



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE BRAGANÇA
INSTITUTO DE ESTUDOS COSTEIROS
FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

JAQUELINE DA CONCEIÇÃO SOUZA FEITOSA

**EFEITO DA COBERTURA DO DOSSEL RIPÁRIO NA ESTRUTURA DE
ASSEMBLÉIAS DE MACROINVERTEBRADOS DE UM AFLUENTE DO RIO
CAETÉ**

BRAGANÇA

2022

JAQUELINE DA CONCEIÇÃO SOUZA FEITOSA

**EFEITO DA COBERTURA DO DOSSEL RIPÁRIO NA ESTRUTURA DE
ASSEMBLÉIAS DE MACROINVERTEBRADOS DE UM AFLUENTE DO RIO
CAETÉ**

Trabalho de Conclusão de curso apresentado para
obtenção do grau de Licenciatura em Ciências
Biológicas. Instituto de Estudos Costeiros da
Universidade Federal do Pará, Campus de Bragança.

Orientador: Prof. Dr. Colin Robert Beasley

Coorientador: Dr. Diego Simeone Ferreira da Silva

BRAGANÇA

2022

JAQUELINE DA CONCEIÇÃO SOUZA FEITOSA

**EFEITO DA COBERTURA DO DOSSEL RIPÁRIO NA ESTRUTURA DE
ASSEMBLÉIAS DE MACROINVERTEBRADOS DE UM AFLUENTE DO RIO
CAETÉ**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado como requisito parcial para obtenção do grau de Licenciatura em Ciências Biológicas. Instituto de Estudos Costeiros da Universidade Federal do Pará, Campus de Bragança.

Data de aprovação: 25 / 07 / 2022

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Colin Robert Beasley (Orientador)
Universidade Federal do Pará – UFPA

Diego Simeone Ferreira da Silva (Coorientador)
Doutorado em Biologia Ambiental – UFPA

Lenita Sousa da Silva (Titular)
Doutorado em Biologia Ambiental – UFPA

Fábio Batagini Quinteiro (Titular)
Doutorado em Entomologia – USP

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Federal do Pará, campus Bragança e todo corpo docente por me proporcionar uma formação acadêmica de qualidade. À PROEX pela concessão do auxílio viagem que me deu a oportunidade de participar de eventos que agregaram na minha formação e me trouxeram experiências únicas. À PROPESP, UFPA e FAPESPA por me concederem acesso as bolsas de Iniciação Científica que me beneficiaram de diversas formas. Por meio delas aprendi a escrever textos científicos bem melhores, consegui custear minha permanência em Bragança e confirmou meu desejo de ser professora/pesquisadora apesar do montante burocrático que a profissão exige.

Aos meus pais Maria Ozerina e Joaquim por me apoiarem emocionalmente e economicamente nesse caminho que eu escolhi. E aos meus irmãos Janaine e Janderson por me incentivarem a buscar aquilo que almejo seja o que for. Ficar longe de todos vocês devido essa escolha foi doloroso, mas o resultado está aqui, está concretizado.

Ao meu namorado Luiz por me ajudar a fazer detalhes da formatação e me ajudar a superar as minhas crises de ansiedade. Aos meus amigos por estarem comigo nos momentos mais difíceis dessa formação, momentos que renderam belas conversas filosóficas. Agradeço principalmente a Jeovana que além de amiga também é minha colega de laboratório e entende mais do que ninguém como foi difícil construir esse trabalho no meio de uma pandemia e de várias crises.

Ao Diego meu coorientador e amigo por ajudar na coleta do material para este trabalho, mas principalmente por me incentivar a ser independente. Agradeço ao meu orientador Colin Robert Beasley por ter me auxiliado durante todo este caminho, em cada projeto de pesquisa e agora no TCC. Aprendi muito com o senhor e espero algum dia saber metade do que o senhor sabe. És para mim uma inspiração.

Por fim e mais importante, agradeço aos macroinvertebrados que precisaram morrer para que fosse possível realizar este trabalho. Seu sacrifício não foi em vão.

Muito obrigada a todos!!!

RESUMO

A vegetação no entorno de corpos d'água, a mata ripária, tem papel fundamental na manutenção de sistemas aquáticos. Os macroinvertebrados que vivem neste ambiente se beneficiam com o fornecimento de material alóctone da mata ripária e atuam ativamente no processamento da matéria orgânica e na ciclagem de nutrientes. De acordo com a forma de aquisição de alimentos, morfologia e comportamento eles podem ser classificados em fragmentador, coletor, raspador, predador e sugador-herbívoro. Em um afluente do Rio Caeté da Vila Camutá-PA, foram amostrados 5 pontos nos quais foi encontrado um total de 1578 indivíduos distribuídos em 32 táxons de macroinvertebrados pertencentes às classes Arachnida, Bivalvia, Clitellata, Insecta e Maxillopoda. Em cada ponto, a percentagem de cobertura ripária foi mensurada, e esta variou de 36,55% a 80,86%. De acordo com o fator de cobertura criado, os pontos 1 (36,55%) e 2 (41,54%) foram classificados em cobertura média (33% - 66%) e os pontos 3 (80,86%), 4 (80,40%) e 5 (78,26%) em cobertura alta (66% - 100%). Assim, não havia a presença de pontos com cobertura baixa (0 – 33%). Os dados de abundância dos táxons e dos grupos funcionais foram submetidos a análise multivariadas para investigar a estrutura da fauna em relação cobertura do dossel e às variáveis físico-químicas da água e sedimento. Folha (g), Areia fina (%), MO total (g) e Areia média (%) foram as variáveis mais relacionadas com a fauna e com os grupos funcionais. As ordenações dos pontos com a fauna taxonômica e com os grupos funcionais apresentam conformações semelhantes, com elipses da cobertura média e alta sobrepostas demonstrando similaridade entre as duas classes de habitats. Os táxons Acari, Chironomidae, Copepoda, Ephemeroptera n.i., Hydroptilidae, Leptoceridae, Odontoceridae e Leptophlebiidae mostraram serem potenciais indicadores de cobertura alta. Enquanto os táxons Tipulidae, Coleoptera n.i., Gomphidae e Helicopsychidae demonstraram serem potenciais indicadores de cobertura média. As duas classes de habitat diferem significativamente tanto em termos das variáveis físico-químicas quanto na estrutura da fauna taxonômica, enquanto que para os grupos funcionais, a diferença é significativa apenas entre os pontos de coleta. Os resultados mostram que até alterações na cobertura de floresta ripária podem estar associadas com mudanças na composição e abundância da fauna de macroinvertebrados aquáticos.

Palavras chaves: riacho, sedimento, água, vegetação ciliar, abundância, composição taxonômica, fauna bentônica.

ABSTRACT

The vegetation around water bodies, the riparian forest, plays a key role in maintaining aquatic systems. The macroinvertebrates that live in the stream environment benefit from the supply of allochthonous material from the riparian forest and are actively involved in the processing of organic matter and nutrient cycling. According to the means of food acquisition, morphology, and behavior they can be classified as shredder, collector, scraper, predator, and sucker-herbivore. In a tributary of Caeté River at Vila Camutá-PA, 5 points were sampled in which a total of 1578 individuals were found distributed in 32 macroinvertebrate taxa belonging to the classes Arachnida, Bivalvia, Clitellata, Insecta and Maxillopoda. At each point, the percentage of riparian cover was measured, and ranged from 36.55% to 80.86%. According to the cover factor created, points 1 (36.55%) and 2 (41.54%) were classified in medium cover (33% - 66%) and points 3 (80.86%), 4 (80.40%) and 5 (78.26%) in high cover (66% - 100%). Thus, there was no presence of points with low coverage (0 - 33%). The abundance data of taxa and functional groups were subjected to multivariate analysis to investigate the fauna structure in relation to canopy cover and to physicochemical variables of water and sediment. Leaf (g), Fine Sand (%), Total MO (g) and Medium Sand (%) were the variables most closely related to fauna and functional groups. The ordinations of the points with the taxonomic fauna and with the functional groups present similar conformations, with ellipses of the medium and high coverage overlapping demonstrating similarity between the two classes of habitats. The taxa Acari, Chironomidae, Copepoda, Ephemeroptera n.i., Hydroptilidae, Leptoceridae, Odontoceridae and Leptophlebiidae showed to be potential indicators of high cover. While Tipulidae, Coleoptera n.i., Gomphidae and Helicopsychidae taxa were shown to be potential indicators of medium cover. The two habitat classes differ significantly both in terms of the physicochemical variables and the structure of the taxonomic fauna, while for the functional groups, the difference is significant only between collection points. The results show that even changes in riparian forest cover may be associated with changes in the composition and abundance of the aquatic macroinvertebrate fauna.

Key words: stream, sediment, water, riparian vegetation, abundance, taxonomic composition, benthic fauna.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – a) Vila Camutá destacada com traçado vermelho. b) Balneário dos Reis, (latitude - 1.046229°S e longitude -46.743066°W). c) Fotografia da piscina natural do Balneário dos Reis.....	13
Figura 2 – Fotografias do local de coleta. Transecto de 240 m no afluente do Rio Caeté localizado à aproximadamente 50 m acima da piscina natural do Balneário dos Reis, na Vila Camutá.....	15
Figura 3 – Fotografias dos dosséis ripários de cada ponto amostrado. a) fotografia do dossel ripário no ponto 1 com cobertura vegetal de 34,6%. b) fotografia do dossel ripário no ponto 2 com cobertura vegetal de 41,54%. c) fotografia do dossel ripário no ponto 3 com cobertura vegetal de 80,86%. d) fotografia do dossel ripário no ponto 4 com cobertura vegetal de 80,40%. e) fotografia do dossel ripário no ponto 5 com cobertura vegetal de 78,26%.....	16
Figura 4 – Abundância das variáveis ambientais que o ENVFIT (Tabela 1) mostrou serem mais associadas a cobertura do dossel. Sendo elas: Areia fina (%), Folha (g), MO Total (g), Areia media. Réplicas e boxplot da cobertura média estão representadas com a cor verde-claro enquanto as da cobertura alta estão na cor verde-escuro.....	22
Figura 5 – Gráfico de barras com dados da composição do sedimento (%) das réplicas (1-5) e pontos (1-5) do riacho afluente do Rio Caeté. Sedimento classificado em cascalho (2 mm), areia muito grossa (1 mm), areia grossa (0,5 mm), areia média (0,25 mm), areia fina (0,125 mm) e areia muito fina (0,063 mm)	23
Figura 6 – Número de táxons e abundância total por ponto e abundância dos táxons que o ORDISURF selecionou como os mais associados a cobertura. Réplicas e boxplot da cobertura média estão representadas com a cor verde-claro enquanto as da cobertura alta estão na cor verde-escuro.....	26
Figura 7 – Ordenação por escalonamento multidimensional não métrico, índice Bray-Curtis baseado na abundância não-transformada e composição taxonômica da assembleia de macroinvertebrados (estresse final = 0.15) com vetores das variáveis significativamente associadas (ENVFIT, Tabela 1), para cobertura média (verde-claro, n = 10) e cobertura alta (verde-escuro, n = 15)	27
Figura 8 – Ordenação por escalonamento multidimensional não métrico baseado na abundância e composição dos grupos funcionais de alimentação da assembleia de macroinvertebrados (estresse final = 0.085) com vetores das variáveis significativamente associadas (ENVFIT, Tabela 1), para cobertura média (verde-claro, n = 10) e cobertura alta (verde-escuro, n = 15), para um afluente do Rio Caeté.....	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores de r^2 e significância do ENVFIT para variáveis do habitat mais associadas a fauna taxonômica e aos grupos funcionais de alimentação para cobertura média (n = 10) e cobertura alta (n = 15). Valores P em negrito indicam resultados significativos.....	20
Tabela 2 – Resultados da análise de variância multivariada permutacional (PERMANOVA), testando diferenças nas variáveis do hábitat associadas (ENVFIT, Tabela 1) com a composição da fauna e dos grupos funcionais presentes nas assembleias de um afluente do Rio Caeté. GL: Graus de Liberdade. Valores P em negrito indicam resultados significativos.....	21
Tabela 3 – Composição e abundância dos táxons de macroinvertebrados encontrados em Pontos 1 e 2 com % cobertura média (em verde-claro) e Pontos 3,4 e 5 com % cobertura alta (em verde-escuro) do dossel ripário de um afluente do Rio Caeté.....	25
Tabela 4 – Resultados da análise de variância multivariada permutacional (PERMANOVA), testando diferenças na composição da fauna associada (ORDSURF, Figura 6) com o fator cobertura e cobertura/ponto de um afluente do Rio Caeté. GL: Graus de Liberdade. Valores P em negrito indicam resultados significativos.....	28
Tabela 5 – Composição e abundância dos grupos funcionais de alimentação da assembleia de macroinvertebrados encontrados nos Pontos 1 e 2 com cobertura média (verde-claro) e nos Pontos 3, 4 e 5 com cobertura alta (verde-escuro) do dossel ripário de um afluente do Rio Caeté.....	29
Tabela 6 – Resultados da análise de variância multivariada permutacional (PERMANOVA), testando diferenças na composição dos grupos funcionais de alimentação com o fator cobertura e cobertura/ponto de um afluente do Rio Caeté. GL: Graus de Liberdade. Valores P em negrito indicam resultados significativos.....	29

