



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE ESTUDOS COSTEIROS
FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

JEOVANA OLIVEIRA LIMA

MUDANÇAS NA DIVERSIDADE DE MACROINVERTEBRADOS ASSOCIADAS
COM UMA PISCINA EM UM RIACHO DE PRIMEIRA ORDEM NO NORDESTE
DO PARÁ

Orientador: Prof. Dr. Colin Robert Beasley

Coorientador: Dr. Diego Simeone Ferreira da Silva

BRAGANÇA-PA
2022



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE ESTUDOS COSTEIROS
FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

JEOVANA OLIVEIRA LIMA

**MUDANÇAS NA DIVERSIDADE DE MACROINVERTEBRADOS ASSOCIADAS
COM UMA PISCINA EM UM RIACHO DE PRIMEIRA ORDEM NO NORDESTE
DO PARÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado da Faculdade de Ciências Biológicas, Instituto de Estudos Costeiros, da Universidade Federal do Pará, como requisito para a obtenção do Grau de Licenciado em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Colin Robert Beasley
Coorientador: Dr. Diego Simeone Ferreira da Silva

BRAGANÇA-PA
2022

JEOVANA OLIVEIRA LIMA

**MUDANÇAS NA DIVERSIDADE DE MACROINVERTEBRADOS ASSOCIADAS
COM UMA PISCINA EM UM RIACHO DE PRIMEIRA ORDEM NO NORDESTE
DO PARÁ**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado para outorgar o Título de Licenciado em Ciências Biológicas pela Faculdade de Ciências Biológicas do Instituto de Estudos Costeiros, Universidade Federal do Pará.

Data de aprovação: ___ / ___ / ____

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

BRAGANÇA-PA
2022

AGRADECIMENTOS

A começar pela minha primeira família, minha mãe Rosileide e minhas irmãs Jacyara e Jayra, pelo amor e principalmente por acreditarem e apoiarem fortemente minhas escolhas, para vocês todo o meu amor e gratidão.

Também a minha nova e fragmentada família, aos que me acolheram em Bragança e seguiram junto a mim nas diversas fases da graduação, as minhas primas Wellem e Wevem por me ajudarem tanto nos meus primeiros passos acadêmicos, ao meu grande amigo Eduardo pela companhia e persistência frágil, mas duradoura que nos fez chegar até aqui, e ao meu parceiro Marlon Chumber que foi e é uma grande inspiração para mim e por realizar multitarefas para tentar manter minha sanidade.

A minha parceira de laboratório Jaqueline, sabemos de todas as dificuldades externas e internas que enfrentamos juntas na realização desse e de outros trabalhos.

Todo ciclo deixa lembranças, alguns antes mesmo de serem vividos já tem momentos pré definidos, nesse caso agradeço aos meus amigos de graduação que viveram comigo tudo que já estava e não estava predestinado a faculdade, pelos inúmeros momentos espontâneos, reflexivos e divertidíssimos que ficarão marcados na minha memória.

Ao Diego, que antes de ser meu coorientador se tornou meu amigo quando me recebeu 'calorosamente' no laboratório, agradeço a oportunidade de me deixar participar de todas as etapas deste trabalho, pelas coletas, pizzas e as cervejas, e claro por sempre estar presente.

Ao professor Colin agradeço a confiança e gentileza, sua orientação fez com que minha admiração ao professor e pesquisador que és crescesse ainda mais, obrigada pela disponibilidade e atenção durante esses anos.

EPÍGRAFE

“Já faz tempo eu vi você na rua
Cabelo ao vento
Gente jovem reunida
Na parede da memória
Essa lembrança
É o quadro que dói mais
Minha dor é perceber
Que apesar de termos
Feito tudo o que fizemos
Ainda somos os mesmos
E vivemos
Ainda somos os mesmos
E vivemos
Como os nossos pais”

(Como nossos pais - Elis Regina/1976)

RESUMO

A região amazônica é conhecida por sua grande diversidade de fauna e flora, a interação entre florestas, rios e riachos cria um rico ecossistema. Riachos de primeira ordem, devido às suas larguras menores, costumam ser cobertos por uma mata ciliar. Esta ocasiona uma grande entrada de folhas, galhos e frutos que acaba se acumulando no fundo desses córregos e formam uma ampla gama de alimentos e microhabitats; esses últimos servem como refúgio para diversos organismos aquáticos. Os macroinvertebrados são organismos que por, pelo menos, uma parte da vida vivem associados a substratos de rios. Seu modo de vida, alimentação, interação com a água e fundos e papel ecológico os tornam excelentes e econômicos modelos de estudo sobretudo na avaliação rápida ambiental e biomonitoramento. A presença, ausência, ou um determinado nível de abundância de um táxon de um macrobentos pode ajudar categorizar ambientes aquáticos. Já trabalhos com grupos funcionais alimentares (GFA) de macroinvertebrados são voltados para avaliação do ambiente, sua metodologia se baseia no comportamento alimentar desses organismos. No norte do Brasil, é muito comum o uso de rios e riachos para o lazer. Os populares balneários recebem banhistas com frequência, e por serem tão comuns, alguns riachos pequenos têm sua estrutura modificada. O mais comum é transformar um trecho do córrego em uma piscina, o que claramente afeta a hidrodinâmica. O objetivo deste trabalho é averiguar se a piscina está afetando a diversidade taxonômica e funcional de macroinvertebrados aquáticos. Foram realizadas coletas a montante (acima) e a jusante (abaixo) da piscina. Duas amostras de sedimento foram coletadas, uma para a triagem e identificação dos indivíduos, e outra para a granulometria. Toda a matéria orgânica presente na réplica da triagem foi separada e pesada para análise. Os macroinvertebrados foram triados, identificados até família, alocados ao grupo funcional e contados no laboratório. As análises de dados de água, sedimento e macroinvertebrados foram realizadas com o GNU R versão 4.2.1 (R Core Team, 2022). As duas áreas, Montante e Jusante da piscina se mostraram diferentes em termos da fauna, entretanto os maiores valores de riqueza e abundância estiveram associados a variáveis ambientais como potencial oxidação-redução, cascalho, areia grossa ou areia fina e matéria orgânica total. Os resultados com GFA foram semelhantes aos dos grupos taxonômicos. Portanto, nosso trabalho se mostrou eficiente na avaliação desse trecho do riach quanto à composição e mudanças da macrofauna bentônica em relação à piscina.

Palavras-chave: Avaliação ambiental, Balneário, Bioindicadores, Macrobentos

ABSTRACT

The Amazon region is known for its great diversity of fauna and flora, and the interaction between forests, rivers, and streams that creates a rich ecosystem. First order streams, due to their smaller width, are usually covered by a riparian forest. This causes a large influx of leaves, branches, and fruits that end up accumulating on the bottom of these streams and forming a wide range of food sources and microhabitats; the latter serve as a refuge for various aquatic organisms. Macroinvertebrates are organisms that, for at least part of their lives, live associated with benthic habitats. Their mode of life, feeding, interaction with the water and substrates, and their ecological role make them excellent and cost-effective models for study especially in rapid environmental assessment and biomonitoring. The presence, absence, or a certain level of abundance of a macrobenthic taxon can help categorize aquatic environments. Work with functional feeding groups (FFG) of macroinvertebrates is aimed at environmental assessment, and its methodology is based on the feeding behavior of these organisms. In northern Brazil, it is very common to use rivers and streams for leisure. The popular bathing resorts receive bathers frequently, and because they are so popular, some small creeks have their structure modified. The most common is to transform a stretch of stream into a swimming pool, which clearly affects stream hydrodynamics. The objective of this work is to investigate whether the pool is affecting the taxonomic and functional diversity of aquatic macroinvertebrates. Samples were collected upstream (above) and downstream (below) of the pool. Two sediment samples were collected, one for sorting and identification of individuals, and one for grain size. All organic matter present in the screening replicate was separated and weighed for analysis. Macroinvertebrates were sorted, identified to family, allocated to functional group, and counted in the laboratory. Water, sediment, and macroinvertebrate data analyses were performed with GNU R version 4.2.1 (R Core Team, 2022). The two areas, Upstream and Downstream of the pool were shown to be different in terms of the fauna, and the highest richness and abundance values were associated with environmental variables such as oxidation-reduction potential, gravel, coarse sand or fine sand and total organic matter. The results with GFA were similar to the taxonomic groups. Therefore, our work proved to be efficient in evaluating this stretch of the creek regarding the changes in the composition of the benthic macrofauna in relation to the pool.

