracoda (Crustacea) in two limnocrene springs (Bolu, Turkey). *Annales de Limnologie - International Journal of Limnology*, vol. 41, no. 4, p. 237-246. <http://dx.doi.org/10.1051/limn/2005016>
- KUMAR, PS. and KHAN, AB. 2013. The distribution and diversity of benthic macroinvertebrate fauna in Pondicherry mangroves, India. *Aquatic Biosystems*, vol. 9, no. 1, p. 15. PMID:23937801 PMCID:PMC3751066. <http://dx.doi.org/10.1186/2046-9063-9-15>
- MARQUES, MGS., FERREIRA, RL. and BARBOSA, FAR. 1999. A comunidade de macroinvertebrados aquáticos e características limnológicas das lagoas Carioea e da Barra, Parque Estadual do Rio Doce, MG. *Revista Brasileira de Biologia*, vol. 59, no. 2, p. 203-210. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-71081999000200004>
- MELO, AS. 2009. Explaining dissimilarities in macroinvertebrate assemblages among stream sites using environmental variables. *Zoologia*, vol. 26, no. 1, p. 79-84.
- MERRITT, RW. and CUMMINS, KW. 1984. *An introduction to the aquatic insects of North America*. 2nd ed. Dubuque: Kendall/Hunt Publishing Company. 722 p.
- MUGNAI, R., NESSIMIAN, JL. and BAPTISTA, DF. 2010. *Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do Estado do Rio de Janeiro: para atividades técnicas, de ensino e treinamento em programas de avaliação da qualidade ecológica dos ecossistemas lóticos*. Rio de Janeiro: Technal Books. 176 p.

- NEGI, RK. and MAMGAIN, S. 2013. Seasonal variation of benthic macro invertebrates from Tons River of Garhwal Himalaya Uttarakhand. *Pakistani Journal of Biological Sciences*, vol. 16, no. 22, p. 1510-1516. PMID:24511693. <http://dx.doi.org/10.3923/pjbs.2013.1510.1516>
- NIN, CS., RUPPENTHAL, EL. and RODRIGUES, GC. 2009. Produção de folheto e fauna associada de macroinvertebrados aquáticos em curso d'água de cabeceira em Floresta Ombrófila do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, vol. 31, no. 3, 2009, p. 263-271.
- RIBEIRO, LO. and UIEDA, VS. 2005. Estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos de um riacho de serra em Itatinga, São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, vol. 22, no.3, p. 613-618. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752005000300013>
- ROSENBERG, DM. and RESH, VH. 1993. *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. New York: Chapman & Hall. 488 p.
- ROSSARO, B., MARZIALI, L., CARDOSO, AC., SOLIMINI, A., FREE, G. and GIACCHINI, R. 2007. A biotic index using benthic macroinvertebrates for Italian lakes. *Ecological Indicators*, vol. 7, no. 2, p. 412-429. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2006.04.002>
- SILVA, CV. and HENRY, R. 2013. Aquatic macroinvertebrates associated with *Eichhornia azurea* (Swartz) Kunth and relationships with abiotic factors in marginal lentic ecosystems (São Paulo, Brazil). *Brazilian Journal of Biology*, vol. 73, no. 1, p. 149-162. PMID:23644797. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842013000100016>
- VANNOTE, RL., MINSHALL, GW., CUMMINS, KW., SEDELL, JR. and CUSHING, CE. 1980. The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, vol. 37, p. 130-137. <http://dx.doi.org/10.1139/f80-017>
- VILELLA, FS., BECKER, FG., HARTZ, SM. and BARBIERI, G. 2004. Relation between environmental variables and aquatic megafauna in a first order stream of the Atlantic Forest, southern Brazil. *Hydrobiologia*, vol. 528, p. 17-30. <http://dx.doi.org/10.1007/s10750-004-0688-6>
- WU, J. and LOUCKS, OL. 1995. From balance of nature to hierarchical patch dynamics: a paradigm shift in ecology. *The Quarterly Review of Biology*, vol. 70, no. 4, p. 439-466. <http://dx.doi.org/10.1086/419172>

Received: 20 August 2013

Accepted: 12 May 2014

## Anexo B – Autorização da Agência Estadual de Meio Ambiente para pesquisa

**CPRH** Agência Estadual de Meio Ambiente

CA/DMSB N°: 106/2013 Recife, 27 de maio de 2013.

Ilmo. Senhor,  
**Gilberto Rodrigues**  
 Prezada senhor,

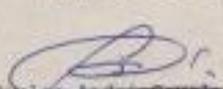
Curprimosando Vossa Sennorib, nos reportamos no Processo CPRH n° 003747/2013, referente ao requerimento para realização das Atividades de pesquisa na Estação Ecológica de Caetés, no município de Paulista - PE. Área de Preservação Ambiental de Santa Cruz, Goiânia, Itamaracá e Itapicuma, Parque Estadual Mata do Zumbi, Cabo do Santo Agostinho, Reserva da Vida Silvestre Mata da Usina São José, Igarassu, Reserva de Floresta Urbana Mata de São Bento, Abreul e Ilha.

