

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

**JUNIOR ANDRE BRITZKE**

**AVALIAÇÃO DA COMUNIDADE BENTÔNICA COMO  
FERRAMENTA PARA MONITORAR A QUALIDADE DA ÁGUA:  
ESTUDO DE CASO DA BACIA DO RIO ALEGRIA**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**MEDIANEIRA**

**2018**

**JUNIOR ANDRE BRITZKE**

**AVALIAÇÃO DA COMUNIDADE BENTÔNICA COMO  
FERRAMENTA PARA MONITORAR A QUALIDADE DA  
ÁGUA: ESTUDO DE CASO DA BACIA DO RIO ALEGRIA**

Trabalho de conclusão de curso de graduação, apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Ambiental, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Medianeira.

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dra. Carla Cristina Bem

**MEDIANEIRA**

**2018**



---

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

### **AValiação DA COMUNIDADE BENTÔNICA COMO FERRAMENTA PARA MONITORAR A QUALIDADE DA ÁGUA: ESTUDO DE CASO DA BACIA DO RIO ALEGRIA.**

Por

**Junior André Britzke**

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado às 14h30 do dia 26 de novembro de 2018 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel no Curso de Engenharia Ambiental, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira. O candidato foi argüido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Profa. Dra. Carla Cristina Bem  
UTFPR – Câmpus Medianeira  
(Orientadora)

---

Profa. Dra. Carla Câmara  
UTFPR – Câmpus Medianeira  
(Convidada)

---

Profa. Dra. Larissa De Bortolli Chiamolera Sabbi  
UTFPR – Câmpus Medianeira  
(Convidada)

Aos meus pais João e Ivete pelo amor e, sobretudo pelo exemplo de vida.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, que esteve presente em todos os momentos, pela vida e pela oportunidade de cumprir mais uma etapa da minha vida.

Aos meus pais Ivete e João, por todos os esforços dedicados à minha formação. Vocês foram meu incentivo e esta conquista também é de vocês.

À Professora Carla Cristina Bem, por ter me aceitado como orientado, pelo suporte oferecido e pelas oportunidades que este trabalho me proporcionou, pela amizade, paciência e me incentivar no desenvolvimento desse trabalho.

Aos meus colegas de curso, especialmente a Jéssica Froes e Edelvan Severiano, por todo o percurso que passamos juntos ao longo da graduação.

Ao Maike Corrêa, Jonikey Ross e Gabriel Mendes pelo conhecimento, amizade e pela ajuda valiosa no laboratório e nas coletas.

Aos membros da banca, pela atenção dedicada ao meu trabalho.

A minha querida esposa, Andressa, por me proporcionar tranquilidade nos momentos difíceis, pela presença constante, confiança e, sobretudo, por seu amor.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, *Campus* Medianeira, ao corpo docente do curso de Engenharia Ambiental e demais servidores e funcionários, que em vários momentos desprenderam seu tempo e atenção para ajudar.

E, finalmente, agradeço a todos que me apoiaram e incentivaram. De maneira direta ou indiretamente todos vocês colaboraram para a realização e finalização desta pesquisa.

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1: Município na divisão das bacias hidrográficas do Paraná.....                            | 21 |
| Figura 2. Localização do Rio Alegria que corta o município de Medianeira – PR.....                | 22 |
| Figura 3: Croqui das distâncias dos pontos amostrados e do uso e ocupação do solo.....            | 24 |
| Figura 4: Localização dos pontos amostrais na bacia do Rio Alegria.....                           | 25 |
| Figura 5: Draga do ripo Petersen modificado.....  | 28 |
| Figura 6. Pontos de coleta de amostras no Rio Alegria.....  | 31 |
| Figura 7: Valores de Oxigênio Dissolvido nas águas do rio Alegria em relação a CONAMA 357/05..... | 33 |
| Figura 8: Valores do potencial hidrogeniônico na primeira coleta.....                             | 34 |
| Figura 9: Valores encontrados para o parâmetro temperatura.....                                   | 35 |
| Figura 10: Valores de condutividade elétrica.....   | 36 |
| Figura 11: Valores de turbidez nos pontos amostrados do Rio Alegria.....                          | 38 |
| Figura 12: Valores do Fósforo Total na água dos pontos amostrados.....                            | 39 |
| Figura 13: Número absoluto de macroinvertebrados bentônicos amostrados no Rio Alegria.....        | 43 |

## LISTA DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1. Pontos utilizados para coleta de amostras no Rio Alegria, Medianeira-PR.....      | 25 |
| Tabela 2. Análises e metodologias/equipamentos utilizados.....                              | 26 |
| Tabela 3: Escala de Wentworth (1922) .....  | 27 |
| Tabela 4. Índice da comunidade bentônica para os rios.....                                  | 30 |
| Tabela 5: Composição granulométrica nos pontos monitorados no Rio Alegria (média).....      | 41 |
| Tabela 6: Frequência dos táxons observados no Rio Alegria.....                              | 44 |
| Tabela 7: Identificação e quantificações de macroinvertebrados bentônicos coletados.....    | 46 |
| Tabela 8: Resultados do índice de diversidade e dos atributos equitabilidade e riqueza..... | 47 |
| Tabela 9: Classificação de cada ponto amostrado conforme tabela do ICB.....                 | 48 |

## LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E ACRÔNIMOS

|                       |   |
|-----------------------|---|
| <b>pH</b>             | Potencial Hidrogeniônico                        |
| <b>OD</b>             | Oxigênio Dissolvido                             |
| <b>PNRH</b>           | Plano Nacional de Recursos Hídricos             |
| <b>CONAMA</b>         | Conselho Nacional do Meio Ambiente              |
| <b>APP</b>            | Área de Preservação Permanente                  |
| <b>Nº</b>             | Número  |
| <b>CETESB</b>         | Companhia Ambiental do Estado de São Paulo      |
| <b>EMBRAPA</b>        | Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária     |
| <b>XX</b>             | Século 20                                       |
| <b>IBGE</b>           | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| <b>PR</b>             | Paraná  |
| <b>BP3</b>            | Bacia do Paraná 3                               |
| <b>ETA</b>            | Estação de Tratamento de Água                   |
| <b>ETE</b>            | Estação de Tratamento de Efluentes              |
| <b>ICB</b>            | Índice da Comunidade Bentônica                  |
| <b>TDH</b>            | Tempo de Detenção Hidráulica                    |
| <b>NTU</b>            | Unidade de Turbidez                             |
| <b>CONAMA máx</b>     | Valor Máximo Permissível                        |
| <b>CONAMA mín</b>     | Valor Mínimo Permissível                        |
| <b>P1, P2, P3, P4</b> | Pontos de Coleta                                |



## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO.....</b>   | <b>12</b> |
| <b>2.OBJETIVOS.....</b>   | <b>14</b> |
| 2.1 OBJETIVO GERAL.....   | 14        |
| 2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO.....  | 14        |
| <b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>  | <b>15</b> |
| 3.1 RECURSOS HÍDRICOS E POLUIÇÃO HÍDRICA.....   | 15        |
| 3.2 BIOMONITORAMENTO.....   | 17        |
| <b>4. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>  | <b>20</b> |
| 4.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDOS.....   | 20        |
| 4.1.1 O RIO ALEGRIA.....  | 21        |
| 4.2 AMOSTRAGEM.....   | 23        |
| 4.3 QUALIDADE DA ÁGUA.....  | 26        |
| 4.4 CARACTERIZAÇÃO DO SEDIMENTO.....  | 26        |
| 4.5 MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS.....  | 27        |
| 4.6 ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....  | 28        |
| <b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>  | <b>31</b> |
| 5.1 CARACTERÍSTICAS DOS LOCAIS AMOSTRADOS.....  | 31        |
| 5.2 RESULTADOS DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS.....  | 33        |
| 5.2.1 Oxigênio Dissolvido (OD).....   | 33        |
| 5.2.2 Potencial Hidrogeniônico (pH).....  | 34        |
| 5.2.3 Temperatura.....  | 35        |
| 5.2.4 Condutividade.....  | 36        |
| 5.2.5 Turbidez.....   | 37        |
| 5.2.6 Fósforo Total.....  | 39        |
| 5.3 GRANULOMETRIA DOS SEDIMENTOS.....   | 40        |
| 5.4 RESULTADOS DA COMUNIDADE DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS.....                            | 42        |
| 5.4.1 Avaliação da Composição e Estrutura da Comunidade de Macroinvertebrados Bentônicos..... | 47        |
| <b>6 CONCLUSÃO.....</b>   | <b>50</b> |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>   | <b>52</b> |

## RESUMO

BRITZKE, Junior André. Avaliação da comunidade bentônica como ferramenta para monitorar a qualidade da água: estudo de caso da bacia do rio Alegria. Medianeira – Paraná 2018. 2018, 58 páginas. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2018.

A qualidade aquática vem sendo discutida e analisada há anos por diversos estudos, pois são ambientes de extrema importância e estão cada vez sofrendo mais alterações e perturbações pelas atividades antrópicas, modificando assim seu funcionamento, natureza e a sua diversidade ecológica. Os organismos bentônicos fornecem respostas diferenciadas em relações a variáveis físico-químicas, uma vez que proporcionam informações sobre as perturbações ao longo do tempo. Assim, o presente estudo teve por objetivo avaliar a qualidade do rio Alegria, no município de Medianeira – PR, através de características físico-químicas (pH, condutividade, oxigênio dissolvido, turbidez, temperatura e fósforo total) e dos macroinvertebrados bentônicos. Foram definidos quatro pontos de coleta, o primeiro próximo a nascente, outro próximo a captação de água para abastecimento público, o próximo em uma ocupação irregular dentro do perímetro urbano e o último na foz do rio. As coletas foram realizadas com uma draga modificada do tipo Petersen, onde as amostras de sedimento foram lavadas em peneiras, tendo seu retido armazenado para posterior identificação. As demais análises foram realizadas seguindo o Standard Methods. Para analisar os organismos aquáticos, foram realizados o índice de diversidade de Shannon-Weaver e os atributos de riqueza e equitabilidade. Foram avaliadas duas coletas temporais, sendo maio e dezembro de 2017, para os parâmetros de qualidade da água e de sedimento, em diferentes sazonalidades (outono e verão). O resultado obtido pela fauna bentônica foi sensível a degradação da qualidade da água. No ponto P1 foram registrados táxons sensíveis, enquanto no ponto P2 e P3 foram identificados táxons resistentes e tolerantes a poluição. O biomonitoramento apresentou resultado satisfatório com o observado pelos parâmetros físico e químicos. A variação da estação coletada permitiu identificar as alterações dos táxons nas coletas.

**Palavra-chave:** Macroinvertebrados Bentônicos. Qualidade Hídrica. Monitoramento aquático.

## ABSTRACT

BRITZKE, Junior André. Evaluation of the benthic community as a tool to monitor water quality: a case study of the Alegria river basin. Medianeira - Paraná 2018. 2018, 58 pages. Course Completion Work (Environmental Engineering) - Federal Technological University of Paraná. Medianeira, 2018.