Keywords: Environmental assessment, Bathing, Bioindicators, Macroinvertebrates.

SUMÁRIO

1-INTRODUÇÃO	8
2-OBJETIVOS	11
2.1-Objetivo geral	11
2.2-Objetivos específicos	11
3-MATERIAL E MÉTODOS	12
3.1-Área de estudo	12
3.2-Amostragem de macroinvertebrados	13
3.3-Variáveis do habitat	14
3.4-Análise de dados	14
4-RESULTADOS	16
4.1-Análises das variáveis do habitat	16
4.2-Análises da diversidade taxonômica	18
4.3-Análise dos grupos funcionais alimentares	21
5-DISCUSSÃO	24
6-CONCLUSÃO	26
7-REFERÊNCIAS	27

1-INTRODUÇÃO

A amazônia brasileira é mundialmente conhecida, nela se encontram florestas densas, uma rica diversidade e, claro, a maior bacia hidrográfica do planeta (BECKER & STENNER, 2008). Os traços tão marcantes desse bioma estão em constante interação e dependem uns dos outros para se manter. Os grandes rios que são encontrados na região norte do Brasil, dependem de pequenos riachos que se juntam e os compõem até sua foz, existe um método categórico que utiliza fatores físicos para classificá-los. Na primeira categoria, estão os chamados riachos de primeira ordem, esses são pequenos córregos e nascentes que costumam ter até 1 metro de largura e pequena profundidade. A junção de dois riachos de primeira ordem compõe um riacho de segunda ordem, um trecho de terceira ordem é formado pela união de dois trechos de segunda ordem e assim por diante (WARD & STANFORD, 1983; TUNDISI, 2008; JUNK, WJ & PIEDADE, MTF., 2015). Ainda, seguindo a linha de como os componentes amazônicos são inter-relacionados, exemplificamos os riachos de primeira ordem que dependem fortemente da sua mata ciliar que costumam cobrir esses ambientes, além de ocasionar uma grande entrada de matéria orgânica que é sedimentada no fundo desses córregos e criam ambientes propícios a colonização, áreas assim ganham o nome de microhabitats que são refúgio para comunidades macrobentônicas (KAUSHIK; HYNES, 1971; NIN *et al.*, 2009, BRASIL *et al.*, 2016; JUAN *et al.*, 2016).

Os macroinvertebrados bentônicos são organismos que apresenta, pelo menos, uma parte do seu ciclo de vida relacionado a leitos de rios e são representados por alguns anelídeos, crustáceos, moluscos, mas principalmente insetos aquáticos em seus estágios juvenis (ESTEVES, 1998; HAMADA, *et al.*, 2014). Eles comumente se associam a substrato mineral (cascalho, areia e argila), e orgânico (folhas, galhos, frutos, macrófitas, raízes, etc), isso porque esses componentes disponibilizam segurança e recursos alimentares que mantêm a estrutura desses microhabitats (NIN *et al.* 2009; KOWN, 2020). Apesar de serem chamados de macro-, esses organismos são pequenos, alguns autores descrevem esses organismos com até 1 milímetro, entretanto há representantes que ultrapassam essas medidas (MUGNAI *et al.*, 2010), mas, devido à sua elevada abundância, são capazes de desempenhar funções ecológicas consideradas indispensáveis no funcionamento, regulação e manutenção de riachos, sendo assim eles costumam atuar no revolvimento do sedimento, aceleração da decomposição da matéria orgânica e ciclagem dos nutrientes (TUNDISI, 2008).

Dentro do campo da pesquisa científica voltada, sobretudo, para a avaliação e biomonitoramento de ambientes aquáticos, os macroinvertebrados têm sido excelentes aliados, mostrando-se ser uma ferramenta de baixo custo e com grande eficácia para a caracterização dessas

áreas. Isso se decorre por meio de características que tornam esses organismos ótimos bioindicadores da qualidade da água (CALLISTO, 2005; DA SILVA-LEITE, 2021). Desse modo, fatores como a presença ou ausência, ou um determinado nível de abundância de alguns táxons já podem sugerir o nível de impacto causado naquele ambiente. Geralmente, espécimes das ordens Ephemeroptera, Trichoptera e Plecoptera se revelam sensíveis a alterações e assim costumam ser encontrados em ambientes preservados ou pouco impactados (HAGEMEYER, 2022; CALLISTO, M., MORETTI, M., & GOULART, M., 2001), embora na amazônia a baixa representatividade de Plecoptera, diminua a utilidade deste grupo como bioindicadores na região. Por outro lado, em ambientes com fortes alterações e até sobre condições anóxicas é possível encontrar representantes bastantes tolerantes como Chironomidae, Oligochaeta e Gastrópodes (CARRASCO-BAQUERO, 2020; RAMOS, 2019). No entanto, Chironomidae é um a família grande e podem incluir gêneros e espécies, tanto sensíveis quanto tolerantes (SAITO, 2014; SONODA et al; 2018).

Outra ferramenta muito utilizada para o monitoramento e avaliação de ambientes aquáticos se baseia no comportamento alimentar desses organismos; o método categórico intitulado grupos funcionais alimentares (GFA), (CUMMINS & KLUG 1979). Os principais recursos alimentares desses organismos provém da matéria orgânica sedimentada ou em suspensão na coluna de água, além da captura de outros organismos. Dessa maneira, os principais agrupamentos referente às categorias funcionais alimentares são: coletor-catador, coletor-filtrador, fragmentador, predador e raspador, a identificação pode ser realizada ainda em campo por meio da observação de estruturas morfológicas como o aparelho bucal e pernas, além da observação de seu comportamento (HAMADA *et al.*, 2014).

Contudo, além de serem lares para uma ampla fauna aquática, pequenos riachos também se mostram bastante úteis para o subsídio humano. Diante disso, além do desenvolvimento de atividades básicas como a pesca e o uso doméstico, esses ambientes também são considerados ótimos para o lazer e recreação. Entretanto, devido a menor largura e geralmente baixa ou alta profundidade naturais dessas áreas, são realizadas mudanças estruturais que transformam um trecho do riacho em uma espécie de piscina por represamento da água. STRAŠKRABA E TUNDISI (2000) escrevem sobre as diversas finalidades que há para a construção de uma represa e que cada uma exige que o ambiente tenha condições físicas específicas. Assim, para que uma represa seja construída com o intuito de recreação é necessário que esse riacho possua características de riachos de primeira ordem.

Na região amazônica, o uso de rios e riachos para o lazer é cultural, existem diversas piscinas naturais construídas por represamento total ou parcial do riacho, são popularmente chamadas de balneários e costumam receber banhistas com frequência (TACK, 2020). Embora

esses espaços de entretenimento pareçam inofensivos ao ecossistema, é inevitável que essas modificações estruturais não afetem as comunidades de organismos aquáticos, especialmente peixes e também os macroinvertebrados, ambos grupos sensíveis a perturbações. Esses organismos dependem de um ambiente preservado, e portanto, é inegável a importância ecológica, hídrica e ambiental desses córregos, sendo também indispensável sua conservação.

2-OBJETIVOS

2.1-Objetivo geral

- Verificar se a piscina no trecho de um riacho de primeira ordem, localizada próximo ao município de Bragança-PA, está associada a mudanças na diversidade taxonômica e funcional de macroinvertebrados bentônicos.

2.1-Objetivos específicos

- Comparar as variáveis do habitat nas áreas acima (montante) e abaixo (jusante) da piscina.
- Comparar a diversidade taxonômica e funcional das áreas acima (montante) e abaixo (jusante) da piscina.
- Verificar a relação entre macroinvertebrados e variáveis ambientais no contexto montante e jusante da piscina.

3-MATERIAIS E MÉTODOS

3.1-Área de estudo

O riacho do balneário paraíso dos reis passa por várias vilas próximas ao município de Bragança-PA até desaguar no Rio Caeté. O riacho varia de 40 centímetros a 1 metro de largura, e profundidades que variam e podem chegar até 50 centímetros. Por essas características ele é considerado dentro da hidrografia um riacho de 1ª ordem. Outro traço marcante nesse ambiente é a mata ciliar estruturada, a maior parte do riacho é coberto por sua vegetação o que lhe confere a presença e reposição de uma grande quantidade e diversidade de alimentos e microhabitats formados por folhas, troncos e galhos.

Em um trecho desse riacho, localizado na vila do Camutá, se encontra o balneário Paraíso dos Reis ($-1^{\circ}2'46.7''$ - $46^{\circ}44'36.4''$; Figura 1), um ponto turístico usado para lazer e recreação (Figura 2). Esse espaço é uma piscina construída através do alargamento e represamento parcial do riacho. Além disso, como parte da mudança estrutural realizada nesse ambiente, uma parcela da mata ciliar foi retirada de uma das margens para facilitar o acesso dos banhistas à piscina.

