



**UNIVERSIDADE
ESTADUAL DO
MARANHÃO**



**PROGRAMA DE
PÓS-GRADUAÇÃO
EM BIODIVERSIDADE,
AMBIENTE E SAÚDE
CESC | UEMA**

ELIZETE RIBEIRO CASTRO

**EFEITOS AMBIENTAIS NA DISTRIBUIÇÃO DE INSETOS AQUÁTICOS
(EPHEMEROPTERA, PLECOPTERA E TRICHOPTERA) EM TRIBUTÁRIOS DO
RIO ITAPECURU, NO LESTE MARANHENSE**

CAXIAS-MA

2016



**UNIVERSIDADE
ESTADUAL DO
MARANHÃO**



**PROGRAMA DE
PÓS-GRADUAÇÃO
EM BIODIVERSIDADE,
AMBIENTE E SAÚDE
CESC | UEMA**

ELIZETE RIBEIRO CASTRO

**EFEITOS AMBIENTAIS NA DISTRIBUIÇÃO DE INSETOS AQUÁTICOS
(EPHEMEROPTERA, PLECOPTERA E TRICHOPTERA) EM TRIBUTÁRIOS DO
RIO ITAPECURU, NO LESTE MARANHENSE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Biodiversidade, Ambiente e Saúde PPGBAS/CESC/UEMA, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Biodiversidade, Ambiente e Saúde.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Augusto Silva de Azevêdo

Co-Orientador: Prof. Dr. Leandro Juen



CAXIAS –MA

2016

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49

C355e Castro, Elizete Ribeiro

Efeitos ambientais na distribuição de insetos aquáticos (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera) em tributários do rio Itapecuru, no Leste Maranhense / Elizete Ribeiro Castro. __Caxias-MA: CESC/UEMA, 2016.

92f.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Augusto Silva de Azevêdo.

Dissertação (Mestrado) – Centro de Estudos Superiores de Caxias, Curso Mestrado em Biodiversidade, Ambiente e Saúde.

1. Integridade ambiental. 2. Grupos funcionais. 3. Preservação. 4. Mesohabitat. I. Castro, Elizete Ribeiro. II. Título.

CDU 595.734

ELIZETE RIBEIRO CASTRO

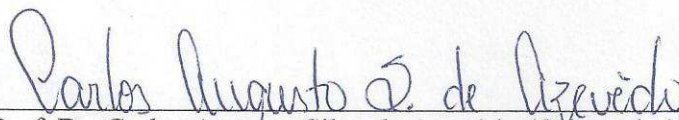
**EFEITOS AMBIENTAIS NA DISTRIBUIÇÃO DE INSETOS AQUÁTICOS
(EPHEMEROPTERA, PLECOPTERA E TRICHOPTERA) EM TRIBUTÁRIOS DO
RIO ITAPECURU, NO LESTE MARANHENSE**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade, Ambiente e Saúde – PPGBAS/CESC/UEMA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Biodiversidade, Ambiente e Saúde.

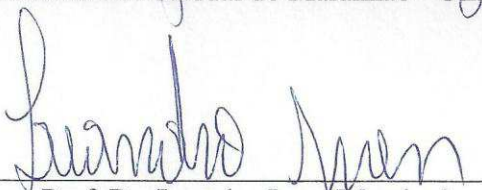
Orientador: Prof. Dr. Carlos Augusto Silva de Azevêdo

Aprovada em 12/08/2016

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Carlos Augusto Silva de Azevêdo (Orientador)
Universidade Estadual do Maranhão - UEMA



Prof. Dr. Leandro Juen (Membro)
Universidade Federal do Pará – UFPA



Prof. Dra. Valéria Cristina Soares Pinheiro (Membro)
Universidade Estadual do Maranhão - UEMA

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50

“Deus me conceda falar com propriedade e pensar de forma correspondente aos dons que me foram dados, porque Ele é o guia da sabedoria e o orientador dos sábios”.

(Sabedoria 7:15)

DEDICATÓRIA

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47

Dedico este trabalho a pessoas muito especiais: minha mãe Edite Oliveira de Castro, meu pai Iraci Ribeiro da Silva (*in memorian*), Erivaldo Borba Paiva (Esposo), João Pedro e Emanuel (filhos), irmãos (Edna, Edvar e Elizabete) e aos demais familiares que acreditaram e apoiaram a conquista deste sonho.

AGRADECIMENTOS

1
2
3 À Deus pelo dom da vida e a permissão para sonhar, conseguir as ferramentas e ter a
4 oportunidade de realizá-los.

5 Ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Ambiente e Saúde da
6 Universidade Estadual do Maranhão pela formação.

7 À Fundação de Amparo ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do
8 Maranhão –FAPEMA pelo financiamento do projeto (Edital 01/2014 Universal).

9 À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela
10 bolsa de estudos mesmo no final do curso.

11 À profa. Dra. Maria Claudene Barros e prof. Dr. Gonçalo Mendes da Conceição pelo
12 apoio, dedicação e luta pela concretização deste Programa de Pós-Graduação no interior do
13 estado do Maranhão.

14 Ao meu orientador, prof. Dr. Carlos Augusto Silva de Azevêdo, pelos ensinamentos,
15 paciência, acolhida em seu local de trabalho e confiança durante todo o curso.

16 Ao prof. Leandro Juen que tão solícitamente enriqueceu este trabalho com as análises
17 estatísticas e sugestões na forma de Co-orientação.

18 À Secretaria Municipal de Educação de Caxias e Secretaria Estadual de Educação –
19 SEDUC do Maranhão, pelo apoio e concessão de licença para estudos durante este curso.

20 Aos professores do PPGBAS pelos ensinamentos e desafios.

21 Ao prof. Dr. Lucas Ramos Costa Lima (UESPI- Campo Maior-PI) pela confirmação
22 do material de Ephemeroptera e esclarecimentos taxonômicos.

23 Aos companheiros da primeira turma do PPGBAS pela força, companheirismo,
24 especialmente a Domingos Lucas pela amizade e ajuda em todos os momentos difíceis.

25 Ao esposo Erivaldo pela ajuda e cuidados durante as atividades de coleta e em todos
26 os momentos.

27 Aos amigos professores e colegas de trabalho que me deram força e incentivo nesta
28 caminhada: Fátima Salgado, Leda, Claudia Ribeiro, Josélia, Francisco Morais, Fátima
29 Rodrigues, Daniel, Cleonice, Janilde, Silvia Carvalho, Edna, Elizabete Morais, entre tantos
30 outros. Obrigada.

31 Aos alunos do LEAq pela ajuda nas coletas, triagem e identificação do material de
32 pesquisa: Anderson, Geyssy, Jéssica, Mayara, Jailson, Gleiciane, Aparecida, Diego, Stênio,
33 Layane, Fernando, Adeline, Heloisa, Cleilton, Charles Darwin, Francilene e Hilda

34 A Lázaro Carlos e prof. Daniel Silas Veras pela ajuda com as análises estatísticas.

RESUMO

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39

Os insetos aquáticos das ordens Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT), por serem exigentes quanto à concentração de oxigênio, aos tipos de águas e intolerantes à poluição, são utilizados na avaliação de impactos ambientais e em programas de biomonitoramento dos recursos hídricos. Diferentes tipos de substratos como folhas, raízes, troncos, macrófitas, areia e cascalhos permitem às larvas destas três ordens ampla distribuição em relação aos fatores físico-químicos, ambientais e mesohabitat. O trabalho objetivou avaliar o efeito dos fatores físico-químicos e ambientais sobre a composição, riqueza e abundância dos EPT, e distribuição dos grupos funcionais GFA nos diferentes tipos de substratos e mesohabitat. A pesquisa ocorreu em riachos na bacia do rio Itapecuru no município de Caxias, Estado do Maranhão, Brasil, em período seco e chuvoso, nos mesohabitats correnteza e remanso em substratos diferentes. A riqueza de EPT, a variação de gêneros entre riachos, os efeitos dos fatores ambientais sobre a fauna EPT e associação entre os gêneros e substrato e mesohabitat, foram avaliados. A ordem Ephemeroptera foi a mais rica, Trichoptera a mais abundante e Plecoptera a menos representativa. A fauna EPT sofreu efeitos dos fatores ambientais e físico-químicos como o pH, e a integridade ambiental apontando o caráter de sensibilidade desta fauna para esses fatores nos ecossistemas aquáticos. O mesohabitat preferencial foi a correnteza e o substrato com maior abundância foi folhas. Na classificação por grupos funcionais de alimentação, fragmentadores e predadores foram raros e coletor-catador predominante, o que pode indicar que nos igarapés pesquisados há alto índice de matéria orgânica dissolvida. As informações bioecológicas observadas reforçam a importância do estudo de EPT para o biomonitoramento de forma abrangente ou pontual nos ambientes aquáticos, além de evidenciar a importância da integridade ambiental na conservação da biodiversidade, como também inferir em uma análise como o mesohabitat e o substrato preferencial pode ser o mais indicado para otimizar tempo e recursos no processo de amostragem dos espécimes em estudo.

Palavras-chave: 1. Grupos Funcionais 2. Integridade Ambiental. 3. Mesohabitat 4. Preservação.

ABSTRACT

Aquatic insects of orders Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera (EPT) are demanding as to the oxygen concentration, types of water and intolerant to pollution, are used in the environmental impact assessment and biomonitoring programs of water resources. Different types of substrates such as leaves, roots, wood, macrophytes, sand and gravels allow the larvae of these three broad distribution orders for physico-chemical factors, environmental and mesohabitat. The study aimed to evaluate the effect of environmental factors and physiochemical on the composition, richness and abundance of EPT, the distribution of the functional feeding groups (FFG) on substrates and mesohabitat. The research was made place in streams in the basin of the Itapecuru River in the city of Caxias, Maranhao State, Brazil, in dry and rainy season in mesohabitats riffles and pools in five different substrates. The richness of EPT, the variation of genus between streams, the effects of environmental factors on the fauna and EPT association between genus and substrate and mesohabitat were evaluated. The Ephemeroptera order was the richest, the most abundant Trichoptera and Plecoptera less representative. The EPT fauna suffered effects of environmental and physicochemical factors such as pH, and environmental integrity pointing sensitivity character of this fauna to these factors in aquatic ecosystems. The preferred mesohabitat was the riffle and the substrate with greater abundance was leaves. In the classification by functional feeding groups, shredders and predators were rare and prevalent collector-collector, which may indicate that the surveyed streams there are high levels of dissolved organic matter. The bioecological information observed reinforce the importance of EPT study for biomonitoring comprehensive and timely manner in aquatic environments, and highlight the importance of environmental integrity in biodiversity conservation, how also infer an analysis as mesohabitat and the substrate preferred may be the most suitable to optimize time and resources in the sampling process of the specimens in study.

Key words: 1. Environmental Integrity. 2. Functional Groups, 3. Mesohabitat 4. Preservation

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34

LISTA DE SIGLAS

CETESB: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

EPT: Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera

FFG: Functional Feeding Groups

GFA: Grupo Funcional de Alimentação

IIH: Índice de Integridade de Hábitat

MOPG: Partículas de Matéria Orgânica Grossa

MOPF: Partículas de Matéria Orgânica Fina

LISTA DE FIGURAS

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27

Figura 1. Mapa Hidrológico de tributários do rio Itapecuru em Caxias-MA.....	20
Figura 2. Curva de Acumulação de Gêneros de EPT coletados em tributários do rio Itapecuru (Período 2014-2015) em Caxias-MA	34
Figura 3. Ordenação de Escalonamento Não Métrico (NMDS) dos tributários do rio Itapecuru, Leste Maranhense, Brasil	35
Figura 4. Análise de Componentes Principais (PCA) dos fatores ambientais e físico-químicos em relação aos igarapés tributários do rio Itapecuru em Caxias-MA.....	38
Figura 5. Abundância de grupos funcionais de alimentação em tributários do rio Itapecuru em Caxias-MA	52
Figura 6. Efeito do substrato e do mesohabitat na variação da abundância de EPT em tributários do Rio Itapecuru, Leste Maranhense, Brasil	56
Figura 7. Efeito do substrato e do micro-habitat na variação da riqueza de EPT em tributários do Rio Itapecuru, Leste Maranhense, Brasil	58
Figura 8. NMDS da composição de gêneros EPT em tributários do rio Itapecuru, Leste Maranhense, Brasil	60
Figura 9. Efeito do substrato na abundância de Grupo Funcional de Alimentação (GFA) em tributários do rio Itapecuru, Leste Maranhense, Brasil	64
Figura 10. Efeito do substrato na riqueza de Grupo Funcional de Alimentação (GFA) coletados em tributários do rio Itapecuru, Leste Maranhense, Brasil	65

LISTA DE TABELAS

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29

Tabela 1. Lista de gêneros de EPT encontrados em tributários do rio Itapecuru, Caxias, MA.....	32
Tabela 2. Índice de Integridade de Hábitat (HII) e dados de Riqueza e Abundância de EPT em tributários do Rio Itapecuru em Caxias-MA	33
Tabela 3. Aspectos ambientais e média dos parâmetros físico-químicos dos tributários do Rio Itapecuru no Município de Caxias-MA	36
Tabela 4. Resultados descritivos da PCA dos dados físicos e químicos coletados nos riachos de Caxias-MA.....	38
Tabela 5. Efeito dos parâmetros ambientais sobre a riqueza de gêneros EPT	39
Tabela 6. Efeito dos parâmetros ambientais sobre a abundância de gêneros EPT	39
Tabela 7. Lista das famílias e gêneros de EPT por grupos funcionais de alimentação em tributários do rio Itapecuru, Caxias, MA, fontes e frequência por Gêneros.....	53
Tabela 8. Aspectos ambientais e média dos parâmetros físico-químicos dos tributários do Rio Itapecuru no Município de Caxias-MA	55
Tabela 9. Variáveis utilizadas para o Teste Tukey (HSD) avaliar a diferença do efeito do substrato e do mesohabitat na abundância de gêneros EPT	57
Tabela 10. Teste Tukey (HSD) para avaliar a diferença do efeito do substrato e do mesohabitat na riqueza de gêneros EPT	59
Tabela 11. Associação dos gêneros EPT, GFA ao mesohabitat de correnteza da fauna EPT em tributários do rio Itapecuru	62
Tabela 12. Indicação de táxons EPT significativamente associados aos vários substratos...	62
Tabela 13. Associação de EPT ao substrato e mesohabitat em tributários do rio Itapecuru, Leste Maranhense, Brasil	63
Tabela 14. Teste Tukey (HSD) para avaliar a diferença do efeito do substrato na abundância de GFA.....	64
Tabela 15. Avaliação do efeito do substrato na riqueza de GFA.....	65

SUMÁRIO

1		
2		
3	1 INTRODUÇÃO GERAL	13
4	1.1 Fatores que interferem na distribuição de insetos aquáticos	14
5	1.2 OBJETIVOS	17
6	1.2.1 Geral	17
7	1.2.2 Específicos	17
8	1.3 HIPÓTESES	17
9	2 MATERIAIS E MÉTODOS	19
10	2.1 Período de Coleta e Caracterização da área	19
11	2.2. Metodologia de coleta de larvas de insetos aquáticos	21
12	2.3. Triagem, identificação e preservação de exemplares	22
13	2.4. Avaliação dos parâmetros ambientais e físico-químicos	22
14	3 CAPÍTULO I: EFEITO DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS NA DISTRIBUIÇÃO DE	
15	INSETOS AQUÁTICOS (EPT) NO CERRADO DO LESTE MARANHENSE,	
16	BRASIL	24.
17	3.1 Introdução	26
18	3.2 Análise de dados	29
19	3.3 Resultados	31
20	3.3.1 Curva de Acumulação de gêneros	33
21	3.3.2 Variação na composição de gêneros entre igarapés	34
22	3.3.3 Análise dos Fatores físico-químicos	35
23	3.3.4 Influência das variáveis ambientais na disposição dos igarapés	37
24	3.3.5 Efeito dos parâmetros ambientais na riqueza e abundância de EPT	39
25	3.4 Discussão	40
26	3.5 Considerações	43
27	4 CAPÍTULO II: EFEITO DO SUBSTRATO E MESOHABITAT NA DISTRIBUIÇÃO	
28	DOS GRUPOS FUNCIONAIS DE INSETOS AQUÁTICOS NO LESTE	
29	MARANHENSE BRASIL	44
30	4.1 Introdução	46
31	4.2 Análise de dados	49
32	4.3 Resultados	51
33	4.3.1 Grupos Funcionais de Alimentação e EPT	51
34	4.3.2 Caracterização dos igarapés	52

1	4.3.3 Efeito do substrato e do mesohabitat na abundância de gêneros EPT.....	56
2	4.3.4 Efeito do substrato e do mesohabitat na riqueza de gêneros EPT	57
3	4.3.5 Composição da fauna de imaturos de EPT associados aos substratos e mesohabitats	59
4	4.3.6 Efeito do substrato na abundância de GFA	63
5	4.3.7 Efeito do substrato sobre a riqueza de GFA	65
6	4.4 Discussão	66
7	4.5 Conclusão	71
8	5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	72
9	REFERÊNCIAS.....	73
10	ANEXO	87
11	APÊNDICE.....	89
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		

1 INTRODUÇÃO GERAL

Os imaturos de insetos das ordens Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera, denominados como EPT, são comuns em sistemas lóticos de baixas e média ordens (BISPO et al. 2001), de águas limpas, bem oxigenadas, geralmente associados a ambientes bem preservados (ROSENBERG; RESH, 1993; PES et al. 2007; PACIÊNCIA et al. 2011).

Os EPTs possuem estágios imaturos em ambientes aquáticos e fase adulta terrestre, (SALLES et al. 2004; HOLZENTHAL et al. 2007; FROEHLICH, 2011). Os mesmos podem viver em diferentes tipos de substrato, possuem uma ampla distribuição no ambiente. A fase aquática é a mais longa do ciclo de vida, alguns com várias gerações ao ano, com alta capacidade reprodutiva e devido à sua abundância e papel nas cadeias tróficas aquáticas são fundamentais na ciclagem de nutrientes.

Por apresentarem essas diferentes características e por serem extremamente sensíveis à poluição, são bastante utilizados na avaliação de impactos ambientais e em programas de biomonitoramento da qualidade de água (COMPIN; CÉRÉGHINO, 2003; SILVEIRA et al. 2004). Além de serem considerados como fonte de alimento para peixes, aves e invertebrados (SALLES et al. 2004; DA-SILVA; SALLES, 2012).

Dentre os EPTs a ordem Ephemeroptera, possui alta abundância e capacidade de ocupar todos os habitats aquáticos disponíveis (SALLES et al. 2004; BISPO; CRISCI-BISPO, 2006), pela maioria das larvas possuem hábitos raspadores ou coletores apanhadores, mas possuem gêneros filtradores (*Chane Nieto*, 2003) e predadores (*Harpago baetis* Mol 1986) (SALLES et al. 2014).

Na ordem Plecoptera as larvas e ninfas possuem preferência por ambientes lóticos de fundo rochoso, águas limpas, bem oxigenadas e com temperaturas baixas, o que torna frequente sua distribuição em áreas montanhosas (FROEHLICH, 2011). São comumente encontrados associados a diferentes substratos como pedras, troncos ou galhos caídos e folhas, em áreas de correnteza como remanso, e quase sempre em ambientes com poucas alterações antrópicas (FROEHLICH, 2009).

Os imaturos da ordem Trichoptera habitam córregos e rios de águas limpas e bem oxigenadas além de lagos (HOLZENTHAL et al. 2007; SPRINGER, 2010; PAPROCKI, 2012). Constroem abrigos portáteis de diferentes formas e ocupam uma variedade de substratos como folhas, raízes, troncos caídos, areia, cascalhos e lajes (BARCELOS-SILVA, 2014), e são sensíveis as alterações ambientais aquáticas.

1.1 Fatores que interferem na distribuição de insetos aquáticos

Estudos com diferentes ordens de rios e igarapés têm demonstrado que os organismos aquáticos em especial os insetos aquáticos podem sofrer influência direta de diferentes fatores físico-químicos e ambientais o que afeta diretamente a distribuição e a composição de macroinvertebrados (VANNOTE et al. 1980; MILESI et al. 2008).

Em virtude das características multidimensionais dos sistemas lóticos vários fatores podem influenciar na distribuição de insetos aquáticos, no entanto, merecem destaque as interações biológicas, geomorfológicas, tipos de substrato, temperatura, pH, condutividade, disponibilidade de alimentos (BATISTA et al. 2001; SILVEIRA et al. 2006), sazonalidade (BISPO et al. 2006), heterogeneidade de habitats (CRISCI-BISPO et al. 2007), relações com outras espécies, o estado de conservação da vegetação ripária, as alterações de integridade e complexidade do ambiente (NESSIMIAN et al. 2008) e uso da terra (HEPP et al. 2010).

Estudos que tratam da influência da integridade ambiental, composição, riqueza e abundância de organismos aquáticos têm evidenciado que a ausência da mata ciliar associada às descargas de águas residuais podem afetar a qualidade da água e a biodiversidade. Dentre os fatores citados a remoção da vegetação ciliar e a entrada de matéria orgânica no sistema diminuem a complexidade de habitat, do nicho disponível além de provocar o aumento da temperatura local (MILESI et al. 2008; SOUZA et al. 2011; SENSOLO et al. 2012; HEPP et al. 2013). Essa alteração modifica o sistema de entrada de energia no sistema, podendo resultar na modificação dos grupos funcionais que conseguem sobreviver nessas condições.

Nos ecossistemas aquáticos a análise dos parâmetros ambientais e físico-químicos pode fornecer informações relevantes sobre a composição de nutrientes no ambiente, visto a produção primária, decomposição, poluição e diferenças geoquímicas nas bacias de drenagem, processos climáticos e biológicos ocorrerem em função do uso e ocupação do solo devido às ações da população humana (ESTEVES, 1998).

A poluição ou contaminação dos recursos hídricos (deposição de resíduo doméstico, industriais, mineração, dejetos de criações animais, fertilizantes e pesticidas usados na agricultura) estão entre os principais problemas antrópicos nos ecossistemas aquáticos que comprometem a qualidade e a integridade de hábitat como a biodiversidade aquática (ESTEVES, 1998).

1 Em relação aos fatores físico-químicos o pH pela sua concentração de íons H⁺
2 influência nos ecossistemas aquáticos onde baixos valores de pH indicam elevadas
3 concentrações de ácidos orgânicos autóctone e alóctone dissolvidos. Alterações do pH nos
4 ecossistemas aquáticos naturais têm efeitos na fisiologia das espécies, por atuar nos processos
5 de permeabilidade da membrana celular, respiratório e osmorregulação (ESTEVES, 1998;
6 ALAN, 2004) e, para as condições ideais à vida aquática tem-se o pH entre 6 e 9 (CETESB,
7 2009).

8 O aumento da temperatura pode elevar a condutividade da água (ESTEVES, 1998,
9 CETESB, 2009) e valores de condutividade acima de 100 µS/cm são indicativos de
10 contaminação orgânica (BRIGANTE; ESPINOLA, 2003). A temperatura pode influenciar o
11 pH e oxigênio dissolvido (ESTEVES, 1998), causar o amadurecimento mais rápido da larva e
12 do adulto, diminuir o tamanho dos insetos aquáticos (HOGG; WILLIAMS, 1996) e a
13 emergência assíncrona entre machos e fêmeas pode comprometer o encontro entre parceiros
14 no processo reprodutivo (LI et al. 2011).

15 A condutividade elétrica é diretamente proporcional ao teor de sólidos dissolvidos e
16 em condições naturais, a diversidade de espécies diminui de acordo com as variáveis que
17 aumentam a condutividade das águas (PÉREZ, 2003). Esse fator pode estar associado à
18 geologia da bacia de drenagem (LEITE, 2001) e ao regime pluviométrico que aumenta à
19 quantidade de sólidos dissolvidos na água e indiretamente a concentração de poluentes
20 (PEREZ, 2003; CETESB, 2009).

21 Fatores ambientais como a baixa vazão associadas a pouca profundidade e presença da
22 mata ciliar preservada contribuem para maior heterogeneidade ambiental, e favorece ampla
23 variedade de nichos disponíveis e permite a coexistência das espécies (SILVEIRA, 2004).
24 Nos igarapés essas características em locais com alto índice de integridade proporcionam
25 maior riqueza de EPT e em ambientes mais profundos e com grande velocidade geralmente
26 oferecem baixa riqueza e abundância de insetos aquáticos (FIDELIS et al. 2008; JUAN et al.
27 2013).

28 Nos sistemas lóticos os insetos aquáticos contribuem para a degradação do material
29 alóctone (SANTOS; RODRIGUES, 2015) por participarem da liberação e transporte de
30 nutrientes (WALLACE; WEBSTER, 1996) e tornarem os recursos disponíveis para outros
31 níveis tróficos devido à conversão de matéria orgânica sendo importante elo entre recursos e
32 teias alimentares (UIEDA et al. 2016).

1 A associação entre os recursos alimentares e o comportamento alimentar permite
2 classificar os invertebrados bentônicos por grupos funcionais de alimentação, e um importante
3 instrumento na avaliação das condições ambientais locais (CUMMINS et al. 2005; BRASIL
4 et al. 2014). Nesses estudos, os insetos aquáticos são classificados em grupos funcionais de
5 alimentação (GFA) como: fragmentadores (detritívoros e herbívoros), coletores (catadores e
6 filtradores), raspadores, sugadores-herbívoros e predadores (MERRIT et al. 2014).

7 Alterações nas variáveis físico-químicas da água podem provocar mudanças na
8 estrutura trófica dos sistemas biológicos, nas cadeias alimentares e fluxos energéticos
9 (PEREIRA et al. 2012), como o pH ácido que promove a diminuição dos raspadores (HEINO
10 et al. 2003) e as condições ambientais alteradas podem afetar negativamente a riqueza e
11 composição de EPT (FERREIRA et al. 2014). A diminuição da madeira e folhas no riacho
12 por conta da remoção da vegetação ciliar reduz a alimentação e abrigo para as assembleias de
13 EPT (MELODY; RICHARDSON 2007).

14 A disponibilidade dos substratos em escala local é definida pela alternância entre
15 correntezas (águas rápidas) e remansos (águas com pouca ou nenhuma correnteza)
16 (MINSHALL, 1984). Em áreas de correnteza os substratos possuem maior abundância e
17 riqueza de macroinvertebrados em comparação com as áreas de remanso (BUSS et al. 2004;
18 REZENDE, 2007; FIDELIS et al. 2008). O mesohabitat de correnteza possui maior
19 disponibilidade de oxigênio dissolvido sendo um recurso importante para as assembleias de
20 EPT (GOULART; CALLISTO, 2003). E os substratos neste mesohabitat podem apresentar
21 abundância de coletores-catadores, coletores-filtradores e fragmentadores (SALLES;
22 FERREIRA-JÚNIOR, 2014).

23 No Brasil, estudos sobre a diversidade das comunidades de macroinvertebrados
24 bentônicos em ambientes lóticos geralmente têm focado composição e distribuição espacial
25 em escala local, e envolve apenas um trecho de rio ou uma única microbacia (BAPTISTA et
26 al. 2001; KIKUCHI; UIEDA, 2005; BALDAN, 2006; HEPP; SANTOS, 2008; NESSIMIAN
27 et al. 2008; RIBEIRO et al. 2009). Neste trabalho abordou-se a fauna EPT de tributários de
28 um trecho médio de uma importante bacia hidrográfica do Estado do Maranhão para ampliar
29 o conhecimento sobre a fauna EPT para a região Nordeste do Brasil, considerado incipiente.

30 Pretende-se superar esta lacuna visto que o conhecimento da diversidade de espécies
31 em uma determinada região é importante para se compreender o ambiente, gerenciar os
32 recursos ambientais em relação ao uso e exploração de recursos naturais, escolha de área para
33 conservação ou recuperação de ecossistemas degradados (MELO, 2008).

1 O trabalho está dividido em dois capítulos: o primeiro aborda os efeitos das variáveis
2 ambientais na distribuição de insetos aquáticos (EPT) no cerrado do Leste Maranhense, Brasil
3 e no segundo trata dos efeitos do tipo de substrato e de mesohabitat (corredeira ou remanso)
4 na distribuição dos grupos funcionais de insetos aquáticos (EPT) no Leste Maranhense,
5 Brasil.

7 **1.2 OBJETIVOS**

8 **1.2.1 GERAL:**

9 Verificar a composição, diversidade e distribuição de insetos aquáticos
10 (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera) em tributários do Rio Itapecuru no município de
11 Caxias – MA, analisando a relação da comunidade com as características ambientais de
12 diferentes locais.

14 **1.2.2 ESPECÍFICOS:**

- 16 ✓ Avaliar o efeito dos fatores ambientais (largura, profundidade e integridade ambiental)
17 e físico-químicos (temperatura, correnteza, vazão, condutividade, pH) sobre a riqueza
18 e abundância de insetos aquáticos (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera) em
19 tributários do Rio Itapecuru;
- 20 ✓ Relacionar os parâmetros físico-químicos e ambientais com a composição dos insetos
21 aquático nos diferentes igarapés amostrados no estudo;
- 22 ✓ Avaliar se o substrato e mesohabitat têm efeitos sobre a fauna EPT;
- 23 ✓ Analisar a estrutura dos grupos funcionais de alimentação nos diferentes tipos de
24 substrato e mesohabitat.