SUMÁRIO

1.Introdução Geral.....	9
1.2.Macroinvertebrados e a sua caracterização em Grupos Funcionais de Alimentação (GFA).....	10
1.3.Macroinvertebrados e a sua caracterização em Bioindicadores ambientais	10
2. Objetivos	12
2.1. Objetivo Geral.....	12
2.2. Objetivos Específicos.....	12
3. Metodologia:	12
3.1. Descrição da Área de Coleta.....	12
3.2. Procedimentos em Campo	14
3.3.Procedimentos em Laboratório	17
3.3.1.Triagem e Identificação dos macroinvertebrados.....	17
3.3.2.Granulometria e Matéria Orgânica Seca.....	17
3.3.3.Análises de dados.....	18
4.Resultados	19
4.1 Resultados para as variáveis do habitat	19
4.2 Resultados para a fauna.....	24
4.3 Resultados para os grupos funcionais	28
5.Discussão.....	31
6.Conclusão	33
7.Referência.....	34

1. Introdução Geral

Igarapé é um corpo d'água continental de pequeno porte com leito bem definido, meandroso, pouco profundo, com presença de bancos de folhiço e seu canal coberto pelo dossel ripário (LOWE-MCCONNELL, 1999; PIMENTEL et. al, 2021). Um igarapé típico costuma ficar escondido no interior das matas, correndo serenamente por um túnel quase fechado pela vegetação da floresta (AB'SÁBER, 2003). Na Amazônia, igarapé é um termo regional utilizado para referir-se a riachos. A origem deste termo vem da língua indígena Tupi, e tem como significado “caminho da canoa”. Este tem papel valioso para os indígenas, servindo-lhes como estrada líquida para a “igara”, a canoa (SANTOS, 2014). Concomitantemente, também possui uma relação íntima com os ribeirinhos e a população visitante, que tem ele como local de lazer e recreação.

A vegetação em seu entorno, a mata ripária, tem papel fundamental na manutenção deste sistema aquático, em razão de: evitar a erosão do solo marginal, o que poderia modificar a estrutura das comunidades biológicas do ambiente (WANTZEN, 2006; VASCONCELOS; MELO, 2008); regular a vazão de água e a carga de sedimentos e nutrientes provenientes do ambiente terrestre (BARELLA et al., 2000; ANBUMOZHI et al., 2005); controlar a entrada de luz no canal, evitando grandes variações diárias de temperatura e contribuindo com a estabilidade de material autóctone, que é a produção primária de organismos autótrofos do ambiente (OLIVEIRA et al., 2014); além de contribuir como fonte de material alóctone, recurso importante na disponibilidade de micro-habitat e alimento (SURIANO; FONSECA-GESSNER, 2004; UIEDA; MOTTA, 2007; HAMADA, 2014).

Segundo Hamada (2014), na região bentônica de sistemas aquáticos de água doce, há diversas assembleias de macroinvertebrados que se beneficiam com o fornecimento deste material alóctone advindo da mata ripária. Estes organismos participam ativamente no processamento da matéria orgânica e na ciclagem de nutrientes, pois macroinvertebrados que são fragmentadores-detritívoros mastigam partículas orgânicas depositadas na liteira condicionada. Com o seu aparato bucal especializado são capazes de transformar matéria orgânica particulada grossa (MOPG) em matéria orgânica particulada fina (MOPF) (HAMADA, 2014). Este processo beneficia organismos coletores-catadores e coletores-filtradores que por meio de suas adaptações coletam e se alimentam da matéria orgânica particulada fina. Outros organismos também são beneficiados, como por exemplo, fungos e bactérias que tem suas ações decompositoras facilitadas (CALLISTO; ESTEVES, 1995). E por

fim, os macroinvertebrados são uma fonte importante de alimento para peixes, anfíbios e aves aquáticas. Deste modo, macroinvertebrados de água doce têm um importante papel nas comunidades e ecossistemas dos quais fazem parte (ALBERTONI; PALMA-SILVA, 2010; HAMADA, 2014).

1.2. Macroinvertebrados e a sua caracterização em Grupos Funcionais de Alimentação (GFA).

Por definição, macroinvertebrados bentônicos são pequenos animais que não possuem esqueleto interno, seja de cartilagem ou calcário, e atingem tamanho maior que 0,250 mm (ALBERTONI; PALMA-SILVA, 2010), o qual permite serem visualizados com o auxílio de um estereomicroscópio, ou com o olho nu. Macroinvertebrados são encontrados na região bentônica de ambientes aquáticos lóticos e lênticos, geralmente associados a raízes, folhíço, troncos, areia e pedras (ZARDO *et al.*, 2013). A assembleia de macroinvertebrados bentônicos pode apresentar uma elevada riqueza taxonômica e dentre seus integrantes, segundo Ribeiro e Uieda (2005), os que possuem maior importância por serem utilizados como bioindicadores são os Filos: Annelida, Arthropoda, Coelenterata, Nematomorpha, Mollusca e Platyhelminthes. Sendo o Filo Arthropoda o que possui a maior diversidade estimada de espécies, tanto no Brasil quanto no mundo.

A categorização desses organismos em grupos funcionais de alimentação (GFA) é feita baseada na forma de aquisição de alimentos, morfologia e comportamento dos indivíduos (HAMADA, 2014). De acordo com a classificação de Merrit e Cummins (2006) são 5 os principais GFA. Fragmentador se alimenta de MOPG ou tecidos vivos de plantas; Coletor captura MOPF em suspensão ou depositados no substrato; Raspador raspa o perifíton aderido a superfícies como pedras e caules; Sugador-herbívoro se alimenta do citoplasma das células de plantas; Predador captura e engole animais inteiros ou se alimenta de partes da presa capturada.

1.3. Macroinvertebrados e a sua caracterização em Bioindicadores ambientais.

Segundo Danze e Vercellino (2018), biomonitoramento é uma técnica que utiliza respostas biológicas para diagnosticar a saúde de um ecossistema, como os rios estão sujeitos a inúmeras perturbações, a biota aquática reage a esses estímulos, sejam eles naturais ou

antropogênicos. Nesse contexto, a definição de biomonitoramento mais aceita é o uso sistemático das respostas de organismos vivos para avaliar as mudanças ocorridas no ambiente, geralmente causadas por ações antropogênicas (MATTHEWS et al., 1982). Os macroinvertebrados são eficazes bioindicadores de qualidade de água e têm sido frequentemente utilizados em biomonitoramento (CALLISTO; GONÇALVES, 2002). Para uma espécie ser considerada bioindicadora sua abundância, distribuição e presença deve indicar a magnitude de impacto encontrado em um ambiente. (GOULART; CALLISTO, 2003).

De acordo com o nível de tolerância às adversidades ambientais, os bioindicadores podem ser classificados em três grupos: organismos sensíveis, organismos tolerantes e organismos resistentes (GOULART; CALLISTO, 2003). Os organismos sensíveis necessitam de águas limpas e bem oxigenadas para se desenvolverem, por isto são encontrados normalmente em ambientes de boa qualidade da água. Este grupo tem como principais representantes insetos aquáticos das ordens Ephemeroptera, Trichoptera e Plecoptera. Os organismos tolerantes possuem uma menor necessidade de oxigênio dissolvido na água, já que parte dos representantes deste grupo, como Heteroptera e adultos de Coleoptera utilizam o oxigênio atmosférico. Já os organismos resistentes são capazes de viver em condições de ausência de oxigênio (anoxia) e são formados principalmente por larvas de Chironomidae e por toda a classe Oligochaeta (GOULART; CALLISTO, 2003).

O desmatamento da zona ripária pode afetar fortemente o funcionamento do riacho, com consequências tanto para a biodiversidade quanto para os serviços ecossistêmicos (RICHARD; DANEHY, 2007). Esses efeitos podem ser avaliados usando bioindicadores relacionados à estrutura da comunidade biótica e ao funcionamento do ecossistema (SILVA, 2020). Um exemplo é o aumento da temperatura da água causada pela cobertura menos densa do dossel ripário, que tem como consequência uma redução da diversidade de táxons e predominância de indicadores mais sensíveis (WEBSTER; BENFIELD 1986, MARTINS et al. 2017). Arimoro et al (2012) identificou os gêneros *Chironomus* e *Tabanus* da ordem Diptera como potenciais bioindicadores de cobertura do dossel menos densa no rio Eriora na Nigéria. Diferente desse trabalho, não classificamos a cobertura do dossel em densa e menos densa. Foi criado um fator de cobertura (alta, média e baixa) de acordo com a percentagem apresentada. Nossos pontos foram caracterizados por possuírem diferentes percentagens de cobertura ripária formando um gradiente ao longo do riacho.

2. Objetivos

2.1. Objetivo Geral

Verificar se existe uma relação significativa entre a estrutura taxonômica e dos grupos funcionais de macroinvertebrados aquáticos e as diferentes percentagens de cobertura do dossel ripário.

2.2. Objetivos Específicos

- Verificar se os pontos do rio que apresentam diferentes percentuais de cobertura do dossel ripário estão associadas com mudanças em características físico-químicas da água e do sedimento.
- Analisar se há associação entre características físico-químicas da água e do sedimento com a estrutura dos grupos funcionais destes organismos.
- Utilizar análises multivariadas de ordenação, classificação e PERMANOVA para verificar a relação entre a cobertura do dossel ripário e a estrutura dos grupos funcionais de macroinvertebrados aquáticos.