Após análise da documentação apresentada informamos que o projeto "Levantamento da Coleopterofauna (insecta) Aquático em unidades de conservação da Floresta Atlântica, Pernambuco, Brasil", foi aprovado, estando autorizada a realização da citada pesquisa na Estação Ecológica de Caetés, Área de Preservação Ambiental de Santa Cruz, Parque Estadual Mata do Zumbi, Refúgio de Vida Silvestre Mata da Usina São José, Reserva de Floresta Urbana Mata de São Bento.

A realização das atividades de campo desta pesquisa devem ser comunicadas a CPRH com antecedência mínima de 3 dias úteis, para que seja possível a integração das atividades de pesquisa com a programação da Unidade.

Ainda, cabe salientar, que ao chegar à Unidade de Conservação, o pesquisador deverá se dirigir ao Gestor da Unidade - das 8:00 às 12:00 e das 13:30 às 17:30 - para registro e instruções sobre o local de pesquisa e utilização da infraestrutura, e apresentação desta autorização.

Atenciosamente,

  
**Carlos André Cavalcanti**  
 Diretor de Recursos Florestais e Biodiversidade

**Dr. Carlos André Cavalcanti**  
 Diretor de Recursos Florestais e Biodiversidade

Rua Santana, 367, Casa Forte Recife - PE CEP 52060-460 CNPJ: 06.052.204/0001-52 Tel.: 81 3182.8800 Site: www.cprh.pe.gov.br

**PERNAMBUCO**

## Anexo C – Autorização do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade



Ministério do Meio Ambiente - MMA  
Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio  
Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

### Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 36825-1	Data da Emissão: 13/02/2013 17:45	Data para Revalidação*: 16/03/2014
* De acordo com o art. 33 de IN 154/2009, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades e ser enviada por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.		

#### Dados do titular

Nome: Gilberto Gonçalves Rodrigues	CPF: 435.252.810-04
Título do Projeto: COLONIZAÇÃO DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS EM DETRITOS FOLIARES EM RIACHO DE 1ª. ORDEM DA RESERVA BIOLÓGICA DE SALTINHO, PERNAMBUCO.	
Nome da Instituição: UFPE - UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO	CNPJ: 24.134.488/0001-08

#### Cronograma de atividades

#	Descrição da atividade	Início (mês/ano)	Fim (mês/ano)
1	1. Escolha dos trechos dos riachos para o estudo; 2. Coleta mensal dos macroinvertebrados.	02/2013	12/2013

#### Observações e ressalvas

1	As atividades de campo exercidas por pessoas naturais ou jurídicas estrangeiras, em todo o território nacional, que impliquem o deslocamento de recursos humanos e materiais, tendo por objeto coletar dados, materiais, espécimes biológicos e mineral, peças integrantes da cultura nativa e cultura popular, presente e passada, obtidas por meio de recursos e técnicas que se destinem ao estudo, à difusão ou à pesquisa, estão sujeitas a autorização do Ministério de Ciência e Tecnologia.
2	Esta autorização NÃO exclui o pesquisador titular e os membros de sua equipe da necessidade de obter as anulações previstas em outros instrumentos legais, bem como do consentimento do responsável pela área, pública ou privada, onde será realizada a atividade, inclusive do órgão gestor de terra indígena (FUNAI), da unidade de conservação estadual, distrital ou municipal, ou do proprietário, arrendatário, posseiro ou morador de área dentro dos limites de unidade de conservação federal cujo processo de regularização fundiária encontra-se em curso.
3	Este documento somente poderá ser utilizado para as fins previstas na Instrução Normativa ISAMA nº 154/2009 ou na Instrução Normativa ICMBio nº 10/2010, no que especifica esta Autorização, não podendo ser utilizado para fins comerciais, industriais ou esportivos. O material biológico coletado deverá ser utilizado para atividades científicas ou didáticas no âmbito do ensino superior.
4	A autorização para envio ao exterior de material biológico não consignado deverá ser requerida por meio do endereço eletrônico <a href="http://www.icmbio.gov.br">www.icmbio.gov.br</a> (Serviço on-line - Licença para Importação ou exportação de flora e fauna - CITES e não CITES). Em caso de material consignado, consulte <a href="http://www.icmbio.gov.br/sisbio">www.icmbio.gov.br/sisbio</a> - menu Exportação.
5	O titular de licença ou autorização e os membros de sua equipe deverão optar por métodos de coleta e instrumentos de captura direcionados, sempre que possível, ao grupo taxonômico de interesse, evitando a morte ou dano significativo a outros grupos; e empregar esforço de coleta ou captura que não comprometa a viabilidade de populações do grupo taxonômico de interesse em condições in situ.
6	O titular de autorização ou de licença permanente, assim como os membros de sua equipe, quando de violação da legislação vigente, ou quando de inadequação, omissão ou falsa descrição de informações relevantes que subsidiaram a expedição do ato, poderá, mediante decisão motivada, ter a autorização ou licença suspensa ou revogada pelo ICMBio e o material biológico coletado apreendido nos termos de legislação brasileira em vigor.
7	Este documento não dispensa o cumprimento da legislação que dispõe sobre acesso a componente do patrimônio genético existente no território nacional, na plataforma continental e na zona econômica exclusiva, ou ao conhecimento tradicional associado ao patrimônio genético, para fins de pesquisa científica, bioprospeção e desenvolvimento tecnológico. Veja maiores informações em <a href="http://www.mma.gov.br/gen">www.mma.gov.br/gen</a> .
8	Em caso de pesquisa em UNIDADE DE CONSERVAÇÃO, o pesquisador titular desta autorização deverá contactar a administração da unidade a fim de CONFISSAR AD DATAS das expedições, as condições para realização das coletas e de uso da infra-estrutura de unidade.