26 **1.3 HIPÓTESES**

28 **H1.** Os fatores ambientais (profundidade, largura e integridade ambiental) e físico-
29 químicos (pH, condutividade, temperatura, vazão e velocidade da correnteza), afetam a
30 riqueza e abundância de gêneros em tributários do rio Itapecuru. O pressuposto é que a
31 integridade ambiental afete positivamente a riqueza e abundância de EPT e a profundidade
32 afete negativamente, uma vez que EPTs são sensíveis às alterações ambientais (NESSIMIAN
33 et al. 2008) e que ambientes mais profundos e impactados geralmente apresentam pouca

1 heterogeneidade de hábitat e uma maior quantidade de sedimento fino que podem explicar a
2 baixa riqueza de gêneros em alguns igarapés (NOGUEIRA et al. 2011).

3

4 **H2.** A composição, abundância e riqueza de EPT sofrem efeito do tipo de substrato e do
5 mesohabitat (correnteza e remanso). Portanto, espera-se encontrar maior riqueza e abundância
6 no substrato folhas e mesohabitat de correnteza porque o material orgânico como folhas além
7 de servir como abrigo também é um importante recurso alimentar (HENRIQUES-
8 OLIVEIRA; NESSIMIAN, 2010) e costuma apresentar abundância de coletores-filtradores,
9 fragmentadores e coletores catadores (SALLES; FERREIRA-JÚNIOR, 2014). E, o
10 mesohabitat de correnteza apresenta uma maior disponibilidade de oxigênio dissolvido que é
11 um recurso muito importante para as assembleias de EPT (GOULART; CALLISTO, 2003).

12

13

2 MATERIAL E MÉTODOS

O período de coleta, área de estudos, metodologia de coleta e identificação dos espécimes foram comuns aos dois capítulos e foram apresentados na introdução do trabalho. Entretanto, a análise de dados difere-se para cada capítulo, sendo expostas separadamente em cada um.

2.1 Período de Coleta e Caracterização da área

As coletas foram realizadas em igarapés tributários do Rio Itapecuru no médio trecho no município de Caxias – MA (Figura 1) no período de setembro de 2014 a julho de 2015. O município de Caxias faz parte da meso região do Leste Maranhense, localiza-se entre as coordenadas 4°51'32" Sul e 43°21'22" Oeste, com altitude de 66 metros. Atualmente tem população estimada em 155.129 habitantes e densidade populacional de 30,12 hab/km² (IBGE, 2011). A vegetação típica é a floresta equatorial aberta com manchas de babaçuais. Caxias é banhada pelo Rio Itapecuru, em quase toda extensão do município e com vários afluentes na margem esquerda e margem direita, sendo o rio utilizado para agropecuária, indústria, consumo humano e balneários (VALE et al. 2014; SOUSA et al. 2015).

O rio Itapecuru nasce no Parque Estadual do Mirador, com 500.000 ha (BARROSO; SOUSA, 2007), é o mais extenso e importante para o Estado do Maranhão, sua bacia a segunda maior em extensão no Estado (53.216,84 km²). Abrange 45 municípios maranhenses sendo 10 localizados às suas margens (LEMOS, 1999). Devido a diversas divisões geomorfológicas divide-se em três níveis (alto, médio e baixo curso). O trecho de Colinas a Caxias denominado de médio Itapecuru (SOUSA et al. 2015; ALCÂNTARA, 2004).

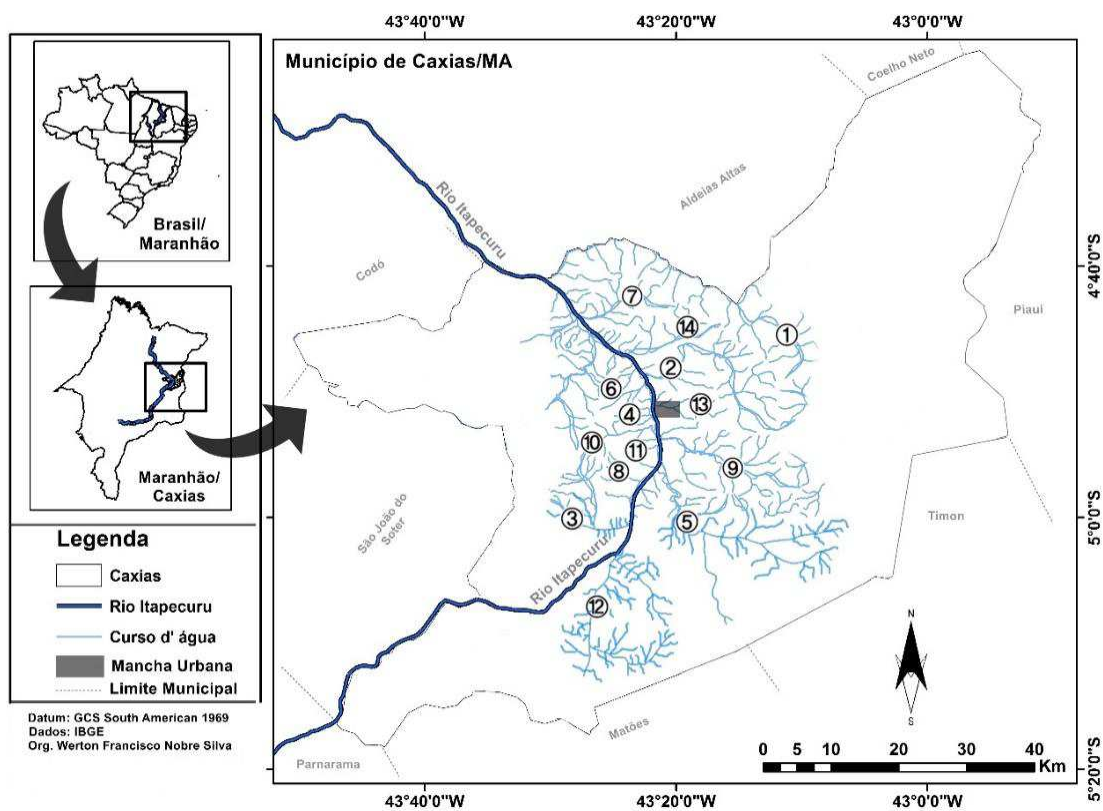
A bacia do rio Itapecuru limita-se a sul e leste com a bacia do rio Parnaíba através da serra do Itapecuru, chapada do Azeitão e outras pequenas elevações, a Oeste e Sudoeste com a bacia do rio Mearim e a Nordeste com a bacia do Munim, totalizando 53.216,84 Km² (SOUSA et al. 2015). Possui como afluentes os rios Alpercatas, Corrente, Pucumã, Baixão do Vigia, Baixão da Bandeira, Douradinho, Olho D'Água, Santo Amaro, Itapecuruzinho, Peritoró, Riacho do Prata, Igarapé Grande, Tapuio, Pirapemas, Gameleira e Codozinho.

O rio Itapecuru além de ser uma importante rede de drenagem da região, vem sofrendo uma série de ações antrópicas como desmatamentos da mata ciliar, queimadas, assoreamento e lançamento de esgoto *in natura*, ao longo de sua extensão, provenientes da ocupação e urbanização desordenada, resultando na construção de imóveis inadequadas e irregulares

1 (VALE et al. 2014). Essas alterações têm provocado o alargamento da sua calha, devido ao
 2 assoreamento do canal, reduzindo o seu volume de água, que interfere diretamente na
 3 biodiversidade, principalmente nos organismos aquáticos como os insetos. O que torna-se
 4 necessários maiores estudos para o conhecimento dessa diversidade e promoção de medidas
 5 de preservação desses ambientes (BARROSO; SOUSA, 2007; SANTOS et al. 2015).

6

7 **Figura 1.** Mapa Hidrológico de tributários do rio Itapecuru em Caxias-MA. 1-Limpeza; 2-
 8 Lamego; 3-Cabeça; 4-Sanharó; 5-Riachão; 6- Correntinho; 7- Riacho dos Cocos; 8-Batatal; 9-
 9 Itapecuruzinho; 10-Ponte; 11-Planaçúcar; 12-Poraquê; 13-São José; 14-Ouro



10

11 **Fonte:** CPRM - Serviço Geológico do Brasil - Residência de Teresina- RETE. Projeto Cadastro de Fontes de
 12 Abastecimento de Águas Subterrâneas do Estado do Maranhão. Organizado por: SILVA, W. F. N. 2016.

13

14

15 Segundo Köppen (1948), o clima na região é do tipo AWI – clima tropical úmido com
 16 duas estações climáticas bem definidas: um período de estiagem de seis meses (de junho a
 17 novembro) e outro chuvoso (dezembro a maio) (Figura 1), com temperaturas médias entre
 18 20°C a 36°C, a precipitação média anual de menos de 1500 mm (SILVA; CONCEIÇÃO,
 19 2011). A base econômica da região é a agricultura de subsistência e pecuária, destaca-se o
 20 cultivo de arroz, piscicultura, caprinocultura e bovinocultura extensiva e semi intensiva além
 21 de indústria de bebidas. No rio a qualidade da água é afetada principalmente pela falta de

1 tratamento de esgotos domésticos e industriais, que despeja pesada descarga de matéria
2 orgânica, desmatamento das matas ciliares, além da extração de areia (SILVA;
3 CONCEIÇÃO, 2011; VALE et al. 2014).

4 A coleta das larvas foi realizada em 14 igarapés (riachos) tributários do Rio Itapecuru
5 em período de estiagem (2014) e chuvoso (2015). Os riachos amostrados pertencem ao trecho
6 médio do rio Itapecuru, destes, quatro estão no perímetro urbano (Itapecuruzinho, Ponte,
7 Sanharó, e São José) do município de Caxias-MA e dez na zona rural (Correntinho, Cabeça,
8 Ouro, Lamego, Limpeza, Riacho dos Cocos, Riachão, Poraquê, Batatal e Planaçúcar). Os
9 igarapés que cortam a zona urbana sofrem com problemas de recebimento de esgotos não
10 tratados, desmatamento e deposição de resíduos sólidos nas margens (VALE et al. 2014). Os
11 igarapés situados na zona rural enfrentam problemas como o desmatamento para a agricultura,
12 abastecimento de sistemas de irrigação, piscicultura e balneário, o que ocasiona o
13 assoreamento do leito e descarte de resíduos sólidos principalmente nas áreas de lazer
14 (ARAÚJO, 2012).

15 **2.2 Metodologia de coleta das larvas de Insetos aquáticos**

16

17 Em cada local de coleta foi estabelecido um trecho de 50 metros, dividido em cinco
18 subunidades de 10 m cada. Em cada igarapé foi verificado parâmetros ambientais e físico-
19 químicos, e realizado a coleta das larvas em diferentes tipos de substratos (folhas, pedras,
20 troncos, macrófitas e raízes) e nos mesohabitats de correnteza e remanso (UIEDA;
21 GAJARDO, 1996). Os substratos foram removidos da jusante para a montante, para não
22 interferir na coleta das outras subunidades e evitar perturbar o ambiente (AZEVEDO;
23 HAMADA, 2007).

24 As larvas de insetos aquáticos nos igarapés foram coletadas com auxílio de uma rede
25 entomológica aquática rede em D (rapiché) com malha de 1mm e por catação manual com
26 auxílio de pinça entomológica. Teve-se um esforço amostral de três horas por igarapé de
27 acordo com a disponibilidade dos substratos. Parte do material com as larvas nos diferentes
28 tipos de substratos foram previamente triados e colocados em frascos coletores com álcool a
29 80%; em seguida os substratos contendo larvas menores foram armazenados em sacos
30 plásticos com álcool etílico a 80%, etiquetados e levadas ao Laboratório de Entomologia
31 Aquática do Centro de Estudos Superiores de Caxias para posterior triagem e classificação a
32 nível de gênero.

33

2.3 Triagem, identificação e preservação dos exemplares

Para identificação das larvas de EPT foram utilizadas chaves de Costa et al. (2006), Mugnai et al. (2010), Dominguez et al. (2006); Falcão et al. 2011), Salles et al. (2014), Hamada e Silva (2014) e Pes et al. (2014). Os exemplares identificados foram preservados em álcool a 80% e depositado no Laboratório de Entomologia Aquática (LEAq) do Centro de Estudos Superiores de Caxias-MA (CESC – UEMA).

Para a classificação dos grupos funcionais tróficos de acordo seus mecanismos/hábitos alimentares: coletores, raspadores, fragmentadores, coletor-filtradores e predadores utilizou-se as literaturas de DeLong e Brusven (1998), Francischetti et al. (2001), Molineri, (2003), Polegatto e Froehlich (2003), Cummins et al. (2005), Baptista et al. (2006), Salles (2006), Spies et al. (2006), Bentes et al. (2008), Merritt et al. (2008), Henriques -Oliveira e Nessimian (2010), Shimano et al. (2012), Brasil et al. (2014). Quanto à divergência de informações foram consideradas as categorias citadas por mais de um autor (SHIMANO et al. 2012).

A identificação manteve-se em nível de gênero por não ser possível se identificar todos os representantes das ordens EPT com segurança pela observação do estágio imaturo, sendo necessário a criação em laboratório e coleta de adultos (FLINT, 1974; SHIMANO et al. 2010; VIDOVIK, 2013) e por estudos ter mostrado uma boa relação entre gênero e espécie/morfoespécie (GIEHL et al. 2014).

Uma abordagem que pode contribuir na superação da questão da classificação taxonômica em projetos de biomonitoramento ambiental é a análise dos Grupos Funcionais de Alimentação (GFA). Visto a distribuição dos grupos funcionais ao longo de um ecossistema lótico poder evidenciar a disponibilidade de recurso alimentar e o status das condições ambientais relacionadas (CUMMINS et al. 2005; GONÇALVES; MENEZES, 2011) e desvios em relação às abundâncias desses grupos podem indicar distúrbios ambientais (VANNOTE et al. 1980).

2.4 Avaliação dos parâmetros ambientais e físico-químicos

Os parâmetros ambientais e físico-químicos foram medidos antes da coleta dos insetos, para não sofrerem interferências com a remoção dos substratos. Em cada local foram medidos: largura média, profundidade média, velocidade média, vazão, pH, condutividade elétrica e temperatura. A velocidade e vazão foram avaliadas pelo método de Craig (1987), consistindo em tomar duas medidas da profundidade da água, utilizando uma régua de aço

1 inoxidável. Na primeira medida a régua fica paralela à correnteza (D1), a segunda é feita no
2 mesmo local vira-se a régua, e posiciona em ângulo reto em relação à correnteza (D2). A
3 velocidade foi estimada pela fórmula: $V = \sqrt{2gD}$, considera-se V= velocidade da água, g= força
4 da gravidade (9,8), D= diferença entre as medidas de (D2-D1). A vazão foi estimada pela
5 fórmula: Vazão = largura x velocidade da água x profundidade (AZEVEDO, 2009). O pH foi
6 medido pelo pHmetro marca pHtek, a condutividade elétrica pelo Conductivity Meter CD-
7 4301 (Lutron), a temperatura (°C) por termômetro digital. As coordenadas de cada ponto de
8 coleta obtidas por aparelho GPS Garmin Etrex.

9 A integridade ambiental em cada riacho foi avaliada pelo Índice de Integridade de
10 Hábitat (IIH) baseado em Nessimian et al. (2008). Esse protocolo é composto por 12 itens que
11 avaliam a estrutura dos igarapés quanto à conservação da vegetação ripária, padrão de uso da
12 terra próximo ao local, os dispositivos de retenção, tipo de substrato, detritos e vegetação
13 aquática (JUNEN et al. 2013). O IIH varia de 0 (sistemas altamente alterados) a 1 (habitats mais
14 íntegros) e tem se mostrado eficiente para essa finalidade em diversos estudos com insetos
15 aquáticos no Brasil (JUNEN et al. 2014).

16

3 EFEITO DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS NA DISTRIBUIÇÃO DE INSETOS AQUÁTICOS (EPT) NO CERRADO DO LESTE MARANHENSE, BRASIL

Autores: Castro, E. R.¹; Azevêdo, C. A. S¹.; Juen, L².

¹Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade, Ambiente e Saúde, Universidade Estadual do Maranhão, Caxias - MA, Brasil, Laboratório de Entomologia Aquática. Centro de Estudos Superiores de Caxias. Morro do Alecrim. Caxias-MA, CEP 65604-380. elizcastro_05@yahoo.com.br

¹Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade, Ambiente e Saúde, Universidade Estadual do Maranhão, Caxias - MA, Brasil, Laboratório de Entomologia Aquática. Centro de Estudos Superiores de Caxias. Morro do Alecrim. Caxias-MA, CEP 65604-380. casazevedo@yahoo.com.br

² Programa de Pós-Graduação em Zoologia, Universidade Federal do Pará; Museu Paraense Emílio Goeldi, Caixa Postal 399, Belém, Pará CEP 66040-170, Brasil. leandrojuen@ufpa.br

RESUMO

Os insetos aquáticos das ordens Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT) possuem sensibilidade à poluição, e por isso são utilizados na avaliação de impactos ambientais e em programas de biomonitoramento da qualidade dos recursos hídricos. Em virtude dessa sensibilidade o objetivo desta pesquisa foi avaliar o efeito dos fatores ambientais sobre a riqueza e abundância de insetos aquáticos (EPT) em tributários do Rio Itapecuru no Leste Maranhense, Brasil. Foram amostrados 14 riachos situados na zona urbana e rural do município de Caxias-MA. No estudo da integridade ambiental, variação na composição de gêneros entre riachos, influência das variáveis ambientais na disposição dos igarapés e os efeitos dos parâmetros ambientais na riqueza e abundância de EPT foram avaliados. A ordem Ephemeroptera obteve maior riqueza seguida por Trichoptera e Plecoptera obteve menor riqueza e abundância. Dos fatores ambientais e físico-químicos analisados o pH e a integridade ambiental afetaram de forma positiva a riqueza de EPT; a maior abundância foi observada em locais mais preservados, com maior heterogeneidade de habitat e pH próximo do neutro. Águas ácidas apresentaram baixa riqueza e abundância de EPT. Na análise da integridade ambiental ficou evidente a importância da mata ciliar nos cursos d'água. A mata ciliar torna-se importante por evitar as flutuações de temperatura no local e fornecer elementos importantes para a heterogeneidade ambiental. Estas informações reforçam que as condições de degradação ambiental provocada por ações antrópicas afetam a biodiversidade aquática e esforços conservacionistas empreendidos para proteção dos recursos hídricos superficiais e da biodiversidade local.

Palavras-chave: 1. Ecologia de Riachos, 2. Heterogeneidade, 3. Integridade, 4. Impacto Ambiental, 5. Variáveis físico-químicas

ABSTRACT

Aquatic insects of orders Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera (EPT) have sensitivity to pollution and are used in the environmental impact assessment and biomonitoring programs of quality of water resources. Because of this sensitivity the objective of this research was to evaluate the effect of environmental factors on the richness and abundance of aquatic insects (EFA) in tributaries of the Itapecuru River in eastern Maranhão, Brazil. They sampled 14 streams located in urban and rural area of the municipality of Caxias-MA. In the study the environmental integrity, variation in composition genus between streams, influence of environmental variables in the arrangement of streams and the effects of environmental parameters in the richness and abundance of EPT were evaluated. The mayfly order obtained greater richness followed by Trichoptera and Plecoptera less rich and abundant. Among the environmental and physicochemical factors analyzed pH and environmental integrity affected positively the richness of EPT and the highest abundance observed in more preserved sites with greater heterogeneity of habitat and pH close to neutral. Acidic waters showed low richness and abundance of EPT. On analysis of the environmental integrity was evident the importance of riparian vegetation in waterways. The riparian vegetation is important to avoid temperature fluctuations on site and provide important elements for environmental heterogeneity. This information reinforces that environmental degradation conditions caused by human activities affect aquatic biodiversity and conservation efforts should be made to protect surface water resources and local biodiversity.

Key words: 1. Stream Ecology, 2. Heterogeneity, 3. Integrity, 4. Environmental Impact, 5. Physico-chemical variables

3.1 INTRODUÇÃO

Entre os insetos aquáticos as ordens Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera são comuns em sistemas lóticos de baixas e média ordens (BISPO et al. 2001), possuem estágios imaturos na água e adultos são terrestres, são encontrados frequentemente pousados sobre a vegetação ou sob pedras próximos dos rios e riachos onde vivem (HOLZENTHAL et al. 2007; FROEHLICH, 2009). As larvas dos insetos aquáticos são importantes por sua abundância e pelo papel que desempenham nas cadeias tróficas dos ecossistemas aquáticos, como fundamentais na ciclagem de nutrientes e servir como fonte de alimento para peixes, anfíbios, aves e invertebrados (BISPO et al. 2006).

Os EPTs apresentam alguns táxons adaptados a determinadas condições físico-químicas e ambientais, e qualquer alteração na estrutura física e na qualidade da água modificam a composição e a abundância das espécies, o que permite avaliar com segurança o estado ambiental dos cursos d'água, uma vez que preferem águas limpas e bem oxigenadas (ROSENBERG; RESH, 1993; BISPO et al. 2006; PACIÊNCIA et al.2011). Possuem ainda sensibilidade à poluição, e por isso utilizados na avaliação de impactos ambientais e em programas de biomonitoramento da qualidade dos recursos hídricos (WALLACE; WEBSTER, 1996; COMPIN; CÉRÉGHINO, 2003; DA-SILVA; SALLES, 2012).

Estudos sobre o papel dos fatores ambientais locais (tamanho do ambiente, de vegetação, conservação dos ambientes, tipo de substrato e pH) sobre as comunidades de insetos aquáticos tem demonstrado que estes afetam a composição, abundância e riqueza tanto de Ephemeroptera (PETERSEN; VAN EECKHAUTE 1992; ZAMORA-MUÑOZ et al. 1993; GOULARD; CALLISTO, 2005; BISPO et al. 2006; COSTA et al.2014) quanto de Trichoptera (NOGUEIRA et al. 2011, 2016; PEREIRA et al. 2012) e Plecoptera (BOHÓRQUEZ et al. 2011; HEPP et al. 2013).

Ambientes com elevada correnteza influencia na oxigenação da água, como a mata ciliar minimamente perturbada contribui com a oferta de substratos, heterogeneidade de hábitat e favorece o aumento da abundância de macroinvertebrados (KAUFMANN; FAUSTINI 2012), modificações na vegetação ripária causam impactos negativos tanto na distribuição como na abundância das espécies (PEREIRA et al. 2012; TORRES; RESENDE, 2012; SIEGLOCH et al. 2014).

Conhecer a distribuição das espécies é um grande desafio para os pesquisadores que trabalham com questões ambientais, pois, a mesma não ocorre de forma contínua em todos os

1 ambientes, e apresentam padrões de distribuição com regiões de grande e baixa riqueza de
2 espécie (FINN; POFF, 2005). Essa variação na distribuição da biodiversidade se deve a
3 questões ambientais, em escala temporal, espacial e/ou biogeográficas (HEINO, 2002; BINI
4 et al. 2007). E no que tange às questões ambientais as espécies possuem requisitos a
5 condições ambientais específicos e, terão maiores abundâncias quando as condições estiverem
6 presentes, e conforme se afastam do ponto ótimo de seus nichos, menor será sua abundância
7 (THORP et al. 2006).

8 Quanto às questões espaciais locais geograficamente próximos terão maiores
9 probabilidade de compartilhar maior similaridade quanto à composição e a biodiversidade,
10 quer seja pela facilidade de dispersão entre os locais ou devido a maior probabilidade de
11 compartilhar condições ambientais, que são espacialmente estruturadas; por questões
12 biogeográficas, devido a existência de barreiras que impedem a espécie de se dispersar e
13 chegar a outros locais (THORP et al. 2006)

14 Se considerar somente o efeito ambiental, muitos fatores que podem afetar a
15 distribuição das espécies podem ficar ausentes, visto que seus efeitos são dependentes da
16 escala de estudo e do tipo de ambiente em que o mesmo será realizado. Nos ambientes
17 aquáticos, os riachos são conhecidos como sistemas multidimensionais que recebem efeito
18 tanto de fatores locais quanto regionais da bacia de drenagem. Dentre os fatores locais pode-
19 se destacar a luz, a temperatura, sólidos em suspensão, oxigênio e íons dissolvidos.

20 A temperatura no ecossistema aquático está relacionada à latitude, altitude e a
21 cobertura da mata ciliar, o seu aumento diminui a capacidade de solubilidade do oxigênio,
22 diminui a tensão superficial da água e à medida que a temperatura diminui no ambiente
23 aquático no decorrer do dia ou nos meses do ano, aumenta-se os valores de densidade e a
24 condutividade elétrica do ambiente (ESTEVES, 1998). Os insetos por serem ectotérmicos a
25 luz e a temperatura podem afetar sua fisiologia e desenvolvimento e, por conseguinte sua
26 abundância e distribuição (SILVEIRA, 2004).

27 Nos igarapés a elevada quantidade de matéria orgânica e o baixo pH (cerca de 4) pode
28 elevar os valores da condutividade elétrica da água (ESTEVES, 1998). Estes fatores quando
29 associados a baixos valores de oxigênio dissolvidos podem ser indicadores de poluição
30 provocando o aumento das partículas em suspensão e o enriquecimento orgânico (MORETO,
31 2012). Em condições naturais, a diversidade de espécies diminui segundo as variáveis que
32 aumentam a condutividade das águas (PÉREZ, 2003). Para Vannote et al. (1980), a maior

1 entrada de luz no sistema aumenta a produção autóctone e com isso a diversificação dos
2 grupos funcionais e por consequência sua biodiversidade.

3 Os táxons que habitam os ambientes aquáticos estão adaptados a condições ótimas de
4 hábitos como a velocidade da correnteza, temperatura da água, tipo de substrato e variáveis
5 químicas (SALLES; FERREIRA-JÚNIOR, 2014) e tendem a ocorrer em manchas do
6 ecossistema com as características que mais favorecem o seu desenvolvimento (THORP et al.
7 2006; BRASIL et al. 2014) e qualquer alteração nas condições ótimas de hábitat afetam
8 negativamente a fauna Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT) e diminui a riqueza de
9 insetos aquáticos (FERREIRA et al. 2014).

10 A mata ciliar nos igarapés se constitui um fator importante na distribuição de insetos
11 aquáticos por fornecer alimento, proteção e abrigo contribuindo para a manutenção das
12 condições de umidade, temperatura e redutor da entrada de sedimentos e poluentes no leito do
13 igarapé, fornece heterogeneidade estrutural e como amortecedor de impacto da chuva sobre os
14 igarapés diminuindo os efeitos da erosão (SILVEIRA, 2004; RUPPENTHAL et al. 2007;
15 KAUFMANN; FAUSTINI 2012; SOUSA et al. 2014; JUEN et al. 2016). Portanto, a perda de
16 mata ciliar em nascentes e cabeceiras causa sérias consequências ao ambiente aquático, a teia
17 alimentar e a manutenção dos processos dos ecossistemas (ALLAN, 2004; ALLAN;
18 CASTILLO, 2007; BRASIL et al. 2013).

19 A retirada da mata ciliar nos rios e igarapés inicia os processos erosivos nas suas
20 margens aumenta a entrada de sedimentos no canal, a turbidez, a temperatura da água e afeta
21 na perda de hábitat (CHAPMAN; CHAPMAN 2002; KAUFMANN et al.2009; MONTEIRO-
22 JÚNIOR et al. 2016). Como a redução da matéria orgânica (madeira e folhas) no leito do
23 riacho diminui a oferta de alimento e abrigo para as assembleias de EPT (MELODY;
24 RICHARDSON, 2007) que são prejudicados pelo aumento de sedimentos finos no canal do
25 igarapé ou rio levando a exclusão local das espécies mais sensíveis (BRYCE et al. 2010).

26 A velocidade da corrente atua no aumento de oxigênio dissolvido na água
27 (VANNOTE et al. 1980) e a baixa vazão permite maior heterogeneidade de micro-habitat no
28 leito do riacho (SILVEIRA, 2004), que pode interferir no transporte de matéria orgânica
29 juntamente com a vazão, pois ambas contribuem na dispersão dos nutrientes ao longo do
30 fluxo e desloca os substratos e os organismos que estão sobre ou dentro deles

31 Nesse estudo, o objetivo foi avaliar o efeito dos fatores ambientais (largura,
32 profundidade e integridade ambiental) e físico-químicos (temperatura, correnteza, vazão,

1 condutividade, pH) sobre a composição, riqueza e abundância de insetos aquáticos
2 (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera) em tributários do Rio Itapecuru; tendo como
3 hipótese que os fatores ambientais (profundidade, largura e integridade ambiental) e físico-
4 químicos (pH, condutividade, temperatura, vazão e velocidade da correnteza), afetam a
5 riqueza e abundância de gêneros em tributários do rio Itapecuru.