3. Metodologia:

3.1. Descrição da Área de Coleta

O riacho em que foi realizada a coleta está localizado na Vila Camutá, comunidade a qual pertence ao município de Bragança. O referente riacho é um afluente do rio Caeté e apresenta um represamento do curso d'água no “Balneário dos Reis”, onde forma-se uma piscina natural que é utilizada de forma recreativa pela população (Figura 1). O clima da região é tropical úmido com temperatura média de 26° C. A variação sazonal da precipitação é caracterizada por uma estação chuvosa, que compreende geralmente os meses de dezembro a maio, e por uma estação seca que corresponde aos meses de junho a novembro. Apresenta uma precipitação anual de 2.300 a 2.800 mm (MORAES et al., 2005).

A coleta de macroinvertebrados aquáticos foi realizada durante o final da estação seca, no dia 26 de novembro de 2020. Para realizar a coleta, foi definido um transecto de 240 m de comprimento localizado a aproximadamente 50 m acima da piscina natural do balneário,

fotografias do ambiente de coleta podem ser vistas na Figura 2. Em alguns trechos do transecto era possível ver árvores caídas dentro do corpo d'água favorecendo o acúmulo de folhas, assim como a presença de vários meandros, onde também se acumulava matéria orgânica.

Figura 1 – a) Vila Camutá destacada com traçado vermelho. b) Balneário dos Reis, (latitude -1.046229°S e longitude -46.743066°W). c) Fotografia da piscina natural do Balneário dos Reis.



Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho. Imagens “a” e “b” fonte Google Maps, imagem “c” fonte Jeovana Lima.

3.2. Procedimentos em Campo

Ao longo do transecto de 240 m foram realizados 5 pontos de coleta e em cada ponto 5 réplicas, totalizando 25 amostras. Os pontos de coleta possuíam uma distância média de 48 m entre si, e apresentavam diferentes percentuais de cobertura do dossel ripário (Figura 3). Para mensurar este percentual foi utilizado o aplicativo GLAMA (Gap Light Analysis Mobile App) que está disponível para download na Play Store e possui manual para facilitar o uso (TICHÝ, L., 2015). Sua funcionalidade é bem simples, foi necessário apenas tirar uma fotografia do dossel ripário de cada ponto escolhido e a partir do índice de cobertura do dossel o GLAMA mensurava a percentagem de cobertura do dossel. Segundo Tichy (2015), o índice de cobertura do dossel é um método rápido e robusto para estimativa precisa da cobertura do dossel comparável à estimativa visual da cobertura do dossel, mas não afetado pelo viés do observador. Não só pode ser usado em fotografias já capturadas, mas o índice também pode ser empregado em smartphones usando o aplicativo GLAMA Android para capturar rapidamente fotografias hemisféricas e calcular imediatamente seus valores de índice diretamente no campo.

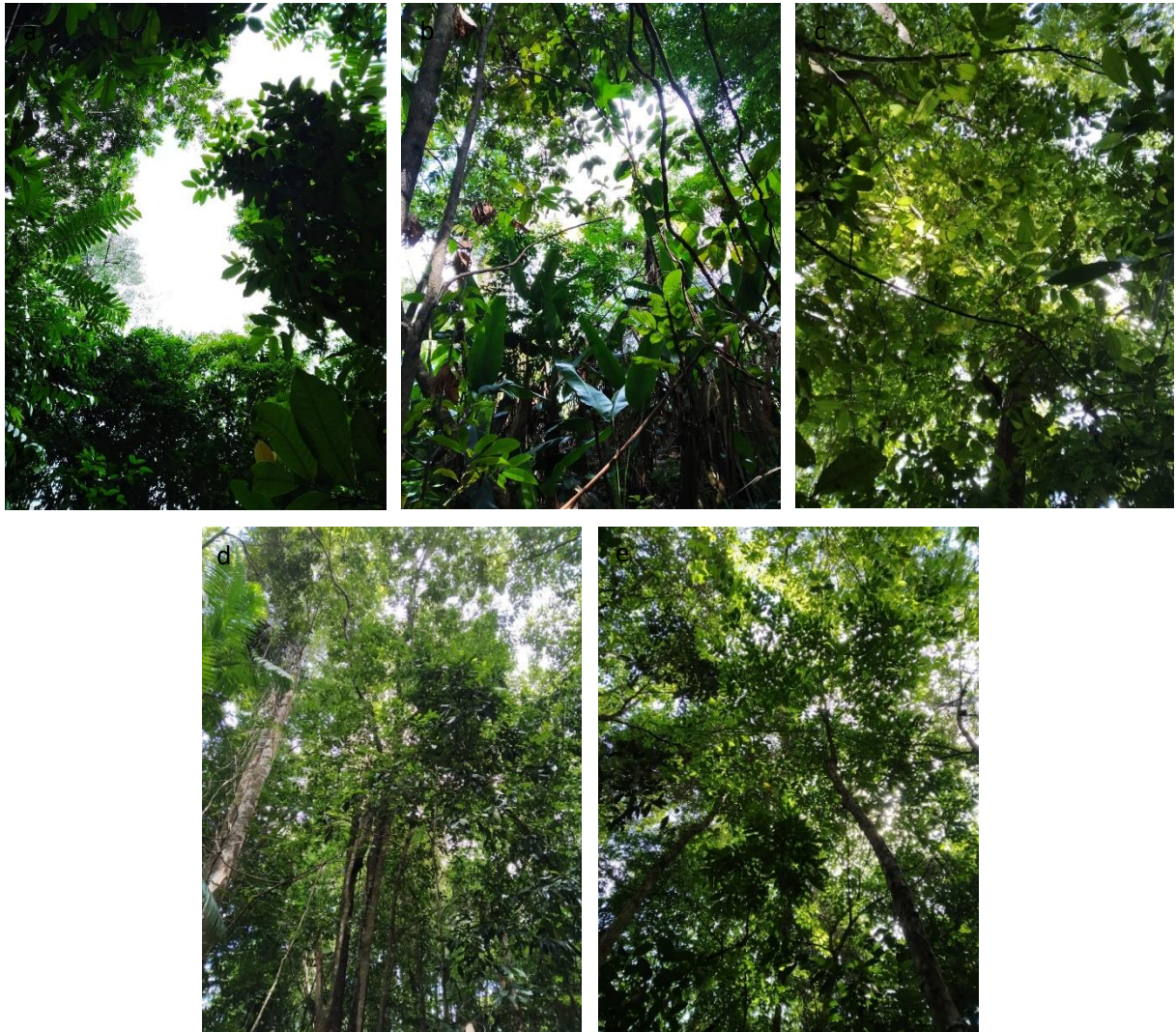
A coleta do sedimento do riacho para triagem e para granulometria foram feitas de forma manual armazenando-as em sacos plásticos etiquetados com informações do ponto e réplica ao qual pertenciam. Além disso, foi colocado álcool 70% nos sacos referentes ao sedimento para triagem, dessa forma, a estrutura morfológica dos macroinvertebrados bentônicos foi preservada. Em cada local de coleta das réplicas houve a medição das seguintes variáveis físico-químicas da água: pH, potencial oxidação-redução (mV) e condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Figura 2 – Fotografias do local de coleta. Transecto de 240 m no afluente do Rio Caeté localizado à aproximadamente 50 m acima da piscina natural do Balneário dos Reis, na Vila Camutá.



Fonte: Jeovana Lima e Jaqueline Feitosa.

Figura 3 – Fotografias dos dosséis ripários de cada ponto amostrado. a) fotografia do dossel ripário no ponto 1 com cobertura vegetal de 34,6%. b) fotografia do dossel ripário no ponto 2 com cobertura vegetal de 41,54%. c) fotografia do dossel ripário no ponto 3 com cobertura vegetal de 80,86%. d) fotografia do dossel ripário no ponto 4 com cobertura vegetal de 80,40%. e) fotografia do dossel ripário no ponto 5 com cobertura vegetal de 78,26%.



Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho.

3.3. Procedimentos em Laboratório

3.3.1. Triagem e Identificação dos macroinvertebrados

O processo de triagem consistiu primeiramente em lavar o sedimento em água corrente sobre uma malha de 1 mm, dessa forma, os macroinvertebrados bentônicos ficam retidos na malha, enquanto o sedimento de dimensões menores transpassa a malha diminuindo a quantidade de sedimento a ser triado. Em seguida, com o auxílio de uma lupa observou-se todo o sedimento contido na placa de Petri e somente macroinvertebrados foram separados em outro recipiente. A matéria sedimentar já triada é descartada, enquanto os macroinvertebrados são armazenados em frascos com álcool 70% e etiquetas com informações a respeito do ponto e da réplica a qual pertencem.

Para identificar os macroinvertebrados taxonomicamente e de acordo com os seus grupos funcionais de alimentação foram utilizados os livros “Insetos Aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia” (HAMADA et al., 2014), “Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do estado do Rio de Janeiro” (MUGNAI et al., 2010), “Guide to aquatic macroinvertebrates of the Upper Midwest” (BOUCHARD et al., 2004) e o trabalho “Taxonomia, estrutura e riqueza das assembleias de larvas e pupas de Trichoptera (Insecta), em igarapés na Amazônia Central” (PES, 2005). Desta forma, os macroinvertebrados foram identificados taxonomicamente até nível de família, com exceção a 9 táxons que ficaram com identificação até subclasse/ordem. Com relação aos GFA foi seguido a classificação de Cummins (1973) e Merritt et al. (2006) de acordo com Hamada et al. (2014).

3.3.2. Granulometria e Matéria Orgânica Seca

O procedimento da granulometria foi desenvolvido em 3 etapas. Na primeira, houve a retirada de qualquer matéria orgânica detectada que pudesse interferir na pesagem final do sedimento. E em seguida, este foi colocado na estufa a 60° C durante 72 horas. Após este período o sedimento estava completamente seco e foi retirado da estufa. Na segunda etapa, foi pesado aproximadamente 100 g do sedimento seco com o auxílio de uma balança de precisão semi-analítica da marca SHIMADZU, modelo BL320H. Para separar o sedimento de acordo com as dimensões das partículas, os 100 g anteriormente pesado foram colocados em um agitador magnético de 6 peneiras com as seguintes medições da malha organizadas de forma decrescente: 2000 µm (cascalho grosso), 1000 µm (cascalho fino), 500 µm (areia grossa), 250 µm (areia média), 125 µm (areia fina) e 63 µm (silte). A terceira etapa consistiu na pesagem do

sedimento retido em cada malha (Figura 4) e na produção de uma tabela contento estes dados transformados em percentagem. A matéria orgânica encontrada durante a triagem foi separada e guardada em uma embalagem plástica etiquetada. Posteriormente foram colocadas na estufa em uma temperatura de 40 °C durante 48 horas. Após secas elas foram classificadas em folha, galho e fruto, e mensurada a sua massa de acordo com a sua classificação pela mesma balança de precisão utilizada anteriormente.