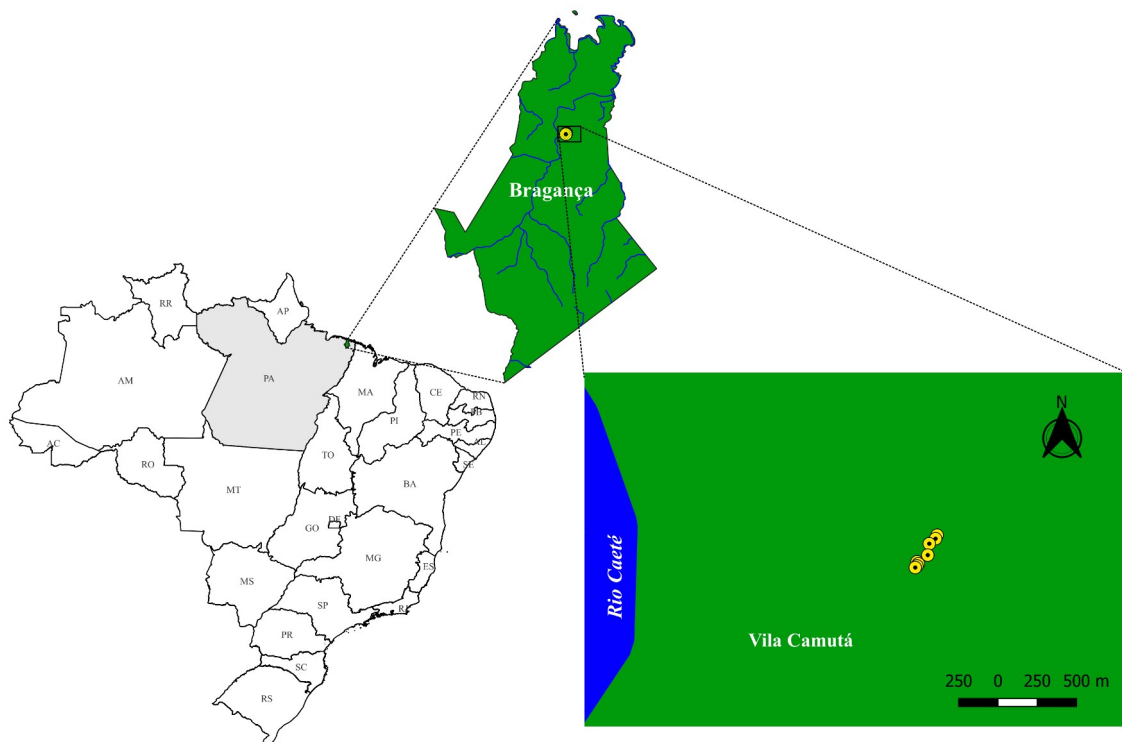


Figura 1. Mapa da área de estudo. Esquerda: mostra o Brasil com destaque para estado do Pará, Centro superior: mostra o município de Bragança e Direita: mostra a distribuição dos pontos de coleta (em amarelo) na Vila Camutá e seu contexto regional.

Para a realização da presente pesquisa, foram estabelecidas duas áreas, montante e jusante da piscina, acima da piscina foi marcado um trecho de 200 metros e cerca de 50 metros abaixo dela. A assimetria no comprimento dos trechos avaliados se deu devido a desestruturação da jusante, o trecho após a piscina se encontra em um estágio avançado de assoreamento, além da perda de sua sinuosidade natural.



Figura 2. Fotos da área de estudo, localizada na vila do Camutá, próximo ao município de Bragança-PA. A) Balneário Paraíso dos Reis; B) foto da montante; C) foto da jusante.

3.2-Amostragem de macroinvertebrados

As coletas aconteceram no mês de Dezembro de 2020, em campo, foram selecionados quatro pontos ao longo dos 200 metros acima da piscina (MONTANTE), foi estabelecida uma distância de 40 metros entre os pontos e em cada um deles foram amostradas cinco réplicas. Abaixo da piscina (JUSANTE) foram estipulados três pontos contínuos de amostragem, os quais também foram amostrados cinco réplicas. Portanto, havia um total de 35 réplicas (2 áreas com 7 pontos por $n = 5$).

Para encontrar a fauna coletamos manualmente o sedimento, esse conteúdo foi colocado em saco plástico, já contendo identificação (área/ponto), além disso, foi adicionado álcool 70% para a conservação dos indivíduos.

Em laboratório, as amostras foram lavadas em peneira com malha de 300 μm e triadas sob estereoscópico. Os indivíduos encontrados foram identificados taxonomicamente ao menor possível usando HAMADA *et al.* (2014), MUGNAI (2010) e PES (2005), e encaixados em seus respectivos grupos funcionais alimentares com auxílio da literatura (HAMADA *et al.*, 2014). Depois foram armazenados em potes etiquetados contendo álcool 70%.

3.2-Variáveis do habitat

Para cada réplica de macroinvertebrados, um conjunto de variáveis físico-químicas foi mensurado, incluindo pH, condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$), Total de Sólidos Dissolvidos (TDS) e Potencial de Oxidação/Redução (ORP), todas usando um Medidor Multiparâmetro Portátil com GPS – HI9829.

Além disso, também foram coletadas amostras de sedimento, para análise granulométrica. Já em laboratório 100 g desse sedimento foi colocado na estufa a 60 °C por 72 h. Após esse período, o material foi triado em uma série granulométrico contendo seis peneiras com malhas de diferentes tamanhos (2000, 1000, 500, 250, 125, 63 μm). A fração de cada peneira foi pesada e registrada em planilha para análise.

Durante o processo de triagem da fauna, toda matéria orgânica presente na réplica foi separada e colocada na estufa a 40 °C por 48 h, depois foi categorizada e separada em folha, frutos e galhos, tudo foi pesado usando uma balança de precisão, os valores de cada categoria e valores de matéria orgânica total foram incluídos para análise.

3.4-Análise de dados

Todas as análises foram realizadas usando o GNU R 4.2.0 (2022-04-22), onde para a manipulação, exploração e visualização de dados foi utilizado o pacote *tidyverse* (WICKHAM, 2017). As distribuições e resumos estatísticos básicos dos conjuntos de dados foram examinadas junto com gráficos caixa-com-bigodes (boxplots) e histogramas para uma análise preliminar e usando o pacote *skimr* (WARING, 2022). A colinearidade entre variáveis de habitat foram investigadas usando gráficos de dispersão, sendo a variável TDS removida por estar diretamente relacionada com condutividade e por não apresentar valores confiáveis. Valores de condutividade foram verificados. A composição do sedimento (%) foi apresentada como gráfico de barras para comparações entre os pontos e níveis do fator área. Além disso, a abundância e número de táxons foram calculados para combinações de pontos e níveis do fator área.

A ordenação por escalonamento multidimensional (MDS) não-métrico foi realizada com uma matriz de dissimilaridade de Bray-Curtis baseada na abundância não transformada de táxons e grupos funcionais. A função *ordisurf()* foi usada para identificar táxons e grupos funcionais mais associados com os níveis do fator na ordenação.

Para análises multivariadas (MDS, ENVFIT, BIOENV, PERMANOVA) foi utilizado o pacote *vegan* (JARI OKSANEN *et al.*, 2019) e assim dados de habitat (incluindo os de composição do sedimento, matéria orgânica e variáveis do habitat) foram analisados por BIOENV e ENVFIT para verificar as variáveis com a melhor associação (correlação ou regressão, respectivamente) ao

padrão multivariada de abundância e composição de macroinvertebrados. Uma vez identificadas, estas variáveis foram apresentadas com gráficos caixa-com-bigodes.

A estrutura da assembleia de macroinvertebrados e as variáveis físico-químicas foram comparadas entre níveis do fator área usando a análise de variância multivariada permutacional (PERMANOVA) com 1000 permutações e o índice de dissimilaridade de Bray-Curtis ou distância Euclidiana, para variáveis da fauna ou habitat, respectivamente. Dois modelos foram usados, tanto para a fauna quanto para o habitat, sendo um modelo completo com todas as variáveis e um modelo reduzido com apenas 1) os táxons identificados pelo `ordisurf()` como sendo associadas com os níveis do fator e 2) as variáveis de habitat que foram identificadas pelo `envfit()` e `bioenv()` como sendo associadas com a fauna.