6 Nosso pressuposto é que a integridade ambiental e a profundidade sejam os fatores
7 que mais afetam a riqueza e abundância de EPT, uma vez que os mesmos são sensíveis as
8 alterações ambientais (NESSIMIAN et al. 2008) e em ambientes mais profundos geralmente
9 possuem pouca heterogeneidade de hábitat, pois em ambientes impactados há maior
10 quantidade de sedimento fino que podem explicar a baixa riqueza de gêneros em alguns
11 igarapés (NOGUEIRA et al. 2011).

12

13 **3.2 Análise dos dados**

14

15 Para as análises estatísticas cada riacho foi usado como uma amostra, portanto, as
16 cinco subunidades amostradas no mesmo riacho e no mesmo período do ano foram somadas e
17 tratadas como apenas uma única réplica. Para garantir maior variação ambiental, e garantir
18 maior acurácia na captura da biodiversidade as amostras realizadas na estiagem e na estação
19 chuvosa foram consideradas unidades independentes e portanto, aumentam a probabilidade de
20 capturar maior gradiente de variação das condições ambientais.

21 A riqueza total de táxons em cada tributário foi estimada pelo estimador de riqueza
22 não-paramétrico: Jackknife 1 (QUENOUILLE, 1956). Após a estimativa foi elaborada curva
23 de acumulação de gêneros buscando avaliar a eficiência de amostragem usada no estudo. A
24 variação dos dados ambientais entre os igarapés foi sumarizada por uma Análise de
25 Componentes Principais (PCA). É um método indicado para conjuntos de medidas
26 correlacionadas linearmente, e permite reduzi-las a poucas variáveis sintéticas chamadas de
27 componentes principais (PIELOU 1984, MANLY 1994).

28 Como a escala de mensuração das variáveis utilizadas foram diferentes, e buscando
29 que todas pudessem ter as mesmas contribuições nas ordenações geradas foram padronizados
30 (cada valor unitário menos a média da variável e o resultado foi dividido pelo desvio padrão).
31 Na análise foi utilizada uma matriz de correlação e como critério de parada para a seleção de
32 eixos foi utilizado Broken Stick.

33 A variação na composição de gêneros entre as amostras foi verificada pela Análise de
34 Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (NMDS), usando a matriz de distância Bray

1 Curtis (SIEGLOCH et al. 2014), no entanto, anteriormente os dados de abundância foram
2 previamente transformados usando $\log x+1$. A distância de Bray-Curtis é utilizada para
3 quantificar a composição de dissimilaridade entre amostras diferentes, baseado na contagem e
4 densidade de cada local para uma dada espécie. O NMDS pode ser utilizado por construir
5 uma matriz de similaridade e dados de ausência e dupla ausência. Os escores dos eixos de
6 ordenação são aleatórios até que se estabeleça a correlação entre a matriz de distância obtida
7 com a aleatorização dos escores e a matriz de distância dos dados originais seja a maior
8 possível e o valor de estresse calculado, que varia de 0 a 1.

9 Para avaliar se os agrupamentos formados pela NMDS eram diferentes fez-se uma
10 Permutational Multivariate Analyses of Variance (perMANOVA) usando a matriz de
11 distância de Bray Curtis, e sua significância foi verificada com teste de Monte Carlo com
12 9999 permutações (ANDERSON 2001; ANDERSON; WALSH 2013).

13 O efeito das variáveis ambientais sobre a riqueza e abundância de gêneros foi
14 verificada utilizando-se a Análise de Regressão Múltipla (ZAR, 2008) e para a seleção de
15 variáveis usou-se o método *forward selection* para avaliar somente as variáveis ambientais
16 mais relacionadas às comunidades de EPT. A Análise de Regressão Múltipla é utilizada para
17 avaliar os efeitos das variáveis explicativas como previsoras das variáveis de resposta; serve
18 para contribuir na obtenção de respostas, pois, permite que se estime o valor de uma variável
19 com base num conjunto de outras variáveis. Quanto mais significativo for o peso de uma
20 variável isolada, ou de um conjunto de variáveis explicativas, mais poderá se afirmar que
21 alguns fatores afetam o comportamento de uma variável de resposta especificamente
22 procurada, do que outros.

23

24

3.3 RESULTADOS

Foram coletados 6.634 espécimes de insetos aquáticos das ordens EPT. Ephemeroptera foi a ordem com maior riqueza, seis famílias e 25 gêneros e a segunda em abundância (2.675 espécimes). A ordem Trichoptera apresentou seis famílias e 13 gêneros com a maior abundância (3.949 espécimes) e a ordem Plecoptera foi representada por uma família e um gênero com abundância de 10 espécimes (Tabela 1).

Neste trabalho foram encontrados 60 % das famílias e 32,5% dos gêneros da ordem Ephemeroptera registrados para o país, que são de 16 famílias, 70 gêneros e 656 espécies. Para a Ordem Trichoptera há registro de 16 famílias, 70 gêneros e 656 espécies e nesse estudo registrou-se 37,5% das famílias e 18,6% dos gêneros para o Brasil. A Ordem Plecoptera, possui o registro de duas famílias, oito gêneros e 176 espécies no Brasil e nesse estudo obteve-se apenas uma família e um gênero desta ordem.

A ordem Ephemeroptera apresentou como gêneros mais abundantes *Callibaetis* com 6,65% (n=441), *Asthenopus* 6,23% (n=414), *Traverhyphes* 5,87% (n=389), *Americabaetis* 5,11% (n=339), *Farrodes* 4,96% (n=329) e *Caenis* 3,87% (n=257). Nesta ordem as menores abundância foi observada entre os gêneros *Aturbina* e *Oligoneuria* com dois espécimes (0,03%) e *Cloeodes* e *Paracloeodes* com um espécime. Entre os gêneros de Trichoptera a maior abundância foi observada em *Leptonema* com 21,51% (n=1427), *Chimarra* 13,91 % (n=922), *Smicridea* 11,31% (n=750) e *Helicopsyche* 10,07% (n=668). Nesta ordem os gêneros *Synoestropsis*, *Cyrnellus* e *Nectopsyche* foram representados por um espécime (0,01%). A ordem Plecoptera foi a menos representativa com apenas um gênero (*Anacroneuria*) e 10 espécimes (0,15%) (Tabela 1), encontrados no riacho Correntinho em ambiente de correnteza, substratos folhas e pedras e igarapé parcialmente preservado.

Os gêneros *Americabaetis*, *Caenis*, *Smicridea* e *Helycopsyche* apresentaram a maior distribuição entre igarapés. *Americabaetis* foi ausente somente no igarapé Sanharó. *Caenis* ausente nos igarapés Riachão e Planaçúcar. *Smicridea* ausente nos igarapés Batatal, São José e Ouro. *Helycopsyche* ausente nos igarapés Sanharó, Batatal, São José e Ouro.

1 **Tabela 1.** Lista de gêneros de EPT encontrados em tributários do rio Itapecuru, Caxias, MA.

Ordem/Família	Gênero	Total	%
Ephemeroptera Baetidae	<i>Americabaetis</i> Kluge, 1992	339	5,11
	<i>Cloeodes</i> Traver, 1938	1	0,01
	<i>Paracloeodes</i> Day, 1955	1	0,01
	<i>Camelobaetidius</i> Demoulin, 1966	16	0,24
	<i>Callibaetis</i> Eaton, 1881	441	6,65
	<i>Guajiroilus</i> Flowers, 1985	143	2,16
	<i>Aturbina</i> Lugo-Ortiz & McCafferty, 1996	2	0,03
Leptohyphidae	<i>Traverhyphes</i> Molineri, 2001	389	5,87
	<i>Tricorythodes</i> Ulmer, 2006	12	0,18
	<i>Tricorythopsis</i> Traver, 1958	8	0,12
	<i>Leptohyphes</i> Eaton, 1882	13	0,2
Leptophlebiidae	<i>Farrodes</i> Peters, 1971	329	4,96
	<i>Miroculis</i> Edmunds, 1963	44	0,66
	<i>Thraulodes</i> Ulmer, 1920	17	0,26
	<i>Hagenulopsis</i> Ulmer, 1920	61	0,92
	<i>Hydrosmilodon</i> Flowers & Dominguez, 1992	22	0,33
	<i>Paramaka</i> Savage & Domínguez, 1992	13	0,19
	<i>Homothraulius</i> Demoulin, 1955	16	0,24
	<i>Ulmeritoides</i> Traver, 1959	11	0,17
	<i>Simothraulopsis</i> Demoulin, 1966	66	0,99
	<i>Fittkaulus</i> Savage & Peters, 1978	37	0,56
Caenidae	<i>Caenis</i> Stephens, 1935	257	3,87
Oligoneuridae	<i>Oligoneuria</i> Pictet, 1843	2	0,03
Polymitarcidae	<i>Asthenopus</i> Eaton, 1871	414	6,24
	<i>Tortopus</i> Needham & Murphy, 1924	2	0,03
Trichoptera Hydropsychidae	<i>Smicridea</i> McLachlan, 1871	750	11,31
	<i>Macrostemum</i> Kolenati, 1859	104	1,57
	<i>Macronema</i> Pictet, 1836	8	0,12
	<i>Leptonema</i> Guérin-Méneville, 1843	1427	21,51
	<i>Synoestropsis</i> Ulmer, 1905	1	0,01
Helicopsychidae	<i>Helicopsyche</i> Siebold, 1856	668	10,07
Hydroptilidae	<i>Neotrichia</i> Morton, 1905	12	0,18
	<i>Oxyethira</i> Eaton, 1873	37	0,56
Philopotamidae	<i>Chimarra</i> Stephens, 1829	922	13,91
Polycentropodidae	<i>Cernotina</i> Ross, 1938	28	0,42
	<i>Cyrnellus</i> Banks, 1913	1	0,01
	<i>Polycentropus</i> Curtis, 1835	9	0,14
Leptoceridae	<i>Nectopsyche</i> Müller, 1879	1	0,01
Plecoptera			
Perlidae	<i>Anacroneuria</i> Klapálek, 1909	10	0,15
13	39	6634	100

1 Quanto à abundância por igarapé o Cabeça mostrou maior abundância (1397
 2 espécimes) seguido de Itapecuruzinho com 1090 espécimes e Ponte (804 espécimes), São José
 3 e Lamego foram os menos abundantes com 22 e 81 espécimes respectivamente. Quanto à
 4 riqueza de táxons por igarapé foram assim ordenados: Correntinho (20 gêneros) com maior
 5 valor no índice de integridade de hábitat (IIH), Cabeça (18 gêneros), Limpeza (17 gêneros),
 6 Itapecuruzinho (16 gêneros), Riachão e Planaçúcar (ambos 12 gêneros), Riacho dos Cocos e
 7 Poraquê (ambos 11 gêneros), Ponte (10 gêneros), Lamego (nove gêneros), Sanharó e Batatal
 8 (ambos seis gêneros), Ouro (cinco gêneros) e São José (quatro gêneros) (Tabela 2).

9 **Tabela 2.** Índice de Integridade de Hábitat (IIH) e dados de Riqueza e Abundância de EPT
 10 em tributários do Rio Itapecuru em Caxias-MA.

Código	Local	IIH	Riqueza	Abundância
P1	Limpeza	0,70	17	327
P2	Lamego	0,61	9	81
P3	Cabeça	0,78	18	1397
P4	Sanharó	0,72	6	268
P5	Riachão	0,81	12	796
P6	Correntinho	0,92	20	496
P7	Riacho dos Cocos	0,71	11	193
P8	Batatal	0,67	6	497
P9	Itapecuruzinho	0,74	16	1090
P10	Ponte	0,66	10	804
P11	Planaçúcar	0,66	12	90
P12	Poraquê	0,59	11	145
P13	São José	0,44	4	22
P14	Ouro	0,76	5	428
Total				6634

11

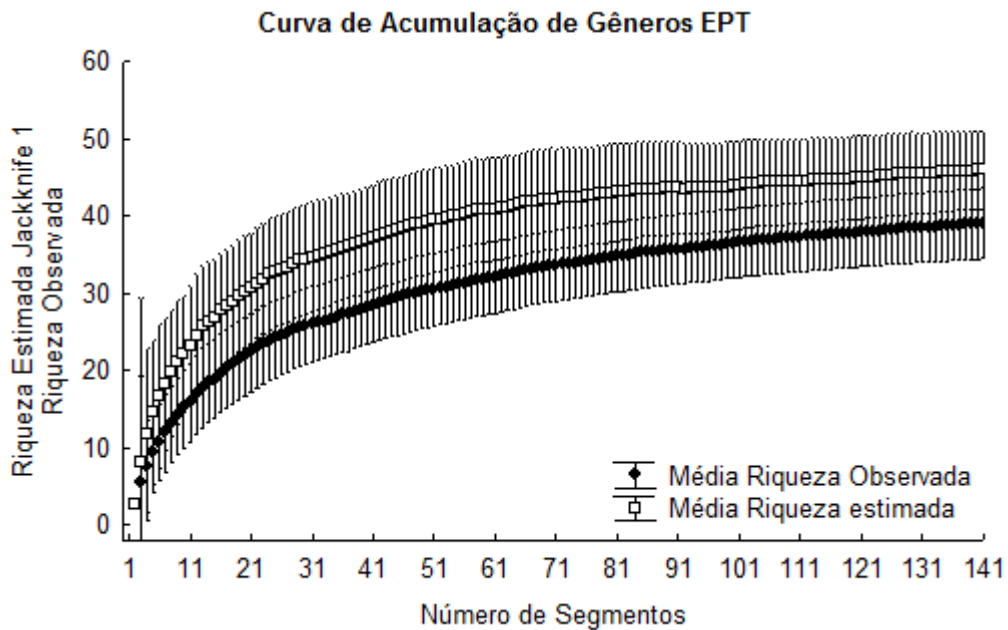
12 **3.3.1 Curva de Acumulação de gêneros de EPT**

13

14 O esforço usado para mensurar a biodiversidade existente, foi realizada pela curva do
 15 coletor com 1000 permutações. Na análise da curva de acumulação de gêneros observa-se
 16 que a mesma estabilizou indicando que o esforço amostral foi suficiente para determinar a
 17 riqueza estimada das áreas amostradas. Ao avaliar a eficiência de amostragem (Riqueza de
 18 espécie observada/Riqueza de espécie estimada) a mesma mostrou-se acima de 85%
 19 indicando a eficiência da metodologia utilizada.

20

- 1 **Figura 2.** Curva de Acumulação de Gêneros de EPT, coletados em tributários do rio
 2 Itapecuru (Período 2014-2015) no município de Caxias-MA.



3

4

5 3.3.2 Variação na composição de gêneros entre os igarapés

6

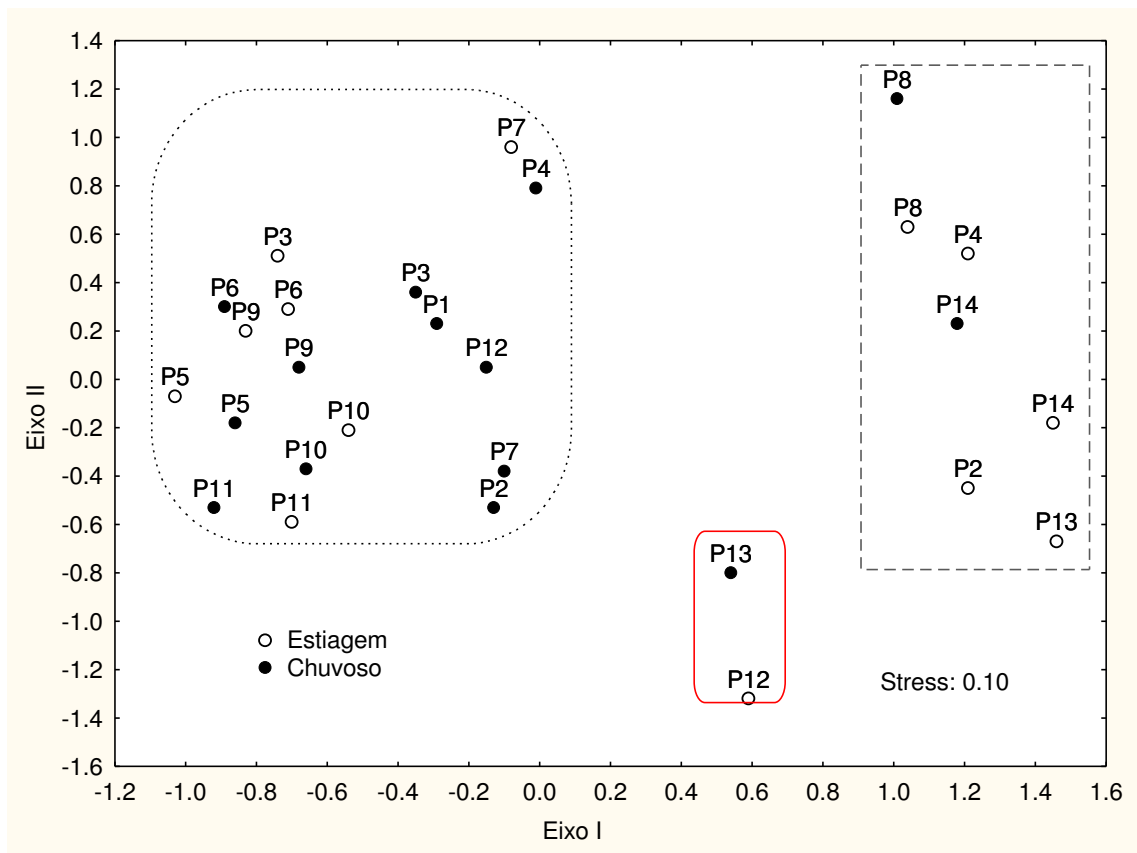
7 Ao avaliar a variação da composição de gênero pela NMDS, verificou-se uma
 8 ordenação de três grupos distintos. A PERMANOVA (Pseudo- $F_{(2, 24)} = 6.2015$, $p = 0,001$) foi
 9 significativa para os agrupamentos formados. O maior agrupamento foi formado pelos
 10 igarapés Limpeza (P1), Lamego (P2), Cabeça (P3), Sanharó (P4), Riachão (P5), Correntinho
 11 (P6), Riacho dos Cocos (P7), Itapecuruzinho (P9), Ponte (P10), Planaçúcar (P11) e Poraquê
 12 (P12) que compartilharam a ocorrência dos gêneros *Helycopsyche* e *Smicridea*. O segundo
 13 agrupamento compreendeu os igarapés Lamego (P2), Sanharó (P4), Batatal (P8), São José
 14 (P13) e Ouro (P14) que compartilharam a ocorrência dos gêneros, *Callibaetis* e *Caenis*. O
 15 terceiro agrupamento compreendeu os igarapés Poraquê (P12) e São José (P13) que
 16 compartilharam os gêneros *Americabaetis*, *Callibaetis*, *Traverhyphes* e *Caenis*.

17

18

19

- 1 **Figura 3.** Ordenação de Escalonamento Não Métrico (NMDS) dos tributários do rio
 2 Itapecuru, no Leste Maranhense, Brasil.



3.3.3 Análise dos fatores físico-químicos

Os igarapés tributários do rio Itapecuru observados neste estudo estão entre 53 e 127 metros de altitude, a profundidade média variou de 0,1 a 0,7 m, a largura média entre 1,5 e 6,99 m, a velocidade da água entre zero (sem correnteza) e 1,54 cm/s, a vazão esteve entre zero e 1,31 m³/s, a condutividade variou de 1 a 132,5 μ S/cm, pH variou de 4,7 a 7,15 e a temperatura esteve entre 24 °C e 27°C (Tabela 3).

A análise do Índice de Integridade de Hábitat mostrou que os igarapés em estudo receberam escores de 0,44 a 0,92. O riacho Correntinho obteve maior valor e apresentou maior riqueza em gêneros (N= 20) e o igarapé São José com menor valor e a menor riqueza em gênero (N= 4) e abundâncias (22 espécimes). Em geral os igarapés que apresentaram os maiores escores de riqueza foram aqueles com IIIH acima de 0,7 considerados alterados a conservados (Tabela 2).

1 **Tabela 3.** Aspectos ambientais e média dos parâmetros físico-químicos dos tributários do Rio Itapecuru no Município de Caxias-MA.

Código	Local/Igarapés	Alt (M)	Latitude	Longitude	ProfM. (m)	LargM (m)	VelM (cm/s)	VazãoM (m3/s)	CondM (µS/cm)	pH	Temp (°C)
P1	Limpeza	59	4°38'28.04" S	43°26'45.13"W	0,27	4,43	0,24	0,41	51,4	6,5	27
P2	Lamego	64	4°48'55.03" S	43°20'37.95"W	0,18	1,24	0,33	0,12	40,6	5,1	25,5
P3	Cabeça	73	5°0'49.10" S	43°24'13.85" W	0,1	4,14	0,12	0,07	132,5	6,55	26,5
P4	Sanharó	103	4°52'1.10" S	43°23'29.17" W	0,25	1,93	0,21	0,1	24,95	4,7	25,75
P5	Riachão	53	4°56'8.59" S	43°21'26.65" W	0,33	4,54	1,54	2,3	1	6,8	27
P6	Correntinho	67	4°49'36.79" S	43°22'37.68" W	0,11	1,96	0,25	0,047	42,4	6,7	26
P7	Riacho dos Cocos	127	4°46'56.56" S	43°22'27.01" W	0,25	1,5	0	0	64,15	5,65	26
P8	Batatal	68	4°57'4.21" S	43°23'13.00" W	0,31	1,98	0	0,07	104,2	6,2	26,5
P9	Itapecuruzinho	72	4°53'41.51" S	43°21'22.82" W	0,215	3,2	0,44	0,31	1	7,15	26
P10	Ponte	60	4°52'43.40" S	43°21'53.62" W	0,15	3,51	0,27	0,15	72,05	6,95	25,75
P11	Planaçúcar	71	4°54'24.87" S	43°21'45.23"W	0,21	2,43	0,24	0,12	51,3	6,45	24
P12	Poraquê	53	5°2'43.59" S	43°24'30.91"W	0,19	3,27	0,16	0,12	35,4	6,6	26
P13	São José	70	4°51'18.75" S	43°20'23.92" W	0,19	3,19	0,2	0,13	107,5	6	25,5
P14	Ouro	102	4°50'35.35"S	43°15'9.18"W	0,7	6,99	0,27	1,31	104,3	4,9	26

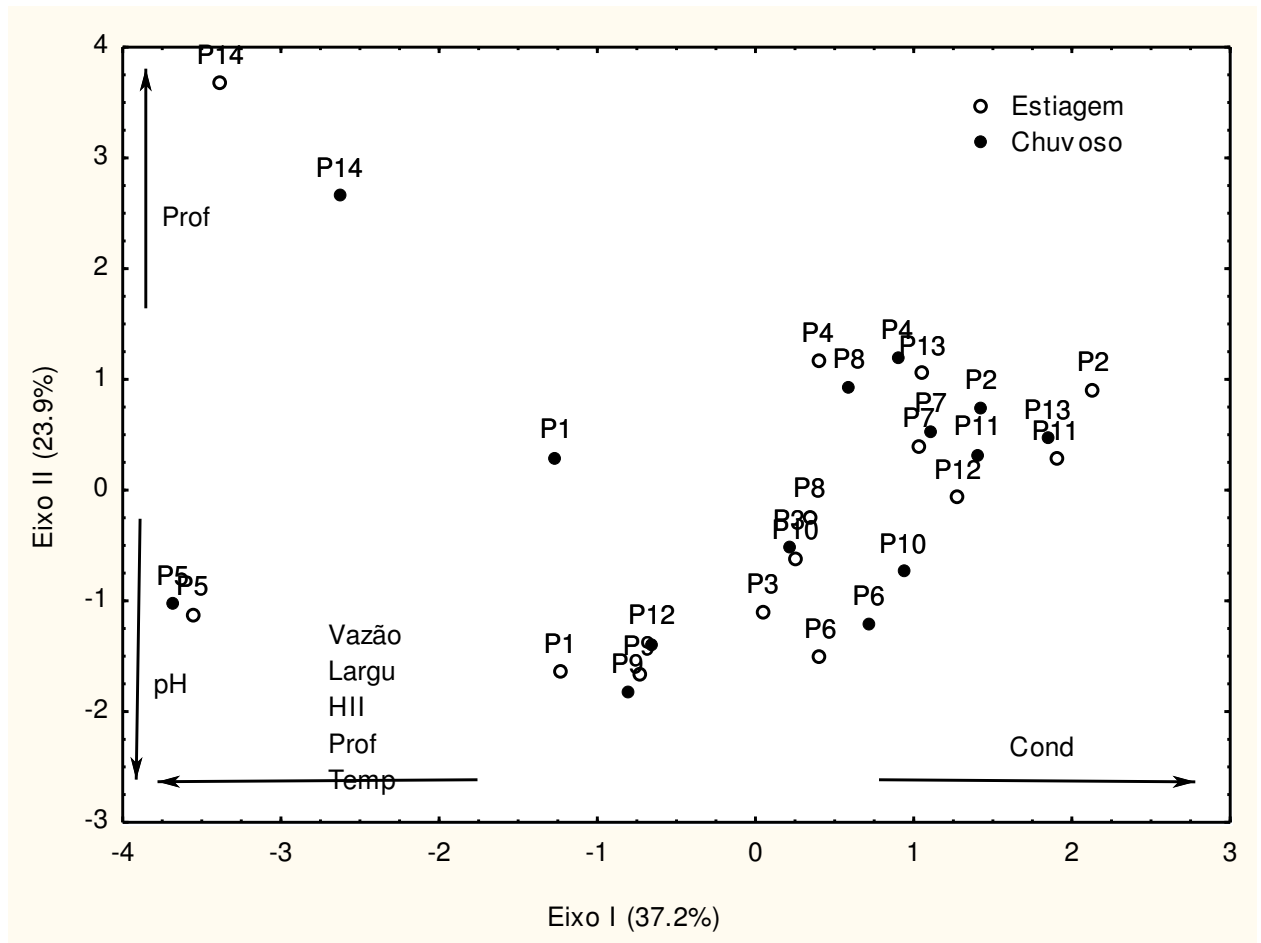
2 Nota: Alt= altitude. ProfM= profundidade média; LargM=largura média; VelM=velocidade média; CondM=condutividade média; pH=potencial
3 hidrogeniônico; Temp=temperatura.

4

3.3.4 Influencia das variáveis ambientais na disposição dos igarapés

A variação ambiental entre os igarapés foi realizada pela Análise de Componentes Principais (PCA), que explicou em seus dois primeiros eixos 61.12% da variação dos dados ambientais (Tabela 4). O PC1 explicou 37,24% da variação ambiental e foi correlacionada positivamente com a alta condutividade formando dois agrupamentos. O primeiro envolveu os igarapés: P3, P10, P8 e P6 e correlacionado a baixa vazão e profundidade. O segundo agrupamento relacionado positivamente ao eixo 1e compreende os igarapés: P2, P7, P11 e P12 com valores médios de condutividade e baixos valores para profundidade e vazão. E relacionado negativamente a PC1 o igarapé P5 não foi agrupado aos demais e apresentando baixo valor para condutividade, altos valores de largura, vazão, pH e o segundo maior índice de IIH (0,81). O eixo PC2 explicou 23,9% dos dados ambientais e formou dois agrupamentos. O primeiro foi correlacionado negativamente aos igarapés P1, P9 e P12 com valores médios de condutividade, baixa profundidade e largura de mais de 3 m. O segundo agrupamento relacionado a PC2 foi correlacionado positivamente com os igarapés P4, P8 e P13 que apresentaram em comum baixa vazão e estava relacionado ao eixo 2 o igarapé P14 que se manteve isolado por apresentar a maior profundidade, baixos valores de vazão e largura com mais de 2 metros (Figura 4).

- 1 **Figura 4.** Análise de Componentes Principais (PCA) dos fatores ambientais e físico-químicos
 2 em relação aos igarapés tributários do rio Itapecuru em Caxias-MA.



6 **Nota:** O nome de cada ponto consta na Tabela 2.

7

- 8 **Tabela 4.** Resultados descritivos da Análise de Componentes Principais (PCA) dos dados
 9 físico-químicos coletados nos riachos de Caxias.

Parâmetros ambientais	Eixo 1	Eixo 2
Prof. (m)	-0.652	0.675
Larg (m)	-0.768	0.057
Vazão (m ³ /s)	-0.875	0.15
Cond (μS/cm)	0.662	0.565
pH	-0.087	-0.861
Temp (°C)	-0.615	-0.291
III	-0.678	-0.209
Eigenvalue	12.389	1.008
% explicação	37,2	23,9
% acumulada	37,2	61,1
Broken-stick	5.12	3.146

8

3.3.5 Efeito dos parâmetros ambientais na riqueza e abundância de EPT

Ao avaliar o efeito dos parâmetros ambientais na riqueza de gêneros esses explicaram 53% dessa variação ($R^2= 0.530$; $F_{(3, 22)}= 9.018$ $p= 0.001$), com o modelo formado pelas variáveis IHH, pH e profundidade (Tabela 5). A análise dos coeficientes parciais mostrou efeito positivo somente para as variáveis IHH e pH. O efeito dos parâmetros ambientais sobre a abundância de indivíduos foi explicado com 39% dessa variação ($R^2= 0.386$; $F_{(4, 23)}= 3.613$ $p= 0.020$), sendo formado pela condutividade, IHH, pH e temperatura (Tabela 6).