The aquatic quality has been discussed and analyzed for many years by several studies, because they are extremely important environments and are increasingly suffering alterations and disturbances by the anthropic activities, thus modifying their functioning, nature and their ecological diversity. Benthic organisms provide differentiated responses in relation to physicochemical variables, since they provide information on perturbations over time. The objective of this study was to evaluate the quality of the Alegria river, in the municipality of Medianeira - PR, through physicochemical characteristics (pH, conductivity, dissolved oxygen, turbidity, temperature and total phosphorus) and benthic macroinvertebrates. Four collection points were defined, the first near the source, another near the water catchment for public supply, the next in an irregular occupation within the urban perimeter and the last at the mouth of the river. The samples were collected using a modified Petersen type dredger, where the sediment samples were washed in sieves and stored for further identification. The other analyzes were performed following Standard Methods. To analyze the aquatic organisms, the diversity index of Shannon-Weaver and the attributes of wealth and equitability were realized. Two temporal collections, in May and December of 2017, were evaluated for water and sediment quality parameters, in different seasons (autumn and summer). The result obtained by benthic fauna was sensitive to degradation of water quality. At point P1, sensitive taxa were recorded, while at point P2 and P3, resistant and pollution tolerant taxa were identified. The biomonitoring presented a satisfactory result with that observed by the physical and chemical parameters. The variation of the collected season allowed to identify the changes of the taxa in the collections.

**Keywords:** Benthic macroinvertebrates. Water Quality. Water monitoring.

## 1. INTRODUÇÃO

O ser humano vem modificando cada dia mais os meios naturais, levando assim a degradação da qualidade da água em diversos corpos hídricos, dificultando novos usos. As alterações na qualidade da água são avaliadas tradicionalmente por meio de parâmetros físicos e químicos, contudo, parâmetros biológicos também podem ser aplicados. Em relação ao biomonitoramento, os macroinvertebrados bentônicos destacam-se como bioindicadores de qualidade dos recursos, devido sua abundância e sensibilidade em reação a poluição dos ecossistemas aquáticos (ELLER et al, 2009).

Os macroinvertebrados bentônicos constituem um grupo biológico muito diversificado e abundante em ambientes aquáticos (ZARDO et al. 2013). Esses organismos vivem parte de suas vidas quando larvas ou toda sua vida no fundo de rios, lagoas, riachos, represas, etc, aderidos a cascas, pedras, cascalhos, galhos, folhas ou enterrados no próprio sedimento, tanto em ambientes lóticos e lênticos.

A comunidade bentônica tem grande importância no meio ambiente pois está associada a degradação de matéria orgânica e integrando a cadeia alimentar. Também auxiliam no revolvimento do sedimento, disponibilizando assim para a coluna de água alguns nutrientes presentes (CUNHA; CALIJURI, 2012).

A distribuição e diversidade dos macroinvertebrados bentônicos são influenciados pela composição dos sedimentos, quantidade de detritos orgânicos, mudanças na água e no sedimento em períodos sazonais (WARD, 1992). Apesar disso, o regime de vazão do curso hídrico é um fator importante para ser observado, pois quando o regime aumenta devido a chuvas fortes, a comunidade bentônica é deslocada para outro setor junto com alguns detritos, alterando a dinâmica das comunidades. Além disso, alterações nas variáveis químicas e físicas da água, como pH, oxigênio dissolvido e temperatura podem influenciar na composição e estrutura da comunidade bentônica. Outras investigações realizadas no Rio Alegria indicam que as atividades antrópicas urbanas influenciam na qualidade da água, particularmente em decorrência dos

despejos domésticos e industriais dispostos ao longo do trecho do rio que corta a cidade. Estudos já realizados na bacia apontam que o rio Alegria vem sofrendo com perturbações antrópicas ao longo dos últimos anos, a citar Menegol (2002), Silveira; Rosa (2009), Barboza et al.(2011) e Queiroz et al.(2011).

Neste contexto, este trabalho tem como objetivo avaliar fauna dos macroinvertebrados bentônicos em diferentes períodos, sendo maio e dezembro de 2017, podendo assim relacionar com os parâmetros físico e químicos, a fim de estabelecer o seu uso como indicador de biomonitoramento na bacia do Rio Alegria no município de Medianeira - PR.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a fauna de macroinvertebrados bentônicos como indicadores da qualidade da água, e os parâmetros físico-químicos do Rio Alegria no município de Medianeira – PR, afim de estabelecer a utilização como bioindicador da qualidade, em diferentes estações do ano e ocupação do solo.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Analisar parâmetros físicos e químicos da água como: pH, turbidez, OD, condutividade, temperatura e fósforo total;
- b) Analisar a granulometria do sedimento no rio Alegria dos pontos de coletas;
- c) Monitorar através das duas coletas a qualidade da água com a utilização dos macroinvertebrados bentônicos;
- d) Aplicar sobre os dados obtidos dos macroinvertebrados os atributos de riqueza, equitabilidade e o índice de diversidade de Shannon-Weaver.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 RECURSOS HÍDRICOS, LEGISLAÇÕES E POLUIÇÃO

A água é considerada um recurso abundante, mas apenas 2,5% de água existente na Terra é doce, dentre isso, 8% está contida no Brasil (MAIA NETO, 1997). Um recurso essencial para a vida, utilizada para abastecimento público, dessedentação animal e também no processo produtivo de indústrias e no setor hidroelétrico.

O Brasil é privilegiado com a disponibilidade de recursos hídricos, sendo dona de 12% de toda água doce do planeta (BRASIL, 2010). Apesar da quantidade abundante, os recursos hídricos não são inesgotáveis. Muitas as vezes não sendo entregues em mesma quantidade e qualidade para todas as regiões do país.