4-RESULTADOS

4.1-Análises das variáveis do habitat

A análise granulométrica demonstrou um padrão muito claro nos pontos da montante, neles cerca de 80% do sedimento mineral foi composto por cascalho, areia grossa e muito grossa (com exceção do ponto 4, onde a porcentagem de cascalho começou a diminuir). Por outro lado, a área da jusante demonstrou um padrão diferente, com menor quantidade de cascalho, sendo mais predominantes areias média, fina e muita fina em sua composição (Figura 3). Outra observação que chamou atenção foi que o ponto 4 se mostrou intermediário entre montante (1 a 3) e jusante (5 a 7). Em termos de areia média e areia fina, ponto 4 foi mais parecido com os pontos da jusante, mas, ao mesmo tempo, teve mais cascalho em algumas réplicas, similar ao montante, o que está bem evidenciado visualmente nas Figuras 3 e 4.

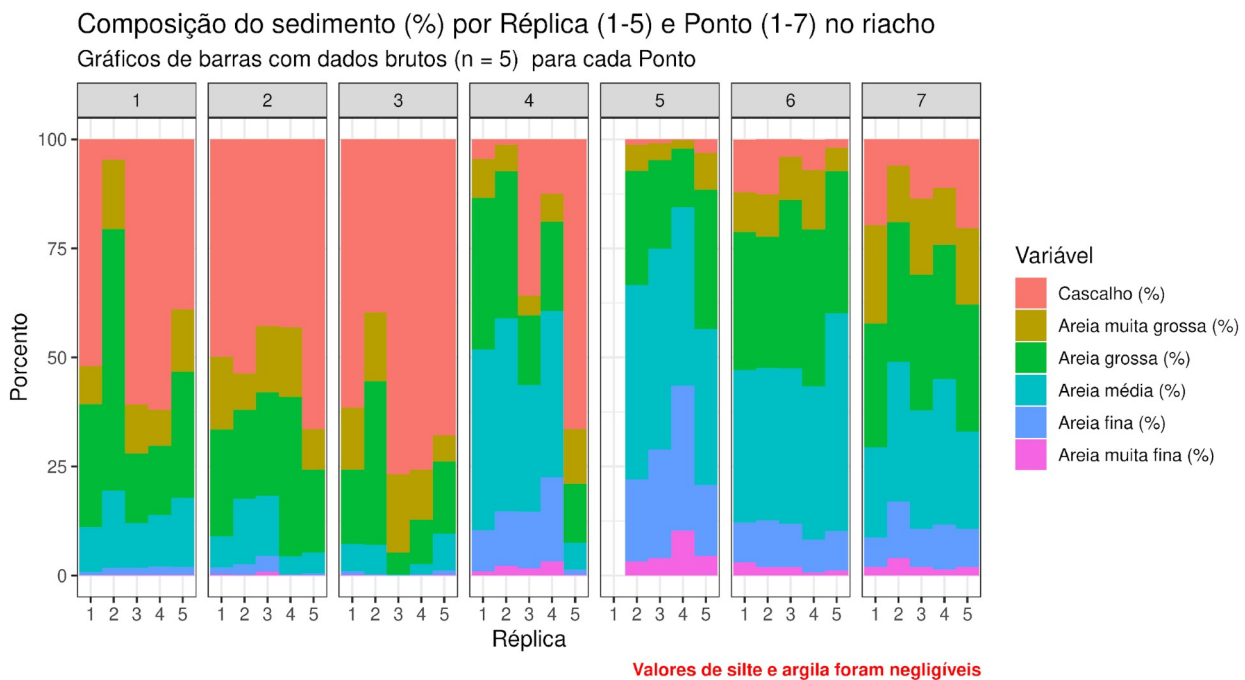


Figura 3. Composição do sedimento dado em porcentagem (%) entre os pontos das áreas montante e jusante no riacho do Balneário dos Reis em dezembro 2021.

Dentre as variáveis físico-químicas, pH e condutividade apresentaram uma média de 3,6 e 15($\mu\text{S}/\text{cm}$), respectivamente, em nenhum teste eles apresentaram relação com riqueza e abundância de organismos, entretanto ORP foi a única variável que foi quase significativa no envfit() realizado com os grupos taxonômicos (Tabela 3), e significativo para grupos funcionais alimentares (Tabela

5). Na Figura 3 é possível notar um leve gradiente onde os valores de ORP crescem unidirecionalmente da montante para a jusante. Ainda na Figura 3, também é claro o aumento gradativo de matéria orgânica total (g) nos pontos da montante (1 a 4), no entanto isso não acontece de maneira tão expressiva na jusante. Embora os valores cresçam até ponto 7, isso não é consistente e há grande variabilidade. Folha (g) e galho (g) apresentam no gráfico um padrão semelhante a MO total (g) porque estes duas variáveis totalizam juntos 99% da MO total (g).

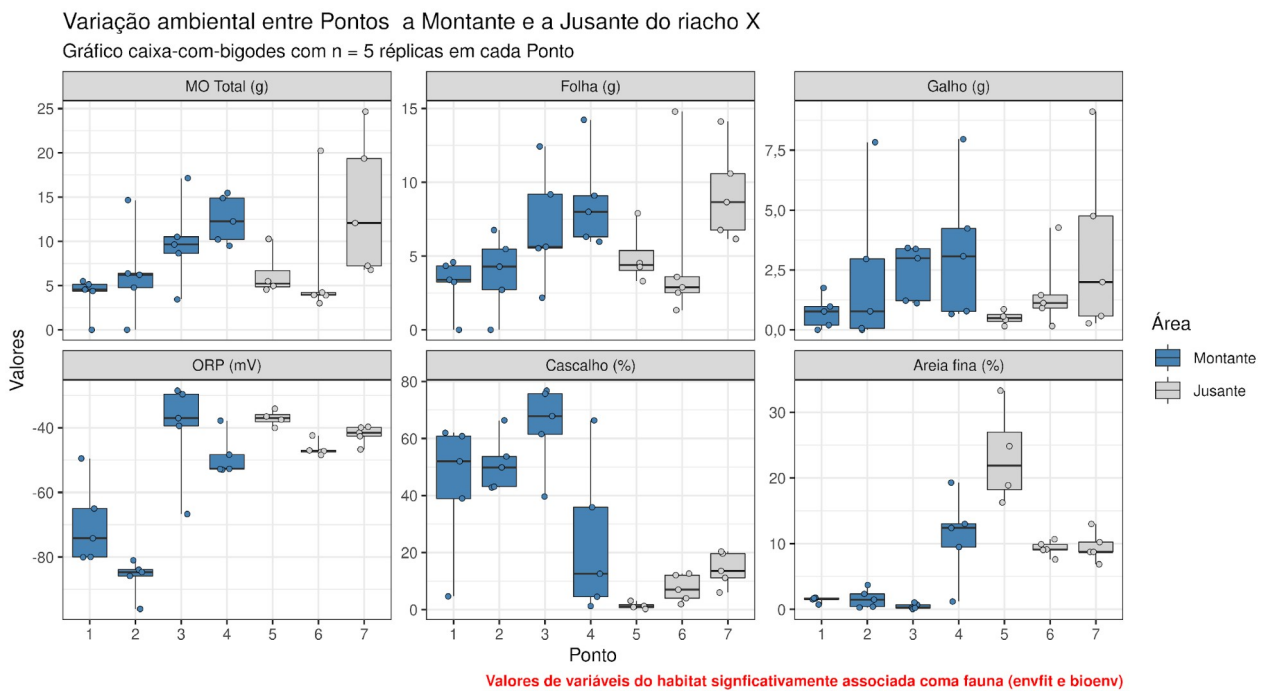


Figura 4. Variação ambiental em MO total (g), Folha (g) e Galho (g) entre os pontos das áreas montante e jusante no riacho do Balneário dos Reis em dezembro 2021.

A PERMANOVA realizada com as variáveis ambientais revelou diferenças altamente significativas entre os pontos e as áreas, no qual os pontos são responsáveis por 33% da variação total do ambiente e a interação área:ponto está cerca de 40%, além disso nessa análise é possível observar uma variação residual relativamente baixa.

Tabela 1. Resumo da Permanova com variáveis do habitat por área e interação área:ponto . GL: Graus de Liberdade. Valores P em negrito são significativos.