Tabela 5. Efeito dos parâmetros ambientais sobre a riqueza de gêneros EPT

	Beta	Desvio Padrão	t(22)	p-value
Intercept			-2.656	0.014
IHH	0.539	0.144	3.734	0.001
pH	0.352	0.161	2.189	0.039
Prof	-0.204	0.161	-1.265	0.218

Tabela 6. Efeito dos parâmetros ambientais sobre a abundância de gêneros EPT

	Beta	Desvio Padrão	b*	p-value
Intercept			-2.134	0.044
Temp	0.235	0.177	1.327	0.198
pH	0.350	0.169	2.067	0.050
IHH	0.334	0.178	1.875	0.073
Cond	0.209	0.170	1.227	0.232

1 3.4 DISCUSSÃO

2 Dos fatores ambientais e físico-químicos analisados o pH e a integridade ambiental
3 afetaram a riqueza de EPT e o pH afetou a abundância, corroborando parcialmente nossa
4 hipótese. Nos dois casos as relações observadas foram positivas. Resultados similares foram
5 registrado em outros estudos (SURIANO; FONSECA-GESSNER, 2013) onde a maior
6 abundância e riqueza taxonômica de EPT foram obtidas em locais mais preservados ou em
7 locais mais heterogêneos (RIGHI-CAVALLARO et al. 2010; KAUFMANN; FAUSTINI,
8 2012). Este mesmo padrão foi encontrado em nosso estudo quando a avaliação foi realizada
9 em alguns estudos separadamente para as ordens Ephemeroptera (SIEGLOCH et al. 2014),
10 Trichoptera (PEREIRA et al. 2012; PES, 2005) e Plecoptera (TORRES; RESENDE, 2012).
11 Em nosso estudo os igarapés que apresentaram maior riqueza e abundância de EPT foram
12 aqueles com IHH mais elevado e pH próximo do neutro, como as condições observadas nos
13 Pontos 3, 9, 5 e 6 (Tabela 2).

14 Relações na estrutura das comunidades com as variáveis ambientais nem sempre são
15 significativas, pois dependem do gradiente de amplitude de variação contemplados no estudo,
16 como da frequência e intensidade dos impactos envolvidos. Como em estudo feito por
17 Nogueira et al. (2016) com a retirada de madeira de baixo impacto modificando as condições
18 ambientais locais como a vegetação ripária, sedimentação, aumento da temperatura da água e
19 a disponibilidade de habitat em floresta tropical na Amazônia, não ocasionou efeito sobre a
20 comunidade de Trichoptera, Plecoptera e Coleóptera. Isso se deve porque ambientes que
21 apresentam níveis intermediários de integridade e tenham vegetação ciliar, conseguem
22 preservar parte das condições de habitats prístinos, mantem parte da biodiversidade aquática,
23 o que pode contribuir de forma complementar para a preservação das espécies.

24 Muitas vezes os parâmetros ambientais podem não ter uma variação tão grande para
25 afetar a comunidade (BRASIL et al. 2013), mesmo que esses impactos causados pela
26 urbanização possam afetar a estrutura da comunidade aquática (COUCEIRO et al. 2012,
27 MONTEIRO JÚNIOR et al. 2014; 2015), mas algumas vezes podem não provocar mudanças
28 na comunidade de EPT. Hepp et al. (2013) estudando a fauna de EPT em igarapés da zona
29 urbana constatou que a distribuição dos insetos aquáticos foi afetada por alterações das
30 condições físicas e químicas causadas por atividades urbanas.

31 Nesse estudo, os níveis de perturbação não foram suficientemente severos para causar
32 a eliminação de EPT, uma vez que alguns gêneros de Baetidae (Ephemeroptera) como

1 *Americabaetis*, *Baetodes*, *Apobaetis* e *Cloeodes* apresentam tolerância às alterações no
2 ambiente quando as condições não são muito severas e estes organismos foram associados a
3 locais com valores de pH elevados. Em nosso trabalho *Americabaetis* foi encontrado em 13
4 dos 14 igarapés pesquisados e sua maior abundância foi encontrada no igarapé que apresentou
5 pH neutro e valor intermediário do IIIH, e confirma seu caráter tolerante a impactos
6 antrópicos. Os gêneros *Baetodes* e *Apobaetis* não foram encontrados neste trabalho e
7 *Cloeodes* foi representado por apenas um indivíduo.

8 Dentre os parâmetros físico-químicos analisados nesse estudo a temperatura da água
9 não influenciou na riqueza e abundância de ETP. Em regiões tropicais onde a incidência solar
10 e a temperatura são praticamente constantes ao longo do ano como observada na região do
11 nosso estudo, parece não ser um fator-chave na estruturação e distribuição de organismos
12 aquáticos, entretanto, pode influenciar outros parâmetros como o pH, oxigênio dissolvido e a
13 condutividade (WOLF et al. 1998) pois, o aumento da temperatura eleva a condutividade,
14 baixa o pH e diminui a capacidade de solubilização do O₂ (ESTEVES, 1998).

15 O aumento da temperatura nos ambientes aquáticos induz o amadurecimento mais
16 rápido dos adultos e larvas na formação de indivíduos adultos em tamanho menor que o
17 normal (HOGG; WILLIAMS, 1996), ocasionar emergência assíncrona entre machos e fêmeas
18 o que compromete o encontro entre parceiros no processo de reprodução (LI et al. 2011).
19 Modificações na temperatura podem afetar organismos aquáticos quanto ao crescimento,
20 migração, desova e incubação dos ovos resulta na diminuição da abundância e na extinção
21 local das espécies mais sensíveis às novas condições ambientais criadas (CETESB, 2009).

22 O pH, a condutividade e a temperatura estão fortemente correlacionados, sendo a
23 condutividade elétrica um fator diretamente proporcional ao teor de sólidos dissolvidos sob a
24 forma de íons (ESTEVES (1998). Esses parâmetros podem estar associados à natureza
25 geológica da bacia de drenagem (LEITE, 2001), a alternância do regime pluviométrico e
26 aumentar à medida que aumenta os sólidos dissolvidos na água, representando uma medida
27 indireta da concentração de poluentes (PEREZ, 2003). Valores de condutividade acima de
28 100 µS/cm são indicativos de contaminação orgânica (BRIGANTE; ESPINOLA, 2003).

29 Bispo et al. (2006) em estudo com EPT no estado de Goiás, Brasil sugeriu que valores
30 de pH e condutividade não tiveram efeito direto sobre a distribuição desta fauna, pois a
31 variação destes parâmetros não foi intensa (pH: 7,4-8,4 e CE: 8,6-29,4 µS/cm) diferente do
32 nosso estudo (pH: 4,7-7,15 e CE: 1-132,5 µS/cm) que evidenciou que os igarapés que

1 apresentaram condutividade média acima de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e pH mais ácido apresentaram as
2 menores riqueza e abundância de EPT e baixo índice de integridade.

3 Estudos de coexistência de espécies retratam que variação na vazão e profundidade
4 dos igarapés, largura e preservação da mata ciliar contribuem para uma maior
5 heterogeneidade ambiental, e favorece a maior variedade de nichos que permite a coexistência
6 de maior número de espécies (BRAUN et al. 2014; SILVEIRA, 2004). A elevada
7 profundidade parece exercer efeito negativo sobre as abundâncias de macroinvertebrados
8 aquáticos em resposta a maior quantidade de sedimento fino o que pode explicar a baixa
9 riqueza de gêneros em alguns igarapés (NOGUEIRA et al. 2011; FULAN et al. 2009).

10 Igarapés situados na zona urbana apresentaram impactos provenientes de atividades
11 antrópicas comuns à maioria dos cursos d'água como área de lazer, fragmentação e quebra
12 frequente da mata ciliar, lançamento de resíduos sólidos e esgotos domésticos não tratados.
13 Eles receberam IIIH de conservação de médio a baixo. Os igarapés urbanos em geral
14 apresentaram este padrão e o igarapé com o menor IIIH situado na região periférica da zona
15 urbana, apresentou um quadro de degradação em área de pastagem.

16 A Baixa riqueza de EPT em área de pastagem foi verificado por Nessimian et al.
17 (2008) em igarapés da Amazônia ao avaliar os efeitos de mudanças na paisagem sobre a
18 estrutura e funcionamento de comunidades de macroinvertebrados bentônicos em áreas
19 florestadas (primárias e secundárias) e de pastagens. A remoção da vegetação ciliar para a
20 formação de pastagens é uma prática comum na pecuária e agricultura (DINIZ-FILHO et al.
21 2009). A sua remoção permite a entrada de matéria orgânica proveniente de descargas
22 residuais no sistema, principalmente dos fluxos urbanos que diminui a complexidade de
23 habitat e nicho disponível, o aumento da temperatura local (SENSOLO et al. 2012),
24 diminuição da qualidade da água e biodiversidade aquática (MILESI et al. 2008; SOUZA et
25 al. 2011; HEPP et al. 2013). Fato este constatado pelo presente estudo quanto a estes
26 parâmetros observado a diminuição de gêneros EPT nos sistemas mais alterados (menor IIIH).

27 Segundo Dias-Silva et al. (2010) os organismos das ordens EPT mostraram-se
28 sensíveis às variações na composição química da água e quando as modificações ocorrem no
29 ambiente o principal resultado é a diminuição na diversidade de espécies, eliminando as
30 espécies mais sensíveis e aumentando o número de indivíduos tolerantes em condições
31 alteradas. Por serem organismos com pouca capacidade de dispersão, a destruição do hábitat,
32 a poluição e mudanças climáticas devido aos impactos humanos podem ocasionar a perda da

1 biodiversidade local (NICÁCIO; JUEN, 2015). Portanto, uma das principais formas de manter
2 a integridade dos sistemas aquáticos é garantir que preservação da mata ciliar, uma vez que
3 ela protege os sistemas hídricos, e age como filtro e evita que os impactos que ocorrem na
4 bacia de drenagem cheguem ao corpo d'água.

5

6 **3.5 CONSIDERAÇÕES**

7

8 Considerando que os impactos antropogênicos sobre os sistemas hídricos afetam a
9 biodiversidade aquática, pode-se reduzir a riqueza das assembleias locais de EPT que são dos
10 táxons aquáticos mais sensíveis a alguns impactos, a preservação das condições ambientais e
11 físico-químicas necessárias à manutenção dos serviços ecossistêmicos é fundamental aos
12 organismos que habitam os sistemas lóticos.

13 A riqueza e abundância de EPT observada em cada tributário do rio Itapecuru refletem
14 o estado de alta ou baixa integridade que os igarapés se encontram, quanto maior a
15 integridade maior foi à riqueza e abundância de EPT. Os riachos que apresentaram alterações
16 em seus parâmetros ambientais e físico-químicos além de baixo índice de integridade, em
17 geral apresentaram menores valores de riqueza e abundância de EPT. Os dados aqui
18 apresentados podem servir de referência para futuros estudos de biomonitoramento dos cursos
19 d'água não só do município de Caxias-MA, mas de outras regiões que passam pelas pressões
20 antrópicas sobre estes recursos.

21 Sendo assim, sugere-se:

- 22 • Aplicação e fiscalização das leis de proteção aos recursos hídricos como reza a lei dos
23 recursos hídricos do Brasil e do Estado da Maranhão;
- 24 • Participação das comunidades locais nas ações de recuperação de nascentes e manutenção
25 dos cursos d'água;
- 26 • Incentivos fiscais às propriedades que fazem uso da terra aos que respeitarem a legislação
27 de proteção dos recursos hídricos,
- 28 • Ampliação da rede de captação e tratamento das águas residuais na zona urbana

29

1 **4 EFEITO DO SUBSTRATO E MESOHABITAT NA DISTRIBUIÇÃO DOS GRUPOS**
 2 **FUNCIONAIS DE INSETOS AQUÁTICOS NO LESTE MARANHENSE BRASIL**

3
 4 Autores: CASTRO¹, E. R.; AZEVÊDO, C. A. S²; JUEN, L.³

5
 6 ¹Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade, Ambiente e Saúde, Universidade Estadual do Maranhão,
 7 Caxias - MA, Brasil, Laboratório de Entomologia Aquática. Centro de Estudos Superiores de Caxias. Morro do
 8 Alecrim. Caxias-MA, CEP 65604-380. elizcastro_05@yahoo.com.br

9 ¹Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade, Ambiente e Saúde, Universidade Estadual do Maranhão,
 10 Caxias - MA, Brasil, Laboratório de Entomologia Aquática. Centro de Estudos Superiores de Caxias. Morro do
 11 Alecrim. Caxias-MA, CEP 65604-380. casazevedo@yahoo.com.br

12 ² Programa de Pós-Graduação em Zoologia, Universidade Federal do Pará; Museu Paraense Emílio Goeldi,
 13 Caixa Postal 399, Belém, Pará CEP 66040-170, Brasil. leandrojuen@ufpa.br
 14
 15

16 **RESUMO**

17
 18 O estudo dos Grupos Funcionais de Alimentação (GFA) pode indicar a disponibilidade de
 19 recurso alimentar em um riacho e sua variação evidencia alterações no ecossistema que pode
 20 ser reflexo da qualidade das águas. A presença de insetos aquáticos das Ordens
 21 Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera são indicativos de qualidade ambiental por serem
 22 exigentes quanto à concentração de oxigênio na água, possuem grande diversidade de
 23 habitats e substratos e utilizados em programas de biomonitoramento dos recursos hídricos.
 24 Analisar a fauna EPT associada aos Grupos Funcionais de Alimentação mostra como está a
 25 qualidade dos ambientes lóticos devido as ações antrópicas que vêm afetando a qualidade das
 26 águas e a distribuição e riqueza em especial os insetos aquáticos e sua biodiversidade. O
 27 objetivo deste trabalho foi verificar a distribuição dos grupos funcionais de alimentação
 28 (GFA) da fauna de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT) em tributários do Rio
 29 Itapecuru, em Caxias-MA, Brasil, avaliando o efeito do mesohabitat (correnteza/remanso) em
 30 diferentes substratos (folha, raiz, pedra, macrófita e tronco). O mesohabitat de correnteza e o
 31 substrato folhas apresentaram a maior riqueza e abundância de EPT. Na classificação por
 32 grupos funcionais de alimentação fragmentadores e predadores foram raros e o grupo
 33 predominante foi de coletor-catador sugerindo que nos igarapés pesquisados há um alto índice
 34 de matéria orgânica dissolvida. Foi agregado informações bioecológica sobre os gêneros EPT
 35 e grupos funcionais de alimentação, dados importantes para o monitoramento e conservação
 36 de igarapés.

37 **Palavras-chave:** 1. Associações. 2. Bioecológicas. 3. Bioindicadores. 4 Correnteza.

38
 39
 40
 41
 42

ABSTRACT

The study of Functional Feeding Groups (GFA) may indicate the availability of food resources in a stream and its variation shows changes in the ecosystem that may reflect the quality of water. The presence of the Aquatic insects of Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera Orders mainly in streams are indicative of good environmental quality, because they have high requirements as to the concentration of oxygen in the water, live in great diversity of habitats and substrates for use in biomonitoring programs of resources water. The analysis of the EPT fauna associated with Functional Feeding Groups are shown as good predictors in assessing the quality of lotic environments as human actions are affecting water quality and consequently the distribution and richness of benthic organisms especially aquatic insects and their biodiversity. The objective of this study was to investigate the distribution of functional feeding groups (FFG) of Ephemeroptera fauna, Plecoptera and Trichoptera (EPT) in tributaries of the Itapecuru River in Caxias-MA, Brazil The effect of mesohabitat (flow / pool) on different substrates (leaf, root, stone, vascular hydrophytes and wood). The flow mesohabitat and the substrate leave was present the greater richness and abundance of EPT. In the classification by functional feeding groups of shredders and predators were rare and the predominant group was collector-collector suggesting that there is in the surveyed streams a high level of dissolved organic matter. In addition to added-bio-ecological information on the EPT and functional feeding groups genus that are important data for monitoring and conservation of streams.

Key words: 1. Associations. 2. Bioecological. 3. Bioindicators. 4. Flow

1 4.1 INTRODUÇÃO

2

3 Os insetos nos ecossistemas aquáticos são importantes na degradação do material
4 alóctone (SANTOS; RODRIGUES, 2015) e na ciclagem de nutrientes (WALLACE;
5 WEBSTER, 1996). Por converter a matéria orgânica em proteína viva tornando os recursos
6 alimentares disponíveis para outros níveis tróficos é um importante recurso nas teias
7 alimentares (UIEDA et al. 2016).

8 Dentre os insetos aquáticos as ordens Ephemeroptera, Plecoptera e Tricoptera (EPT),
9 são comuns em sistemas lóticos de baixas e média ordens (BISPO et al. 2001) e sua presença
10 nos ambientes aquáticos são um bom indicativo da qualidade ambiental, por esses organismos
11 possuírem alta exigência quanto à concentração de oxigênio, viver em uma diversidade de
12 habitats como folhas, raízes, troncos caídos, areia, cascalhos, macrófitas e matacão
13 (GOULART; CALLISTO, 2003; BARCELOS-SILVA, 2014) e em ambiente lóticos e
14 lênticos limpos e bem oxigenadas (SPRINGER, 2010; PAPROCKI, 2012).

15 Os imaturos de EPT por apresentarem baixa mobilidade, permite que as comunidades
16 aquáticas estabelecidas, sejam influenciadas pelos fatores físico-químicos e ambientais, dentre
17 eles a velocidade da correnteza, altitude, temperatura, pH, condutividade e concentração de
18 oxigênio disponibilidade de alimento, tipos de substratos (SILVEIRA 2006; CRISCI-BISPO
19 et al. 2007), fatores bióticos (interações comportamentais e tróficas), geográficos (latitude,
20 longitude e barreiras físicas), variabilidade climática e produtividade ambiental (BEGON et
21 al. 2006), fatores que podem influenciar na abundância, riqueza e a composição de espécies.

22 Nos ambientes aquáticos, fator como a velocidade da correnteza influencia no
23 tamanho das partículas e dos substratos, na quantidade de alimento disponível e na liberação e
24 remoção de nutrientes no ecossistema (WARD, 1992). O tipo de substrato influencia na
25 distribuição de macroinvertebrados, na integridade ambiental ou no efeito sazonal (BUSS et
26 al. 2004) devido a maior abundância de organismos estarem relacionadas à oferta de
27 substratos heterogêneos, servir de proteção, alimento e local de reprodução (oviposição)
28 (BALDAN, 2006; TELES et al. 2013; BENTES et al. 2014).

29 A estrutura da comunidade pode ser influenciada pelas características do habitat
30 devido a determinados aspectos morfológicos, comportamentais ou fisiológicos das espécies
31 que permitem aos insetos sucesso em um dado ambiente por apresentarem características

1 requeridas a sua sobrevivência e eliminar os menos aptos dentro da comunidade
2 (SOUTHWOOD, 1977).

3 Nos ecossistemas lóticos a funcionalidade alimentar é um instrumento importante de
4 avaliação das condições ambientais locais devido às associações entre o comportamento e a
5 disponibilidade de recursos alimentares (CUMMINS et al. 2005; BRASIL et al. 2014). De
6 acordo com a forma de aquisição de alimento, a morfologia bucal e do comportamento
7 individual, os insetos aquáticos são classificados em grupos funcionais de alimentação (GFA)
8 ou (*Functional Feeding Groups* - FFG) sendo: fragmentadores (detritívoros e herbívoros),
9 coletores (catadores e filtradores), raspadores, sugadores-herbívoros e predadores (MERRITT
10 et al, 2014).

11 Dentre os grupos funcionais, os fragmentadores que transformam matéria orgânica
12 particulada grossa (MOPG > 1mm) em matéria particulada fina (MOPF < 1mm), divide-se em
13 fragmentadores-detritívoros e fragmentadores-herbívoros (MERRITT et al. 2014). A sua
14 ocorrência se deve a presença da mata ciliar e a abundância de substratos orgânicos
15 (CUMMINS et al. 2005), sendo abundantes em igarapés ou riachos de 1º a 3º ordem, e
16 frequentes tanto em ambientes de corredeira como remanso. Os insetos fragmentadores
17 associados aos decompositores, peixes e outros invertebrados aquáticos, são importantes na
18 fragmentação de folhas e detritos tornando-os disponíveis para a fauna coletora (MERRITT et
19 al. 2014) essenciais à transferência de energia nos ecossistemas aquáticos.

20 Os coletores-filtradores se alimentam por filtração, capturam pequenas partículas de
21 matéria orgânica em suspensão (MERRITT et al. 2014), ficando associados aos substratos
22 retidos em correnteza. Os coletores-catadores associam-se aos substratos com baixo fluxo de
23 água (CUMMINS et al. 2005), e ingerem detritos e materiais vegetais depositados no fundo
24 (DARROW; PRESS, 1989). Os raspadores vivem em superfícies duras, alimentam-se de
25 algas, bactérias, fungos e matéria orgânica morta aderida aos substratos rochoso ou pedregoso
26 e vegetação submersa em áreas de correnteza e remanso (WALLACE; WEBSTER, 1996), os
27 mesmos habitam locais com maior produção autóctone e perifíton, locais abertos com maior
28 entrada de luz (VANNOTE et al. 1980; CUMMINS et al. 2005).

29 Os insetos sugadores-herbívoros alimentam-se de substâncias retiradas do citoplasma
30 de algas filamentosas ou plantas aquáticas enraizadas em áreas de remanso (MERRITT et al.
31 2014), tendo como principais representantes dentre os ETPs a família Hydroptilidae
32 (Trichoptera) (MERRITT et al. 2008). Os predadores engolem sua presa inteira ou ingerem os

1 fluidos do tecido corporal e sua distribuição geralmente está associada à disponibilidade de
2 presas, a abundância de fragmentadores, coletores-catadores, filtradores e raspadores
3 (VANNOTE et al. 1980, CUMMINS et al. 2005; BRASIL et al. 2014).

4 Dentre os substratos disponíveis em sistemas lóticos as macrófitas contribuem para
5 uma maior heterogeneidade de hábitat, por servir de abrigo e alimento para diversas espécies
6 como sugadores-herbívoros e fragmentadores (MARGALEF, 1983; THOMAZ et al. 2008).
7 Pedras abrigam uma grande quantidade de coletores e raspadores que costumam se alimentar
8 de perifíton associado (CUMMINS et al. 2005) e considerado o substrato com maior
9 diversidade (ALLAN, 1995). Materiais alóctones como folhas, troncos e fragmentos das
10 árvores costumam apresentar abundância de coletores-filtradores, fragmentadores e coletores-
11 catadores. As raízes oriundas de árvores marginais dos ambientes aquáticos são importantes
12 substratos para os insetos aquáticos como os fragmentadores (SALLES; FERREIRA-
13 JÚNIOR, 2014). E os organismos predadores encontram-se onde houver a disponibilidade de
14 presas (VANNOTE et al. 1980; SHIMANO et al. 2012; MERRITT et al. 2014).

15 Esses substratos podem ser colonizados por vários táxons ao mesmo tempo. Muitos
16 táxons podem colonizar mais de um substrato, isso depende do grupo funcional ao qual
17 pertencem, pois, o tipo de habitat afeta a disponibilidade de alimento. Habitat de correnteza
18 costumam abrigar coletores-filtradores, raspadores e predadores e hábitats de remanso uma
19 fauna rica em coletores-catadores, fragmentadores e predadores, (SHIMANO et al. 2012).
20 Assim, tanto os substratos quanto os mesohabitats (correnteza e remanso) são importantes
21 para os insetos, por abrigarem desde coletores-filtradores, raspadores e predadores em áreas
22 de correnteza a coletores-catadores, fragmentadores e predadores em áreas de remanso
23 (SHIMANO et al. 2012).

24 A alternância entre mesohabitat de correnteza e remanso define a disponibilidade
25 espacial dos substratos em escala local (MINSHALL, 1984), onde locais de correntezas
26 apresentam maior velocidade da água e oxigênio e remansos pouco movimento ou águas
27 paradas e menor oxigenação. Estudos de Fidelis et al. (2008); Rezende, (2007) e Buss et al.
28 (2004) retratam que os substratos em áreas de correnteza apresentam maior abundância e
29 riquezas de macroinvertebrados em comparação aos encontrados em áreas de remanso.

30 Portanto, o objetivo deste estudo foi verificar a distribuição dos grupos funcionais de
31 alimentação da fauna de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera que ocorrem em tributários
32 do Rio Itapecuru, avaliando o efeito do mesohabitat (corredeira ou remanso) em diferentes

1 tipos de substratos (folha, raiz, pedra, macrófita e tronco). O estudo visou testar a hipótese que
2 a composição, abundância e riqueza de EPT sofrem efeito do tipo de substrato e do
3 mesohabitat (correnteza e remanso) disponível e espera-se que ocorra maior riqueza e
4 abundância de ETP no substrato folha e mesohabitat correnteza, visto que o material alóctone
5 apresenta maior abundância de insetos coletores-filtradores, coletores catadores e
6 fragmentadores.

7 Além disso, áreas de correnteza apresentam uma maior disponibilidade de oxigênio
8 dissolvido, sendo um recurso importante para as assembléias de EPT (SALLES; FERREIRA-
9 JÚNIOR, 2014; GOULART; CALLISTO, 2003). Por outro lado, os substratos macrófitas e
10 tronco provavelmente apresentará menor riqueza e abundância de EPT, por esses substratos
11 em ambientes lóticos serem considerados instáveis e não apresentarem alta abundancia.
12 Quanto ao mesohabitat de remanso espera-se encontrar baixa riqueza e abundância de EPT,
13 por esse mesohabitat possuir menor disponibilidade de oxigênio dissolvido e ser um fator
14 limitante para estas ordens.

15

16 **4.2 Análise dos dados**

17

18

19 Em cada igarapé foi usado como uma amostra, com cinco subunidades no mesmo
20 igarapé e no mesmo período do ano. As amostras foram tratadas como apenas uma única
21 replica. Para garantir maior variação ambiental, e garantir maior acurácia na captura da
22 biodiversidade as amostras realizadas na estiagem e na estação chuvosa foram consideradas
23 como unidades independentes e portanto, aumentam a probabilidade de capturar maior
24 gradiente de variação das condições ambientais.

25 A abundância e riqueza de gêneros e a sua relação com os tipos de substrato e a relação
26 com os mesohabitat, foi verificada pela Análise da Variância de dois fatores (ANOVA). Os
27 pressupostos de homogeneidade e de distribuição normal foram avaliados. Quando a análise de
28 variância detectou diferenças foi usado o teste a posteriori de Tukey HSD (ZAR, 2008)
29 constatando a diferença entre as amostras. Para avaliar a composição e distribuição de EPT por
30 substrato e mesohabitat foi utilizado o método de Escalonamento Multidimensional Não-
31 Métrico (NMDS). A matriz de distância de Bray-Curtis foi usada e para que todas as espécies
32 pudessem contribuir de forma similar na análise os dados de abundância foram previamente
33 transformados usando $\log+1$.

34 A associação entre os tipos de substratos e o mesohabitat foi verificada pela análise
35 indicadora de espécie (*Indicator Value Method – IndVal*) (DE CÁCERES; LEGENDRE,

1 2009), por esse índice medir o grau de especificidade (relação da espécie com uma variável
2 específica) e o grau de fidelidade (sempre que a variável específica ocorrer a espécie está
3 presente) em relação a uma categoria ambiental (HENRIQUES-OLIVEIRA; NESSIMIAN,
4 2010; SHIMANO et al. 2012).

5 As médias da abundância e riqueza de GFA por substrato foram testados por ANOVA.
6 Os substratos macrófitas e tronco e os grupos funcionais fragmentador e predador foram
7 retiradas para permitir atender aos pressupostos de homogeneidade das variâncias e
8 normalidade (ZERLIN, 2011). Dos grupos restantes foi necessário retirar outliers para atender
9 os pressupostos do teste além de ter sido realizado a logaritmização dos valores da abundância.
10 O teste de TUKEY foi utilizado para definir quais tratamentos diferiam entre si, mostrando a
11 significância dos mesmos (ZAR, 2008).

12 Para essas análises utilizou-se o software de livre distribuição R 3.2.0 (R Development
13 Core Team, 2015), usando os pacotes MASS, Vegan e IndcSpecis.

14
15
16

4.3 RESULTADOS

Foram coletados 6634 imaturos das ordens Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera. A ordem Trichoptera apresentou maior abundância com 3.949 espécimes, Ephemeroptera 2.675 espécimes e Plecoptera 10 espécimes. A ordem com maior riqueza de gêneros foi Ephemeroptera com seis famílias e 25 gêneros. Trichoptera seis famílias e 13 gêneros e Plecoptera uma família e um gênero (Tabela 7).