A fim de garantir este recurso natural, foi sancionado em 1997 a Lei das Águas (Lei nº9.433) que estabeleceu a PNRH – Política Nacional de Recursos Hídricos e deu origem ao Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Os principais fundamentos da PNRH (BRASIL, 1997):

- I- a dominalidade pública da água, decorrente de dispositivo constitucional;
- II- sua limitação e, por isto, o valor econômico que adquire;
- III- a prioridade do consumo humano e animal, nas situações de escassez;
- IV- o destaque para o uso múltiplo da água;
- V- o reconhecimento da bacia hidrográfica como a unidade territorial ideal para implementação da Política Nacional e atuação do Sistema Nacional de Gestão de Recursos Hídricos;
- VI- a necessidade da descentralização e da participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades na gestão dos recursos hídricos.

Existem atualmente diversas leis que ladeiam o sistema de recursos hídricos e em diferentes etapas de implantação.

No contexto Federal, em 18 de junho de 1986 foi aprovada a Resolução nº 20 do CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente,

estabelecendo assim a classificação para as águas doces, salinas e salobras com base em limites e condições para o lançamento de efluentes de qualquer fonte poluidora. A Resolução nº 357 de 2005 veio a revogar a antiga resolução de classificação, apresentando padrões para diferentes tipos de parâmetros para o enquadramento das águas nacionais tornando uma referência para o monitoramento hídrico (TOFOLI, 2010).

Foi publicado do Diário da União em 16 de maio de 2011, a Resolução CONAMA 430/2011, que complementa e altera a Resolução CONAMA 357/2005, alterando em relação a zona de mistura e os aspectos de ecotoxicidade, contudo, a resolução CONAMA 357/05 apenas prevê o uso de coliformes como bioindicadores de águas superficiais, mas a utilização apenas desse dado pouco informa a real qualidade ecológica dos corpos hídricos.

Estes recursos hídricos usualmente são avaliados pelo monitoramento de concentrações de substâncias contaminantes presentes no meio e da vazão. As características da água podem ser avaliadas ao longo prazo através de monitoramento, que usam como parâmetro determinações físicas, químicas e biológicas (MEYBECK; HELMER, 1992). Além de poluentes conhecidos como matéria orgânica, fósforo e nitrogênio, outros poluentes como fármacos e produtos de higiene pessoal, tem seus efeitos comprovados sobre a fauna aquática (NIETCH et al., 2013, FERRARI et al., 2004, RODIL; MOEDER, 2008).

Nas últimas décadas, os ecossistemas aquáticos sofreram grandes mudanças e em diferentes escalas com acontecimentos negativos, por conta de ações antrópicas, tais como construções de barragens, mineração, lançamento de efluentes industriais e domésticos, assoreamento, introdução de espécies exóticas, entre outras (CALLISTO; GOULART, 2003). A bacia hidrográfica envolve tudo ao seu entorno, levando em consideração o uso e ocupação do solo. Logo a sua comunidade bentônica fornece informações das características ambientais, quanto a qualidade do corpo receptor. Segundo Dudgeon (1996), perturbações ocasionadas pelo homem em bacias hídricas afetam as comunidades de organismos aquáticos devido a utilização como bacia de recepção de efluente e drenagem.



### 3.2 BIOMONITORAMENTO

Os organismos aquáticos são sensíveis e reagem as mudanças no seu habitat (CALLISTO et al. 2001). A mudança mais visível neste ambiente impactado é a redução da biodiversidade aquática, devido a destruição do seu ambiente físico, químico e natural. Logo, segundo Belmejo; Matos (2008), esses organismos podem ser utilizados como bioindicadores da qualidade da água, possibilitando avaliar os efeitos ecológicos causados pelas diferentes poluições.

Muitos protocolos e análises foram desenvolvidos nas últimas décadas para a aplicação de macroinvertebrados bentônicos no biomonitoramento de regiões ribeirinhas de menor ordem e com baixa vazão, como riachos, córregos e nascentes (FLOTEMERSCH et al., 2006). Alguns trabalhos que se destacam são do Protocolo de biomonitoramento da CETESB (2012); Protocolo de coleta e preparo de amostras de macroinvertebrados bentônicos do Embrapa – SP (2004) e Aplicação do biomonitoramento para a avaliação da qualidade da água em rios do Embrapa – SP (2004).

O estudo relacionando macroinvertebrados bentônicos para o biomonitoramento é recente, começando no início do século XX, com poucas pesquisas na área. Um estudo pioneiro com a comunidade bentônica foi realizado por Thienemann em 1925 para tipificar os lagos e sua limnologia (BRINKHURST, 1974).

Em São Paulo, o estudo para diagnosticar a qualidade ambiental de rios foi realizado com a CETESB desde 1970, em alguns ambientes críticos como os rios Atibaia (JOHNSCHER-FORNASARO et al., 1979), Cubatão (JOHNSCHER-FORNASARO; ZAGATTO, 1987). Moji-Guaçu (CETESB, 1980) e dentre outros. Com os estudos, a CETESB pode desenvolver um protocolo com metodologias para os bioindicadores bentônicos (CETESB, 2012). No Paraná existem alguns trabalhos voltados na área de monitoramento com organismos bentônicos, na bacia do Rio Alegria o estudo sobre a fauna bentônica foi produzido por BARBOZA et al. (2012).

Segundo Karr (1998), o monitoramento convencional utilizando análises físicos e químicos não são suficientes para diagnosticar a qualidade

do ecossistema aquático. Os métodos biológicos de monitoramento estão substituindo ou complementando esses diagnósticos dos ecossistemas ribeiros (KARR, 1991; WRIGHT, 1995; RESH et al., 1995).