3.4 Análises de dados

Todas as análises foram realizadas usando o software GNU R 4.1.2 (R Core Team 2021). Os pacotes utilizados foram tidyverse (Wickham et al., 2019), skimr (Waring, 2021), ggpubr (Alboukadel Kassambara, 2020), ggrepel (Slowikowski, 2021), vegan (Oksanen 2020), knitr (Yihui Xie, 2021), lattice (Sarkar, Deepayan, 2008), sciplot (Morales 2020) e nlme (Pinheiro 2022). O fator de cobertura do dossel foi criado dividindo a cobertura em três níveis de percentagem iguais, sendo: 0-33% (cobertura baixa); 33-66% (cobertura média) e 66-100% (cobertura alta). As distribuições e resumos estatísticos básicos dos conjuntos de dados foram examinados com gráficos boxplot e histograma e com o pacote skimr (Waring, 2021), respectivamente e a composição do sedimento (%) foi ilustrada com gráfico de barras. Colinearidade entre variáveis de habitat foi investigada usando gráficos de dispersão.

Abundância e número de táxons foram calculados para combinações de pontos e níveis de cobertura. A ordenação por escalonamento multidimensional não-métrico (MDS) foi realizada com uma matriz de dissimilaridade de Bray-Curtis baseada na abundância não transformada de táxons e grupos funcionais. Dados não transformados foram os que apresentaram o menor índice de estresse na ordenação MDS, tanto para táxons como para grupos funcionais. A função ordisurf() foi usado para identificar os táxons e grupos funcionais mais associados com os níveis do fator cobertura na ordenação. Dados de habitat (incluindo os de composição do sedimento) foram analisados por BIOENV e ENVFIT para verificar as variáveis com a melhor associação (correlação ou regressão) ao padrão multivariado de abundância e composição de macroinvertebrados. Uma vez identificadas, estas variáveis foram apresentadas com gráficos boxplot.

A estrutura da assembleia de macroinvertebrados e as variáveis físico-químicos foram comparadas entre níveis do fator cobertura usando a análise de variância multivariada permutacional (PERMANOVA) com 1000 permutações e o índice de dissimilaridade de Bray-

Curtis para variáveis de fauna e distância Euclideana para variáveis do habitat. Tanto para fauna quanto para o habitat foram usados um modelo completo com todas as variáveis para verificar aquelas que estão mais associadas ao fator cobertura e posteriormente um modelo reduzido contendo para fauna com apenas os táxons identificados pelo `ordisurf()` como sendo associadas com os níveis do fator e para o habitat apenas as variáveis que foram identificadas pelo `envfit()` e `bioenv()` como sendo associadas com a fauna.

3. Resultados

4.1 Resultados para as variáveis do habitat

A percentagem de cobertura ripária variou de 36,55% a 80,86%. De acordo com o fator de cobertura criado os pontos 1 (36,55%) e 2 (41,54%) foram classificados em cobertura média (33% - 66%) e os pontos 3 (80,86%), 4 (80,40%) e 5 (78,26%) em cobertura alta (66% - 100%). Não havendo assim, presença de pontos com cobertura baixa (0 – 33%). Em relação as variáveis físico-químicas amostradas, o pH teve valores baixos em todas as réplicas, com mínimo de 2,84 e máximo de 4.50, provavelmente devido à grande quantidade de matéria orgânica encontrada no leito do rio, a condutividade elétrica teve variação de 13 a 16 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e o potencial oxidação-redução (ORP) com valores de -96,1 à -21,5 mV. A matéria orgânica total encontrada por ponto variou de 16,048 g a 62,375 g, essa massa expressiva se deve principalmente à massa de folhas encontradas. Em algumas réplicas não houve a presença de frutos, assim como teve réplicas com ausência de qualquer matéria orgânica. O gráfico de dispersão criado mostrou que não haviam fortes colinearidades entre as variáveis do habitat. O `bioenv()` identificou MO total (g) e Areia fina (%) como as variáveis mais relacionadas com a fauna com correlação de Spearman $r_s = 0,3041$. Já para os grupos funcionais o `bioenv()` identificou MO Total (g) Folha (g) e Areia média (%) como as mais relacionadas com correlação de Spearman $r_s = 0,2968$. As variáveis do habitat selecionadas pelo `envfit()` tanto para fauna como para grupos funcionais podem ser vistas mais detalhadamente na Tabela 3. Na Figura 4 podemos observar que as variáveis MO total (g) e folha (g) apresentam um gradiente na sua abundância. Dessa forma, não ocorre uma separação absoluta entre cobertura média e cobertura alta, mas sim um aumento gradual ao decorrer dos pontos. Assim também como ocorre um aumento gradual na percentagem da cobertura do dossel.

A composição do sedimento (Figura 5) nos pontos de 1 a 4 são semelhantes com predominância de cascalho e areia grossa. Entretanto, o ponto 5 possui uma composição diferente com menor quantidade de cascalho e predominância de areia grossa e areia média,

além de possuir uma presença de areia fina e muito fina maior que nos outros pontos. Este padrão também ocorre com as variáveis do sedimento selecionadas pelo envift(). As variáveis areia fina (%) e areia média (%) possuem abundâncias semelhantes com medianas próximas nos pontos 1 a 4. O ponto 5 difere deste conjunto por possuir, em geral, porcentagens maiores destas variáveis (Figura 5). Para as variáveis do habitat selecionadas, a PERMANOVA mostrou diferenças significativas entre cobertura média e alta e diferenças muito significativas na cobertura por pontos, explicando 52% da variação (Tabela 2).

Tabela 1 – Valores de r^2 e significância do ENVFIT para variáveis do habitat mais associadas a fauna taxonômica e aos grupos funcionais de alimentação para cobertura média (n = 10) e cobertura alta (n = 15). Valores P em negrito indicam resultados significativos.

Fauna Taxonômica	r^2	P
MO Total (g)	0,2256	0,062
Folha (g)	0,2284	0,046
Areia média (%)	0,2045	0,080
Areia fina (%)	0,2551	0,037
Grupos Funcionais	r^2	P
MO Total (g)	0,2726	0,031
Folha (g)	0,2184	0,068
Areia média (%)	0,2597	0,041
Areia fina (%)	0,2668	0,035

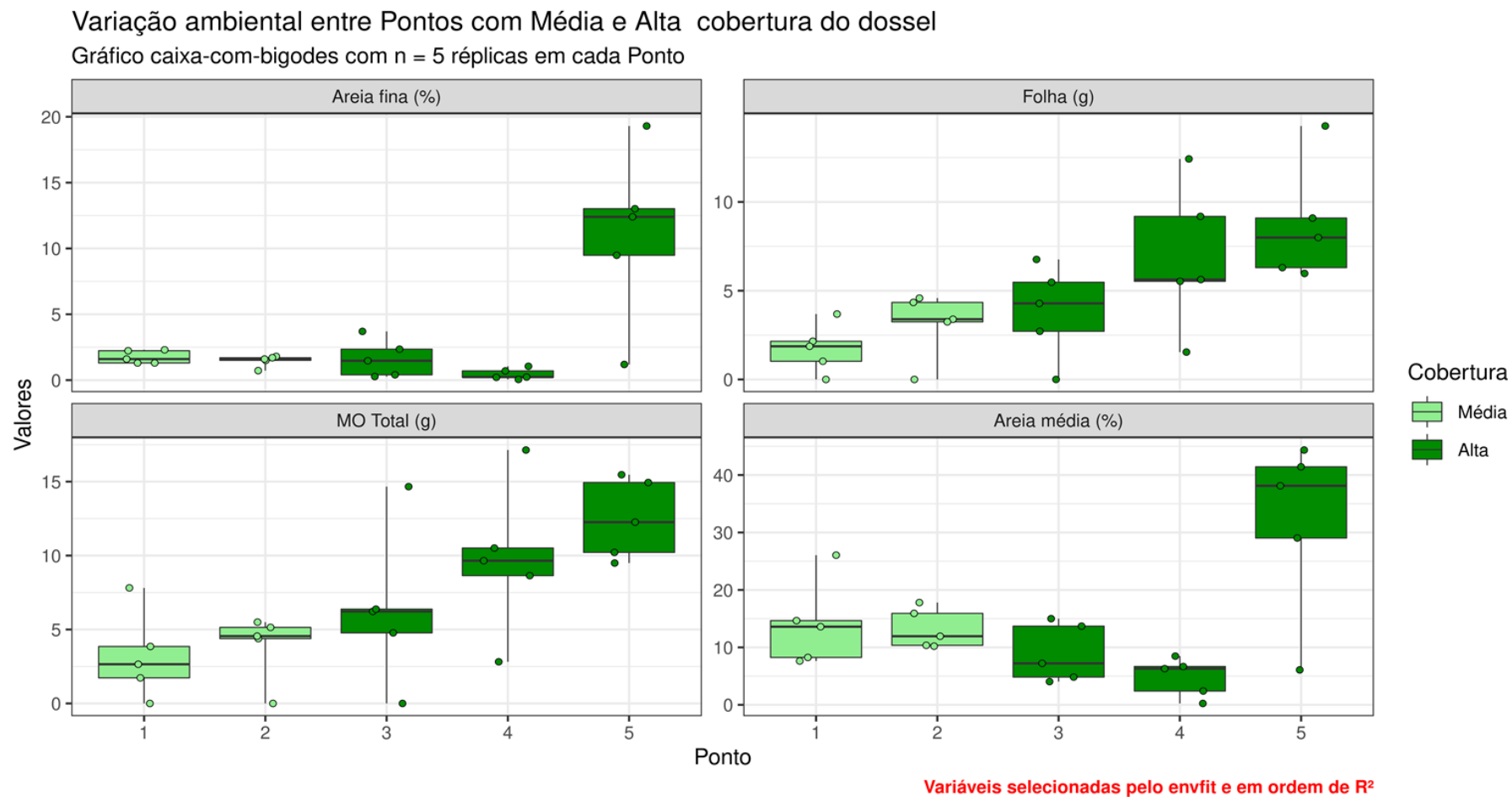
Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho

Tabela 2 – Resultados da análise de variância multivariada permutacional (PERMANOVA), testando diferenças nas variáveis do hábitat associadas (ENVFIT, Tabela 1) com a composição da fauna e dos grupos funcionais presentes nas assembleias de um afluente do Rio Caeté. GL: Graus de Liberdade. Valores P em negrito indicam resultados significativos.