Fonte de variabilidade	GL	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	pseudo F	r ²	P
Área	1	15504	15503,7	40,5	0,40	0,0009
Interação Área:Ponto	5	12779	2555,8	6,68	0,33	0,0009
Resíduo	27	10336	382,8		0,27	
Total	33	38618			1,00	

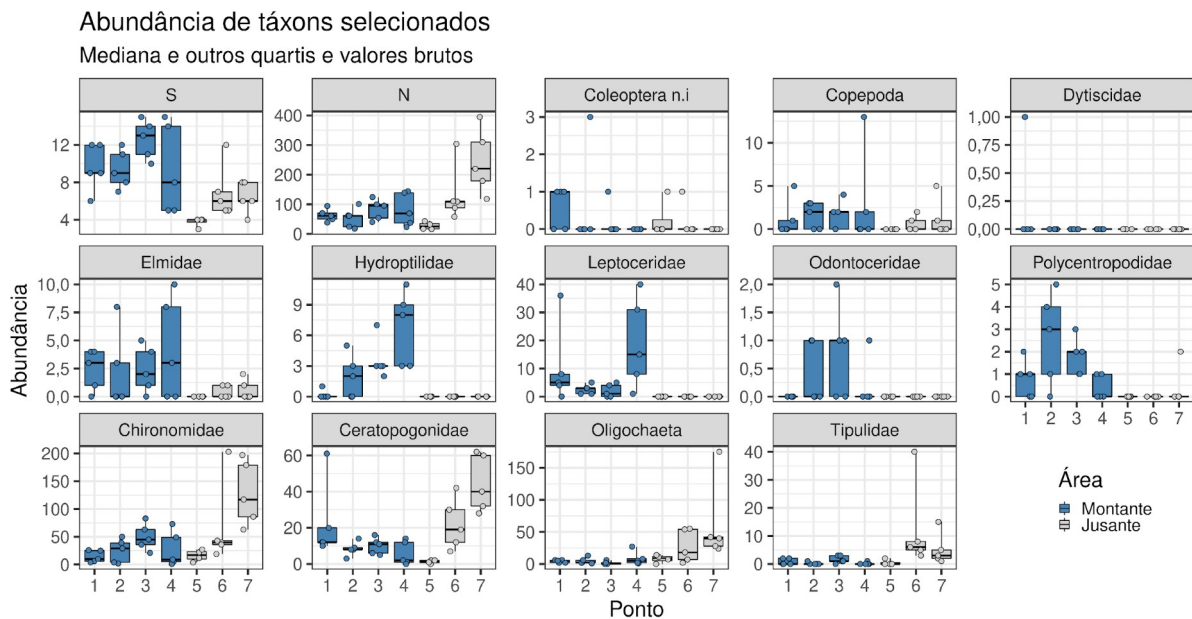
4.2. Análises da diversidade taxonômica

No total, foram contabilizados 3403 espécimes distribuídos em 33 táxons de macroinvertebrados (Tabela 2). Entre esses grupos, a ordem Diptera representou cerca de 66% dos indivíduos, onde as principais famílias em ordem de abundância foram: Chironomidae (47%), Ceratopogonidae (16%) e Tipulidae (3%), a subclasse Oligochaeta representou 18%, e famílias da ordem Trichoptera somaram 8,7% da abundância total. Apesar dessa abundância, tipicamente concentrada em poucos táxons, foi observado uma grande diversidade de grupos taxonômicos.

Tabela 2. Abundância total e por Área Montante e Jusante de táxons da macrofauna bentônica nos Pontos 1 a 4 a Montante e Pontos 5 a 7 a Jusante da piscina no riacho do Balneário dos Reis amostrada no mês de dezembro de 2020.

Táxons	M1	M2	M3	M4	J5	J6	J7
Acari	0	8	8	10	0	5	7
Bivalve	0	0	0	3	1	3	0
Caenidae	0	1	1	0	1	3	2
Ceratopogonidae	115	42	50	29	5	110	222
Chironomidae	71	124	248	137	65	341	642
Coleoptera n.i	3	3	1	0	1	1	0
Copepoda	6	8	8	15	0	3	6
Dytiscidae	1	0	0	0	0	0	0
Elmidae	12	11	12	21	0	2	3
Empididae	0	0	1	0	0	0	0
Ephemeroptera n.i	1	0	6	1	0	0	0
Gomphidae	3	1	0	1	0	0	0
Hebridae	0	1	0	0	0	0	0
Helicopsychidae	3	0	1	1	0	1	0
Hirudinea	0	0	0	8	0	0	0
Hydropsychidae	4	1	6	0	0	0	0
Hydroptilidae	1	10	18	34	0	0	0
Leptoceridae	53	13	10	95	0	0	0
Leptophlebiidae	0	1	4	0	0	0	0
Libellulidae	0	1	2	0	0	0	0
Mesoveliidae	1	0	0	0	0	0	0
Odonata n.i	1	0	0	1	0	0	0
Odontoceridae	0	2	4	1	0	0	0
Oligochaeta	21	24	9	43	32	136	309
Osmylidae	1	0	0	0	0	0	0
Polycentropodidae	4	13	9	2	0	0	2
Psephenidae	0	0	0	0	1	1	3
Psychodidae	3	0	2	0	0	0	0
Ptilodactylidae	0	0	1	0	0	0	0
Staphylinidae	5	0	3	0	0	0	0
Tipulidae	4	1	8	1	2	62	26
Trichoptera n.i	0	1	1	9	0	0	0
Zygoptera	0	0	0	0	0	1	0
Total	313	266	413	412	108	669	1222

A maioria dos organismos se concentraram na jusante, no total foram 1999 indivíduos. No entanto, apesar da abundância (N), essa área apresentou uma baixa riqueza (S), diferente da montante, que registrou no total 1404 organismos, mas acabou evidenciando maior riqueza. Através do ordisurf() foi possível listar os táxons mais associados a cada área. Dentre os 33 táxons encontrados, 19 foram exclusivos da montante e outros como Elmidae e Polycentropodidae mesmo sendo compartilhados entre as duas áreas foram muito mais abundantes na montante (Figura 5).



Importante São os táxons que melhor distinguem entre Pontos 1 a 4 e Pontos 5 a 7. Anote: escalas de abundancia diferem entre táxons

Figura 5. Abundância por ponto de cada área (montante e jusante) dos táxons selecionados pelo ordisurf() que foram exclusivos ou que estiveram mais associados com cada área. S=riqueza total e N=abundância total.

Matéria Orgânica Total (g) e Areia fina (%) foram as variáveis de interesse principal e que mostraram relação com a fauna, segundo o bioenv(), apresentando uma correlação=0,36. Porém, nas análises realizadas com o envfit() (Tabela 2), o ORP mostrou um valor um pouco maior que 0,05, o que é quase significativo e por isso foi incluído nos gráficos. Além disso, nessa mesma análise, tanto MO total (g) quanto Folha (g) foram altamente significativos, seguido por Galho(g) que teve um valor significativo (Tabela 3).

Tabela 3. Envfit realizada com as variáveis do habitat e sua associação com a fauna. r^2 =coeficiente de determinação. Valores P em negrito são significativos.

Variável	r^2	P
pH	0,02	0,7003
Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	0,05	0,5115
ORP (mV)	0,15	0,0639
MO Total (g)	0,30	0,0070
Folha (g)	0,29	0,0100
Galho (g)	0,20	0,0310
Fruto (g)	0,09	0,2288
Cascalho (%)	0,14	0,1029
Areia muito grossa (%)	0,10	0,1918
Areia grossa (%)	0,03	0,6014
Areia média (%)	0,12	0,1259
Areia fina (%)	0,11	0,1858
Areia muito fina (%)	0,11	0,2008

Foram realizadas duas PERMANOVAs (Tabela 3) para verificar diferenças multivariadas na fauna entre as áreas, uma com todos os táxons e uma com táxons selecionados. Apesar da pequena diferença nos valores contidos em cada uma, ambas mostraram diferenças significativas entre áreas, entretanto a análise com os táxons reduzidos apresentou maiores valores explicativos e uma variação residual menor. Apesar da diferença, tanto área como a interação área:ponto foram muito altamente significativas. Nas duas análises a variação residual foi alta também, mas isso é comum com a fauna, que costuma variar bastante entre réplicas e pontos. No fim a variação na estrutura da fauna chega a explicar 45,8% dessa variação entre os pontos.

Tabela 4. Resumo de permanova realizada com táxons selecionados. GL: Graus de Liberdade. Valores P em negrito são significativos.