Resh; Jackson (1993) indicam a sensibilidade dos macroinvertebrados bentônicos mediante não só a poluição, mas também as mudanças do seu habitat, demonstrando assim o seu uso como indicadores da qualidade ambiental. A utilização destes organismos se dá por diversos fatores, como: ciclo de vida relativamente longo, hábitos sedentários, tamanho dos organismos, fácil amostragem e separação do sedimento, técnicas padronizadas e custos de aplicações baixos, grande variedade de espécies, disponibilizando amplas tolerâncias e respostas diante da poluição, mudança de habitat e de níveis de contaminação (LENAT; BARBOUR, 1994; ALBATERCEDOR, 1996).

Estes organismos exercem uma grande função na ciclagem de nutrientes, mineralizando a matéria orgânica em partículas reduzidas e ainda o revolvimento do sedimento através de atividades mecânicas auxiliando na liberação de nutrientes para a coluna d'água (MERRIT; CUMMINS, 1984). Também altera as condições físicas e químicas do substrato através do seu metabolismo, compreendendo como um importante conjunto para o ecossistema aquático (WARD, 1992). Além de fazer a movimentação dos contaminantes presente no sedimento e realizar a bioacumulação em seu organismo, elevando assim as concentrações com o passar do tempo e exposição.

Os macroinvertebrados bentônicos diferem em relação a poluição do seu ecossistema, de modo que as ordens Plecoptera, Trichoptera e Ephemeroptera são indicadores de ambientes mais preservados, enquanto que: Diptera e Anelídeos são considerados organismos mais resistentes, usualmente encontrados em ambientes perturbados (CALLISTO et al. 2001).

A biota responde bem aos impactos causados pelo homem no seu meio, por serem sedentários e de mobilidade reduzida, vivem em condições extremas e no sedimento, sendo sua comunidade a primeira a sofrer as consequências da poluição e contaminação (CETESB, 2012). Esses locais poluídos, normalmente possuem baixa diversidade de espécies e aumento da densidade de organismos (CALLISTO et al. 2001), sendo os grupos mais

tolerantes as diptera como *Chironomus* e *Polypedilum*, e os anelídeos: Tubificidae.

Guereschi (2004) ressalta que nos sistemas lóticos, a fauna bentônica varia não somente com o tipo de substratos, mas também por fatores abióticos, como velocidade de fluxo, temperatura, oxigênio dissolvido, pH, condutividade e outros fatores que podem variar conforme a sazonalidade.

Esta biota aquática atua nas condições contínuas dos rios, demonstrando as variações recentes ou passadas ocorridas no local, consequente dos lançamentos de estações de tratamento de efluentes industriais, esgotos domésticos e ou contaminações adversas (agrotóxicos, acidentes ambientais, metais pesados, compostos orgânicos, etc) que tenham afetado a qualidade dessas águas e os seus diferentes habitats (ARIAS et al., 2007).

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O rio Alegria está localizado no extremo oeste do Paraná, sua nascente está localizada no município de Medianeira em uma zona rural e sua foz no rio Ocoy, divisa com o município de Missal – PR. O município de Medianeira conta com uma população de 41.817 habitantes de acordo com a estimativa do IBGE (2010) e possui uma área de 328,732 km<sup>2</sup>. A base da economia do município é voltada para o setor agroindustrial, contando com indústrias de processamento de carnes, grãos, entre outros alimentos. O município conta com a captação de esgoto sanitário com abrangência de atendimento com aproximadamente 23,6% da população, que após realizado o tratamento é despejado no rio Alegria (IBGE, 2010). Medianeira também se encontra entre a divisão de duas bacias hidrográficas do estado do Paraná, sendo a bacia do Paraná 3 e a bacia do Baixo Iguaçu, conforme a figura 1.

O rio Alegria (figura 2) possui uma extensão de aproximadamente 29 km e alguns trechos com 5 metros de secção transversal. O mesmo abastece a população da cidade de Medianeira e supre parcialmente a necessidade de algumas indústrias locais.



Figura 1: Município na divisão das bacias hidrográficas do Paraná.

Fonte: Modificada da Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do estado do Paraná (2007).

#### 4.1.1 O Rio Alegria

O Rio Alegria abastece a cidade de Medianeira, tem sua nascente localizada no interior do município, na comunidade linha São Miguel Arcanjo e desagua no Rio Ocoy, que por sua vez está próximo ao lago de Itaipu. Com aproximadamente 29 quilômetros de extensão e com sua vazão média de  $350\text{L}\cdot\text{s}^{-1}$  antes da estação de tratamento de água (LAZERREIS, 2013), abrange a Bacia do Paraná III – BP3.

Além da sua nascente, o Rio Alegria recebe água da Sanga Magnólia, Sanga Maduri e Sanga Maguari, mas seu fluxo não é contínuo, estas sangas são intermitentes, ou seja, temporários em alguns períodos do ano.