Fonte de variabilidade	GL	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	pseudo F	r ²	P
Cobertura	1	374,1	374,06	3,7032	0,075	0,0499
Interação Cobertura: Ponto	3	2612,0	870,67	8,6197	0,522	0,0009
Resíduo	20	2020,3	101,01		0,403	
Total	24	5006,2			1,000	

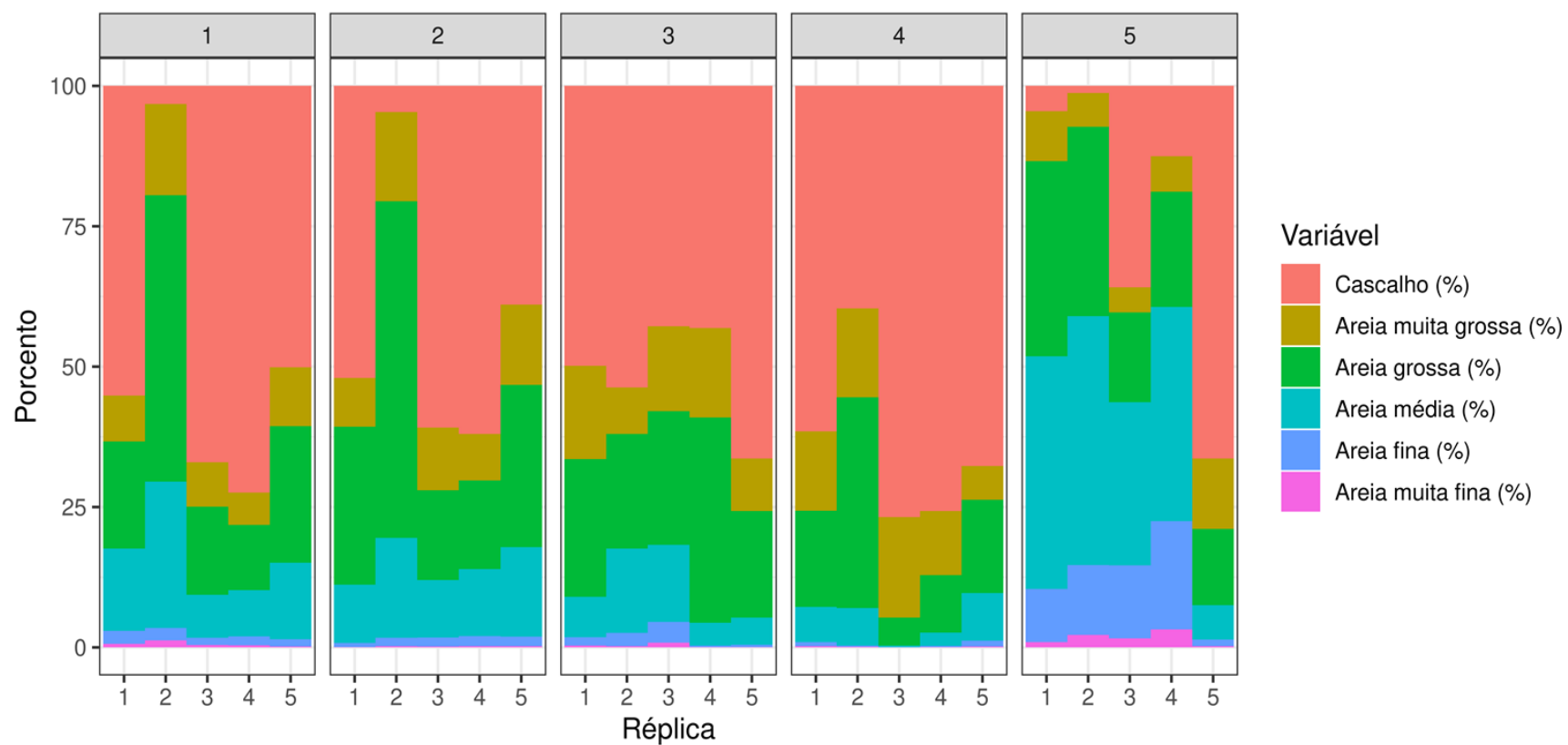
Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho

Figura 4 – Abundância das variáveis ambientais que o ENVFIT (Tabela 1) mostrou serem mais associadas a cobertura do dossel. Sendo elas: Areia fina (%), Folha (g), MO Total (g), Areia media. Réplicas e boxplot da cobertura média estão representadas com a cor verde-claro enquanto as da cobertura alta estão na cor verde-escuro.



Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho.

Figura 5 – Gráfico de barras com dados da composição do sedimento (%) das réplicas (1-5) e pontos (1-5) do riacho afluente do Rio Caeté. Sedimento classificado em cascalho (2 mm), areia muito grossa (1 mm), areia grossa (0,5 mm), areia média (0,25 mm), areia fina (0,125 mm) e areia muito fina (0,063 mm).



Valores de silte e argila foram negligíveis

Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho

4.2 Resultados para a fauna

Foram encontrados o total de 1578 indivíduos distribuídos em 32 táxons de macroinvertebrados pertencentes às classes Arachnida, Bivalvia, Clitellata, Insecta e Maxillopoda (Tabela 3). Sendo a classe Insecta a mais abundante e diversa com 90,68% do total de indivíduos e 27 táxons encontrados. Em relação ao fator cobertura, observamos que a cobertura alta do dossel demonstrou maior abundância com 68,95% dos indivíduos, enquanto a cobertura média do dossel apresentou 31,05% da abundância, entretanto há mais amostras para cobertura alta do que para cobertura média. Dos 32 táxons encontrados, 28 ocorreram na cobertura alta, sendo que 9 destes foram exclusivos. Na cobertura média ocorreram 23 táxons, sendo 4 exclusivos deste ambiente. Apesar da diversidade de táxons, a abundância ficou concentrada em poucos deles, a somatória apenas dos táxons Chironomidae, Ceratopogonidae, Leptoceridae e Oligochaeta contabilizou 76,81% de todos os indivíduos.

A abundância dos táxons identificados como os mais associados com os níveis do fator cobertura podem ser vistos na Figura 6. Com relação a abundância geral (N) e diversidade (S) a um gradiente de aumento assim como foi visto nas variáveis MO Total (g) e folha (g), entretanto o ponto 3 parece comportasse mais como cobertura média. O ponto 5 mostra-se bem variável devido uma ou duas réplicas que diferem das outras, semelhante ao que foi visto com as réplicas do ponto 5 com as variáveis areia fina (%) e areia média (%). Os táxons Acari, Chironomidae, Copepoda, Ephemeroptera n.i. (não identificado), Hydroptilidae, Leptoceridae, Odontoceridae e Leptophlebiidae mostram serem mais associados a cobertura alta. Apesar de Copepoda, Hydroptilidae e Leptoceridae possuírem uma ou duas réplicas mais expressivas na cobertura média, ainda demonstram serem mais consistentes para cobertura alta. Já os táxons Tipulidae, Coleoptera n.i. (não identificado), Gomphidae e Helicopsychidae demonstram estarem mais associados à cobertura média, apesar de todos possuírem uma ou duas réplicas mais expressivas para cobertura alta (Figura 6).

A ordenação da fauna (Figura 7) mostra bastante sobreposição entre os dois tipos de cobertura (Média e Alta). Podemos observar que organismos no quadrante de cima à esquerda como Glossomatidae, Leptoceridae e Helicopsychidae estão mais associados à Areia média (%), Gomphidae e Elmidae à Areia fina (%). Já Ceratopogonidae e Hirudinae estão mais associados a MO Total (g), Tipulidae, Acari e Chironomidae à Folha (g). A PERMANOVA para a fauna selecionada, mostrou que há diferenças significativas entre coberturas média e alta, explicando apenas 11% da variação e tendo residual alto de 73%. Para a cobertura por ponto não apresentou diferenças significativas (Tabela 4).

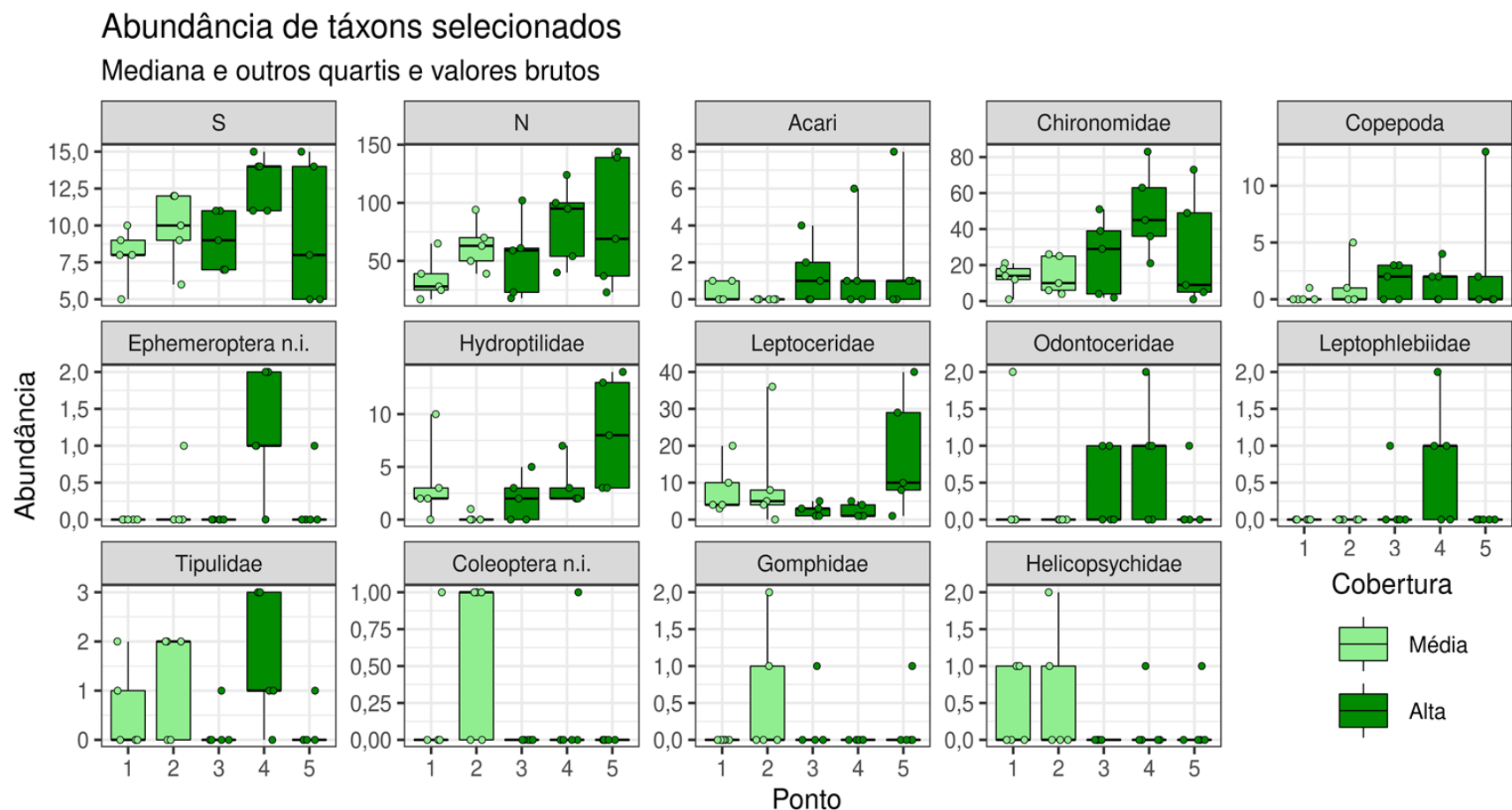
Tabela 3 – Composição e abundância dos táxons de macroinvertebrados encontrados em Pontos 1 e 2 com % cobertura média (em verde-claro) e Pontos 3,4 e 5 com % cobertura alta (em verde-escuro) do dossel ripário de um afluente do Rio Caeté.