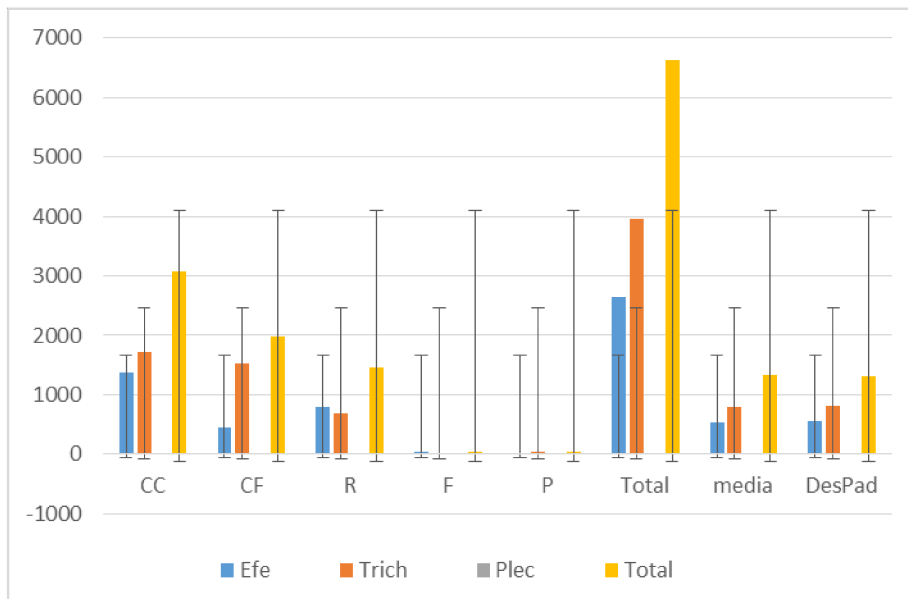
Para Trichoptera a maior abundância foi encontrada para os gêneros *Leptonema* com 21,51%, *Chimarra* 13, 91 %, *Smicridea* 11,02% e *Helicopsyche* 10,02%. Na ordem Ephemeroptera a maior abundância foi para os gêneros *Callibaetis* 6,65%, *Asthenopus* 6, 23%, *Traverhyphes* 5,87%, *Americabaetis* 5,11%, *Farrodes* 4,96% e *Caenis* com 3,87% e Plecoptera com um gênero (*Anacroneuria*) com 10 espécimes (Tabela 7).

4.3.1 Grupos Funcionais de Alimentação e EPT

Dentre os grupos funcionais de alimentação (GFA) os mais abundantes nos igarapés foram coletor-catador com 46,47% (n=3083), coletor-filtrador 29,91% (n=1984) e raspador 22,17% (n=1471), sendo os fragmentadores 0,72% (n=48) e predadores 0,72% (n=48) os menos representativos (Figura 5).

A ordem Trichoptera apresentou maior abundância entre coletores-catadores (1719), seguido de coletor-filtrador (1531) e raspadores (680), sendo os predadores raros, com dois gêneros (29 espécimes) e ausente de fragmentadores. A ordem Plecoptera foi representada por um gênero predador (10 espécimes). A ordem Ephemeroptera obteve maior abundância em relação aos grupos coletores-catadores (1364 espécimes), raspadores (791), coletores-filtradores (453) e fragmentadores (48). (Figura 5).

- 1 **Figura 5.** Abundância de grupos funcionais de alimentação coletados em tributários do rio
 2 Itapecuru em Caxias – MA.



3

4 **Nota:** As médias são representadas pelas colunas e o desvio padrão pelas barras.

5

6

7 4.3.2 Caracterização dos igarapés

8

9 Os tributários do rio Itapecuru observados neste estudo, estão em região de baixa
 10 altitude entre 53 e 127 metros. Os igarapés apresentaram-se com profundidade média (0,1 a
 11 0,7 m), com largura média entre 1,5 e 6,99 m, a velocidade da água variou entre zero (sem
 12 correnteza) e 1,54 cm/s, a vazão entre zero e 1,31 m³/s, a condutividade com maior variação
 13 (1 a 132,5 μ S/cm), pH entre ácido e neutro (de 4,7 a 7,15) e a temperatura esteve entre 24 °C e
 14 27°C (Tabela 8).

15

- 1 **Tabela 7.** Lista das famílias/gêneros de EPT por grupos funcionais de alimentação coletados em tributários do rio Itapecuru, Caxias, MA, fontes
 2 e frequência de coletas por gêneros.

Ordem/Família	Gênero	GFA	Fontes	Total	%
Ephemeroptera					
Baetidae	<i>Americabaetis</i> Kluge, 1992	CC	Cummins et al. 2005; Merritt et al. 2008; Shimano et al. 2012	339	5,11
	<i>Cloeodes</i> Traver, 1938	R	Baptista et al. 2006; Shimano et al. 2012	1	0,01
	<i>Paracloeodes</i> Day, 1955	CC	Cummins et al. 2005	1	0,01
	<i>Camelobaetidius</i> Demoulin, 1966	R	Baptista et al. 2006	16	0,24
	<i>Callibaetis</i> Eaton, 1881	CC	Delong & Brusven (1998)	441	6,65
	<i>Guajirolo</i> Flowers, 1985.	CC	Cummins et al. 2005	143	2,16
	<i>Aturbina</i> Lugo-Ortiz & McCafferty, 1996	CC	Cummins et al. 2005; Shimano et al. 2012	2	0,03
	<i>Traverhyphes</i> Molineri, 2001	CC	Cummins et al. 2005	389	5,87
	<i>Tricorythodes</i> Ulmer, 2006	CC	Cummins et al. 2005	12	0,18
	<i>Tricorythopsis</i> Traver 1958	CC	Cummins et al. 2005	8	0,12
Leptohyphidae	<i>Leptohyphes</i> Eaton, 1882	CC	Molineri, 2003; Cummins et al. 2005; Merritt et al. 2008	13	0,2
	<i>Farrodes</i> Peters, 1971	R	Polegatto & Froehlich 2003	329	4,96
	<i>Miroculis</i> Edmunds, 1963	R	Polegatto & Froehlich 2003	44	0,66
	<i>Thraulodes</i> Ulmer, 1920	R	Polegatto & Froehlich 2003; Baptista et al. 2006; MERRITT et al. 2008;	17	0,26
	<i>Hagenulopsis</i> Ulmer, 1920	R	Polegatto & Froehlich 2003; Baptista et al. 2006	61	0,92
	<i>Hydrosmilodon</i> Flowers & Dominguez, 1992	CF	Polegatto & Froehlich 2003	22	0,33
	<i>Paramaka</i> Savage & Domínguez, 1992.	CF	Shimano et al. 2012	13	0,19
	<i>Homothraulius</i> Demoulim, 1955	CC/R	Henriques-Oliveira & Nessimian 2010	16	0,24
	<i>Ulmeritoides</i> Traver, 1959	F	Shimano et al. 2012	11	0,17
	<i>Simothraulopsis</i> Demoulin, 1966	R	Shimano et al. 2012	66	0,99
<i>Fittkaulus</i> Savage & Peters, 1978	F	Shimano et al. 2012	37	0,56	

Caenidae	<i>Caenis</i> Stephens, 1935	R	Francischetti et al. 2001; Merrit et al. 2008	257	3,87
Oligoneuridae	<i>Oligoneuria</i> Pictet 1843	C F	Cummins et al. 2005	2	0,03
Polymitarcidae	<i>Asthenopus</i> Eaton, 1871	CF	Salles 2006	414	6,24
	<i>Tortopus</i> Needham & Murphy 1924	CF	Salles 2006	2	0,03
Trichoptera					
Hydropsychidae	<i>Smicridea</i> McLachlan, 1871	CC	Spies et al 2006; Brasil et al 2014	750	11,31
	<i>Macrostemum</i> Kolenati, 1859	CF	Dudgeon 1989	104	1,57
	<i>Macronema</i> Pictet, 1836	CC	Spies et al 2006	8	0,12
	<i>Leptonema</i> Guérin-Méneville, 1843	CF	Henriques-Oliveira & Nessimian 2010; Brasil et al 2014	1427	21,51
	<i>Synoestropsis</i> Ulmer, 1905	P	Bentes et al. 2008	1	0,01
Helicopsychidae	<i>Helicopsyche</i> Siebold, 1856	R	Spies et al 2006; Henriques-Oliveira & Nessimian 2010; Brasil et al 2014	668	10,07
Hydroptilidae	<i>Neotrichia</i> Morton, 1905	R	Henriques-Oliveira & Nessimian 2010	12	0,18
	<i>Oxyethira</i> Eaton, 1873	CC	MERRITT et al. 2008;	37	0,56
Philopotamidae	<i>Chimarra</i> Stephens, 1829	CC	Spies et al 2006; Brasil et al 2014	922	13,91
Polycentropodidae	<i>Cernotina</i> Ross, 1938	P	Spies et al. 2006; Brasil et al. 2014	28	0,42
	<i>Cyrnellus</i> Banks, 1913	CC	Spies et al. 2006; Brasil et al. 2014	1	0,01
	<i>Polycentropus</i> Curtis, 1835	CF/P	Henriques-Oliveira & Nessimian 2010	9	0,14
Leptoceridae	<i>Nectopsyche</i> Müller, 1879	CC	Spies et al. 2006; Henriques-Oliveira & Nessimian 2010	1	0,01
Plecoptera					
Perlidae	<i>Anacroneuria</i> Klapálek 1909	P	Henriques-Oliveira & Nessimian 2010; Brasil et al. 2014	10	0,15
13	39			6634	100

1 Notas: GFA=Grupo Funcional de Alimentação. CC=coletor-catador. CF= coletor-filtrador. F=fragmentador. P= predador. R=raspador

1 **Tabela 8.** Aspectos ambientais e média dos parâmetros físico-químicos dos tributários do Rio Itapecuru no Município de Caxias-MA

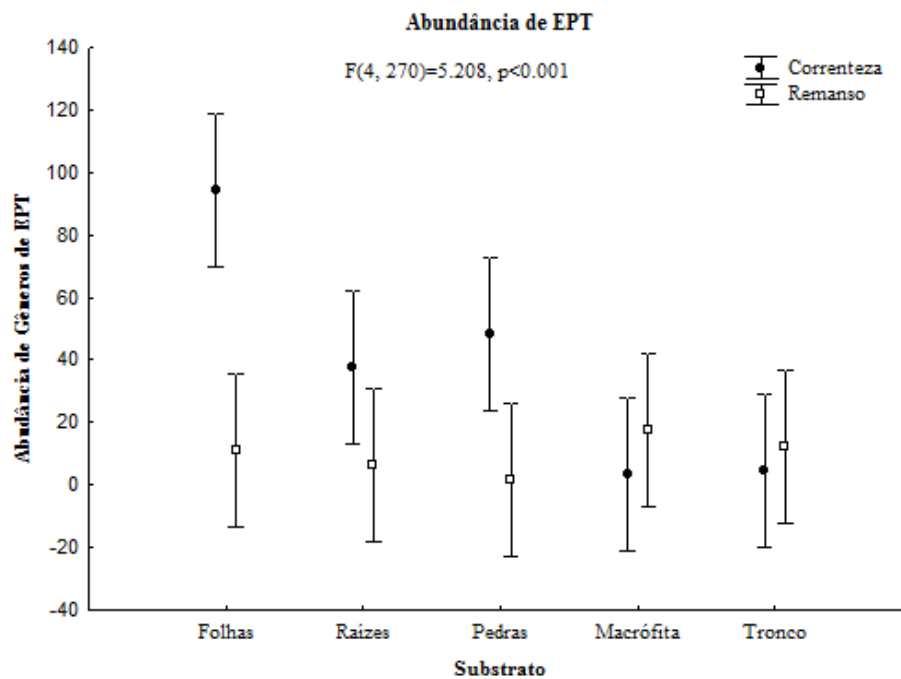
Código	Local	Alt (M)	Latitude	Longitude	ProfM(m)	LargM (m)	VelM (cm/s)	VazãoM (m3/s)	CondM (µS/cm)	pH	Temp (°C)
P1	Limpeza	59	4°38'28.04" S	43°26'45.13"W	0,27	4,43	0,24	0,41	51,4	6,5	27
P2	Lamego	64	4°48'55.03" S	43°20'37.95"W	0,18	1,24	0,33	0,12	40,6	5,1	25,5
P3	Cabeça	73	5°0'49.10" S	43°24'13.85" W	0,1	4,14	0,12	0,07	132,5	6,55	26,5
P4	Sanharó	103	4°52'1.10" S	43°23'29.17" W	0,25	1,93	0,21	0,1	24,95	4,7	25,75
P5	Riachão	53	4°56'8.59" S	43°21'26.65" W	0,33	4,54	1,54	2,3	1	6,8	27
P6	Correntinho	67	4°49'36.79" S	43°22'37.68" W	0,11	1,96	0,25	0,047	42,4	6,7	26
P7	Riacho Cocos	127	4°46'56.56" S	43°22'27.01" W	0,25	1,5	0	0	64,15	5,65	26
P8	Batatal	68	4°57'4.21" S	43°23'13.00" W	0,31	1,98	0	0,07	104,2	6,2	26,5
P9	Itapecuruzinho	72	4°53'41.51" S	43°21'22.82" W	0,215	3,2	0,44	0,31	1	7,15	26
P10	Ponte	60	4°52'43.40" S	43°21'53.62" W	0,15	3,51	0,27	0,15	72,05	6,95	25,75
P11	Planaçúcar	71	4°54'24.87" S	43°21'45.23"W	0,21	2,43	0,24	0,12	51,3	6,45	24
P12	Poraquê	53	5°2'43.59" S	43°24'30.91"W	0,19	3,27	0,16	0,12	35,4	6,6	26
P13	São José	70	4°51'18.75" S	43°20'23.92" W	0,19	3,19	0,2	0,13	107,5	6	25,5
P14	Ouro	102	4°50'35.35"S	43°15'9.18"W	0,7	6,99	0,27	1,31	104,3	4,9	26

1 4.3.3 Efeito do substrato e do mesohabitat na abundância de gêneros de EPT

2

3 A nossa hipótese que substrato e o mesohabitat afeta a abundância de EPT foi
 4 corroborada uma vez que o teste ANOVA dois fatores foi capaz de explicar a variação
 5 observada ($F_{(4, 270)}=5.208$, $p<0.001$). Onde o substrato folha no mesohabitat correnteza
 6 obteve maior abundância em comparação aos substratos, pedra e raízes em correnteza
 7 (Tabela 9), as demais variáveis não foram significativas (Tabela 9).

8 **Figura 6.** Efeito do substrato e mesohabitat na variação da abundância de EPT
 9 coletados em tributários do Rio Itapecuru, Leste Maranhense, Brasil.



10

11

1 **Tabela 9.** Variáveis utilizadas para o Teste de Tukey (HSD) avaliar a diferença do efeito
 2 do substrato e mesohabitat na abundância de gêneros EPT em tributários do Rio
 3 Itapecuru.

Substrato/ Mesohabitat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	94.286	11.143	37.71 4	6.2143	48.179	1.8214	3.2500	17.571	4.5000	12.2 50
1 Folhas Correnteza										
2 Folhas Remanso	0.000									
3 Raízes Correnteza	0.043	0.889								
4 Raízes Remanso	0.000	1.000	0.742							
5 Pedras Correnteza	0.208	0.525	0.999	0.336						
6 Pedras Remanso	0.000	0.999	0.571	1.000	0.202					
7 Macrófita Correnteza	0.000	0.999	0.629	1.000	0.241	1.000				
8 Macrófita Remanso	0.001	0.999	0.980	0.999	0.773	0.997	0.998			
9 Tronco Correnteza	0.000	0.999	0.678	1.000	0.279	1.000	1.000	0.999		
10 Tronco Remanso	0.000	1.000	0.912	0.999	0.570	0.999	0.999	1.000	0.999	

4

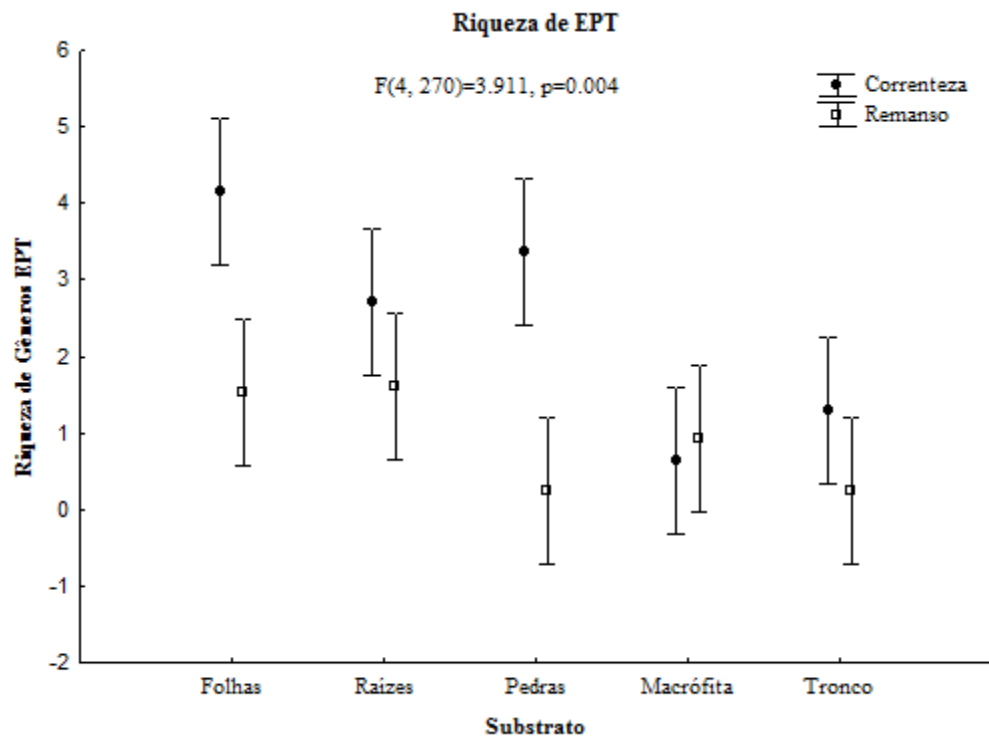
5 4.3.4 Efeito do Substrato e do Mesohabitat na riqueza de gêneros de EPT

6

7 A hipótese que o substrato e o mesohabitat afeta a riqueza de EPT foi
 8 corroborada uma vez que a variação observada ($F_{(4, 270)}=3.911$, $p<0.004$) foi
 9 significativa, tendo uma interação de efeito desses dois fatores. O substrato folha no
 10 mesohabitat correnteza obteve maior riqueza em comparação aos substratos, pedra e
 11 raízes em correnteza. As demais variáveis não foram significativas (Tabela 10).

12 No estudo o mesohabitat de correnteza apresentou maior riqueza nos substratos
 13 folha, pedra, raiz e tronco. Os substratos folha, raiz e pedra não apresentaram diferenças
 14 quanto ao mesohabitat correnteza. Tronco e macrófitas em correnteza foram similares
 15 em riqueza (Figura 7). Pedra e tronco foram similares no mesohabitat remanso. O
 16 mesohabitat correnteza foi significativo para tronco e remanso para macrófitas. As
 17 demais variáveis não foram significativas (Tabela 10).

- 1 **Figura 7.** Efeito dos substratos e do mesohabitat na variação da riqueza dos EPT em
- 2 tributários do Rio Itapecuru, Leste Maranhense, Brasil.



3

1 **Tabela 10.** Teste Tukey (HSD) para avaliar a diferença do efeito do substrato e do
 2 mesohabitat na riqueza de gêneros EPT em tributários do rio Itapecuru, Leste Maranhense,
 3 Brasil.

N	Substrato/ Mesohabitat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Folhas Correnteza	4.142	1.535	2.714	1.607	3.357	.2500	6428	.9285	1.285	2500
2	Folhas Remanso	0.006									
3	Raízes Correnteza	0.540	0.786								
4	Raízes Remanso	0.008	1.000	0.842							
5	Pedras Correnteza	0.979	0.192	0.995	0.242						
6	Pedras Remanso	0.000	0.687	0.012	0.615	0.000					
7	Macrófita Correnteza	0.000	0.954	0.076	0.926	0.003	0.999				
8	Macrófita Remanso	0.000	0.997	0.216	0.993	0.015	0.993	0.999			
9	Tronco Correnteza	0.001	0.999	0.540	0.999	0.076	0.889	0.995	0.999		
10	Tronco Remanso	0.000	0.687	0.012	0.615	0.000	1.000	0.999	0.993	0.889	

4

5

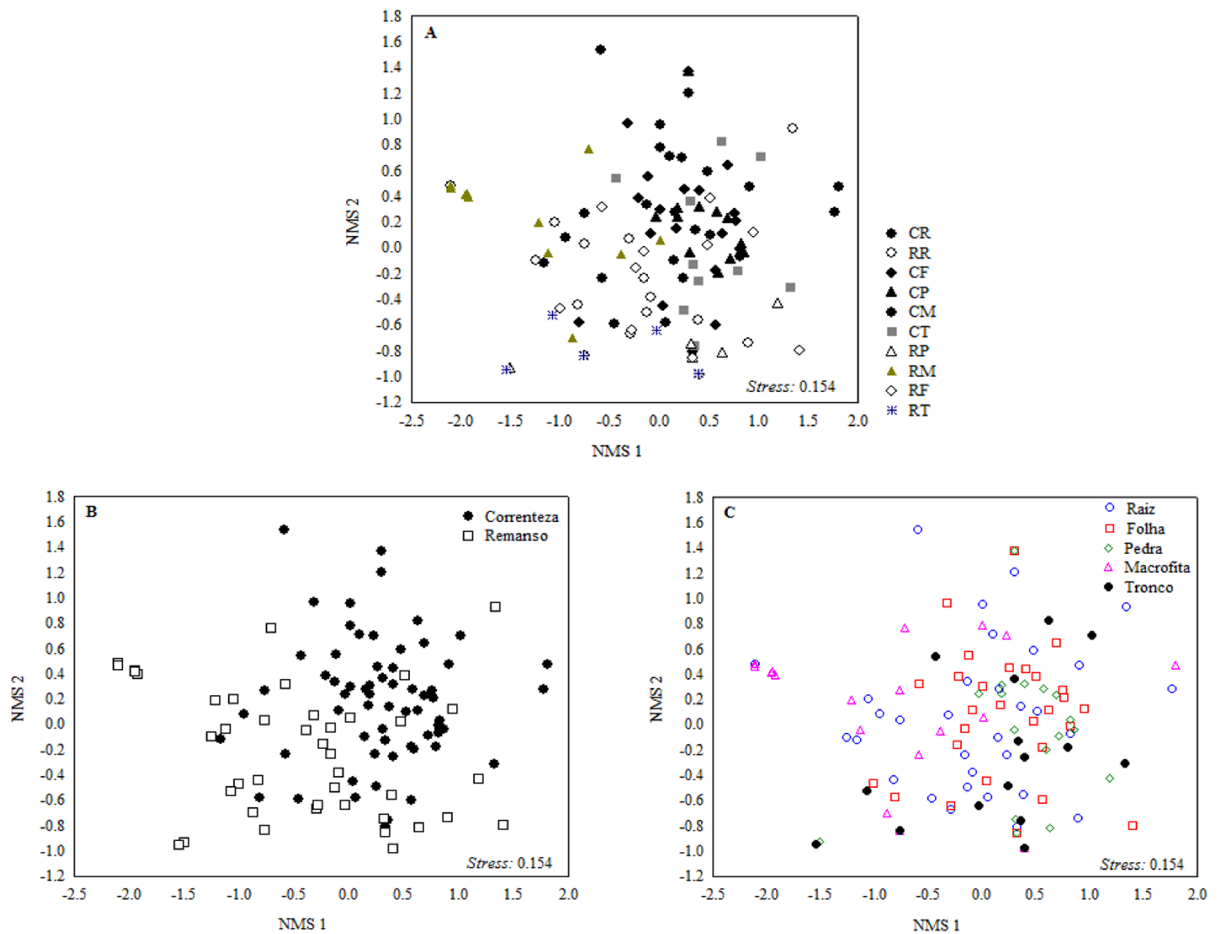
6 **4.3.5 Composição da fauna de imaturos de EPT associados aos substratos e mesohabitats**

7

8 Em ambiente de correnteza folha obteve-se 28 gêneros, raiz 25, pedra abrigou 26
 9 gêneros e macrófita e tronco 14 gêneros. Em ambiente de remanso todos os substratos
 10 apresentaram menor riqueza que em correnteza: Folhas teve 19 gêneros, raiz 22, pedra 5,
 11 macrófita 10 e tronco apenas 3 gêneros. A ordenação gerada pela Escalonamento
 12 Multidimensional Não-Métrico (NMDS) foi confiável com um stress de 0,154. Os gêneros
 13 mais presentes no mesohabitat de correnteza foram *Smicridea*, *Traverhypes*, *Chimarra*,
 14 *Farrodes*, *Leptonema*, *Hagenulopsis*, *Simothraulopsis*, *Guajirolus*, *Americabaetis* e
 15 *Helycopsyche* (Figura 8-B). Os ambientes de remansos abrigaram principalmente os gêneros
 16 *Astenopus*, *Callibaetis*, *Oxyethira*, *Ulmeritoides*, *Cernotina* e *Caenis*. Observa-se, portanto
 17 que a composição entre correnteza e remansos foi diferenciado embora *Caenis* tenha sido
 18 encontrado em substratos nos dois mesohabitats.

19

- 1 **Figura 8.** Análise de NMDS da composição de gêneros EPT coletados em tributários do rio
 2 Itapecuru, Leste Maranhense, Brasil.



3

- 4 Nota: A) Composição por mesohabitat e substrato (●Correnteza/Raiz; ○Raiz/Remanso; ◆Correnteza/Folha;
 5 ▲Correnteza/Pedra; ● Correnteza/Macrófitas; ■ Correnteza/Tronco; △ Remanso/Pedra; ▲ Remanso/Macrófitas;
 6 ◇Remanso/Folhas;* Remanso/Tronco). B) Composição em Mesohabitat Correnteza e Remanso. C) Composição
 7 de EPT por Substrato.

8

A composição da fauna EPT evidenciou táxons encontrados em substratos específicos. No estudo diferentes táxons foram encontrados em mais de um substrato e outros em um específico. O fragmentador *Fittkaulus* e o predador *Cernotina* foram presentes em raiz e o fragmentador *Ulmeritoides* em folhas e raízes. Tronco foi o substrato preferencial do coletor-catador *Tricorythodes* e coletor-filtrador *Asthenopus*. O substrato Macrofitas obteve maior abundância de coletores-catadores *Callibaetis*, *Oxyethira* e *Americabaetis* (Figura 8 C).

14

O substrato com maior abundância de EPT foi folhas seguido do substrato pedras. Os táxons mais representativos em folhas foram *Miroculis*, *Americabaetis*, *Guajirolus*, *Hagenulopsis*, *Farrodes*, *Simothraulopsis*, *Caenis*, *Traverhypes*, *Chimarra*, *Macrostemum*, *Helycopsyche*, *Smicridea*, *Leptonema* e *Anacroneuria* (Figura 8C). O substrato folhas abrigou

17

1 todos os grupos funcionais de alimentação. O GFA coletor-catador em folhas foi o mais
2 representativo, seguido dos grupos funcionais raspadores e coletor-filtrador.

3 O substrato pedras obteve maior quantidade de organismos raspadores, seguido de
4 coletor-catador e coletor-filtrador. Os táxons encontrados nesse substrato foram
5 *Camelobaetidius*, *Guajirolus*, *Traverhyphes*, *Farrodes*, *Thraulodes*, *Hagenulopsis*,
6 *Hydrosmilodon*, *Paramaka*, *Homothraulus*, *Simothraulopsis Caenis*, *Smicridea*, *Leptonema*,
7 *Helycopsyche* e *Chimarra* (Figura 8C).

8 A análise do substrato e mesohabitat evidenciou folha em correnteza com maior
9 frequência de EPT, formando uma nuvem no centro do diagrama (Figura 8A). Nessa análise
10 em relação ao substrato e mesohabitat correnteza o gênero *Camelobaetidius*, mostrou-se
11 relacionado ao substrato pedra em correnteza. Os gêneros *Farrodes*, *Chimarra*,
12 *Simothraulopsis*, e *Guajirolus* foram relacionados aos substratos folhas e pedras em áreas de
13 correnteza. *Helycopsyche*, *Smicridea*, *Traverhyphes*, *Americabaetis*, *Leptonema* e
14 *Hagenulopsis* relacionados aos substratos folhas, pedras e raízes em áreas de correnteza e
15 *Caenis* em área de correnteza nos substratos folhas e raízes e também em área de remanso nos
16 substratos folhas, raízes e macrófitas (Figura 8A).

17 Dos gêneros de ETPs avaliados através da IndVal (Análise de Espécie Indicadora),
18 oito apresentaram associação a um específico tipo de mesohabitat. Os táxons *Smicridea*,
19 *Traverhyphes*, *Chimarra*, *Farrodes*, *Leptonema*, *Hagenulopsis*, *Simothraulopsis* e *Guajirolus*
20 (Tabela 11) apresentaram distribuídos em áreas de correnteza, mas nenhum gênero associado
21 à área de remanso especificamente.