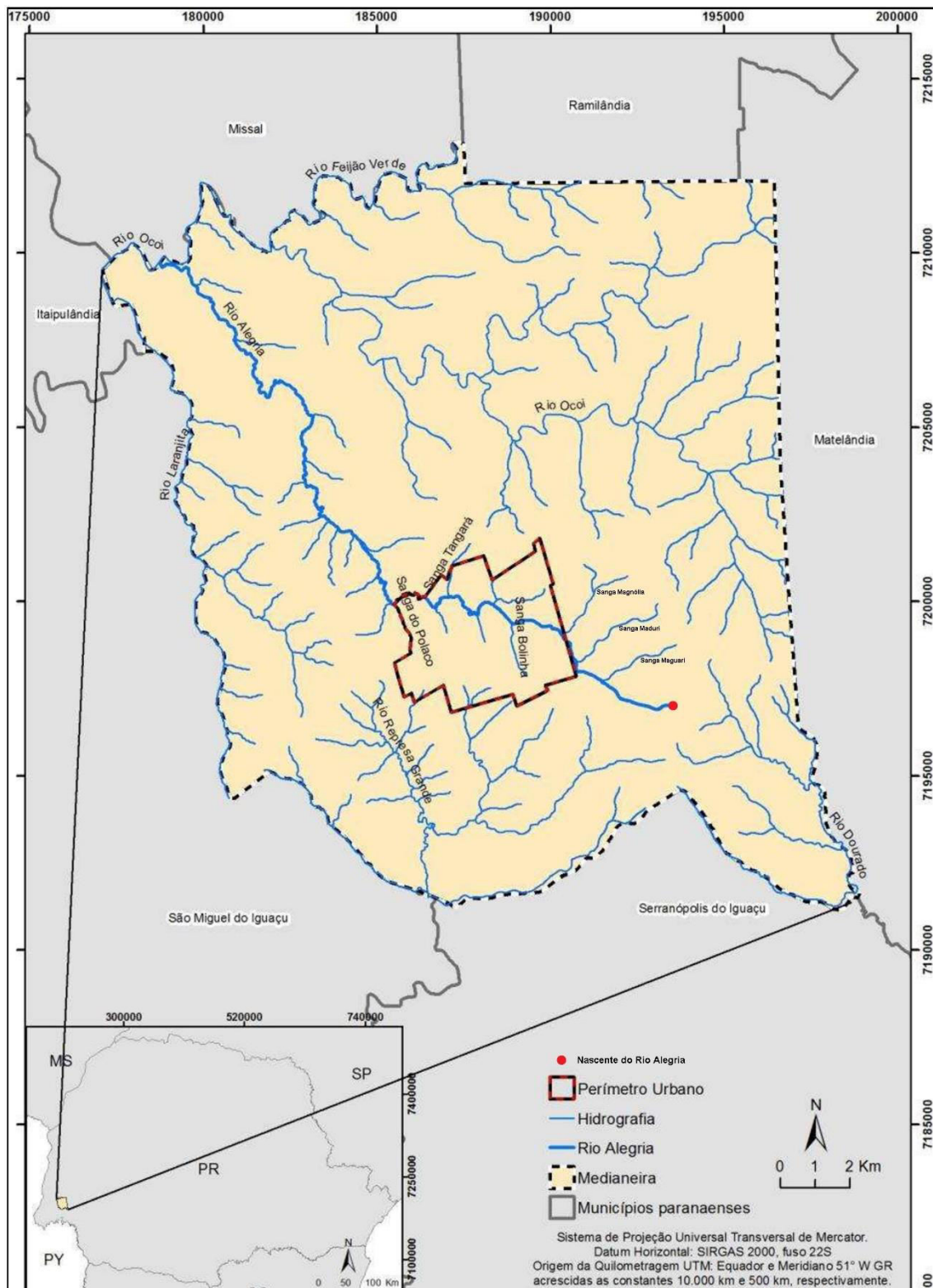


Figura 2. Localização do Rio Alegria que corta o município de Medianeira - PR.

Fonte: Modificado de Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná – ITCG (2010).

Localizada no extremo oeste do Paraná, a BP3 engloba 7.979,40 Km<sup>2</sup> em 28 municípios, cerca de 4% da área do estado do Paraná (Plano da BP3, 2014). Os principais afluentes desta bacia são os rios São Francisco com nascente no município de Cascavel, o Guaçu que nasce em Toledo, o São Francisco Falso de Céu Azul e o Ocoy que nasce em Matelândia (LAZZEREIS, 2013).

O Rio Alegria pertence ao grupo de rios Classe 2, contudo o Plano da Bacia do Paraná III cita que este corpo hídrico pertence as classes 2 e 3, sendo uma parcela da classe 3 que passa no interior do município, sendo possível utilizar nesse ponto apenas após tratamento convencional ou avançado. De acordo com a Resolução CONAMA N° 357, rios de Classe 2 podem ser destinados ao abastecimento para consumo humano (após tratamento convencional), à proteção das comunidades aquáticas e à recreação de contato primário, sendo natação, mergulhos, irrigação, aquicultura, e atividades de pesca.

#### 4.2 AMOSTRAGEM

As amostras foram coletadas em diferentes estações do ano a fim de observar os efeitos das mudanças climáticas sobre os níveis de poluição e dos macroinvertebrados bentônicos. Foram escolhidos locais no rio Alegria que pudessem representar e refletir os impactos causados por diversos usos e ocupação dos solos conforme figura 3. Estabeleceram-se trechos de coleta desde a nascente, captação para abastecimento urbano, ocupação irregular e até a foz da hidrografia em estudo.