Fonte de variabilidade	GL	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	pseudo F	r^2	P
Área	1	0,9551	0,95482	7,2253	0,14248	0,0009
Interação Área:Ponto	5	2,1793	0,43585	3,2971	0,32509	0,0009
Residual	27	3,5692	0,13219		0,53243	
Total	33	6,7037			1,00000	

Na ordenação por escalonamento multidimensional (MDS) da fauna, os dados de abundância com diversas transformações apresentaram um alto valor de estresse e por isso utilizamos os dados sem transformação na análise final, visto que eles apresentaram um menor valor de estresse (estresse = 16,15%). A partir disso, foi gerado um gráfico de ordenação de MDS não-métrica, com índice de Bray-Curtis (Figura 6), nele é possível notar uma separação entre as duas áreas: montante (azul) e jusante (cinza), bem como a associação de alguns táxons com algumas

variáveis (montante e jusante).

Desse modo, observando a Figura 6 é perceptível que há mais táxons associados com montante e menos com a jusante, no entanto, também uma variabilidade é notada (interação ponto com área na Permanova, p. ex.) em algumas réplicas dos pontos 1 e 4, que mesmo pertencendo a montante, estão localizadas na área da jusante, essa interação também é percebida nas réplicas de pontos 3 e 4 que seguem na mesma direção que os pontos 6 e 7, embora separados, estes compartilham valores similares de grupos taxonômicos. Os pontos 3, 4 e 7 estão bem próximos da MO total (g), folha (g) e galho (g) que são variáveis importantes e ligadas com a riqueza e abundância.

Estrutura da macrofauna bentônica por Ponto (1-7) e Área (Montante e Jusante) no riacho X...

Ordenação Escalonamento Multidimensional não-métrica, com índice Bray-Curtis sobre abundância não-transformada

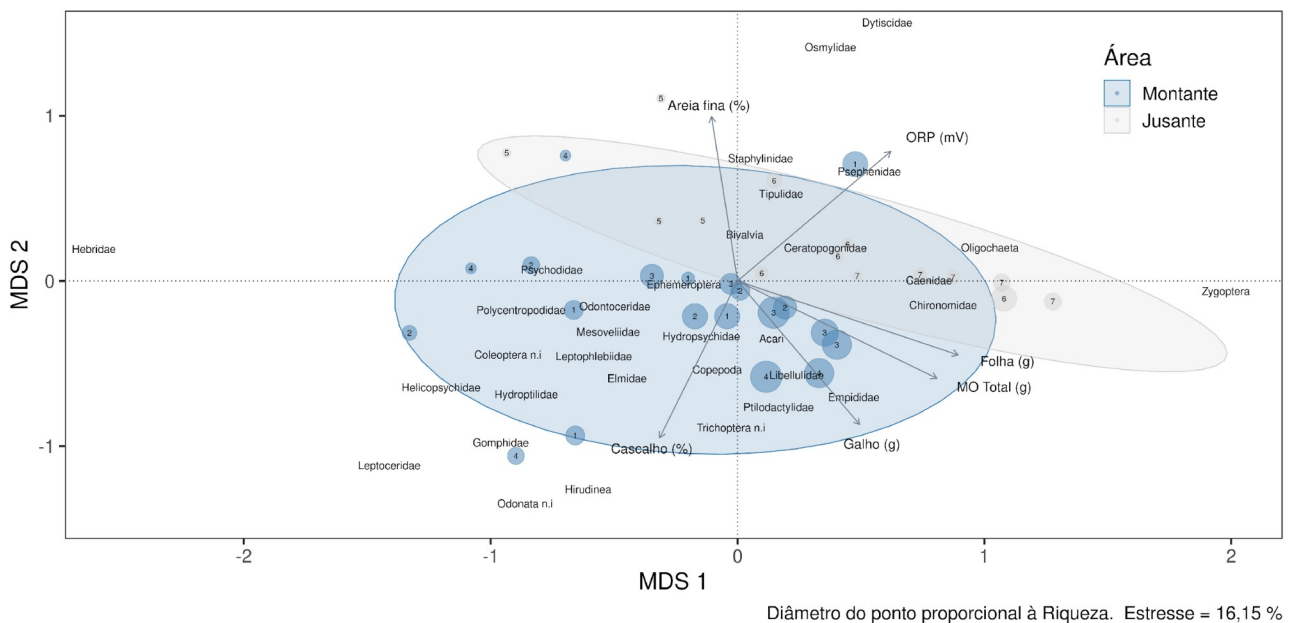


Figura 6. Gráfico de ordenação de MDS não-métrico, com índice de Bray-Curtis para estrutura de grupos taxonômicos realizado com dados sem transformação.

4.3 Análise dos grupos funcionais alimentares

Coletor-catador e predador foram as categorias mais abundantes, juntas totalizaram cerca de 2647 indivíduos, esses foram seguidos por fragmentadores, coletores-filtradores e raspadores que representaram os 33% restantes dos indivíduos (Tabela 5).

A função bioenv() nomeou quatro variáveis que estiveram mais associadas a grupos funcionais alimentares, sendo elas MO Total (g), Folha (g), Areia fina (%) e Areia muito fina (%) que apresentaram uma correlação Spearman $r_s=0,42$. Já nas análises realizadas com o envfit() (Tabela 6), diferente do resultado obtido com os grupos taxonômicos, o ORP foi significativo para

GFA, MO total (g) e folha (g) continuaram altamente significativas, porém galho (g) apresentou um valor maior que 0,05 sendo então quase significativo, entretanto também foi incluso no gráfico (Figura 4).

Tabela 5. Abundância total e por Área de Grupos Funcionais Alimentares (GFA) nos Pontos 1 a 4 a Montante e Pontos 5 a 7 a Jusante da piscina no riacho do Balneário Paraíso dos Reis, amostrada no mês de Dezembro de 2020.

GFA	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	Total
Coletor-catador	76	124	235	145	60	331	584	1535
Coletor-filtrador	15	22	23	20	1	5	9	95
Fragmentador	25	24	14	57	33	138	306	600
Predador	193	87	122	173	12	210	316	115
Raspador	7	6	19	17	2	5	4	60

Tabela 6. Envfit realizada com as variáveis do habitat e sua correlação com os grupos funcionais alimentares. r^2 =coeficiente de determinação. Valores P em negrito são significativos.

Variável	r^2	P
pH	0,07	0,312
Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	0,01	0,851
ORP (mV)	0,17	0,036
MO Total (g)	0,31	0,005
Folha (g)	0,28	0,005
Galho (g)	0,18	0,058
Fruto (g)	0,07	0,348
Cascalho (%)	0,01	0,797
Areia muita grossa (%)	0,10	0,198
Areia grossa (%)	0,01	0,793
Areia média (%)	0,01	0,830
Areia fina (%)	0,04	0,526
Areia muita fina (%)	0,04	0,573

O gráfico de ordenação de MDS não-métrico, com índice de Bray-Curtis para estrutura de grupos funcionais alimentares (Figura 7), mostrou a grande abundância concentrada em pontos da jusante (6 e 7). Grupos de fragmentadores e coletores-catadores estiveram melhores relacionadas com pontos (3 e 4 = montante, 6 e 7 = jusante) cujo os níveis de matéria orgânica total (folha e galho) foram altos. Os catadores-filtradores, predadores e raspadores foram presentes em pontos da montante que estavam relacionados com o cascalho. Em geral, as variáveis são associadas mais fortemente com maior abundância (N) e de forma menos forte com riqueza (S) dos grupos funcionais.

Estrutura de Grupos Funcionais da macrofauna bentônica por Ponto (1-7) e Área no riacho X...
Ordenação Escalonamento Multidimensional não-métrica, com índice Bray-Curtis sobre abundância não-transformada