Táxons			Cobertura Média		Cobertura Alta		
Classe	Subclasse/Ordem	Família	1 36,55%	2 41,54%	3 80,86%	4 80,40%	5 78,26%
Insecta	Coleoptera	Dytiscidae	-	1	-	-	-
		Elmidae	4	13	11	12	21
		Coleoptera n.i.*	1	3	-	1	-
		Ptilodactylidae	-	-	-	1	-
		Staphylinidae	-	5	-	3	-
	Diptera	Ceratopogonidae	18	115	42	50	29
		Chironomidae	66	71	125	248	137
		Empididae	-	-	-	1	-
		Psychodidae	-	3	-	2	-
		Tipulidae	3	6	1	8	1
	Ephemeroptera	Caenidae	-	-	1	1	-
		Leptophlebiidae	-	-	1	4	-
		Ephemeroptera n.i.*	-	1	-	6	1
	Hemiptera	Hebridae	-	-	1	-	-
		Mesovelidae	-	1	-	-	-
	Neuroptera	Osmylidae	-	1	-	-	-
	Odonata	Gomphidae	-	3	1	-	1
		Libellulidae	-	-	1	2	-
		Odonata n.i.*	-	-	-	-	1
	Trichoptera	Glossosomatidae	2	-	-	-	-
		Helicopsychidae	2	3	-	1	1
		Hydropsychidae	1	4	1	6	-
		Hydroptilidae	17	1	10	16	41
		Leptoceridae	41	53	13	12	88
		Trichoptera n.i.*	-	-	1	1	9
		Odontoceridae	2	-	2	4	1
		Polycentropodidae	2	5	13	9	2
	Clitellata	Hirudinae	-	-	-	-	8
		Oligochaeta	11	21	24	9	43
Arachnida	Acari	n.i.*	2	-	7	8	10
Bivalvia	n.i.*	n.i.*	1	-	-	-	3
Maxillopoda	Copepoda	n.i.*	1	6	8	8	15
Abundância Total			174	316	263	413	412

Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho.

Nota: n.i.* não identificado

Figura 6 – Número de táxons e abundância total por ponto e abundância dos táxons que o ORDISURF selecionou como os mais associados a cobertura. Réplicas e boxplot da cobertura média estão representadas com a cor verde-claro enquanto as da cobertura alta estão na cor verde-escuro.

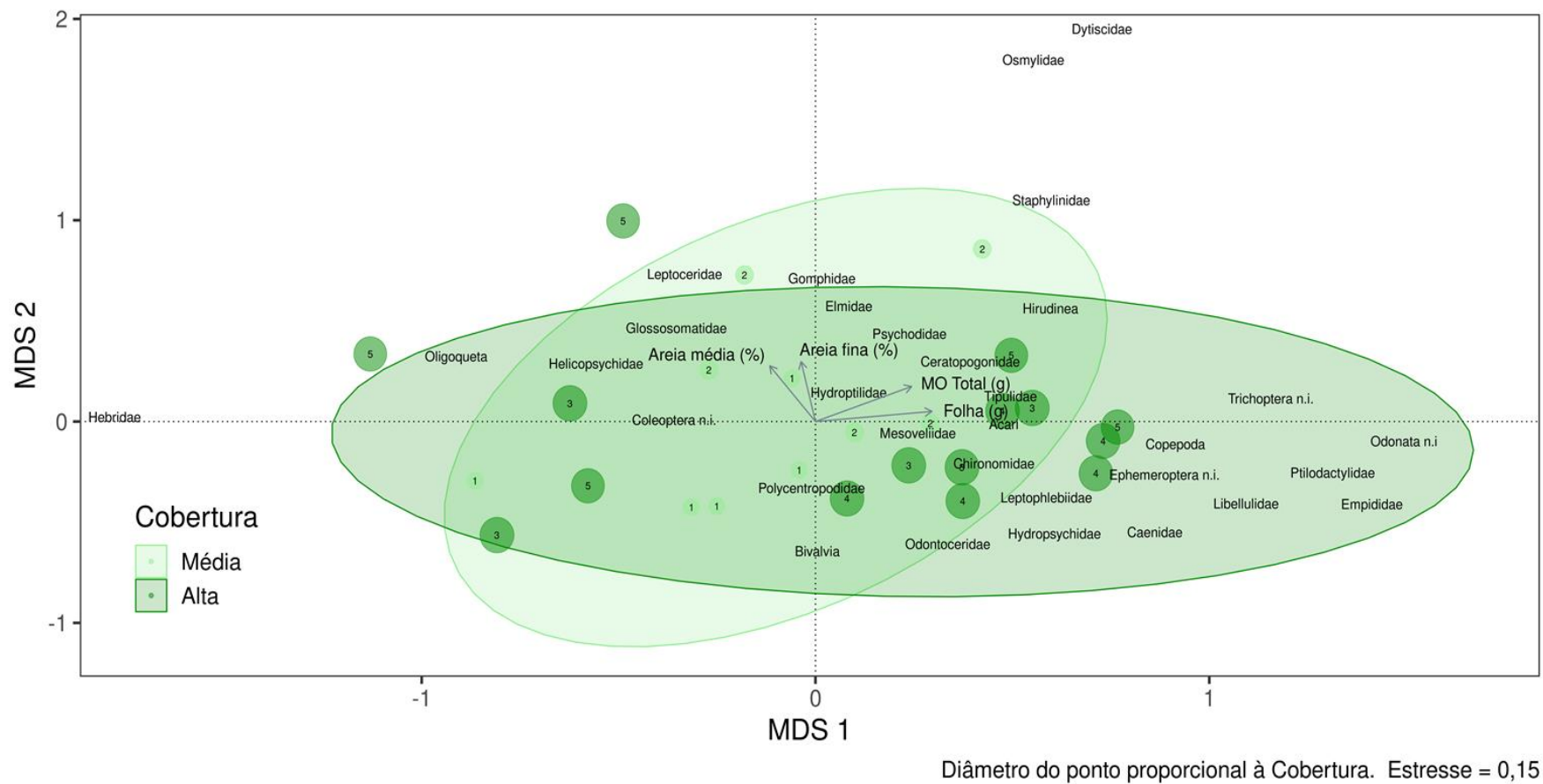


Importante São os táxons que melhor distinguem entre Cobertura Média e Alta. Anote: escalas de abundancia diferem entre táxons

Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho.

Nota: abundância geral (N) e diversidade (S)

Figura 7 – Ordenação por escalonamento multidimensional não métrico, índice Bray-Curtis baseado na abundância não-transformada e composição taxonômica da assembleia de macroinvertebrados (estresse final = 0.15) com vetores das variáveis significativamente associadas (ENVFIT, Tabela 1), para cobertura média (verde-claro, n = 10) e cobertura alta (verde-escuro, n = 15).



Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho.

Tabela 4 – Resumo da análise de variância multivariada permutacional (PERMANOVA), testando diferenças na composição da fauna associada (ORDSURF, Figura 6) com o fator cobertura e cobertura/ponto de um afluente do Rio Caeté. GL: Graus de Liberdade. Valores P em negrito indicam resultados significativos.

Fonte de variabilidade	GL	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	pseudo F	r ²	P
Cobertura	1	0,4881	0,48811	2,9776	0,109	0,03596
Interação Cobertura: Ponto	3	0,7054	0,23512	1,4343	0,158	0,16983
Resíduo	20	3,2786	0,16393		0,733	
Total	24	4,4720			1,000	

Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho.

4.3 Resultados para os grupos funcionais

Em relação aos grupos funcionais de alimentação, foram encontrados organismos fragmentadores, raspadores, coletores-filtradores, coletores-catadores e predadores, não sendo encontrados organismos sugadores-herbívoros em nosso estudo. Os predadores e coletores-catadores se destacaram com respectivamente 665 organismos (42,14%) e 644 organismos (40,81%). Várias famílias contribuíram para a abundância de predadores, mas principalmente as famílias Ceratopogonidae, Hidroptilidae e grande parte da família Leptoceridae. Enquanto que, a família Chironomidae foi a que mais contribuiu para a abundância dos coletores-catadores, já que, esta foi a mais encontrada neste trabalho. Fragmentador foi o terceiro grupo mais abundante com 122 organismos (7,73%), sendo oligoqueta o táxon que mais contribuiu com isso. Já os coletores-filtradores e raspadores foram os grupos menos expressivos com respectivamente 85 organismos (5,39%) e 62 organismos (3,93%) (Tabela 5).

Os grupos coletor-catador, coletor-filtrador e raspador demonstraram serem mais abundantes nos pontos de cobertura alta. Predador teve maior abundância no ponto 2 (cobertura média), entretanto obteve valores próximos a este nos pontos 4 e 5 (cobertura alta). Já fragmentador teve maior abundância no ponto 5, mas os outros pontos da cobertura alta não tiveram valores tão expressivos. Também podemos perceber que para a cobertura média o grupo mais abundante é o predador, enquanto que o grupo mais abundante da cobertura alta é o coletor-catador.

A ordenação MDS para os grupos funcionais apresentam conformação semelhante ao da fauna taxonômica, com elipses sobrepostas demonstrando interação, com a maior parte

das réplicas dos pontos 3, 4 e 5 mais agrupadas no quadrante de baixo à direita e poucas réplicas dos pontos 3 e 5 no quadrante à esquerda (Figura 8). Enquanto réplicas do ponto 1 e 2 são um pouco mais centrais. Coletores-catadores, raspador e coletores-filtradores estão mais associados a folha enquanto predadores estão mais associados a areia fina (%) e MO Total (g). A PERMANOVA para os grupos funcionais mostrou diferenças quase significativas entre coberturas média e alta e diferenças significativas entre cobertura por ponto (Tabela 6).

Tabela 5 – Composição e abundância dos grupos funcionais de alimentação da assembleia de macroinvertebrados encontrados nos Pontos 1 e 2 com cobertura média (verde-claro) e nos Pontos 3, 4 e 5 com cobertura alta (verde-escuro) do dossel ripário de um afluente do Rio Caeté.

GFA	Cobertura Média		Cobertura Alta		
	P1 (36,55%)	P2 (41,54%)	P3 (80,86%)	P4 (80,40%)	P5 (78,26%)
Coletor-catador	64	76	124	235	145
Coletor-filtrador	5	15	22	23	20
Fragmentador	13	24	24	11	50
Predador	84	194	87	125	175
Raspador	8	7	6	19	22