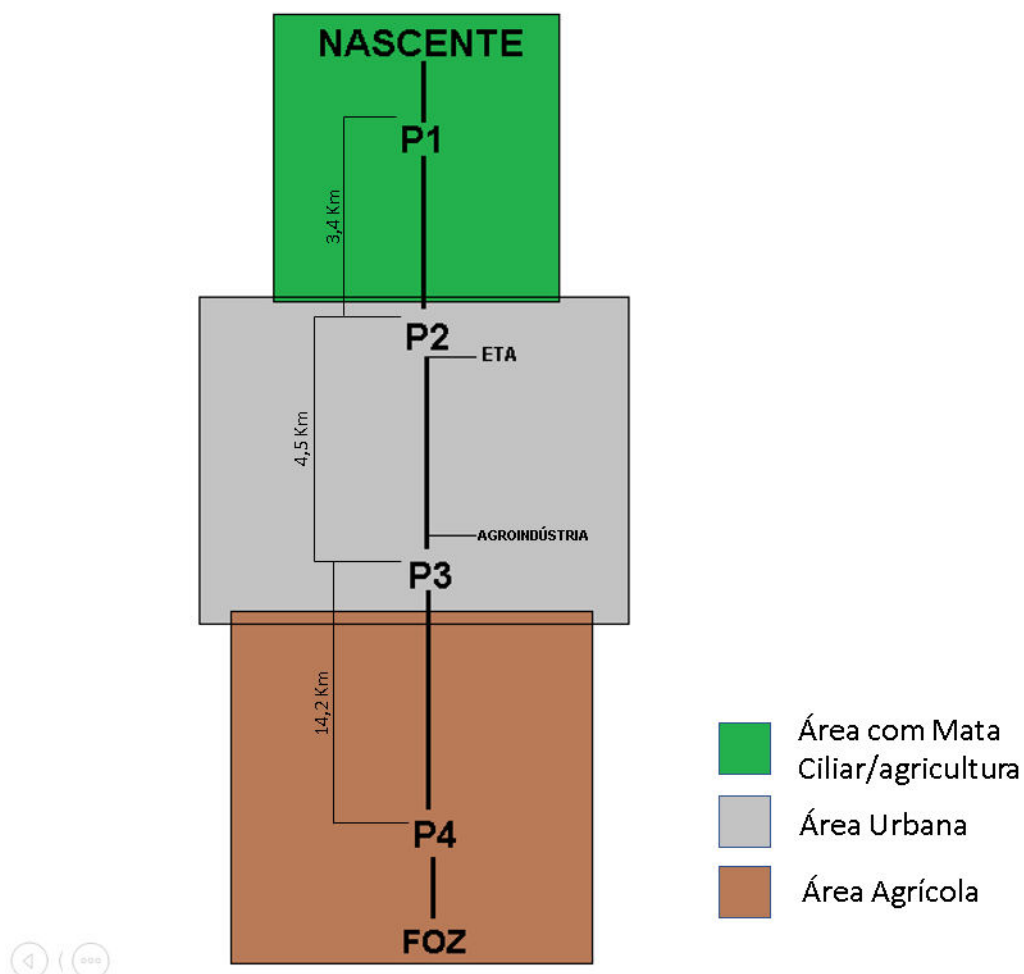


Figura 3: Croqui das distâncias dos pontos amostrados e do uso e ocupação do solo.

Fonte: Autoria Própria, (2018).

Realizou-se duas coletas de amostras em maio (C1) e dezembro (C2). O ponto P1 localizado próxima a nascente do Rio Alegria, P2 a montante da estação de tratamento de água para abastecimento da cidade de Medianeira, P3 está localizada em um assentamento irregular próxima ao bairro Vila Alegria e o ponto P4 encontra-se próxima à foz do rio que deságua no Rio Ocoy (Figura 4).

Conforme tabela 1, as campanhas de amostragem foram feitas no outono (C1) e verão (C2), do ano de 2017, sendo selecionados quatro pontos de coletas para captação das amostras de água e sedimentos.

As coletas C1 compreendem o mês de menor precipitação pluviométrica, logo C2 representa o período chuvoso, com maior precipitação hídrica (PLANO DIRETOR DO MUNICÍPIO DE MEDIANEIRA, 2007). Foram amostrados em cada coleta, amostras em triplicata de água e foram coletadas



amostras de sedimento, para determinação de parâmetros físicos, químicos e biológicos.

Tabela 1. Pontos utilizados para coleta de amostras no Rio Alegria, Medianeira-PR.

| Ponto de Amostragem | Descrição da localidade | Coordenadas Geográficas |             |
|---------------------|-------------------------|-------------------------|-------------|
|                     |                         | W                       | S           |
| P1                  | Próximo a nascente      | 54°05'81.2"             | 25°27'92.7" |
| P2                  | ETA Municipal           | 54°07'96.2"             | 25°29'09"   |
| P3                  | Vila Alegria            | 25°28'40.3"             | 54°11'30.9" |
| P4                  | Foz                     | 25°21'66.1"             | 54°16'67.9" |

Fonte: Autoria Própria, (2018).