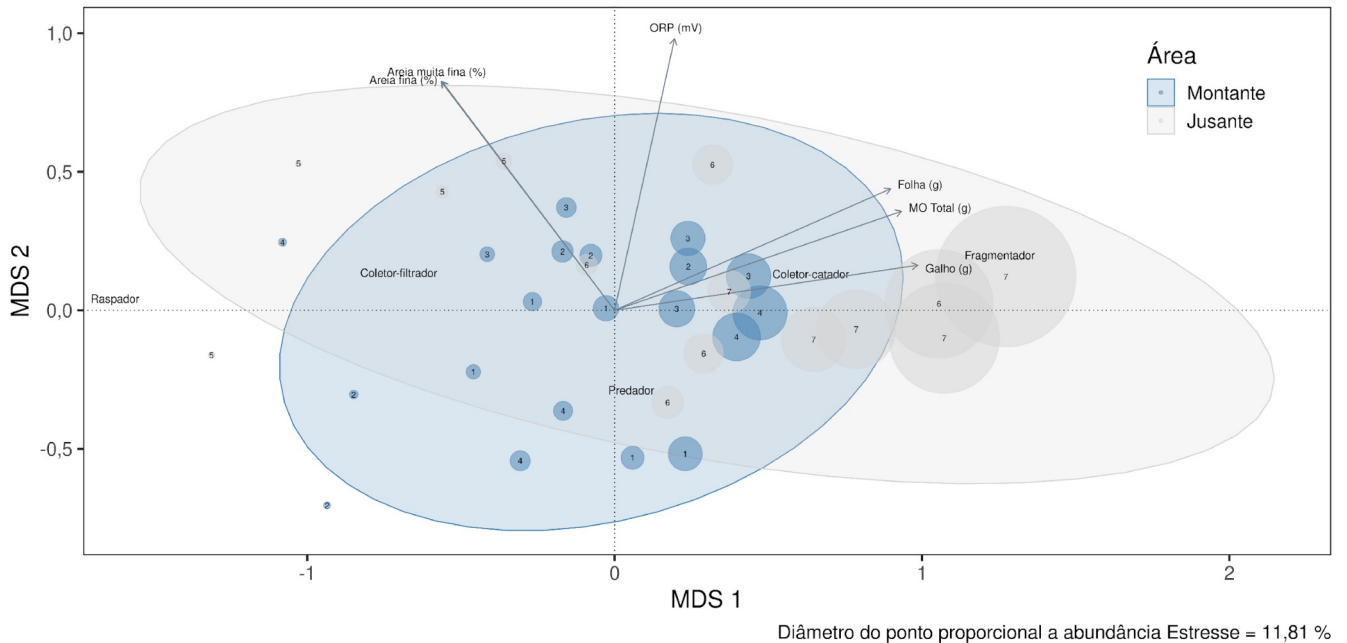


Figura 7. Gráfico de ordenação de MDS não-métrico, com índice de Bray-Curtis para estrutura de grupos funcionais alimentares realizado com dados não transformados.

A PERMANOVA realizada com os dados dos grupos funcionais (Tabela 6) corrobora as análises de diversidade taxonômica. Ela também mostrou que áreas e interação área:ponto são muito altamente significativas. A variação na estrutura dos GFA chega a explicar apenas 46,8% da variação entre os pontos, valor pouco maior que o apresentado pelos grupos taxonômicos.

Tabela 6. Resumo de permanova realizada com grupos funcionais alimentares. GL: Graus de Liberdade. Valores P em negrito são significativos.

Fonte de variabilidade	GL	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	pseudo F	r ²	P
Área	1	0,58	0,58	5,96	0,120	0,0009
Interação Área:Ponto	5	1,73	0,35	3,56	0,350	0,0009
Residual	27	2,62	0,1		0,530	
Total	33	4,93			1,000	

5- DISCUSSÃO

Nossas variáveis conseguiram explicar cerca de 73% da variação ambiental, foi possível observar que há diferenças significativas entre a montante e a jusante. Entretanto, foram variáveis específicas como matéria orgânica total e areia fina que estiveram associadas diretamente a composição da comunidade de macroinvertebrados. No ponto 4, por exemplo, os altos índices de MO total e a presença do sedimento fino estiveram ligados ao aumento da riqueza, por outro ângulo as mesmas variáveis estiveram ligadas a enorme abundância concentrada em poucos táxons no ponto 7. Assim, a influência que a interação dessas variáveis causa na distribuição dos invertebrados bentônicos provavelmente está relacionado ao estabelecimento de microhabitats, que dependendo da estruturação promoverá a colonização desses ambientes (REMPEL, 2000; MOLOZZI, 2011; KIKUCHI, 2005; NIN, 2009). Na montante há uma ampla distribuição de microhabitats, já na jusante além desses conjuntos serem reduzidos também são frágeis.

Dentre a diversidade de táxons encontrados na montante, 22 foram exclusivos dessa área entre eles representantes das ordens Ephemeroptera (Leptophlebiidae) e Trichoptera (Odontoceridae, Limnephilidae, Leptoceridae) que são considerados indicadores de ambientes com níveis satisfatórios de preservação. Espécimes que foram compartilhados entre as duas áreas como Elmidae, Helicopsychidae e Polycentropodidae foram bem mais abundantes na montante. Ambientes menos antropizados apresentam maior riqueza e abundância de táxons sensíveis (PERES, 2021) e a maioria das ninfas de Trichoptera e Ephemeroptera (Insecta) costumam viver em águas correntes, limpas e bem oxigenadas, debaixo de pedras, troncos e materiais vegetais (CALLISTO, 2005) que são características que compõe a montante.

Por outro ângulo, a grande abundância presente na jusante esteve concentrada em poucos táxons considerados tolerantes como Chironomidae e Ceratopogonidae, essas famílias se alimentam de matéria orgânica depositada no fundo dos rios e lagos, e muitos de seus indivíduos são conhecidos por não possuir nenhuma exigência quanto à diversidade de habitats, sendo capazes de tolerar ambientes com pouco oxigênio dissolvido, sobrevivendo em condições pouco favoráveis à maior parte dos seres vivos (TRIVINHO-STRIXINO, 2011). Nessa área a composição sedimentar incluiu principalmente areias mais finas e pouca quantidade de cascalho, esse padrão diferente da jusante provavelmente acontece devido às mudanças que a piscina causou na estrutura do leito do rio e na sua vazão isso acaba tendo um efeito direto e intermitente sobre os organismos aquáticos sensíveis (BAXTER, 1977; POFF E HART, 2002; WARD E STANFORD, 1979) o que explicaria a baixa riqueza nessa área. A preferência por determinado tipo de sedimento, pode estar relacionada a velocidade da água, que é considerado um fator importante na estrutura de comunidades por

influenciar na sedimentação das partículas, principalmente para a comunidades bentônicas (MERRIT; CUMMINS, 1996; NIN *et al.*, 2009). Como foi analisado nos estudos de Fittkau, (1957) que ambientes com maior velocidade da corrente tende a apresentar uma menor qualidade de sedimento fino, em decorrência do intenso fluxo de nutrientes.

Quanto aos resultados através da observação dos grupos funcionais alimentares, estes tiveram resultados semelhantes à distribuição dos grupos taxonômicos revelando que áreas são diferentes. Os grupos alimentares mais abundantes foram coletores-catadores, predadores, fragmentadores, raspadores e coletores-filtradores, respectivamente, os primeiros dois grupos representaram cerca de 77% dos indivíduos totais. As variáveis do ambiente estiveram associadas bem mais com a abundância do que com a riqueza dessas categorias. Como observado nos resultados dos grupos taxonômicos, a montante também apresentou maior riqueza de GFA que a jusante, o grande número de organismos presentes abaixo da piscina foi dominado por coletores-catadores e fragmentadores que estavam fortemente associados a altos índices de MO total, por exemplo a maioria desses indivíduos foram encontrados no ponto 7 que foi quem apresentou os maiores índices dessa variável.

Ambientes aquáticos moderados/ preservados apresentam riquezas significativas, e diante a comparação ou estudos de gradiente que seguem de uma área menos impactada para uma mais impactada é nítido as mudanças na estruturação dos GFA (PEREIRA *et al.*, 2021). É possível observar um padrão semelhante em trabalhos recentes da região Norte como o de VILAÇA *et al.*, (2021) cujo a metodologia utilizada foi bem semelhante a usada nesse trabalho e mostrou-se eficiente para a avaliação de corpos d'água em ambientes de terra firme da Amazônia, onde a análise dos grupos funcionais de alimentação foi uma opção adequada para promover a gestão de bacias hidrográficas amazônicas.

6- CONCLUSÃO

O riacho do balneário paraíso dos reis, no geral, possui um índice elevado de matéria orgânica, isso se deve certamente à mata ciliar bem estruturada que ele apresenta e que acaba ocasionando a entrada, principalmente, de folhas e galhos. As duas áreas apresentadas são diferentes, a montante apresenta maior riqueza de macroinvertebrados, enquanto a jusante concentra maior abundância. No entanto, a riqueza e abundância tanto taxonômica como a funcional estão mais relacionadas com variáveis do que com as duas áreas em si. Contudo, ficou claro que a piscina afeta a estrutura hidráulica do riacho, o que pode estar diminuindo a quantidade de microhabitats disponíveis após o balneário, a redução da cobertura da vegetação terrestre é uma das causas recorrentes de assoreamento o que gera um desequilíbrio em ecossistemas aquáticos, isso leva a perda de habitats físicos e a uma redução na qualidade da água, essas mudanças acabam afetando diretamente a riqueza dos macroinvertebrados bentônicos, isso pode levar a uma simplificação das comunidades aquáticas que é o que foi observado na jusante. Assim, nosso trabalho mostrou eficiência na avaliação desse trecho do riacho dos reis, revelando um impacto da piscina ao ambiente, o que está afetando diretamente esses organismos, porém não é possível dizer que esse é o único motivo da diminuição da riqueza nessa área, são necessários mais estudos a fim de buscar e analisar outros fatores que podem estar associados à composição da macrofauna bentônica.