22

23

24

25

26

27

1 **Tabela 11.** Associação dos gêneros, grupos funcionais e ao mesohabitat de correnteza da
 2 fauna EPT coletados em tributário do rio Itapecuru, Caxias-MA.

Gênero	GFA	IndVal	p*	Mesohabitat
<i>Smicridea</i>	CC	0,457	0,005	Correnteza
<i>Traverhyphes</i>	CC	0,446	0,005	Correnteza
<i>Chimarra</i>	CC	0,414	0,005	Correnteza
<i>Farrodes</i>	R	0,405	0,005	Correnteza
<i>Leptonema</i>	CF	0,370	0,005	Correnteza
<i>Hagenulopsis</i>	R	0,316	0,005	Correnteza
<i>Simothraulopsis</i>	R	0,288	0,005	Correnteza
<i>Guajirolus</i>	CC	0,264	0,010	Correnteza

3 Nota. GFA= grupo funcional alimentar IndVal= Espécie indicadora P*= nível de significância CC= coletor-
 4 catador CF= coletor-filtrador R= raspador

5

6 A preferência por substratos mostra o gênero *Miroculis* relacionado ao substrato
 7 folhas, *Callibaetis* em macrófita e *Fittkaulus* observado em raiz. Os gêneros associados aos
 8 substratos folhas e pedras foram *Chimarra*, *Farrodes* e *Simothraulopsis*. *Macrostemum* foi
 9 relacionado aos substratos folhas e raízes. O gênero *Caenis* foi associado aos substratos
 10 folhas, macrófitas e raízes. Os gêneros associados aos substratos folhas, pedras e raízes foram
 11 *Helycopsyche*, *Smicridea*, *Traverhyphes* e *Leptonema* (Tabela 12).

12 **Tabela 12.** Associação de táxons EPT significativamente associados aos diferentes tipos de
 13 substratos coletados em tributários do rio Itapecuru, Leste Maranhense, Brasil.

Gênero	GFA	IndVal	p*	Substrato
<i>Miroculis</i>	R	0,278	0,015	Folhas
<i>Callibaetis</i>	CC	0,401	0,005	Macrófita
<i>Fittkaulus</i>	F	0,255	0,05	Raiz
<i>Chimarra</i>	CC	0,401	0,005	Folha+Pedra
<i>Farrodes</i>	R	0,381	0,005	Folha+Pedra
<i>Simothraulopsis</i>	R	0,285	0,01	Folha+Pedra
<i>Macrostemum</i>	CF	0,265	0,04	Folha+Raiz
<i>Caenis</i>	R	0,427	0,01	Folha+Macrófita+Raiz
<i>Helycopsyche</i>	R	0,53	0,005	Folhas+Pedras+Raízes
<i>Smicridea</i>	CC	0,423	0,02	Folhas+Pedras+Raízes
<i>Traverhyphes</i>	CC	0,416	0,005	Folhas+Pedras+Raízes
<i>Leptonema</i>	CC	0,376	0,01	Folhas+Pedras+Raízes

14 Nota: F= folhas; M ==macrófitas; R- raízes; P=- pedras. p = Valor de probabilidade (Teste de Monte Carlo)

15

1 A associação dos substratos e mesohabitat mostrou o gênero *Camelobaetidium*
 2 relacionado ao substrato pedra em área de correnteza; *Callibaetis* associado a macrófita em
 3 remanso, *Farrodes*, *Chimarra*, *Simothraulopsis* e *Guajirolus* foram relacionados aos
 4 substratos folhas e pedras em área de correnteza. *Helycopsyche*, *Smicridea*, *Traverhyphes*,
 5 *Americabaetis*, *Leptonema* e *Hagenulopsis* foram associados aos substratos folhas, pedras e
 6 raízes em correnteza e *Caenis* o táxon mais generalista encontrado em folha e raiz em
 7 correnteza e folha, raiz e macrófitas em remanso (Tabela 13).

8 **Tabela 13.** Associação de EPT ao substrato e mesohabitat em tributários do rio Itapecuru,
 9 Caxias-MA.

Gênero	GFA	IndVal	p*	Substrato/mesohabitat
<i>Camelobaetidium</i>	R	0,341	0,005	PC
<i>Callibaetis</i>	CC	0,523	0,005	MR
<i>Farrodes</i>	R	0,516	0,005	FC/PC
<i>Chimarra</i>	CC	0,509	0,005	FC/PC
<i>Simothraulopsis</i>	R	0,403	0,005	FC/PC
<i>Guajirolus</i>	CC	0,345	0,01	FC/PC
<i>Helycopsyche</i>	R	0,576	0,005	FC/PC/RC
<i>Smicridea</i>	CC	0,544	0,005	FC/PC/RC
<i>Traverhyphes</i>	CC	0,516	0,005	FC/PC/RC
<i>Americabaetis</i>	CC	0,481	0,005	FC/PC/RC
<i>Leptonema</i>	CF	0,451	0,005	FC/PC/RC
<i>Hagenulopsis</i>	R	0,374	0,015	FC/PC/RC
<i>Caenis</i>	R	0,438	0,015	FC/RC/FR/MR/RR

10 **Legenda:** PC= pedra em correnteza; MR= macrófita em remanso; FC= folha em correnteza; RC= raiz em
 11 correnteza; FR= folha em remanso; RR= raiz em remanso; GFA= Grupo funcional de alimentação; IndVal=
 12 Espécie indicadora; p*= valor de probabilidade;

13

14 **4.3.6 Efeito do substrato na abundância de Grupos Funcionais de Alimentação (GFA).**

15

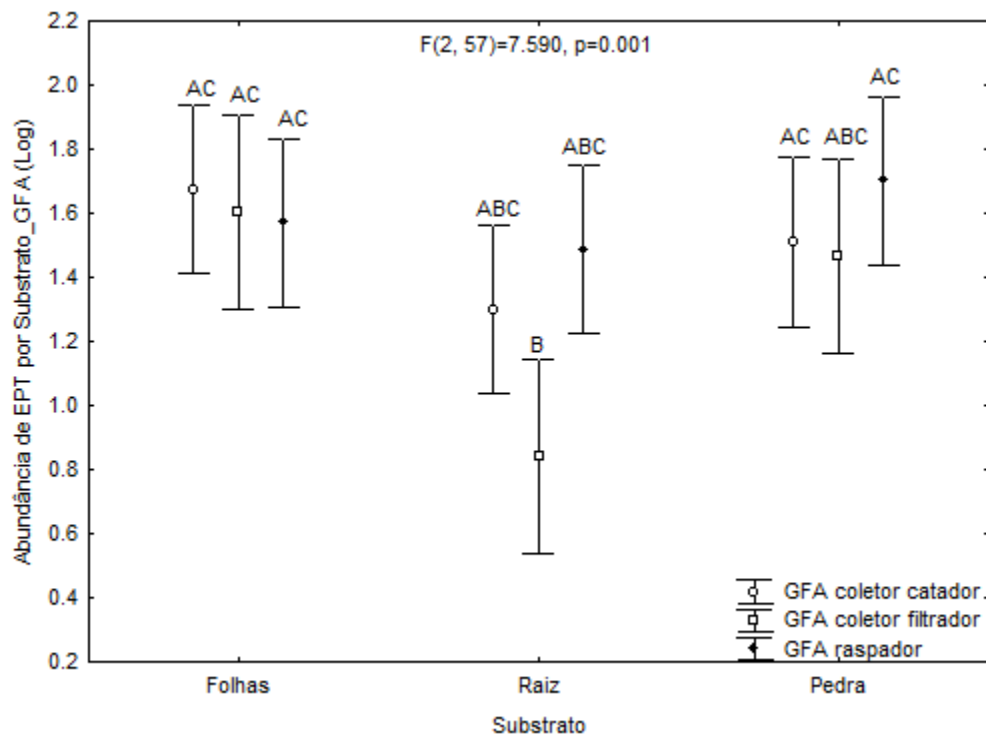
16 A relação entre substratos e distribuição funcional mostra diferenças quanto à
 17 abundância dos GFA (Figura 9). A variação de GFA observada nos substratos foi significativa
 18 ($F_{(2, 57)}=7590$, $p<0.001$), com interação apenas do fator substrato sobre a abundância de
 19 grupos funcionais de alimentação. A abundância de GFAs coletor-catador, coletor-filtrador e
 20 raspador não diferiram entre os substratos folhas e pedras; o grupo dos coletores-filtradores no
 21 substrato raiz diferiu significativamente.

22

23 As variações dos efeitos dos substratos sobre a abundância de GFA foram verificadas
 pelo Teste de Tukey (Tabela 14) e mostra que o grupo coletor-filtrador em raiz diferiu de

1 coletor-catador, de coletor-filtrador e de raspador em folhas, além de coletor-catador e
 2 raspador em pedras. As demais comparações (coletor-catador, coletor-filtrador e raspador em
 3 folhas, coletor-catador, coletor-filtrador e raspador em pedras e coletor-catador e raspador em
 4 raiz) não foram significativas. Os substratos macrófitas e tronco e os GFA fragmentadores e
 5 predadores apresentaram baixa abundância e foram excluídos das análises (Figura 9).

6 **Figura 9.** Efeito do substrato na abundância de GFA em tributários do Rio Itapecuru, Leste
 7 Maranhense, Brasil.



8

9 **Tabela 14.** Teste de Tukey (HSD) utilizado para avaliar a diferença do efeito do substrato na
 10 abundância de GFA coletados em tributários do rio Itapecuru, Leste Maranhense, Brasil

Substrato	GFA	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		75.62	72.83	42.00	22.12	8,66	36.12	48.75	36.500	57.25
1	Folhas	CC	1,000	1,000	0,539	0,004	0,984	0,993	0,982	1,000
2	Folhas	CF	1,000	1,000	0,839	0,020	1,000	1,000	0,999	1,000
3	Folhas	R	1,000	1,000	0,871	0,017	1,000	1,000	1,000	0,998
4	Raiz	CC	0,539	0,839	0,871		0,983	0,967	0,995	0,440
5	Raiz	CF	0,004	0,020	0,017	0,373		0,051	0,039	0,106
6	Raiz	R	0,984	1,000	1,000	0,983	0,051		1,000	0,963
7	Pedra	CC	0,993	1,000	1,000	0,967	0,039	1,000		0,980
8	Pedra	CF	0,982	0,999	1,000	0,995	0,106	1,000	1,000	
9	Pedra	R	1,000	1,000	0,998	0,440	0,002	0,963	0,980	0,961

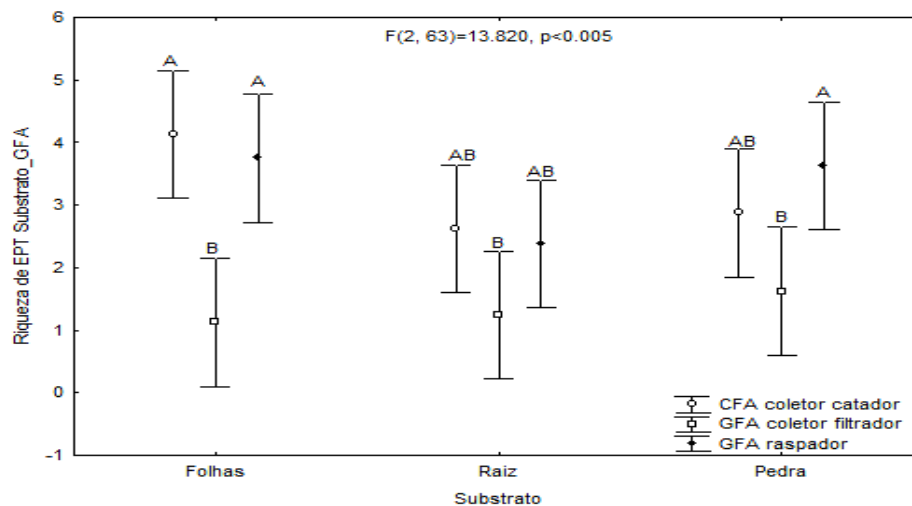
11 **Legenda:** CC= coletor-catador, CF= coletor-filtrador, R= raspador.

1 4.3.7. Efeito do Substrato sobre a riqueza de GFA

2 A variação da riqueza de GFA observada nos substratos foi significativa ($F_{(2, 57)}=13.8198$, $p<0.005$), havendo a interação apenas do fator GFA sobre a riqueza de EPT. A
3 riqueza de coletor-catador e raspador foram similares entre os substratos folhas e pedras.

5 As variações do efeito da riqueza de GFA entre os substratos verificadas pelo teste de
6 Tukey (Tabela 15) indica que a riqueza de coletor-filtrador diferiu de coletor-catador e
7 raspador nos três substratos amostrados. A riqueza de EPT dentro do grupo dos coletores-
8 catadores diferiu nos três substratos analisados sendo maior em folha e menor em raiz (Figura
9 10). Os substratos macrófitas e troncos e fragmentadores e predadores não foram incluídos
10 nos testes devido sua baixa representatividade (Figura 10).

11 **Figura 10.** Efeito do substrato na riqueza de GFA coletados em tributários do Rio Itapecuru,
12 Leste Maranhense, Brasil.



13

14 **Tabela 15.** Avaliação do efeito do substrato na riqueza de GFA coletados em tributários do
15 rio Itapecuru, Leste Maranhense, Brasil pelo Teste Tukey (HSD).

Substrato	GFA	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		4.125	1.125	3.750	2.625	1.250	2.375	2.875	1.625	3.625
1 Folhas	CC		0,003	1,000	0,496	0,005	0,289	0,724	0,025	0,999
2 Folhas	CF	0,003		0,015	0,496	1,000	0,724	0,289	0,999	0,025
3 Folhas	R	1,000	0,015		0,822	0,025	0,612	0,951	0,097	1,000
4 Raiz	CC	0,496	0,496	0,822		0,612	1,000	1,000	0,899	0,899
5 Raiz	CF	0,005	1,000	0,025	0,612		0,822	0,386	1,000	0,040
6 Raiz	R	0,289	0,724	0,612	1,000	0,822		0,999	0,980	0,724
7 Pedra	CC	0,724	0,289	0,951	1,000	0,386	0,999		0,724	0,980
8 Pedra	CF	0,025	0,999	0,097	0,899	1,000	0,980	0,724		0,145
9 Pedra	R	0,999	0,025	1,000	0,899	0,040	0,724	0,980	0,145	

16

Legenda: CC= coletor-catador, CF= coletor-filtrador, R= raspador.

4 DISCUSSÃO

Nossa hipótese foi corroborada pois, tanto a riqueza quanto a abundância de EPT sofreram efeito do substrato e do mesohabitat. Os maiores valores de riqueza taxonômica e abundância foram observados em área de correnteza e substrato folhas corroborando estudos de Fidelis et al. (2008), Buss et al. (2004), Silveira et al. (2006) e Kikuchi e Uieda (2005). A maior abundância e riqueza de EPT associado aos substratos orgânicos em área de correnteza pode estar associado com a capacidade destes substratos fornecerem abrigo, proteção e alimento (HENRIQUES-OLIVEIRA; NESSIMIAN, 2010).

As variações observadas na abundância e riqueza de EPT entre os diferentes mesohabitats foi observada por Bagatini et al. (2012) retratam a importância dos mesohabitats para a riqueza e diversidade de EPT em riachos de pequena ordem, e os taxa indicarem preferência por ambientes com água bem oxigenada. Para Rezende (2007) a abundância e a composição de espécies são os parâmetros que diferem entre as comunidades de macroinvertebrados de folhço de correnteza e de remanso. Fato este observado neste estudo (Figura 8). Em estudo de Silveira et al. (2006) constataram que o tipo de substrato foi um fator importante na estrutura da comunidade de macroinvertebrados no rio Sana (RJ). E nesse caso, a maior diversidade de substratos disponibiliza maior variedade de microhabitats, alimento e proteção contra correnteza e predadores (CARVALHO; UIEDA, 2004; MOLOZZI et al. 2011).

A maioria dos organismos associados a correnteza se enquadraram nas categorias de coletores-catadores, coletor-filtrador e raspadores, sendo o grupo dos coletores (catadores e filtradores) predominantes em riachos tropicais (ARDÓN; PRINGLE, 2008). No estudo os coletores-catadores foram muito abundantes em todos os ambientes, sendo *Chimarra* o gênero mais abundante (Tabela 7) e presente em 50% dos igarapés pesquisados. A predominância de coletores verificada em estudos com riachos tropicais é justificada pela alta temperatura que contribui para a atividade microbiana nas folhas usadas na alimentação pelos coletores (BOYERO et al. 2011; SANTOS; RODRIGUES, 2015).

A maior abundância e riqueza de Ephemeroptera foi observada na categoria funcional dos coletores-catadores, seguido por raspadores e coletores-filtradores. Shimano et al. (2012) encontrou resultados diferentes pesquisando Ephemeroptera em cerrado do Brasil Central, onde os raspadores mostraram-se mais abundantes, seguidos de coletor - catador, fragmentadores e coletores-filtradores principalmente porque nos igarapés da bacia estudada

1 muitos serem classificados como alterados principalmente pela retirada da vegetação ripária
2 indicando que pode ter havido uma maior entrada de luz no sistema (ALLAN; CASTILLO,
3 2007), com o aumento da disponibilidade e diversidade de alimento, fato que pode ter
4 favorecido a maior abundância deste GFA no sistema.

5 A maior abundância de Trichoptera observada nesse estudo corrobora com outros
6 estudos na Amazônia Brasileira (NOGUEIRA et al. 2016) e no Cerrado de Mato Grosso
7 (RIGHI-CAVALLARO, 2010). A ordem apresentou maior abundância de coletores-
8 catadores, seguido de coletor-filtrador e raspadores. Essa ordem apresenta uma grande
9 diversidade funcional de alimentação por apresentar comportamentos diferentes quanto a
10 aquisição de alimento dentre eles a produção de seda (CUMMINS; MERRITT, 2008) o que
11 potencializa maior riqueza de espécie. (FLINT et al. 1999; NOGUEIRA et al. 2011)

12 A abundancia de *Leptonema* considerado como coletor-filtrador corrobora com
13 estudos de Nogueira et al (2011) e Brasil et al. (2014) em áreas de cerrado do Brasil Central.
14 A preferência desse gênero pelos substratos folhas, pedras e raízes em correnteza (Tabela 11)
15 corroboram com estudos de Buss et al. (2004) e de Silveira et al (2006) na Mata Atlântica do
16 Estado do Rio de Janeiro.

17 Chara-Serna et al. (2012), em análise de conteúdo estomacal de *Leptonema* de regiões
18 tropicais inferiu esse gênero como um fragmentador pois, mais de 50% do material
19 encontrado em suas vísceras foi de MOPG. Entretanto, nesse estudo considera-se como
20 coletor filtrador como sugerido na maior parte das literaturas citadas, por se entender que mais
21 estudos se fazem necessários para confirmar estes dados quando ao funcionamento ecológico
22 diferenciado de ecossistemas aquáticos e a sua participação como fragmentadores típicos ou
23 não no processo de decomposição foliar em riachos (GONÇALVES-JUNIOR et al. 2014).

24 Os Raspadores representados nesse estudo por *Farrodes* e *Simothraulopsis*
25 correlacionados aos substratos folha e pedra e *Hagenulopsis* além dos substratos citados tem-
26 se a raiz. Para Da-Silva (2002) e Buss et al. (2004) *Farrodes* é típico de áreas de remanso,
27 entretanto Fidelis et al. (2008) encontrou este gênero mais frequente em folhiço em área de
28 correnteza. Em nosso estudo o gênero foi associado a folha e pedra em área de correnteza,
29 sendo um comportamento comum para raspador embora esta classificação seja questionada
30 por Batista et al. (2006) que o classifica como escovadores, assim como *Miroculis* e
31 *Simothraulopsis*, por se alimentares de partículas aderentes ao substrato ou suspensas
32 (BAPTISTA et al 2006; BRASIL et al. 2014).

1 A presença de *Caenis* como raspador mais abundante e generalista quanto ao hábitat e
2 substrato, sua associação a folhas e raízes em correnteza e folha, macrófita e raiz em remanso
3 (Tabela 13) corrobora resultados obtidos de Righi-Cavallaro et al. (2010), que retrata esse
4 gênero principalmente em folhiço, por utilizá-lo como recurso alimentar. Entretanto,
5 Francischetti et al. (2001) considerou esse gênero de hábitos raspadores e onívoros devido à
6 ampla preferência quanto ao hábitat e substrato como observado neste trabalho.

7 Os fragmentadores da fauna EPT foram muito escassos neste estudo, com cerca de
8 0,72%, e tendo apenas dois gêneros de Ephemeroptera encontrados, *Ulmeritoides* e
9 *Fittkaulus*. Eles apresentaram maior abundância no substrato raiz embora *Fittkaulus* tenha
10 sido apontado como indicador para o substrato raiz (Tabela 12) o que corrobora com Shimano
11 et al. (2012) ao observar esse gênero associado ao substrato raiz. Assim como Shimano e
12 Juen, (2016) verificaram *Ulmeritoides* com preferência a raízes e plantas vivas. O mesmo
13 pode sofrer influência e desaparecer em pH com baixos valores, especialmente (inferiores a
14 4,82) (SHIMANO; JUEN, 2016). Em nosso estudo este gênero foi encontrado em Igarapé
15 (P2) com pH 5,1 (Tabela 8).

16 A baixa abundância de fragmentadores é comum em outros estudos em riachos
17 tropicais (WANTZEN; WAGNER 2006; SILVEIRA et al. 2006; HENRIQUES-OLIVEIRA;
18 NESSIMIAN, 2010; SANTOS; RODRIGUES, 2015). Entretanto, os fragmentadores são
19 importantes na decomposição das folhas em riachos de cabeceiras de regiões temperadas. Nos
20 trópicos a decomposição das folhas em riachos sofre maior ação dos decompositores devido
21 às altas temperaturas e a baixa qualidade nutricional das folhas o que torna sua diversidade
22 mais baixa e aumenta a dos demais grupos tróficos (BOYERO et al. 2011).

23 O GFA predador teve baixa incidência neste estudo, os gêneros encontrados foram
24 *Anacroneuria*, *Cernotina* e *Synoestropsis* (Tabela 7). A baixa incidência de predadores neste
25 estudo deve-se à exclusão da pesquisa dos principais predadores de riachos (Megaloptera,
26 Odonata e Heteroptera) corroborando Brasil et al. (2014) que observou baixa incidência de
27 predadores e não encontrou relação significativa entre o número de predadores e suas presas
28 em potencial na área de Cerrado de Mato Grosso, Brasil.

29 O gênero *Anacroneuria* é um predador comum em riachos tropicais e sua dieta inclui
30 principalmente larvas de Baetidae (GAMBOA et al. 2009), Simuliidae, Chironomidae e
31 Hydropsychidae, mas podem variar seus itens alimentares mudando de detritos a

1 Chironomidae nos primeiros instars, passando para simúlídeos, em seguida uma dieta mais
2 ampla com trichoptera e ephemeroptera (RIGHI-CAVALLARO, 2011).

3 Em nosso trabalho *Anacroneturia* foi coletado em folhas em correnteza em ambiente
4 com fundo rochoso e com mata ciliar bem preservada, mas podem ser encontrados associados
5 aos substratos pedras, troncos ou galhos caídos, tanto em áreas de correnteza como remanso
6 (FROEHLICH, 2009) ou em corredeiras em área de pastagem (AMARAL, 2014). A
7 necessidade de oxigênio dissolvido e a apreensão de alimento em ambiente de correnteza
8 (SILVEIRA et al. 2006) pode justificar sua maior abundância neste tipo de hábitat
9 (REZENDE, 2007; GONÇALVES, 2015).

10 A abordagem funcional de macroinvertebrados contribui para a compreensão do
11 funcionamento do ecossistema aquático e pode ser usado para avaliar a qualidade da água. A
12 alta abundância de gêneros coletor-catador neste estudo mostra que nos igarapés observados
13 há uma alta concentração de matéria orgânica em suspensão o que pode ter favorecido esta
14 guilda trófica (CALLISTO et al. 2001). Pois, segundo Silveira (2004), os coletores podem
15 aumentar em abundância devido maior aporte de matéria orgânica em suspensão provocada
16 pela erosão das margens e assoreamento do canal principal do rio.

17 Estudos que contemplam apenas um tipo de substrato pode excluir táxons raros e que
18 tenham preferência por um determinado substrato o que afeta na amostragem real da fauna
19 aquática, diminui a riqueza e a composição não revelando a abundância real de
20 macroinvertebrados no ecossistema. Neste estudo alguns táxons apresentaram predileção por
21 determinado substrato, como *Oxyethira* só encontrado em macrófitas em ambiente aberto.
22 *Asthenopus* em área de remanso, *Leptohyphes* em área de correnteza e *Polycentropus* só
23 encontrado em folha em remanso. Segundo Gil et al. (2006) este último gênero tem hábitos
24 predadores, triturador e coletor-filtrador (onívoros) e se alimenta de acordo com a
25 disponibilidade de alimento.

26 Entretanto, havendo pouco tempo e disponibilidade de recurso o trabalho com o
27 micro-habitat que pela literatura mostra uma maior abundância e riqueza de táxons pode
28 fornecer uma amostragem mais fiel da fauna de macroinvertebrados aquáticos. Para estudos
29 com EPT os substratos folhas e pedras em áreas de correnteza permitem uma boa amostragem
30 desta fauna em ambientes lóticos. Kikuchi e Uieda (2005) e Silveira et al. (2006) apontam que
31 folhas sustentam uma grande diversidade e abundância de macroinvertebrados e segundo
32 Rezende (2007) é um substrato interessante para estudos de curta duração.

1 A análise dos Grupos Funcionais de insetos aquáticos pode ser uma alternativa rápida,
2 eficiente e de baixo custo para avaliar a saúde e integridade de riachos, pois geralmente a
3 identificação ao nível de família já é suficiente para a determinação do GFA o que economiza
4 o esforço de pessoal especialista para o trabalho de identificação dos espécimes (MERRITT et
5 al. 2014). Entretanto esta abordagem não substitui o trabalho taxonômico e ambas as
6 abordagens são complementares e devem ser estudadas em conjunto (SHIMANO et al. 2012)
7 para um diagnóstico mais seguro da saúde e integridade do hábitat.

8
9
10
11
12
13
14
15

4.5 CONCLUSÃO

O estudo dos Grupos funcionais de alimentação de EPT associados aos substratos revelou que a composição, abundância e riqueza de EPT sofrem efeito do tipo de substrato e do mesohabitat (correnteza e remanso) disponível. Os substratos com maior riqueza e abundância de EPT foram folhas e pedra em mesohabitat de correnteza que abrigou principalmente coletor-catador, raspadores e coletor-filtrador.

Estes substratos (folhas, pedras, raiz, macrófita e tronco) associados ao mesohabitat de correnteza permite uma maior heterogeneidade ambiental e disponibilidade de alimentos possivelmente favorecendo uma maior riqueza e abundância de EPT. Alguns táxons foram muito específicos quanto ao hábitat e substratos e caso somente um substrato ou micro-habitat tivesse sido selecionado para a pesquisa alguns gêneros ficariam fora da amostragem não revelando a real diversidade de EPT na área pesquisada. Portanto a importância de levantamentos mais abrangentes para uma avaliação mais eficaz da qualidade dos recursos hídricos através de biomonitoramento, no entanto, existindo indisponibilidade de tempo e recurso o indicado é fazer uma análise do substrato folhas em mesohabitat de correnteza.

Como esperado o mesohabitat de remanso apresentou uma menor riqueza e abundância de EPT e a composição taxonômica foi diferente em relação a correnteza indicando que mesmo a fauna EPT sendo apontada como altamente exigente quanto à oferta de oxigênio alguns gêneros parecem bem tolerantes quanto à disponibilidade desse recurso. Os substratos macrófitas e tronco provavelmente apresentaram menor riqueza e abundância de EPT porque em ambientes lóticos eles não sejam tão abundantes.

Este é o primeiro registro desta dimensão para a fauna EPT nesta região e o mesmo sugere que a maior presença do grupo trófico dos coletores-catadores indique que os igarapés estudados apresentam matéria orgânica dissolvida não se sabe se de origem natural ou por influência antrópica o que sugere um estado de atenção aos riachos pesquisados.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo dos efeitos dos fatores ambientais e físico-químicos, substrato e mesohabitat sobre a fauna EPT mostrou o quanto a integridade ambiental, os substratos folhas e pedras, o ambiente de águas bem oxigenadas (correnteza) e o pH próximo da neutralidade devem ser considerados importantes para a mesma. Permite ainda, considerar que os igarapés estudados precisam de atenção ficando um alerta à sociedade sobre a conservação e recuperação dos recursos hídricos degradados principalmente os superficiais (rios e riachos) pela sua importância para a biodiversidade, economia, espiritualidade, saúde, sustentabilidade, cultura, estética, ciência e tecnologia.