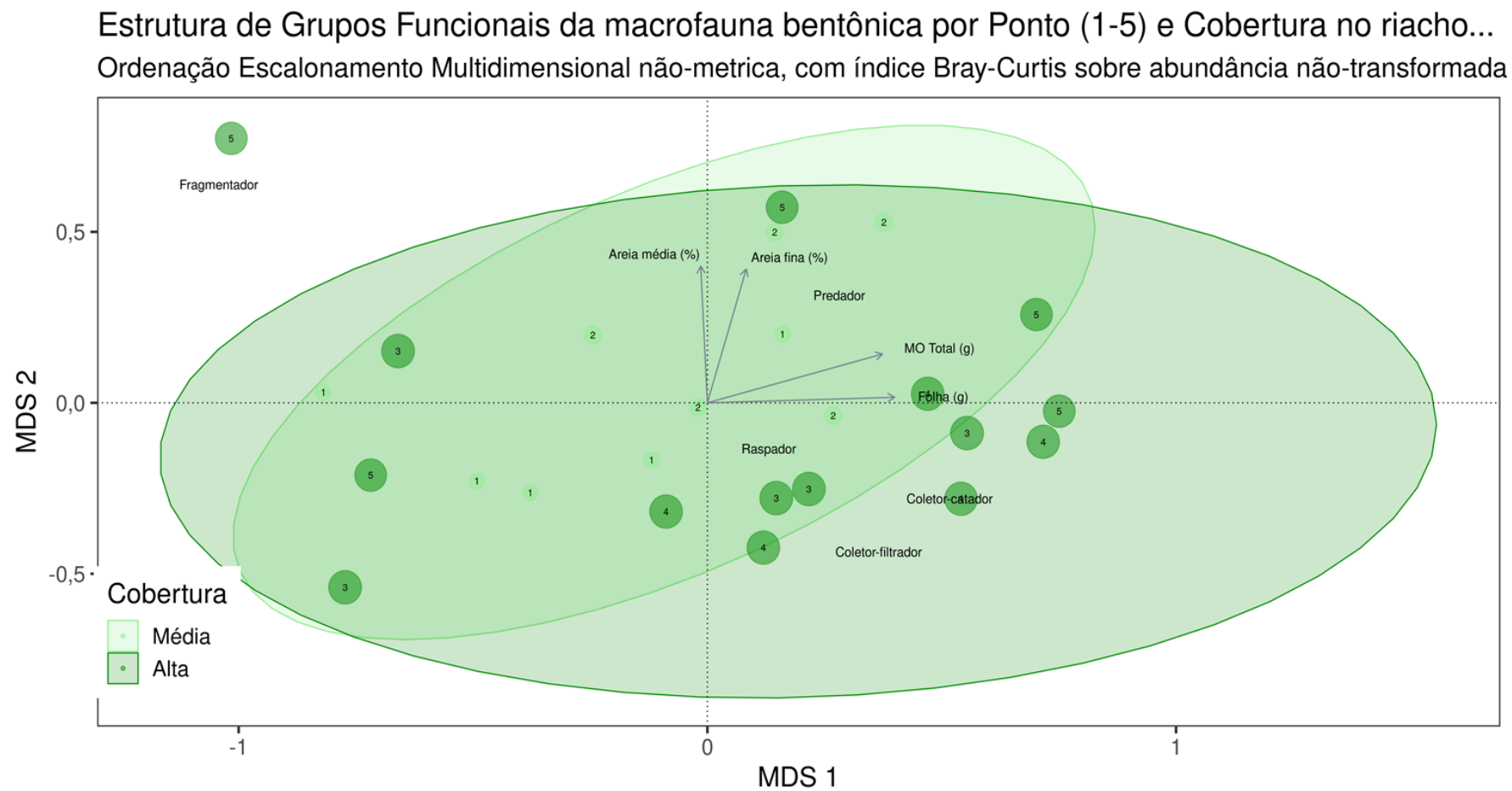
Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho.

Tabela 6 – Resultados da análise de variância multivariada permutacional (PERMANOVA), testando diferenças na composição dos grupos funcionais de alimentação com o fator cobertura e cobertura/ponto de um afluente do Rio Caeté. GL: Graus de Liberdade. Valores P em negrito indicam resultados significativos.

Fonte de variabilidade	GL	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	pseudo F	r ²	P
Cobertura	1	0,24142	0,24143	2,3561	0,083	0,0699
Interação Cobertura: Ponto	3	0,61138	0,20379	1,9889	0,211	0,0459
Resíduo	20	2,04932	0,10247		0,706	
Total	24	2,90212			1,000	

Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho.

Figura 8 – Ordenação por escalonamento multidimensional não métrico baseado na abundância e composição dos grupos funcionais de alimentação da assembleia de macroinvertebrados (estresse final = 0.085) com vetores das variáveis significativamente associadas (ENVFIT, Tabela 1), para cobertura média (verde-claro, n = 10) e cobertura alta (verde-escuro, n = 15), para um afluente do Rio Caeté.



Estresse = 0,085

Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho.

4. Discussão

Roque e Trivinho-Strixino (2000) e Roque et al. (2003) afirmam que a riqueza de macroinvertebrados tende a diminuir quando há alteração da cobertura vegetal. A maior riqueza de táxons e abundância de macroinvertebrados de forma geral foi encontrada nos ambientes com maior cobertura da vegetação ripária nos trabalhos de Hernández (2018), Petsch (2013), Oliveira e Nessimian (2010) e Silva (2006). Sendo que, apenas em Hernández (2018) não houve a maior abundância de macroinvertebrados neste mesmo ambiente. Desta mesma forma, as assembleias de macroinvertebrados encontradas em nosso trabalho demonstraram possuir maior diversidade e abundância nos ambientes que apresentaram cobertura da vegetação ripária alta. Entretanto, de uma forma gradual. Os fatores físico-químicos como luz, temperatura, oxigênio dissolvido, sólidos em suspensão, íons dissolvidos e outros materiais são de grande importância para a biota aquática, desempenhando papéis críticos na determinação de uma área adequada para a ocorrência de organismos aquáticos (HYNES, 1974). Desta forma as variações sofridas pelos fatores físico-químicos podem refletir na composição e abundância da fauna do ambiente. Entretanto, valores de pH, condutividade elétrica e potencial oxidação-redução verificados não demonstraram fortes colinearidades entre as variáveis do habitat, assim como também não tiveram associação significativa com a estrutura da fauna e dos grupos funcionais. Talvez, fosse interessante analisar, de forma complementar, as variáveis como temperatura e oxigênio dissolvido para verificar se há uma associação significativa.

Os ambientes de cobertura média e alta demonstraram ser significativamente diferentes em relação as variáveis do habitat como matéria orgânica total, folha, areia fina e areia média. Assim como também, a estrutura dos macroinvertebrados selecionados se mostraram significativamente diferentes nesses dois ambientes, embora têm táxons em comum. Segundo Vitousek (1990), diferentes composições de substratos são capazes de abrigar assembleias de invertebrados que diferem em biomassa, abundância e riqueza. Assim como também alguns táxons de macroinvertebrados possuem preferências e até restrições a tipos de substrato. A partir da distribuição, exclusividade e associação com as variáveis selecionadas, os táxons Acari, Chironomidae, Copepoda, Ephemeroptera n.i., Hydroptilidae, Leptoceridae, Odontoceridae e Leptophlebiidae mostraram serem potenciais indicadores de cobertura alta. Enquanto os táxons Tipulidae, Coleoptera n.i., Gomphidae e Helicopsychidae demonstraram serem potenciais indicadores de cobertura média.

A estrutura dos grupos funcionais demonstrou-se significativamente diferente em relação apenas a cobertura por ponto. E as variáveis mencionadas anteriormente são mais

significativamente diferentes quando relacionadas a cobertura por ponto. Dessa forma, a composição dos GFA não está fortemente associada ao fator cobertura média e alta, mas se mostra associado a percentagem de coberturas graduais. Era esperado que em ambientes com maior cobertura vegetal e por consequência maior quantidade de matéria orgânica, maior representatividade de fragmentadores e coletores que são diretamente ligados a este substrato (BARBOLA et.al., 2011; MARQUES et al., 2021). E em ambientes com menor cobertura vegetal e por consequência maior quantidade de luz solar adentrando o riacho, maior representatividade de raspadores, uma vez que a luz solar propicia a proliferação de algas que compõe o perifiton e servem de alimento para este grupo (OLIVEIRA; NESSIMIAN, 2010).

Coletores, tanto catadores como filtradores, apresentaram maior abundância na cobertura alta. Entretanto, fragmentadores demonstraram maior abundância em apenas um dos pontos da cobertura alta, sendo assim, pouco consistente. Alguns trabalhos se assemelham por não obterem as maiores abundâncias de fragmentadores para o ambiente com maior matéria orgânica (OLIVEIRA; NESSIMIAN, 2010; ONO, 2018) e Ono (2018) sugere que isto pode demonstrar um padrão típico de riachos neotropicais. Já os raspadores de forma geral foram pouco abundantes, mas tiveram menor abundância na cobertura média do que a cobertura alta. Semelhante ao que ocorreu em Silva (2006) já que o grupo dos raspadores demonstraram abundância muito maior em ambientes com maior cobertura vegetal. Segundo Cargnin-Ferreira (1998), os raspadores poderiam não estar se alimentando de algas e sim de fungos que crescem sobre as folhas que compõem o folhiço, já que estes ambientes possuem menor intensidade luminosa.

A revisão literária de Prado et al. (2022) feita de 2000 à 2020 a respeito de zonas ripárias mostra um crescimento do número de publicações que abordam zonas ribeirinhas e termos semelhantes nas diferentes bases de dados, sendo o Brasil o segundo país que mais publicou sobre todos os termos relacionados às zonas ripárias nos últimos 20 anos. Das categorias analisadas, regulação teve frequência de 65% dos trabalhos revisados englobando regulação climática, controle biológico, regulação da água, regulação da perturbação e entre outros. Já a categoria de suporte que engloba cobertura arbórea, ciclagem de nutrientes e formação do solo teve frequência de 16% dos trabalhos, demonstrando a necessidade de realizar mais estudos relacionados a esta temática. Kenwick et al. (2009), Hefting et al. (2012), Angelstam e Lazdinis (2017) são exemplos de publicação sobre gestão da paisagem focada em avaliar a vontade de adotar tampões ripários além disto propõem formas de gestão de zonas ribeirinhas para contribuir para o seu maior potencial ecossistêmico.

5. Conclusão

Os ambientes de cobertura alta e média possuem bastante sobreposição demonstrando similaridade entre as duas classes de habitats. E como o fator cobertura apresenta percentagens graduais, não é visto uma separação concreta entre os ambientes. Além disto, o riacho é um ambiente contínuo e hidrodinâmico que contribui com o transporte e deposição de substratos e sedimentos da montante para jusante. Mesmo assim, o fornecimento de material alóctone se mostrou positivamente relacionado com a percentagem da cobertura ripária. As duas classes de habitat diferem significativamente tanto em termos das variáveis físico-químicas quanto na estrutura da fauna taxonômica, enquanto que para os grupos funcionais, a diferença é significativa apenas entre os pontos de coleta. Sendo este um dos poucos trabalhos a utilizar percentagem para relacionar cobertura do dossel ripário com a fauna taxonômica e com os grupos funcionais, mostra-se importante reproduzir esta metodologia em mais ambientes aquáticos. Futuros estudos poderiam englobar a análise de mais variáveis físico-químicas como temperatura e oxigênio dissolvido, assim como coletar em ambiente com baixa cobertura, já que não foi encontrado em nosso estudo, para verificar se há padrões e potenciais bioindicadores diferentes.

REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. Ateliê editorial, 2003.
- ALBERTONI, E. F.; SILVA, C. P. **Caracterização e importância dos invertebrados de águas continentais com ênfase nos ambientes de Rio Grande**. Cadernos de Ecologia Aquática, 5(1) : 9-27. 2010.
- ANBUMOZHI, V.; RADHAKRISHNAN, J.; YAMAJI, E. **Impact of riparian buffer zones on water quality and associated management considerations**. Ecological Engineering, v. 24, n. 5, p. 517-523, 2005.
- ANGELSTAM, P. & LAZDINIS, M., 2017. Locais de ervas altas como guia para planejamento, manutenção e engenharia de cobertura florestal contínua ribeirinha. Eco Eng. [dx.doi.org/10.1007/s10113-019-01549-w](https://doi.org/10.1007/s10113-019-01549-w).
- ARIMORO, F. O.; OBI-IYEKE, G. E.; OBUKENI, P. J. O. **Spatiotemporal variation of macroinvertebrates in relation to canopy cover and other environmental factors in Eriora River, Niger Delta, Nigeria**. Environmental monitoring and assessment, v. 184, n. 10, p. 6449-6461, 2012.
- BARBOLA, Ivana F. et al. **Avaliação da comunidade de macroinvertebrados aquáticos como ferramenta para o monitoramento de um reservatório na bacia do rio Pitangui, Paraná, Brasil**. Iheringia. Série Zoologia, v. 101, p. 15-23, 2011.
- BARRELLA, Walter et al. **As relações entre as matas ciliares, os rios e os peixes**. Matas ciliares: conservação e recuperação, v. 2, p. 187-207, 2000.
- BOUCHARD, R. W.; FERRINGTON, L. C.; KARIUS, M. L. **Guia de invertebrados aquáticos do Upper Midwest**. 2004.
- CALLISTO, M.; ESTEVES, F. A. **Distribuição da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em um ecossistema amazônico impactado por rejeito de bauxita–Lago Batata (Pará, Brasil)**. Oecologia Brasiliensis, v. 1, n. 1, p. 335-348, 1995.
- CALLISTO, M.; GONÇALVES, J. F. **A vida nas águas das montanhas**. Ciência Hoje, v. 31, n. 182, p. 68-71, 2002.
- CARGNIN-FERREIRA, E. 1998. **Fatores influenciando na distribuição de grupos funcionais de macroinvertebrados aquáticos em pequenos tributários do Rio Jaú, Amazônia Central**. Dissertação de Mestrado. INPA/UA. 52p.
- CUMMINS, K. W. **Relações tróficas de insetos aquáticos**. Revista anual de entomologia, v. 18, n. 1, pág. 183-206, 1973.
- DEEPAYAN, S. **Lattice: Multivariate Data Visualization with R**. Springer, New York. 2008. ISBN 978-0-387-75968-5

GOULART, M. D.; CALLISTO, M. **Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental**. Revista da FAPAM, v. 2, n. 1, p. 156-164, 2003.