7- REFERÊNCIAS

ALBOUKADEL, Kassambara. ggpubr: 'ggplot2' Based Publication Ready Plots. R package version 0.4.0, 2020. <https://CRAN.R-project.org/package=ggpubr>

BAXTER, RM Efeitos ambientais de barragens e represas. Revisão anual de ecologia e sistemática, v. 8, n. 1, pág. 255-283, 1977

BECKER, Bertha; STENNER, Claudio. Um futuro para a Amazônia. Oficina de Textos, 2008.

BRASIL, Leandro Schlemmer et al. Ambiente, espaço ou conectividade: o que estrutura as comunidades de insetos aquáticos em riachos represados?. Entomotrópica, v. 31, p. 155-166, 2016.

CALLISTO, M., MORETTI, M., & GOULART, M.. Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde de riachos. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, n. 6(1), p. 71-82, 2001.

CALLISTO, M; GONÇALVES JR, J; MORENO, P. Invertebrados aquáticos como bioindicadores. Navegando o Rio das velhas das Minas aos Gerais, v. 1, p. 1-12, 2005.

CARRASCO-BAQUERO, Juan Carlos et al. Macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua en sitios de interés turístico de la provincia de Pastaza, Amazonía Ecuatoriana. Polo del Conocimiento, v. 5, n. 1, p. 858-879, 2020.

DA SILVA-LEITE, Milena et al. Insetos bentônicos como bioindicadores de qualidade ambiental no Jardim Botânico de Brasília. Heringeriana, v. 16, p. e917962-e917962, 2022.

VILAÇA, Luana Raquel de Andrade et al. Grupos funcionais de alimentação da entomofauna aquática do lago Acariquara, Manaus/AM/Functional feeding groups of the aquatic entomofauna of Acariquara Lake, Manaus/AM. Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 1, p. 10902-10917, 2021.

DE ASSIS ESTEVES, Francisco. Fundamentos de limnologia. Interciência. 2ª Ed, p. 195-202, 1998.

ELIN, Waring, et al. skimr: Compact and Flexible Summaries of Data. R package version 2.1.4, 2022. <https://CRAN.R-project.org/package=skimr>

FITTKAU, E. J. Thienemannimyia und Conchapelopia, zwei neue Gattungen innerhalb der Ablabesmyia-Costalis-Gruppe (Diptera: Chironomidae). Chironomidenstudien VII. Archiv for Hydrobiologie, v. 53, p. 313-322, 1957.

HADLEY, Wickham. tidyverse: Easily Install and Load the 'Tidyverse'. R package version 1.2.1, 2017. <https://CRAN.R-project.org/package=tidyverse>

HAGEMEYER, Gabriela Pupo et al. Estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em nascentes de fragmentos de Mata Atlântica. Journal of Environmental Analysis and Progress, v. 7, n. 01, p. 016-025, 2022.

HAMADA, Neusa et al. Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia. Manaus: Editora do INPA, v.1, p. 69-79, 173-711, 2014.

JARI, Oksanen, et al. vegan: Community Ecology Package. R package version 2.5-5, 2019. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>

JOHNSON, RK; WIEDERHOLM, T; ROSENBERG, DM. Biomonitoramento de água doce usando organismos individuais, populações e assembléias de espécies de macroinvertebrados bentônicos. *Biomonitoramento de água doce e macroinvertebrados bentônicos* v. 40, p. 158, 1993.

JUEN, L. et al. Efeitos de plantações de dendezeiros na estrutura de habitat e biota de riachos na Amazônia Oriental. *River Research and Applications* , v. 32, n. 10, pág. 2081-2094, 2016.

JUNK, Wolfgang Johannes; PIEDADE, Maria Tereza Fernandez. Áreas Úmidas (AUs) brasileiras: avanços e conquistas recentes. *Boletim da Associação Brasileira de Limnologia*, v. 41, n. 2, p. 20-24, 2015.

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

KIKUCHI, Regina Mayumi; UIEDA, Virgínia Sanches. Composição e distribuição dos macroinvertebrados em diferentes substratos de fundo de um riacho no município de Itatinga, São Paulo, Brasil. *Entomologia y Vectores*, v. 12, p. 193-231, 2005.

KOWN, Yongju et al. Spatial Distribution of Benthic Macroinvertebrates at Three River Weirs in The Namhan River. *Journal of Korean Society on Water Environment*, v. 36, n. 1, p. 36-47, 2020.

LEMES, M; FIGUEIREDO FILHO, P; PIRES, M. Influência da mineralogia dos sedimentos das bacias hidrográficas dos rios Mogi-Guaçu e Pardo na composição química das águas de abastecimento público. *Química Nova*, v. 26, n. 1, p. 13-20, 2003

MERRITT, Richard W.; CUMMINS, Kenneth W. (Ed.). An introduction to the aquatic insects of North America. Kendall Hunt, 1996.

MOLOZZI, Joseline et al. Diversidade de habitats físicos e sua relação com macroinvertebrados bentônicos em reservatórios urbanos em Minas Gerais. *Iheringia. Série Zoologia* , v. 101, p. 191-199, 2011.

MUGNAI, R; NESSIMIAN, J; BAPTISTA, D. 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.

NIN, C; RUPPENTHAL, E; RODRIGUES, G. Produção de folhíço e fauna associada de macroinvertebrados aquáticos em curso d'água de cabeceira em Floresta Ombrófila do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, v. 31, n. 3, p. 263-271, 2009.

PEREIRA, Priscilla da Silva et al. Composição e atributos de Grupos Funcionais Alimentares: avaliação de ecossistemas de água doce na Mata Atlântica, Brasil. *Biota Neotropica*, v. 21, 2021.

PÉRES, Lucas Passos et al. levantamento de macroinvertebrados bentônicos da reserva biológica do lami, porto alegre, Brasil. revista interdisciplinar da farese, v. 3, 2021.

PES, Ana Maria Oliveira. Taxonomia, estrutura e riqueza das assembleias de larvas e pupas de Trichoptera (Insecta), em igarapés na Amazônia Central. 2005.

POFF, N. Leroy; HART, David D. Como as barragens variam e por que isso é importante para a ciência emergente da remoção de barragens: uma classificação ecológica de barragens é necessária para caracterizar como a tremenda variação no tamanho, modo de operação, idade e número de barragens em uma bacia hidrográfica influencia o potencial de restauração de rios regulamentados através da remoção de barragens. BioScience, v. 52, n. 8, pág. 659-668, 2002.

RAMOS, Camila Irene et al. macroinvertebrados aquáticos como bioindicadores da qualidade da água da bacia hidrográfica popuca-botinhas, guarulhos (sp). revista geociências-ung-ser, v. 17, n. 1, p. 29-34, 2019.

REMPEL, L; RICHARDSON, J e HEALEY, M. Estrutura da comunidade de macroinvertebrados ao longo de gradientes das condições hidráulicas e sedimentares em uma grande rio de cascalho. Biologia de água doce v.45, p.57-73, 2000.

SARKAR, Deepayan. Lattice: Multivariate Data Visualization with R. Springer, New York. ISBN 978-0-387-75968-5, 2008.

SAITO, Victor Satoru; FONSECA-GESSNER, Alaíde Aparecida. Composição taxonômica e hábitos alimentares de Chironomidae em riachos do Cerrado (Sudeste do Brasil): impactos das mudanças no uso da terra. Acta Limnologica Brasiliensia, v. 26, p. 35-46, 2014.

SONODA, Kathia Cristhina et al. Chironomidae da Amazônia Oriental. 2018.

TACK, Elcivânia et al. O turismo balnear na Amazônia: realidades e perspectivas em Bragança (PA). RITUR-Revista Iberoamericana de Turismo, v. 10, n. 1, p. 107-129, 2020.

WARD, James V.; STANFORD, Jack A. Ecological factors controlling stream zoobenthos with emphasis on thermal modification of regulated streams. In: The ecology of regulated streams. Springer, Boston, MA. p. 35-55, 1979.

YIHUI, Xie. knitr: A General-Purpose Package for Dynamic Report Generation in R. R package version 1.24, 2019.