Ao estudar os mesohabitats e os substratos preferenciais dessa fauna constata-se que o mesohabitat de correnteza e os substratos folhas e pedras permitem uma boa amostragem da fauna EPT. Haja vista a importância dos mesmos para estudos de biomonitoramentos abrangentes e pontuais em caso de escassez de recursos financeiros e humanos para estudos de qualidade de recursos hídricos.

A realização deste trabalho ampliou o conhecimento sobre as três ordens estudadas no estado do Maranhão e região Nordeste do Brasil com o registro de duas famílias de Ephemeroptera (Caenidae e Polymitarcidae) e mais o registro inédito de 13 gêneros para o Estado do Maranhão e 4 para a região Nordeste do Brasil. Para a ordem Trichoptera foram registrados mais cinco famílias e 8 gêneros e amplia o conhecimento da família Hydropsychidae com mais 4 gêneros. Esses registros contribuem para a compreensão da distribuição biogeográfica destes táxons e para futuros estudos de avaliação de integridade ambiental através de biomonitoramento da fauna bentônica e conservação das fontes superficiais de água doce desta região do Brasil.

25
26
27
28
29
30
31
32
33

1 **REFERÊNCIAS**

- 2 ALCÂNTARA, E. H. de. Caracterização da bacia hidrográfica do rio Itapecuru, Maranhão –
3 Brasil. **Caminhos de Geografia**- revista on line. ISSN 1678-6343. Acesso 03/01/2015.
4 www.ig.ufu.br/caminhos_de_geografia.html. 2004.
- 5 ALLAN, J. D. **Stream Ecology**. Chapman & Hall, London, 388p. 1995.
- 6 ALLAN, J. D. Landscapes and river scapes: the influence of land use on stream ecosystems.
7 **Annual Review of Ecology Evolution and Systematics**, 35:257–84. 2004.
- 8 ALLAN, J. D.; CASTILLO, M. M. **Stream ecology: structure and function of running**
9 **waters**. Dordrecht, Springer. 436. 2007.
- 10 AMARAL, P. H. M. **Assembleias de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera em**
11 **riachos Tropicais**. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade Federal de Juiz de
12 Fora, MG. 2014.
- 13 ANDERSON, M. J. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance.
14 **Austral Ecology**, 26:32–46. doi: 10.1046/j.1442-9993.2001.01070.x 2001.
- 15 ANDERSON, M. J, WALSH, D. C. I. PERMANOVA, ANOSIM, and the Mantel test in the
16 face of heterogeneous dispersions: What null hypothesis are you testing? **Ecological**
17 **Monographs**, 83:557–574. doi: 10.1890/12-2010.1 2013.
- 18 ARAÚJO, F. de A. da S. **Geomorfologia aplicada à fragilidade e ao zoneamento**
19 **ambiental de Caxias/MA** / Francisco de Assis da Silva Araújo. - Presidente Prudente: [s.n],
20 185 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e
21 Tecnologia. 2012.
- 22 ÁRDON, M.; PRINGLE, C. M. Do secondary compounds inhibit microbial-and insect-
23 mediated leaf breakdown in tropical rainforest stream, Costa Rica? **Oecologia** (155):311-323.
24 2008.
- 25 AZEVÊDO, C. A. S. **Taxonomia, bionomia e estrutura da comunidade de larvas de**
26 **Megaloptera (Insecta), em igarapés nos estados do Amazonas e Roraima, Brasil**. Tese de
27 Doutorado – INPA/UFAM, Manaus, XVIII. 115 f. 2009.
- 28 AZEVÊDO, C. A.; HAMADA, N. Description of the larvae of *Corydalus batesii* MacLachlan
29 and *C. ignotus* Contrera-Ramos (Megaloptera: Corydalidae) with notes on life history and
30 behavior. **Zootaxa**, 1631: 33-45. 2007.
- 31 BAGATINI, Y. M.; DELARIVA, R. L.; HIGUTI, J. Benthic macroinvertebrate community
32 structure in a stream of the north-west region of Paraná State, Brazil. **Biota**
33 **Neotropica**, 12 (1):307-317. Acesso em 09 Jan. 2016. [http://dx.doi.org/10.1590/S1676-](http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032012000100023)
34 [06032012000100023](http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032012000100023).2012.
- 35 BALDAN, L. T. **Composição e diversidade da taxocenose de Macroinvertebrados**
36 **bentônicos e sua utilização na avaliação de qualidade de água no Rio do Pinto Morretes,**
37 **Paraná, Brasil**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná. 83 p. 2006.
- 38 BATISTA, D. F.; BUSS, D. F. DORVILLÉ, L. F. M.; NESSIMIAN, J.L. Biodiversity and
39 Habitat Preference of Aquatic Insect along the Longitudinal Gradient of the Macaé River
40 Basin. Rio de Janeiro, Brazil. **Revista Brasileira de Biologia**, 61:1-17, 2001.

- 1 BAPTISTA D. F., BUSS D. F., NESSIMIAN, J. L., Da SILVA, E. R., De MORAES NETO,
2 A. H. A., CARVALHO S. N., De OLIVEIRA, M. A., ANDRADE. L. R. Functional feeding
3 groups of Brazilian Ephemeroptera nymphs ultrastructure of mouthparts. **Annales de**
4 **Limnologie International Journal of Limnology**, 42:87–96. 2006.
- 5 BARCELOS-SILVA, P. **Taxonomia e filogenia do gênero Neotropical *Synoestropsis***
6 **Ulmer, 1905 (Trichoptera: Hydropsychidae)** / Dissertação de Mestrado, INPA.- Manaus:
7 [s.n.], 2014.
- 8 BARROSO, H. G.; SOUSA, A. P. Áreas Potenciais para a Aquicultura Sustentável na Bacia
9 do Rio Itapecuru: Bases para o Planejamento com uso do Sistema de Informação Geográfica
10 **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca** 2(1). 2007.
- 11
12 BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. **Ecology: From Individuals to**
13 **Ecosystems**. Blackwell Publishing, 2006.
- 14 BENTES, S. P. C., HAMADA, N., FERREIRA-KEPPLER, R. L. Caracterização morfológica
15 de ovos de insetos aquáticos e seus habitats na Amazônia Central, Brasil (51 – 68). In:
16 Hamada, N., Nessimian, J. L., Querino, R. B. (eds). **Insetos aquáticos na Amazônia**
17 **brasileira: taxonomia, biologia e ecologia** - Manaus: Editora do INPA, 2014.
- 18 BENTES, S. P. C., PES, A. M. O., HAMADA, N., KEPPLER, R. L. M. F. Larvas de
19 *Synoestropsis* sp. (Trichoptera: Hydropsychidae) são predadoras? **Acta Amazonica**, 38(3):
20 579 – 582; 2008.
- 21 BINI L.M., VIEIRA L.C.G., MACHADO J.; VELHO L.F.M. Concordance of species
22 composition patterns among microcrustaceans, rotifers and testate amoebae in a shallow pond.
23 **International Review Hydrobiology**. 92, 9–22. 2007.
- 24 BISPO, P.C.; OLIVEIRA, L.G.; CRISCI, V.L.; SILVA, M.M. A pluviosidade como fator de
25 alteração da entomofauna bentônica (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera) em córregos
26 do Planalto Central do Brasil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, 13(2): 1-9. 2001.
- 27 BISPO, P. da C. e CRISCI-BISPO, V. L. Ephemeroptera, *In*: COSTA, C.; IDE S.;
28 SIMONKA, E. Org. **Insetos imaturos: metamorfose e identificação**. Ribeirão Preto, Holos
29 p. 55-59. 2006.
- 30 BISPO, P. C., OLIVEIRA, L. G., BINI, L. M.; SOUSA, K. G. Ephemeroptera, Plecoptera and
31 Trichoptera assemblages from riffles in mountain streams of Central Brazil: environmental
32 factors influencing the distribution and abundance of immatures. **Brazilian Journal of**
33 **Biology**, 66,(2b) 611-622, <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842006000400005>. 2006.
- 34 BOHÓRQUEZ, H., REINOSO, G. GUEVARA, G., Seasonal size distribution of
35 *Anacroneturia* (Plecoptera: Perlidae) in an andean tropical river. **Revista Colombiana de**
36 **Entomologia**, 37 (2): 305-312 (2011).
- 37 BOYERO L., et al. A global experiment suggests climate warming will not accelerate litter
38 decomposition in streams but might reduce carbon sequestration. **Ecology Letters**, 14, 289–
39 294. 2011.
- 40 BRASIL, L. S., JUEN, L., BATISTA, J. D, PAVANI, M. G. CABETTE, H. S. R,
41 Longitudinal Distribution of the Functional Feeding Groups of Aquatic Insects in Streams of

- 1 the Brazilian Cerrado Savanna. *ECOLOGY, BEHAVIOR AND BIONOMICS. Neotropica*
2 **Entomology**, 43:421–428 DOI 10.1007/s13744-014-0234-9. 2014.
- 3 BRASIL, L. S., SHIMANO, Y., BATISTA, J. D. & CABETTE, H. S. R. Effects of
4 environmental factors on community structure of Leptophlebiidae (Insecta: Ephemeroptera) in
5 Cerrado streams, Brazil. **Iheringia, Série Zoologia**, 103(3): 260-265. 2013.
- 6 BRAUN, B. M., PIRES, M. M., KOTZIAN, C. B. E SPIES, M. R. Diversidade e aspectos
7 ecológicos de comunidades de insetos aquáticos em riachos de uma região montanhosa, sul do
8 Brasil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, 26 (2): 186-198 [http://dx.doi.org/10.1590/S2179-](http://dx.doi.org/10.1590/S2179-975X2014000200009)
9 [975X2014000200009](http://dx.doi.org/10.1590/S2179-975X2014000200009). 2014.
- 10 BRIGANTE, J.; ESPÍNDOLA, E. L. E. Limnologia fluvial: um estudo no rio Mogi-Guaçu
11 (Eds). Rima. São Carlos. 2003.
- 12 BRYCE, S. A., G. A. LOMNICKY, AND P. R. KAUFMANN. Protecting sediment-sensitive
13 species in mountain streams through the application of biologically based streambed criteria.
14 **Journal of the North American Benthological Society**, 29:657–672. 2010.
- 15 BUSS, D. F.; BAPTISTA, D. F.; NESSIMIAN, J. L. & EGLER, M. Substrate specificity,
16 environmental degradation and disturbance structuring macroinvertebrate assemblages in
17 Neotropical streams. **Hydrobiologia**, 518:179-188. 2004.
- 18 CALLISTO, M.; MORENO, P.; BARBOSA, F. A. R. Diversidade de habitats e grupos
19 tróficos funcionais na Serra do Cipó, sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Biologia** 61, (
20 2), 259-266. Acesso em: 30 Apr. 2016. [http://dx.doi.org/10.1590/S0034-](http://dx.doi.org/10.1590/S0034-71082001000200008)
21 [71082001000200008](http://dx.doi.org/10.1590/S0034-71082001000200008). 2001.
- 22 CARVALHO, E. M.; UIEDA, V. S. Colonização por macroinvertebrados bentônicos em
23 substrato artificial e natural em um riacho da serra de Itatinga, São Paulo, Brasil. **Revista**
24 **Brasileira de Zoologia**, 21(2): 287-293. 2004.
- 25 CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental). Variáveis de qualidade das
26 águas. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em: 30 abr 2016. 2009.
- 27 CHAPMAN, L. J.; CHAPMAN, C. A. Tropical forest degradation and aquatic ecosystems:
28 our current state of knowledge. Pages 237–249 in M. J. Collares-Pereira, I. G. Cowx, and M.
29 M. Coelho (editors). **Conservation of freshwater fishes: options for the future**. Fishing
30 News Books, Blackwell Science, Oxford, UK. 2002.
- 31 CHARA-SERNA, A. M., CHARA, J. D., ZÚÑIGA, M. C., PEARSON, R. G., BOYERO, L.
32 Diets of leaf litter-associated invertebrates in three tropical streams. **Annales de Limnologie -**
33 **International Journal of Limnology**, 48. 139–144 www.limnology-journal.org. DOI:
34 [10.1051/limn/2012013](https://doi.org/10.1051/limn/2012013). 2012.
- 35 COMPIN, A.; CÉRÉGHINO, R. Sensitivity of aquatic insect species richness to disturbance
36 in the Adour-Garonne stream system (France). **Ecological Indicators**, 3: 135-142. 2003.
- 37 COSTA, C.; IDE, S.; SOMONKA, C. E. **Insetos imaturos: metamorfose e identificação**.
38 Ribeirão Preto, SP: Holos, 249 p. 2006.
- 39 COSTA, L. S. M., BRANCO, C. C. Z., BISPO, P. C. O Papel dos Fatores Ambientais e
40 Espaciais Sobre a Fauna de Ephemeroptera (Insecta) em Riachos de Mata Atlântica.
41 **EntomoBrasilis**, 7 (2): 86-92: [doi:10.12741/ebrasilis.v7i2.368](https://doi.org/10.12741/ebrasilis.v7i2.368). 2014.

- 1 COUCEIRO, S. R. M., HAMADA, N., FORSBERG, B. R., PIMENTEL, T. P., LUZ, S. L. B.
 2 A macroinvertebrate multimetric index to evaluate the biological condition of
 3 streams in the Central Amazon region of Brazil. **Ecological Indicators**,
 4 doi:10.1016/j.ecolind.2011.11.001. 2012.
- 5 CRAIG, D. A.; GALLOWAY, M.M. **Hydrodynamics of larval black flies**. In: Blackflies:
 6 Ecology, Population Management, and Annotated World List. Edited by K. C. Kim and R. W.
 7 Merritt. Pennsylvania State University, University Park, pp. 171-185. 1987.
- 8 CRISCI-BISPO, V. L. C., BISPO, P. C.; FROEHLICH, C. G. Ephemeroptera, Plecoptera and
 9 Trichoptera assemblages in litter in a mountain stream of the Atlantic Rainforest from
 10 southeastern Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, 24, 3, 545-551.
 11 <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752007000300004>. 2007.
- 12 CUMMINS, K. W.; MERRITT, R. W.; ANDRADE, P. C. The use of invertebrate functional
 13 groups to characterize ecosystem attributes in selected streams and rivers in southeast Brazil.
 14 **Studies on Neotropical Fauna and Environmental**, 40(1):71-90. 2005.
- 15 CUMMINS, K. W.; MERRITT, R. W.; BERG, M. B. Ecology and distribution of aquatic
 16 insects. In: MERRITT, R. W.; CUMMINS, K. W. & BERG, M. B. eds. **An introduction to**
 17 **the aquatic insects of North America**. Dordrecht, Kendall/Hunt Publishing Company.105-
 18 122. 2008.
- 19 DARROW, P. O.; PRUESS, K. P., "Effects of Substrate on Density of Aquatic Insects in a
 20 Southeast Nebraska Stream". **Transactions of the Nebraska Academy of Sciences and**
 21 **Affiliated Societies**, Paper 165. 1989.
- 22 DA-SILVA, E. R., SALLES, F. F., BAPTISTA, M. S. As brânquias dos gêneros de
 23 Leptophlebiidae (Insecta: Ephemeroptera) ocorrentes no Estado do Rio de Janeiro. **Biota**
 24 **Neotropica**, 2. (2). 2002.
- 25 DA-SILVA, E.R.; SALLES, F.F. Ephemeroptera. In RAFAEL, J.A.; MELO, G.A.R.;
 26 CARVALHO, C.J.B.; CASARI, S.A.; CONSTANTINO, R. (eds.), **Insetos do Brasil:**
 27 **Diversidade e Taxonomia**. Holos, Ribeirão Preto, 2012.
- 28 DE CÁCERES, M.; LEGENDRE, P. Associations between species and groups of sites:
 29 indices and statistical inference. **Ecology** 90(12): 3566-3574. 2009.
- 30 DELONG M. D, BRUSVEN M. A. Macroinvertebrate community structure along the
 31 longitudinal gradient of an agriculturally impacted stream. **Environmental Management**,22:
 32 445-457. 1998.
- 33 DIAS-SILVA, K.; CABETTE, H. S. R.; JUAN, L. & DE MARCO, P. The influence of
 34 habitat integrity and physical-chemical water variables on the structure of aquatic and semi-
 35 aquatic Heteroptera. **Zoologia**, 27(6): 918-930. 2010.
- 36 DINIZ-FILHO, J. A. F., L. M. BINI, G. OLIVEIRA, B. S. BARRETO, M. M. F. P.SILVA, L.
 37 C. TERRIBILE, T. F. L. V. B. RANGEL, M. P. PINTO, N. P. R.SOUSA, L. C. G. VIEIRA,
 38 A. S. MELO, P. DEMARCO, C. M. VIEIRA, D. BLAMIREs, R. P. BASTOS, P.
 39 CARVALHO, L. G. FERREIRA, M. P. C. TELLES, F. M. RODRIGUES, D. M. SILVA, N.
 40 J. SILVA, and T. N. SOARES. Macroecologia, biogeografia e áreas prioritárias para
 41 conservação no Cerrado. **Oecologia Australis**, 13:470-497. 2009.

- 1 DOMÍNGUEZ, E., MOLINERI, C., PESCADOR, M.L., HUBBARD, M.D.; NIETO, C.
 2 **Ephemeroptera of South America. In Aquatic Biodiversity of Latin America** (J. Adis,
 3 J.R. Arias, G. Rueda-Delgado & K.M. Wantzen, eds). Pensoft, Moscow-Sofia, 1-646. (2).
 4 2006.
- 5 DUDGEON, D., ARTHINGTON, A. H., GESSNER, M. O., KAWABATA, Z. I.,
 6 KNOWLER, D. J. LÉVÊQUE, C., NAIMAN, J. R., RICHARD, A. H. P., SOTO, D.,
 7 STIASSNY, M. L. J., SULLIVAN, C. A. Freshwater biodiversity: importance, threats, status
 8 and conservation challenges. **Biological Reviews**. 81, 163–182. 2005 Cambridge
 9 Philosophical Society 163 doi:10.1017/S1464793105006950. 2006.
- 10 ESTEVES, F. de A. **Fundamentos de Limnologia**. 2ed. Interciência, Rio de Janeiro, 1998.
- 11 FALCAO, J. N.; SALLES, F. F.; HAMADA, N. Baetidae (Insecta, Ephemeroptera)
 12 ocorrentes em Roraima, Brasil: novos registros e chaves para gêneros e espécies no estágio
 13 ninfal. **Revista Brasileira de Entomologia**. 55,(4), 516-548. acesso em: 21 Mar. 2016.
 14 <http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262011005000048>. 2011.
- 15 FERREIRA, W. R., LIGEIRO, R., MACEDO, D. R., HUGHES, R. M., KAUFMANN, P. R.,
 16 OLIVEIRA, L. G., & CALLISTO, M. Importance of environmental factors for the richness
 17 and distribution of benthic macroinvertebrates in tropical headwater streams. **Freshwater**
 18 **Science**, 33(3), 860-871. doi:10.1086/676951. 2014.
- 19 FIDELIS, L., NESSIMIAN, J. L., HAMADA, N. Distribuição espacial de insetos aquáticos
 20 em igarapés de pequena ordem na Amazônia Central. **Acta Amazonica**, 38(1): 127 – 134.
 21 2008.
- 22 FINN D.S.; POFF N.L. Variability and convergence in benthic communities along the
 23 longitudinal gradients of four physically similar Rocky Mountain streams. **Freshwater**
 24 **Biology**, 50, 243–261. 2005.
- 25 FLINT, O.S. The Trichoptera of Suriname. Studies on the Fauna of Suriname and ather
 26 Gyanas. XIV, 55. 1–155. 1974.
- 27 FLINT, O. S., HOLZENTHAL, R. W.; HARRIS, S. C. **Catalog of the Neotropical**
 28 **Caddisflies (Insecta: Trichoptera)**. Columbus: Ohio Biological Survey. 239 p. 1999.
- 29 FRANCISCHETTI, C. N.; DA-SILVA, E. R.; SALLES, F. F. A alimentação de ninfas de
 30 *Caenis cuniana* Froehlich, 1969 (Ephemeroptera, Caenidae) em um brejo temporário da
 31 restinga de Maricá, Estado do Rio de Janeiro. **Boletim do Museu Nacional**, Zoologia 446:1-
 32 6. 2001.
- 33 FROEHLICH, C. G. Checklist dos Plecoptera (Insecta) do Estado de São Paulo, Brasil. **Biota**
 34 **Neotropica**, 11, 1, 601-606. Acesso em: 28 Mar. 2016.
 35 <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032011000500026>. 2011.
- 36 FROEHLICH, C.G. Plecoptera. *In: Domínguez, E. & Fernández, H.R. (eds).*
 37 **Macroinvertebrados bentônicos sudamericanos: Sistemática y biología**. Fund. Miguel
 38 Lillo. Tucumán - Argentina. p. 145-166. 2009.

- 1 FULAN, J. A., DAVANSO, R. C. S., HENRY, R. A variação nictemeral das variáveis físicas
2 e químicas da água influencia a abundância dos macroinvertebrados aquáticos? **Revista**
3 **Brasileira de Biociências**, 7, (2), 150-154. 2009.
- 4 GAMBOA, M, CHACÓN, M. M., SEGNINI, S. Diet composition of the
5 mature larvae of four Anacronuria species (Plecoptera: Perlidae) from the Venezuelan
6 Andes. **Aquatic Insects**, 31:409–417. 2009.
- 7 GIEHL NFDS, DIAS-SILVA K, JUEEN L, BATISTA JD, CABETTE HSR (2014) Taxonomic
8 and Numerical Resolutions of Nepomorpha (Insecta: Heteroptera) in Cerrado Streams. **PLoS**
9 **ONE** 9(8): e103623. doi: 10.1371/journal.pone.0103623.
- 10 GIL, M.A; GARELIS, P.A; VALLANIA, E.A. Hábitos alimenticios de larvas de
11 *Polycentropus joergenseni* Ulmer, 1909 (Trichoptera: Polycentropodidae) en el río Grande
12 (San Luis, Argentina). **Gayana (Conceptc.)**, Concepción , 70, 2, 206-209, 2006 .
13 em:21 jul. 2016. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-65382006000200007>. 2006.
- 14 GONÇALVES, E. de A. Riqueza e distribuição espacial de Ephemeroptera, Plecoptera e
15 Tricoptera em ambientes lóticos de Mata Atlântica. Dissertação de Mestrado. Universidade
16 Federal de Juiz de Fora, MG. 2015.
- 17 GONÇALVES, F.B.; MENEZES, M.S.A comparative analysis of biotic indices that use
18 macroinvertebrates to assess water quality in a coastal river of Paraná state, southern Brazil.
19 **Biota Neotropica** 11(4): 2011.
20 <http://www.biotaneotropica.org.br/v11n4/en/abstract?article+bn00411042011>.
- 21 GONÇALVES-JUNIOR, J. F., MARTINS, R. T., OTTONI, B. M. de P., COUCEIRO, S. R.
22 M. Uma visão sobre a decomposição foliar em sistemas aquáticos brasileiros (89 – 116). In:
23 Hamada, N., Nessimian, J. L., Querino, R. B. (eds). **Insetos aquáticos na Amazônia**
24 **brasileira: taxonomia, biologia e ecologia** --- Manaus: Editora do INPA, 2014.
- 25 GOULART, M.; CALLISTO, M. Bioindicadores de qualidade de água como
26 ferramenta em estudo de impacto ambiental. **Revista da FAPAM**, Ano 2(1). 2003.
- 27 GOULART, M.; M. CALLISTO. Mayfly diversity in the brazilian tropical headwaters of
28 Serra do Cipó. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, 48: 983-996. 2005.
- 29 HAMADA, N.; J. O. SILVA. Ordem Plecoptera. (285-288). In: Hamada, N., Nessimian, J. L.,
30 Querino, R. B. (eds). **Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e**
31 **ecologia**.- Manaus: Editora do INPA, 2014.
- 32 HEINO, J., MUOTKA, T., PAAVOLA, R., HA "MA "LA "INEN, H., KOSKENNIEMI, E.
33 Correspondence between regional delineations and spatial patterns in macroinvertebrate
34 assemblages of boreal headwater streams. **Journal of the North American Benthological**
35 **Society**, 21, 397–413. 2002.
- 36 HEINO, J., MUOTKA, T., PAAVOLA, R.; PAASIVIRTA, L. Among-taxon congruence in
37 biodiversity patterns: can stream insect diversity be predicted using single taxonomic groups?
38 **Canadian Journal of Fisheries and aquatic Sciences**, 60, 1039–1049. 2003.
- 39 HENRIQUES-OLIVEIRA, A. L.; NESSIMIAN, J. L. Aquatic macroinvertebrate diversity
40 and composition in streams along an altitudinal gradient in Southeastern Brazil. **Biota**

- 1 **Neotropica.**, 10, 3, 115-128. Acesso em: 09 Jan. 2016. [http://dx.doi.org/10.1590/S1676-](http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032010000300012)
2 [06032010000300012](http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032010000300012). 2010.
- 3 HEPP, L. U., RESTELLO, R. M., MILESI, S. V., BIASI, C. and MOLOZZI, J. Distribution
4 of aquatic insects in urban headwater streams. **Acta Limnologica Brasiliensia**, 2013.
- 5 HEPP, L. U., MILESI, S. V., BIASI, C. and RESTELLO, R. M. Effects agricultural and
6 urban impacts on macroinvertebrates assemblages in streams (Rio Grande do Sul, Brazil).
7 **Zoologia**, 27, p. 106-113. 2010.
- 8 HEPP, L. U.; SANTOS, S. Benthic communities of streams related to diferente land uses in a
9 hydrographic basin in Southern Brazil. **Environmental Monitoring and Assesment**, 157 (1-
10 4) 305-318. 2008.
- 11 HOGG, I. D.; D. D. WILLIAMS. Response of stream invertebrates to a global-warming
12 thermal regime: na ecosystem-level manipulation. **Ecology**, 77:395–407. 1996.
- 13 HOLZENTHAL, R.W.; BLAHNIK, R.J.; PRATHER, A.L.; KJER, K.M. Order Trichoptera
14 Kirby, 1813 (Insecta), Caddisflies. **Zootaxa**, 1668: 639-698.
15 2007.http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/form_mapas_mensal.php
- 16 IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010:**
17 **Características da população e dos domicílios Resultados do universo**. Rio de Janeiro,
18 2011.
- 19 JUEN, L., NOGUEIRA, D. S., SHIMANO, Y., VIEIRA, L. C. G.; CABETTE, H. S. R.
20 Concordance between Ephemeroptera and Trichoptera assemblage in streams from Cerrado -
21 Amazonia transition. **Annales de Limnologie - International Journal Limnology**, 49, 129-
22 138. DOI: 10.1051/limn/2013048. 2013.
- 23 JUEN, L.; OLIVEIRA-JUNIOR, J. M. B.; SHIMANO, Y.; MENDES, T. P.; CABETTE, H.
24 S. Composição e riqueza de Odonata (Insecta) em riachos com diferentes níveis de
25 conservação em um ecótone Cerrado-Floresta Amazônica. **Acta Amazônica**. VOL. 44(2) 175
26 – 184. 2014.
- 27 JUEN, L., CUNHA, E. J., CARVALHO, F. G., FERREIRA, M. C., BEGOT, T. O.,
28 ANDRADE, A. L., SHIMANO, Y., LEÃO, H., POMPEU, P. S. and MONTAG, L. F. A.
29 Effects of Oil Palm Plantations on the Habitat Structure and Biota of Streams in Eastern
30 Amazon. **River Research and Applications**. DOI: 10.1002/rra.3050. 2016.
- 31 KAUFMANN, P. R., and J. M. FAUSTINI. Simple measures of channel habitat complexity
32 predict transient hydraulic storage in streams. **Hydrobiologia**, 685:69–95. 2012
- 33 KAUFMANN, P. R., D. P. LARSEN, AND J. M. FAUSTINI. Bed stability and
34 sedimentation associated with human disturbances in Pacific Northwest streams. **Journal of**
35 **the American Water Resources Association**, 45:434–459. 2009.
- 36 KIKUCHI, R. M. e UIEDA, V. S. Composição e distribuição dos
37 macroinvertebrados em diferentes substratos de fundo de um riacho no município de Itatinga,
38 São Paulo, Brasil. **Entomologia y Vectores**, 12(2):193-231. 2005.