#### Outras ressalvas

1	A chefe de Unidade deverá ser informada tão logo quanto possível sobre qualquer anomalia eventualmente verificada durante os trabalhos de campo.
---	--

#### Equipe

#	Nome	Função	CPF	Doc. Identidade	Nacionalidade
1	Iris Gabriely Amada dos Santos	Pesquisadora nível mestrado	015.853.114-19	700487 505-PE	brasileira

#### Locais onde as atividades de campo serão executadas

#	Município	UF	Descrição do local	Tipo
1		PE	RESERVA BIOLÓGICA DE SALTINHO	UC Federal

Este documento (Autorização para atividades com finalidade científica) foi expedido com base na Instrução Normativa nº154/2009. Abreviada do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio de página do Sisbio/ICMBio na Internet ([www.icmbio.gov.br/sisbio](http://www.icmbio.gov.br/sisbio)).

Código de autenticação: 38691853



Página 1/4



Ministério do Meio Ambiente - MMA  
 Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio  
 Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

### Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 36825-1	Data da Emissão: 13/02/2013 17:45	Data para Revalidação*: 15/03/2014
* De acordo com o art. 33 da IN 154/2007, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades e ser enviada por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.		

#### Dados do titular

Nome: Gilberto Gonçalves Rodrigues	CPF: 435.252.810-04
Título do Projeto: COLONIZAÇÃO DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS EM DETRITOS FOLIARES EM RIACHO DE 1ª. ORDEM DA RESERVA BIOLÓGICA DE SALTINHO, PERNAMBUCO.	
Nome da Instituição : UFPE - UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO	CNPJ: 24.134.488/0001-08

#### Atividades X Taxons

#	Atividade	Taxons
1	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Trichoptera (Ordem: 15), Ephemeroptera (Ordem: 25), Díptera (Ordem: 1000), Odonata (Ordem: 30), Plecoptera (Ordem: 5), Coleoptera (Ordem: 50)

\* Ode. de indivíduos por espécie/localidade/unidade de conservação, a serem coletados durante um ano.

#### Material e métodos

1	Método de captura/coleta (Invertebrados Terrestres)	Fenais, Rede entomológica, Captura manual, Outros métodos de captura/coleta(colonização a partir de litter bags)
---	---	--

#### Destino do material biológico coletado

#	Nome local destino	Tipo Destino
1	UFPE - UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO	

Este documento (Autorização para atividades com finalidade científica) foi expedido com base na Instrução Normativa nº154/2007. Abrevia do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet ([www.icmbio.gov.br/sisbio](http://www.icmbio.gov.br/sisbio)).

Código de autenticação: 38691853



Página 2/4





Ministério do Meio Ambiente - MMA  
 Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio  
 Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

### Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 36825-1	Data da Emissão: 13/02/2013 17:46	Data para Revalidação*: 16/03/2014
* De acordo com o art. 33 da IN 154/2009, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.		

#### Dados do titular

Nome: Gilberto Gonçalves Rodrigues	CPF: 435.252.610-04
Título do Projeto: COLONIZAÇÃO DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS EM DETRITOS FOLIARES EM RIACHO DE 1ª. ORDEM DA RESERVA BIOLÓGICA DE SALTINHO, PERNAMBUCO.	
Nome da Instituição : UFPE - UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO	CNPJ: 24.134.488/0001-08

\* Identificar o espécime no nível taxonômico possível.

Este documento (Autorização para atividades com finalidade científica) foi expedido com base na Instrução Normativa nº154/2007. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet ([www.icmbio.gov.br/sisbio](http://www.icmbio.gov.br/sisbio)).

Código de autenticação: 38691853



Página 4/4