HAMADA, N.; NESSIMIAN, J. L.; QUERINO, R. B. **Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia**. Manaus: Editora do INPA, 2014.

HEFTING, M. M., VAN DEN HEUVEL, RN, & Verhoeven, JTA, 2013. Zonas úmidas em paisagens agrícolas para atenuação de nitrogênio e aumento da biodiversidade: oportunidades e limitações. Eco Eng. 56, 5-13. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2012.05.001>.

HERNÁNDEZ, C. G. **Efeitos de florestas ripárias em restauração na estrutura de comunidades de macroinvertebrados aquáticos e nas taxas de decomposição de matéria orgânica**. 2018.

HYNES, H. B. N. **The biology of polluted waters**. Toronto: University of Toronto Press, 202 p. 1974.

KASSAMBARA, A. **ggpubr: 'ggplot2' Based Publication Ready Plots**. R package version 0.4.0. (2020). <https://CRAN.R-project.org/package=ggpubr>

KENWICK, RA; SHAMMIN, MR; SULLIVAN, WC, 2009. Preferências para tampões ribeirinhos. Landsc. Plano Urbanístico. 91(2), 88-96. <http://dx.doi.org/10.1016/j>.

LOWE-MCCONNELL, R. H. **Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais**. In: Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais. p. 534-534. 1999.

MARQUES, N. C. S. et al. As matas ciliares amortecem os efeitos negativos das terras agrícolas sobre a diversidade de macroinvertebrados em riachos de várzea amazônica. **Hidrobiologia** , v. 848, n. 15, pág. 3503-3520, 2021.

MARTINS, R.T.; REZENDE, R.S.; GONÇALVES, J. J. F.; LOPES, A.; PIEDADE, M. T.; CAVALCANTE, H. D. L.; HAMADA, N. **Effects of increasing temperature and, CO2 on quality of litter, shredders, and microorganisms in Amazonian aquatic systems**. Plos One, v.12, n 11, pág. 0188791. 2017.

MATTHEWS, R. A.; BUIKEMA, A. L. & CAIRNS Jr., J. **Biological monitoring part IIA: Receiving system functional methods relationships, and indices**. Water Research, 16:129-139. 1982.

MERRITT, R. W.; CUMMINS, K. W. **Relações tróficas de macroinvertebrados**. Methods in stream ecology, v. 2, p. 585-610, 2006.

MORAES, B. C. D.; COSTA, J. M. N. D.; COSTA, A. C. L. D.; COSTA, M. H. **Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará**. Acta amazonica, 35(2), 207-214. (2005).

- MORALES, M. with code developed by the R Development Core Team, with general advice from the R-help listserv community and especially Duncan Murdoch. **sciplot: Scientific Graphing Functions for Factorial Designs**. R package version 1.2-0. 2020. <https://CRAN.R-project.org/package=sciplot>
- MUGNAI, R.; NESSIMIAN, J. L.; BAPTISTA, D. F. **Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do Estado do Rio de Janeiro: para atividades técnicas, de ensino e treinamento em programas de avaliação da qualidade ecológica dos ecossistemas lóticos**. Technical Books Editora, 2010.
- OKSANEN, J.; BLANCHET, F. G.; FRIENDLY, M.; KINDT, R.; LEGENDRE, P. et. al. **vegan: Community Ecology Package**. R package version 2.5-7. 2020. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- OLIVEIRA, A.L.H. de; NESSIMIAN, J. L. **Spatial distribution and functional feeding groups of aquatic insect communities in Serra da Bocaina streams, southeastern Brazil**. Acta Limnologica Brasiliensia. 22: 424–441. 2010.
- OLIVEIRA, P. C. dos R.; NOGUEIRA, M. G.; SARTORI, L. P. **Differential environmental impacts on small and medium size rivers from center of São Paulo State, Brazil, and regional management perspectives**. Acta Limnologica Brasiliensia. 26(4): 404-419. 2014.
- ONO, E. R. **Efeito da retirada da mata ripária sobre a estrutura dos grupos funcionais de alimentação em assembleias de macroinvertebrados bentônicos**. 2018.
- PES, A. M. O. **Taxonomia, estrutura e riqueza das montagens de larvas e pupas de Trichoptera (Insecta), em igarapés na Amazônia Central**. 2005.
- PETSCH, D. K.; PINHA, G. D.; RAGONHA, F. H.; TAKEDA, A. M. **Influência dos fatores ambientais sobre a distribuição da comunidade de invertebrados bentônicos em canais de uma planície de inundação neotropomunidade de invertebrados bentônicos em canais secundários e principal de uma planície de inundação neotropical**. Biotemas, 26(3), 127-138. (2013).
- PIMENTEL, D. R.; SUEMITSU, C.; MOTA, E. J.; ALVES, R. C. F.; et al. **Diagnóstico ambiental da vegetação ripária e da microbacia de um riacho urbano amazônico**. Revista Saúde e Meio Ambiente, 12(02), 166-180. 2021.
- PINHEIRO, J.; BATES, D.; DEBROY, S.; SARKAR, D.; R Core Team. **nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models**. R package version 3.1-155, 2022. <URL: <https://CRAN.R-project.org/package=nlme>>.
- PRADO, R. B.; DAMASCENO, G. M. S.; AQUINO, F. de G. **Panorama dos estudos sobre serviços ecossistêmicos em zonas ribeirinhas: uma revisão sistemática**. Acta Limnologica Brasiliensia , v. 34, 2022.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2021. URL <https://www.R-project.org/>.

RIBEIRO, L. O.; UIEDA, V. S. **Estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos de um riacho de serra em Itatinga, São Paulo, Brasil**. Revista brasileira de Zoologia, v. 22, p. 613-618, 2005.

RICHARDSON, John S.; DANEHY, Robert J. **Uma síntese da ecologia de córregos de cabeceira e suas zonas ribeirinhas em florestas temperadas**. Forest Science , v. 53, n. 2, pág. 131-147, 2007.

ROQUE, F. O.; TRIVINHO-STRIXINO, S. 2000. Fragmentação de habitats nos córregos do Parque Estadual do Jaraguá (SP): Possíveis impactos na riqueza de macroinvertebrados e considerações para conservação in situ. Anais do II Congresso Brasileiro de Unidade de Coconservação, Campoo Grande, 752-760.

ROQUE, F. O.; TRIVINHO-STRIXINO, S.; STRIXINO, G.; AGOSTINHO, R. C.; FOGO, J. C. 2003. Benthic macroinvertebrates in streams of jaragua State Park (Southeast of Brazil) considering multiple spatial scales. Journal of insect Consevation, 7:63-72.

SANTOS F. M. M. S. **A microbacia hidrográfica do Bindá (Manaus/AM) sob a ótica da complexidade ambiental**. (Dissertação de Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Amazonas, 2014.

SILVA, M. A. et al. **Efeitos do desmatamento ciliar na comunidade de invertebrados bentônicos e no processamento de folhas em riachos da Mata Atlântica**. Perspectivas em Ecologia e Conservação , v. 18, n. 4, pág. 277-282, 2020.

SILVA, Luana Fidelis da. **Estrutura da comunidade de insetos aquáticos em igarapés na Amazônia Central, com diferentes graus de preservação da cobertura vegetal e apresentação de chave de identificação para gêneros de larvas da ordem Odonata**. 2006.

SLOWIKOWSKI, K. **ggrepel: Automatically Position Non-Overlapping Text Labels with 'ggplot2'**. R. package version 0.9.1. 2021. <https://CRAN.R-project.org/package=ggrepel>

SURIANO, M. T.; FONSECA-GESSNER, A. A. **Chironomidae (Diptera) Larvae in streams of Parque Estadual de Campos do Jordão, São Paulo state, Brazil**. Acta Limnologica Brasiliensia. 16: 129–136. 2004.

TICHÝ, L. **GLAMA–Gap Light Analysis Mobile App-User Manual**. Dept. of Botany and Zoology-Masaryk University. Brno, Czech Republic, v. 13, 2015.

UIEDA, V. S.; MOTTA, R. L. **Trophic organization and food web structure of southeastern Brazilian streams: a review**. Acta Limnologica Brasiliensia. 19: 15–30. 2007.

VASCONCELOS, M. de C.; MELO, A. S. **An experimental test of the effects of inorganic sediment addition on benthic macroinvertebrates of a subtropical stream**. Hydrobiologia. 610: 321–329. 2008.

VITOUSEK, P. M. **Invasões biológicas e processos ecossistêmicos: rumo a uma integração da biologia populacional e estudos ecossistêmicos.** In: Gestão de Ecossistemas. Springer, Nova York, NY, p. 183-191. 1990.

WANTZEN, K. M. **Poluição física: efeitos da erosão de voçorocas em invertebrados bentônicos em um riacho tropical de águas claras.** Conservação aquática: Ecossistemas marinhos e de água doce, v. 16, n. 7, pág. 733-749, 2006.

WARING, E.; QUINN, M.; McNAMARA, A.; RUBIA, E. A.; ZHU, H.; ELLIS, S. **skimr: Compact and Flexible Summaries of Data.** R package version 2.1.3. 2021.
<https://CRAN.R-project.org/package=skimr>

WEBSTER, JR; BENFIELD, EF **Degradação de plantas vasculares em ecossistemas de água doce.** Revisão anual de ecologia e sistemática , p. 567-594, 1986.

WICKHAM, H. et al. **Welcome to the tidyverse.** Journal of Open Source Software, 4(43), 1686. 2019. <https://doi.org/10.21105/joss.01686>

XIE, Y. **knitr: A General-Purpose Package for Dynamic Report Generation in R.** R package version 1.37. 2021.

ZARDO, D.C., HARDOIM, E.L., AMORIM, R. E MALHEIROS, C.H. **Variação Espaço-Temporal na Abundância de Ordens e Famílias de Macroinvertebrados Bentônicos Registrados em Área de Nascente, Campo Verde-Mt.** Revista Brasileira Multidisciplinar, v. 16, n. 1, p. 53-66, 2013.