- 1 KOEPPEN, W. **Climatologia** versão para o espanhol de Pedro, R. Hendrichs Pérez. Fondo
2 de Cultura Econômica, México. 1948.
- 3 LEITE, R. L. **Influência de macrófitas aquáticas sobre a qualidade da água e**
4 **açudes do semi-árido da Paraíba**, 129p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da
5 Paraíba, João Pessoa, 2001.
- 6 LEMOS, D. C. **MANUAL DE TREINAMENTO DE AGENTES AMBIENTAIS.**
7 **Instituto do Homem, São Luis**, Estação Gráfica, 1999.
- 8 LI, J. L.; JOHNSON, S. L.; SOBOTA, J. B. Three responses to small changes in stream
9 temperature by autumnemerging aquatic insects. **Journal of the North American**
10 **Benthological Society**. 30(2):474–48 DOI: 10.1899/10-024.1 2011.
- 11 MACKAY, R. J. & WIGGINS, G. B. 1979. Ecological diversity in Trichoptera. **Annual**
12 **Review of Entomology**, 24:185-208. 1979.
- 13 MANLY, B.F.J. **Multivariate statistical methods: a primer**. 2nd ed., London, Chapman &
14 Hall, 1994.
- 15 MARGALEF, R. **Limnologia**. Barcelona: Ed. Omega, 1010. 1983.
- 16 MELO, A. S. O que ganhamos ‘confundindo’ riqueza de espécies e equabilidade em um
17 índice de diversidade? **Biota Neotropica**. 8, (3). 2008.
- 18 MELODY, K. J., e J. S. RICHARDSON. Riparian forest harvesting and its influence on
19 benthic communities of small streams of sub-boreal British Columbia. **Canadian Journal of**
20 **Forest Research**,37:907–918. 2007.
- 21 MERRITT, R. W., CUMMINS, K. W., CAMPBELL, E. Y. Uma Abordagem Funcional para
22 a Caracterização de Riachos Brasileiros (69 – 88). In: Hamada, N., Nessimian, J. L., Querino,
23 R. B. (eds). **Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia.**-
24 Manaus: Editora do INPA, 2014.
- 25 MERRITT, R.W., CUMMINS, K.W., BERG, M.B. An Introduction to the Aquatic
26 Insects of the North America. Kendall/Hunt Publishing Destepany, Dubuque. 2008.
- 27 MILESI, S. V, BIASI, C., RESTELLO, RM.; HEPP, LU. Efeito de metais Cobre (Cu) e
28 Zinco (Zn) sobre a comunidade de macroinvertebrados bentônicos em riachos do sul do
29 Brasil. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, 30, 283-289. 2008.
- 30 MINSHALL, G.W., Aquatic insect-substratum relationships, In: RESH, V. H. &
31 ROSENBERG, D. M. (eds.). **The ecology of aquatic insects**. New York: Praeger Publishers.
32 358-400. 1984.
- 33 MOLINERI, C. and DOMÍNGUEZ, E. Nymph and egg of *Melanemerella brasiliiana*
34 (Ephemeroptera: Ephemerelloidea: Melanemerellidae), with comments on its systematic
35 position and the higher classification of Ephemerelloidea. **Journal of North American**
36 **Benthological Society**, 22, (2), 263-275. <http://dx.doi.org/10.2307/1467997>. 2003.
- 37 MOLOZZI, J. FRANÇA, J. S., ARAUJO, T. L. A., VIANA, T. H., HUGHES, R. M.,
38 CALLISTO, M. Diversidade de habitats físicos e sua relação com macroinvertebrados
39 bentônicos em reservatórios urbanos em Minas Gerais. **Iheringia, Série Zoologia**, 101, (3),

- 1 191-199. Acesso em: 25 July 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/S0073-47212011000200006>.
2 2011.
- 3 MONTEIRO-JÚNIOR, C. S.; ESPOSITO, M. C.; JUEN, L. Are the adult odonate species
4 found in a protected area diferente from those present in the surrounding zone? A case study
5 from eastern Amazonia. **Journal of Insect Conservation**, 3 (20) DOI 10.1007/s10841-016-
6 9895-5. 2016
- 7 MONTEIRO-JÚNIOR, C. S., JUEN, L., HAMADA, N. Analysis of urban impacts on aquatic
8 habitats in the central Amazon basin: adult odonates as bioindicators of environmental
9 quality. **Ecological Indicators**, 48: 303–311.2015.
- 10 MONTEIRO-JÚNIOR, C. S, JUEN, L., HAMADA, N. Corrigendum to effects of
11 urbanization on stream habitats and associated adult dragonfly and damselfly communities in
12 central Brazilian Amazonia **Landscape and Urban Planning**, 130, 207-208. 2014.
- 13 MORETO, R. A. **Diversidade de Hydropsychidae Curtis e Leptoceridae Leach (Insecta,**
14 **Tricoptera) em riachos do Parque Estadual Intervales, Serra de Paranapiacaba,**
15 **SãoPaulo**. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências e Letras de Ribeirão Preto –USP.
16 2012.
- 17 MUGNAI, R.; NESSIMIAN, J.L.; BAPTISTA, D.F. **Manual de Macroinvertebrados**
18 **Aquáticos do Estado do Rio de Janeiro**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Technical Books, 176p.
19 2010.
- 20 NESSIMIAN, J. L., VENTICINQUE, E. M., ZUANON, J., DE MARCO JR, P., GORDO,
21 M., FIDELIS, L. BATISTA, J. D., JUEN, L. Land use, habitat integrity, and aquatic insect
22 assemblages in Central Amazonian streams. **Hydrobiologia**, 614:117–131. DOI
23 10.1007/s10750-008-9441-x. 2008.
- 24 NICACIO, G.; JUEN, L. Chironomids as indicators in freshwater ecosystems: an assessment
25 of the literature. **Insect Conservation and Diversity**, 8, 393-403. 2015. Doi:
26 10.1111/icad.12123. 2015.
- 27 NOGUEIRA, D. S., CABETTE, H. S. R., JUEN, L. Estrutura e composição da comunidade
28 de Trichoptera (Insecta) de rios e áreas alagadas da bacia do rio Suiá-Miçú, Mato Grosso,
29 Brasil. **Iheringia, Série Zoologia**, 101(3): 173-180. 2011.
- 30 NOGUEIRA, D. S., CALVÃO, L. B., MONTAG, L. F. A., JUEN, L. e DE- MARCO-JR.
31 Little effects of reduced-impact logging on insect communities in eastern Amazonia.
32 Environmental Monitoring and Assessment. 188:441 DOI 10.1007/s10661-016-5431-z.
33 2016.
- 34 PACIENCIA, G. P., YOKOYAMA, E., BISPO, P. C., CRISCI-BISPO, V. L. TAKEBE, I. V.
35 Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera em Corredeiras de Riachos do Parque Estadual
36 Intervales, Estado de São Paulo. **EntomoBrasilis**, 4 (3): 114-118. 2011.
- 37 PAPROCKI, H. Trichoptera. In: RAFAEL, J.A. **Insetos do Brasil**. 1º edição. Ribeirão Preto:
38 Holos Editora, 613-623 p. 2012.
- 39 PEREIRA, D. L. V.; MELO, A. L.; HAMADA, N. Chave de Identificação para as famílias e
40 Gêneros de Gerromorpha e Nepomorpha (Insecta: Heteroptera) na Amazônia Central.
41 **Neotropical Entomology**, 36 (2):210-228. 2007.

- 1 PEREIRA, L. R.; CABETTE, H. S. R.; JUEN, L. Trichoptera as bioindicators of habitat
2 integrity in the Pindaíba river basin, Mato Grosso (Central Brazil) **Annales de Limnologie -**
3 **International Journal of Limnology**, 48: 295–302, 2012 DOI: [10.1051/limn/2012018](https://doi.org/10.1051/limn/2012018). 2012.
4 .
- 5 PÉREZ, G. R. **Bioindicación de la calidad del agua en Colombia**. Imprenta Universidad de
6 Antioquia. 2003.
- 7 PES, A. M., SANTOS, A. P. M., BARCELOS-SILVA, P., CAMARGOS, L. M. Ordem
8 Trichoptera (391 – 434). In: Hamada, N., Nessimian, J. L., Querino, R. B. (eds). **Insetos**
9 **aquáticos na Amazônia Brasileira: taxonomia, biologia e ecologia** --- Manaus: Editora do
10 INPA, 2014.
- 11 PES, A. M. O., PEREIRA, D. L. V., SALLES, F. F., SILVA, J. O. da; HAMADA, N.
12 INSETOS AQUÁTICOS: SIMULIIDAE E OUTROS. P 45-55. In: **Biodiversidade do meio**
13 **Madeira: bases científicas para propostas de conservação** / Organizadores Lucia Rapp Py-
14 Daniel [et al.]. — Manaus: INPA; [Brasília]: MMA: MCT. 244 (Série Biodiversidade; n. 29)
15 2007.
- 16 PES, A. M. O.; HAMADA, N.; NESSIMIAN, J. L. Chaves de identificação de larvas para
17 famílias e gêneros de Trichoptera (Insecta) da Amazônia Central, Brasil. **Revista Brasileira**
18 **de Entomologia**. 49, 2, 181-204, Acesso em: 31 Mar. 2016.
19 <http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262005000200002>. 2005.
- 20 PETERSEN, R. H.; VAN EECKHAUTE, L. Distributions of Ephemeroptera, Plecoptera, and
21 Trichoptera of three maritime catchments differing in pH. **Freshwater Biology**,27: 65-78.
22 1992.
- 23 PIELOU, E.C. **The interpretation of ecological data; a primer on classification and**
24 **ordination**. New York, Wiley, 1984.
- 25 POLEGATTO, C.M. & C.G. FROEHLICH, 2003. Feeding strategies in Atalophlebiinae
26 (Ephemeroptera: Leptophlebiidae), with considerations on scraping and filtering. In E. Gaino
27 (ed), **Research update on Ephemeroptera & Plecoptera Università di Perugia, Perugia,**
28 **Italy: 55 – 61**. 2003.
- 29 QUENOUILLE, M. H. (1956). "Notes on Bias in Estimation". **Biometrical**. 43(3-4): 353–
30 360. [doi:10.1093/biomet/43.3-4.353](https://doi.org/10.1093/biomet/43.3-4.353)
- 31 R Development Core Team., R: A language and environment for statistical computing.
32 [3.2.3]. Vienna, Austria, R Foundation for Statistical Computing. 2015
- 33 REZENDE, C.F. Estrutura da comunidade de macroinvertebrados associados ao folheto
34 submerso de remanso e correnteza em igarapés da Amazônia Central. **Biota Neotropica**,
35 May/Aug 7, (2): 1676-0603. [http:// www.biotaneotropica.org.br/v7n2/pt/abstract?short-](http://www.biotaneotropica.org.br/v7n2/pt/abstract?short-communication+bn0160702)
36 [communication+bn0160702](http://www.biotaneotropica.org.br/v7n2/pt/abstract?short-communication+bn0160702). 2007.
- 37 RIBEIRO, L. O. et al. Composição e distribuição de insetos aquáticos no rio Vacacaí-Mirim,
38 Santa Maria, Rio Grande do Sul. **Ciência e Natura**, 31 (1) 79-93. 2009.
- 39 RIGHI-CAVALLARO, K.O., SPIES, M. R. & SIEGLOCH, A. E. Ephemeroptera, Plecoptera
40 and Trichoptera assemblages in Miranda River basin, Mato Grosso do Sul State, Brazil. **Biota**
41 **Neotropica**, 10(2), 253-
42 260.<http://www.biotaneotropica.org.br/v10n2/en/abstract?inventory+bn0221002>. 2010.

- 1 RIGHI-CAVALLARO, K.O. **Aspectos da ecologia e biologia de Plecoptera (Insecta) em**
 2 **riachos da Serra da Mantiqueira e da Serra do Mar, no Estado de São Paulo. Tese de**
 3 **Doutorado.** UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Ribeirão Preto – SP. 2011.
- 4 ROSENBERG, D. M.; RESH, V. H. **Freshwater monitoring and benthic**
 5 **macroinvertebrates.** Chapman & Hall, New York, 488. 1993.
- 6 RUPPENTHAL, E. L.; NIN, C. S. & RODRIGUES, G. G. A mata ciliar/curso d' água é um
 7 ecossistema único? **Revista Brasileira de Biociências**, 5(1):525-527. 2007.
- 8 SALLES, F. F., BOLDRINI, R., NASCIMENTO, J. M. C., ANGELI, K. B., MASSARIOL,
 9 F. C., RAIMUNDI, E. Efemeroptera do Brasil. Disponível em:
 10 <http://ephemeroptera.com.br/estado/ma/> Acess on Abr. 2016. 2015.
- 11 SALLES F. F.; FERREIRA-JÚNIOR N. Hábitat e Hábitos in: HAMADA, N. et al. **Insetos**
 12 **aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia** / Editores Neusa
 13 Hamada, Jorge Luiz Nessimian, Ranyse Barbosa Querino. - Manaus : Editora do INPA, 2014.
- 14 SALLES, F.F. **A ordem Ephemeroptera (Insecta) no Brasil: diversidade e taxonomia.**
 15 Tese de Doutorado, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais. 2006.
- 16 SALLES, F. F., DA-SILVA, E. R., HUBBARD, M. D.; SERRÃO, J. E. As Espécies de
 17 Ephemeroptera (Insecta) Registradas para o Brasil. **Biota Neotropica** 4 (2) – 2004.
 18 <http://www.biotaneotropica.org.br/v4n2/pt/abstract?inventory+BN04004022004>
- 19 SANTOS, I. G. A. dos; RODRIGUES, G. G. Colonização de macroinvertebrados bentônicos
 20 em detritos foliares em um riacho de primeira ordem na Floresta Atlântica do nordeste
 21 brasileiro. **Iheringia, Série Zoológia**, 105, 1, 84-93, access on 09 Jan. 2016.
 22 <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4766201510518493>. 2015.
- 23 SENSOLO, D., HEPP, L. U., DECIAN, V.; RESTELLO, R. M. Influence of landscape on
 24 assemblages of Chironomidae in Neotropical streams. **Annales de Limnologie -**
 25 **International Journal of Limnology**, vol. 48, p. 391-400. <http://dx.doi.org/10.1051/limn/2012031>. 2012.
- 27 SHIMANO, Y.; CABETTE, H. S. R.; SALLES, F. F. & JUEN, L. Composição e distribuição
 28 da fauna de Ephemeroptera (Insecta) em área de transição Cerrado-Amazônia, Brasil.
 29 **Iheringia, Série Zoologia** 100(4): 301-308. 2010.
- 30 SHIMANO, Y., SALLES, F. F., FARIA, L. R. R., CABETTE, H. S. R., NOGUEIRA, D. S.
 31 Distribuição espacial das guildas tróficas e estruturação da comunidade de Ephemeroptera
 32 (Insecta) em córregos do Cerrado de Mato Grosso, Brasil. **Iheringia, Série Zoologia**,
 33 102(2):187-196. 2012.
- 34 SHIMANO, Y. e JUEN, L. How oil palm cultivation is affecting mayfly assemblages in
 35 Amazon streams. **Annales de Limnologie. - International Journal Limology**, 52. 35–45
 36 DOI: [10.1051/limn/2016004](https://doi.org/10.1051/limn/2016004). 2016.
- 37 SIEGLOCH, A. E., SURIANO, M., SPIES, M.; FONSECA-GESSNER, A. Effect of land use
 38 on mayfly assemblages structure in Neotropical headwater streams. **Anais da Academia**
 39 **Brasileira de Ciências** 86(4): Printed version ISSN 0001-3765 / Online version ISSN 1678-

- 1 2690 www.scielo.br/aabc. <http://dx.doi.org/10.1590/0001-3765201420130516> Acesso em:07
2 Mai 2016. 2014.
- 3 SILVA, D. J.; CONCEIÇÃO, G. M. Rio Itapecuru: Caracterização Geoambiental e
4 Socioambiental, Município de Caxias, Maranhão, Brasil. **Scientia Plena**, 7. 012401. 2011.
- 5 SILVA, W. F. N. **Mapa Hidrológico de tributários do rio Itapecuru em Caxias-MA.**
6 Adaptado de: CPRM - Serviço Geológico do Brasil - Residência de Teresina- RETE. Projeto
7 Cadastro de Fontes de Abastecimento de Águas Subterrâneas do Estado do Maranhão. 2016.
- 8 SILVEIRA, M. P.; QUEIROZ, J. F. de; BOEIRA R. C. **Protocolo de Coleta e Preparação**
9 **de Amostras de Macroinvertebrados Bentônicos em Riachos.** EMBRAPA. ISSN 1516-
10 8638 Jaguariúna, São Paulo. Outubro, 2004.
- 11 SILVEIRA, M.P., BUSS, D.F., NESSIMIAN, J. L.; BAPTISTA, D. F. Spatial and temporal
12 distribution of benthic macroinvertebrate in a south eastern Brazilian river. **Brazilian Journal**
13 **of Biology**, 66. 623-632. PMid:16906294. [http://](http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842006000400006)
14 dx.doi.org/10.1590/S1519-69842006000400006. 2006.
- 15 SOUSA, I. G.; MENEZES, R. L.; VIANNA, J. M.(Org). **Cartografias Invisíveis: Saberes e**
16 **Sentires de Caxias.** Academia Caxiense de Letras, Caxias-MA, 2015.
- 17 SOUZA, H. M. de L.; CABETTE, H. S. R.; JUEN, L. Baetidae (Insecta, Ephemeroptera) em
18 córregos do cerrado mato-grossense sob diferentes níveis de preservação
19 ambiental. **Iheringia, Série Zoológia** 101, (3): 181-190. Access on 01 June 2016.
20 <http://dx.doi.org/10.1590/S0073-47212011000200005>. 2011.
- 21 SOUTHWOOD, T. R. E. Habitat, the templet for ecological strategies? **Journal of Animal**
22 **Ecology**. 46, 337 – 365. 1977.
- 23 SPIES, M. R., FROEHLICH, C.G., KOTZIAN, C. B. Composition and diversity of
24 Trichoptera (Insecta) larvae communities in the middle section of the Jacuí River and some
25 tributaries, State of Rio Grande do Sul, Brazil. **Iheringia Série Zoologia**, 96:389–398. 2006.
- 26 SPRINGER, M. Capítulo 7: Trichoptera. **Revista Biologia Tropical**, 58, (4). 151-
27 198. Acesso em: 31 Mar. 2016. 2010.
- 28 SURIANO, M. T.; FONSECA-GESSNER, A. A. Structure of benthic Macroinvertebrate
29 assemblages on a gradiente of environmental integrity in Neotropical streams. **Acta**
30 **Limnologica Brasiliensia**, 2013, vol. 25, no. 4, p. 418-428 [http://dx.doi.org/10.1590/S2179-](http://dx.doi.org/10.1590/S2179-975X2013000400007)
31 [975X2013000400007](http://dx.doi.org/10.1590/S2179-975X2013000400007). 2013.
- 32 TELES, H. F., LINARES, M. S., ROCHA, P. A., RIBEIRO, A. S. Macroinvertebrados
33 Bentônicos como Bioindicadores no Parque Nacional da Serra de Itabaiana, Sergipe, Brasil.
34 **Revista Brasileira de Zoociências**, 15 (1, 2, 3): 123-137. 2013.
- 35 THOMAZ, S. M.; DIBBLE, E. D.; EVANGELISTA, L. R.; HIGUTI, J.; BINI, L. M.
36 Influence of aquatic macrophyte habitat complexity on invertebrates abundance and richness
37 in tropical lagoons. **Freshwater biology**, v. 53, p. 358-367. 2008.
- 38 THORP J. H, THOMS M. C, DELONG M. D. The riverine ecosystem synthesis:
39 biocomplexity in river networks across space and time. **River Research and Applications**,
40 22:123–147. 2006.

- 1 TORRES, S. H. S.; RESENDE, D. L. M. C. Distribuição temporal e espacial de Plecoptera
2 em um córrego no Parque Ecológico Quedas do rio Bonito, sul de Minas Gerais.
3 **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.8, N.14; p. - 2012.
- 4 UIEDA, V. S., ALVES, M. I. B., SILVA, E. I. Invertebrados bentônicos: relação entre
5 estrutura da fauna e características do mesohabitat. **Revista Ambiente & Água**, 11 (3) 2016.
6 Doi:10.4136/ambi-agua.1876. 2016.
- 7 UIEDA, V. S.; GAJARDO, C. S. M. Macroinvertebrados epifíticos encontrados em poções e
8 corredeiras de um riacho. **Naturalia**, 21: 31-47.1996.
- 9 VALE, F. S.; PEREIRA, L. C.; SILVA, P. J.; BARROS, V. L. L. Rio Itapecuru: uma visão
10 geoambiental, em Caxias-MA. **Revista Humana et al.** Paço do Lumiar, v. 1, n. 2, p. 104-119,
11 dez. 2014.
- 12 VANNOTE, R. L.; MINSHALL, G. W.; CUMMINS, K. W. L.; SEDELL, J. R.; CRUSHING,
13 C. E. The river continuum concept. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**,
14 37: 130-137 p. 1980.
- 15 VIDOVIK, T. A. da S. **Taxonomia de larvas e adultos de *Macronema Pictet* (Insecta:
16 Trichoptera: Hydropsychidae) em igarapés de Floresta de terra firme, Amazonas, Brasil**
17 /Dissertação de Mestrado. INPA.-Manaus: [s.n.], 2013.
- 18 WALLACE, J. B.; WEBSTER, J. R. The role of macroinvertebrate in stream ecosystem
19 function. **Annual Review of Entomology**, 41, 115-1139. [http://dx.doi.org/10.1146/annurev.](http://dx.doi.org/10.1146/annurev.en.41.010196.000555)
20 [en.41.010196.000555](http://dx.doi.org/10.1146/annurev.en.41.010196.000555). 1996
- 21 WANTZEN, K. M. e WAGNER, R. Detritus processing by invertebrate shredders: a
22 neotropicaltemperate comparison. **Journal of North American Benthological Society**, 25,(1)
23 .216-232.[http://dx.doi.org/10.1899/0887-3593\(2006\)25\[216:DPBI A\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1899/0887-3593(2006)25[216:DPBI A]2.0.CO;2). 2006.
- 24 WARD, J. V. **Aquatic insects ecology 1: Biology and habitat**. Singapore: John Wiley and
25 Sons, Inc. 438 p. 1992.
- 26 WOLF, M.; MATTHIAS, U.; ROLDAN, G. Estudio del desarrollo de los insectos acuaticos,
27 su emergência y ecologia em três ecossistemas diferentes em el departamento de Antioquia.
28 **Actualidades Biologicas**, Medellin. 17, p. 2-27, 1998.
- 29 ZAMORA-MUÑOZ, C., SANCHEZ-ORTEGA, A. & ALBA-TERCEDOR, J. Physico-
30 chemical factors that determine the distribution of mayflies and stoneflies in a high-mountain
31 stream in southern Europe (Sierra Nevada, Southern Spain). **Aquatic Insects**, 15: 11-20.
32 1993.
- 33 ZAR J. H. **Biostatistical Analysis**. 5 ed. New Jersey: Prentice-Hall Press. 2008.
- 34 ZERLIN, R. A. Variação temporal dos macroinvertebrados bentônicos, em lagoa marginal ao
35 Rio Paranapanema-SP. 2011. 96 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
36 Instituto de Biociências de Botucatu, 2011. Disponível em:
37 <<http://hdl.handle.net/11449/89987>>
- 38
- 39

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41

ANEXO

1- Índice de Integridade de Hábitat – IHH

1

INDICE DE INTEGRIDADE DE HABITAT – IIH

2 Local: _____ Data: ____/____/____ Hora _____:

3 Localidade: _____ Coordenadas: _____

4

- | | | | |
|----|---|-----|--|
| 5 | 1) Padrão de Uso da Terra além da zona de | 61 | 0. Barranco instável com solo e areia soltos, |
| 6 | vegetação ribeirinha | 62 | facilmente perturbável. |
| 7 | 0. Cultivos Agrícolas de ciclo curto. | 63 | 1. Barranco com solo livre e uma camada |
| 8 | 1. Pasto. | 64 | esparsa de grama e arbustos. |
| 9 | 2. Cultivos Agrícolas de ciclo longo. | 65 | 2. Barranco firme, coberto por grama e |
| 10 | 3. Capoeira. | 66 | arbustos. |
| 11 | 4. Floresta Contínua. | 67 | 3. Barranco estável de rochas e/ou solo firme, |
| 12 | 2) Largura da Mata Ciliar | 68 | coberto de grama, arbustos e raízes. |
| 13 | 0 Vegetação arbustiva ciliar ausente. | 69 | 4. Ausência de barrancos. |
| 14 | 1 Mata ciliar ausente com alguma vegetação | 70 | 8) Escavação sob o barranco |
| 15 | arbustiva. | 71 | 0. Escavações severas ao longo do canal, |
| 16 | 2 Mata ciliar bem definida de 1 a 5 m de | 72 | com queda de barrancos. |
| 17 | largura. | 73 | 1. Escavações frequentes. |
| 18 | 3 Mata ciliar bem definida entre 5 e 30 m de | 74 | 2. Escavações apenas nas curvas e |
| 19 | largura. | 75 | constrições. |
| 20 | 4 Mata ciliar bem definida com mais de 30 | 76 | 3. Pouca ou nenhuma evidência, ou restrita a |
| 21 | m. | 77 | áreas de suporte de raízes. |
| 22 | 5 Continuidade da mata ciliar com a floresta | 78 | 9) Leito do rio |
| 23 | adjacente. | 79 | 0. Fundo uniforme de silte e areia livres, |
| 24 | 3) Estado de preservação da Mata Ciliar | 80 | substrato de pedra ausente. |
| 25 | 0. Cicatrizes profundas com barrancos ao | 81 | 1. Fundo de silte, cascalho e areia em locais |
| 26 | longo do seu comprimento. | 82 | estáveis. |
| 27 | 1. Quebra frequente com algumas cicatrizes e | 83 | 2. Fundo de pedra facilmente móvel, com |
| 28 | barrancos. | 84 | pouco silte. |
| 29 | 2. Quebra ocorrendo em intervalos maiores | 85 | 3. Fundo de pedras de vários tamanhos, |
| 30 | que 50 m. | 86 | agrupadas, com interstício óbvio. |
| 31 | 3. Mata Ciliar intacta sem quebras de | 87 | 10) Áreas de corredeiras e poções ou meandros |
| 32 | continuidade. | 88 | 0. Meandros e áreas de corredeiras/poções |
| 33 | 4) Estado da Mata ciliar dentro de uma faixa | 89 | ausentes ou rio canalizado. |
| 34 | de 10 m | 90 | 1. Longos poções separando curtas áreas de |
| 35 | 0. Vegetação constituída de grama e poucos | 91 | corredeiras, meandros ausentes. |
| 36 | arbustos. | 92 | 2. Espaçamento irregular. |
| 37 | 1. Mescla de grama com algumas árvores | 93 | 3. Distintas, ocorrendo em intervalos de 5 a 7 |
| 38 | pioneiras e arbustos. | 94 | vezes a largura do rio. |
| 39 | 2. Espécies pioneiras mescladas com árvores | 95 | 11) Vegetação Aquática |
| 40 | maduras. | 96 | 0. Algas emaranhadas no fundo, plantas |
| 41 | 3. Mais de 90% da densidade é constituída de | 97 | vasculares dominam o canal. |
| 42 | árvores não pioneiras ou nativas. | 98 | 1. Emaranhados de algas, algumas plantas |
| 43 | 5) Dispositivos de retenção | 99 | vasculares e poucos musgos. |
| 44 | 0. Canal livre com poucos dispositivos de | 100 | 2. Algas dominantes nos poções, plantas |
| 45 | retenção. | 101 | vasculares semi-aquáticas ou aquáticas ao |
| 46 | 1. Dispositivo de retenção solto movendo-se | 102 | longo da margem. |
| 47 | com o fluxo. | 103 | 3. Quando presente consiste de musgos e |
| 48 | 2. Rochas e/ou troncos presentes, mas, | 104 | manchas de algas. |
| 49 | preenchidas com sedimento. | 105 | 12) Detritos |
| 50 | 3. Canal com rochas e/ou troncos firmemente | 106 | 0. Sedimento fino anaeróbico, nenhum detrito |
| 51 | colocadas no local. | 107 | bruto. |
| 52 | 6) Sedimentos no canal | 108 | 1. Nenhuma folha ou madeira, matéria |
| 53 | 0. Canal dividido em traços ou rio canalizado. | 109 | orgânica bruta e fina com sedimento. |
| 54 | 1. Barreira de sedimento e pedras, areia e | 110 | 2. Pouca folha e madeira, detritos orgânicos |
| 55 | silte comuns. | 111 | finos, floculentos, sem sedimento. |
| 56 | 2. Algumas barreiras de cascalho e pedra | 112 | 3. Principalmente folhas e material lenhoso |
| 57 | bruta e pouco silte. | 113 | com sedimento. |
| 58 | 3. Pouco ou nenhum alargamento resultante | 114 | 4. Principalmente folhas e material lenhoso |
| 59 | de acúmulo de sedimento. | 115 | sem sedimento |
| 60 | 7) Estrutura do barranco do rio | | |

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67

APÊNDICE

Locais de coleta

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32



Nota: P1 Limpeza; P2 Lamego; P3 Cabeça; P4 Sanharó; P5 Riachão; P6; P7 Riacho dos Cocos; P8 Batatal.

1 Cont. Locais de coleta nos igarapés tributários do rio Itapecuru em Caxias, MA.

2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28



Nota: P9 Itapecuruzinho; P10 Ponte; P11 Planaçúcar; P12 Poraquê; P13 São José; P14Ouro.