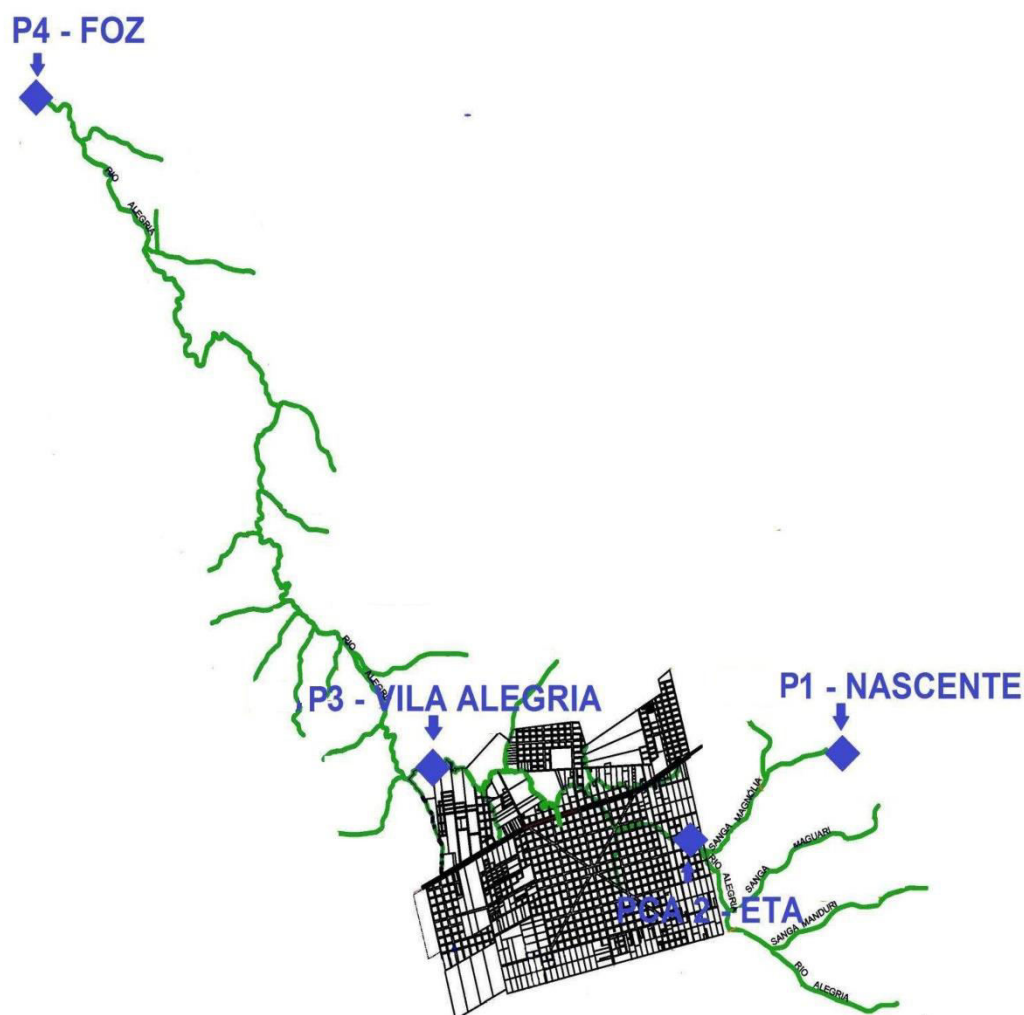


Figura 4: Localização espacial dos pontos amostrais na bacia do Rio Alegria.

Fonte: Adaptado do Plano diretor municipal de Medianeira.

#### 4.3 QUALIDADE DA ÁGUA

A coleta da água foi realizada seguindo especificações modificadas de Silva (1977), com uma garrafa âmbar de 1 L, próximo ao centro do rio a uma profundidade aproximada de 15 cm, colocando-se a boca do frasco no sentido de contra fluxo do rio. Os frascos foram armazenados em caixas térmicas com gelo a fim de se conservar propriedades físicas e químicas para as análises.

Os parâmetros físicos químicos da qualidade aquática foram o oxigênio dissolvido, medido *in situ* com sonda OD da marca Hanna modelo HI9142, já as análises de turbidez, condutividade e pH foram medidas respectivamente no turbidímetro marca Hanna modelo HS9310, sonda pHmetro marca Hanna modelo HI2212 e condutivímetro marca Hanna modelo HI2300 (tabela 2). As demais análises foram determinadas de acordo com as metodologias propostas por APHA (2012).

**Tabela 2. Análises e metodologias/equipamentos utilizados.**

| <b>Análise</b>                          | <b>Método/Equipamento</b>                           |
|---|---|
| Fósforo Total                           | STANDARD METHODS, method 4500 – P-E<br>(Apha, 2012) |
| Oxigênio Dissolvido                     | Sonda OD, marca Hanna - HI9142                      |
| Turbidez                                | Turbidímetro, marca Hanna - HS9310                  |
| Potencial hidrogeniônico (pH)           | pHmetro, marca Hanna - HI2212                       |
| Condutividade ( $\mu\text{s.cm}^{-1}$ ) | Condutivímetro, marca Hanna - HI2300                |
| Temperatura (coluna d'água)             | Sonda OD, marca Hanna - HI9142                      |

Fonte: Autoria Própria, (2018).

#### 4.4 CARACTERIZAÇÃO DO SEDIMENTO

Os sedimentos amostrados foram coletados com auxílio de uma draga do tipo Peterson modificada e acondicionado em sacos plásticos do tipo ziplock. Em cada ponto foram coletadas quatro amostras, totalizando 16

amostras por expedição. Para as análises, uma amostra (saco) para a granulometria e os outros três para a exploração de macroinvertebrados bentônicos. Nas análises físicas o sedimento do rio foi seco em estufa a 45°C em bandejas plásticas por um período de 72 horas. A granulometria seca foi determinada de acordo com o Método de Suguio (1973) de peneiração e classificada com a escala de Wentworth (1922) (tabela 3).

**Tabela 3: Escala de Wentworth (1922).**

| <b>Classificação (retido)</b> | <b>Abertura da malha</b> |
|-------------------------------|--------------------------|
| Argila                        | < 4 $\mu$ m              |
| Silte                         | > 4 $\mu$ m < 64 $\mu$ m |
| Areia muito fina              | > 64 $\mu$ m < 0,145 mm  |
| Areia fina                    | > 0,145 mm < 0,250mm     |
| Areia média                   | > 0,250 mm < 0,500 mm    |
| Areia grossa                  | > 0,500 mm < 1 mm        |
| Areia muito grossa            | > 1 mm < 2 mm            |
| Cascalho                      | > 2 mm < 32 mm           |
| Seixo                         | > 32 mm < 256 mm         |

**Fonte: C. K. Wentworth, (1922).**

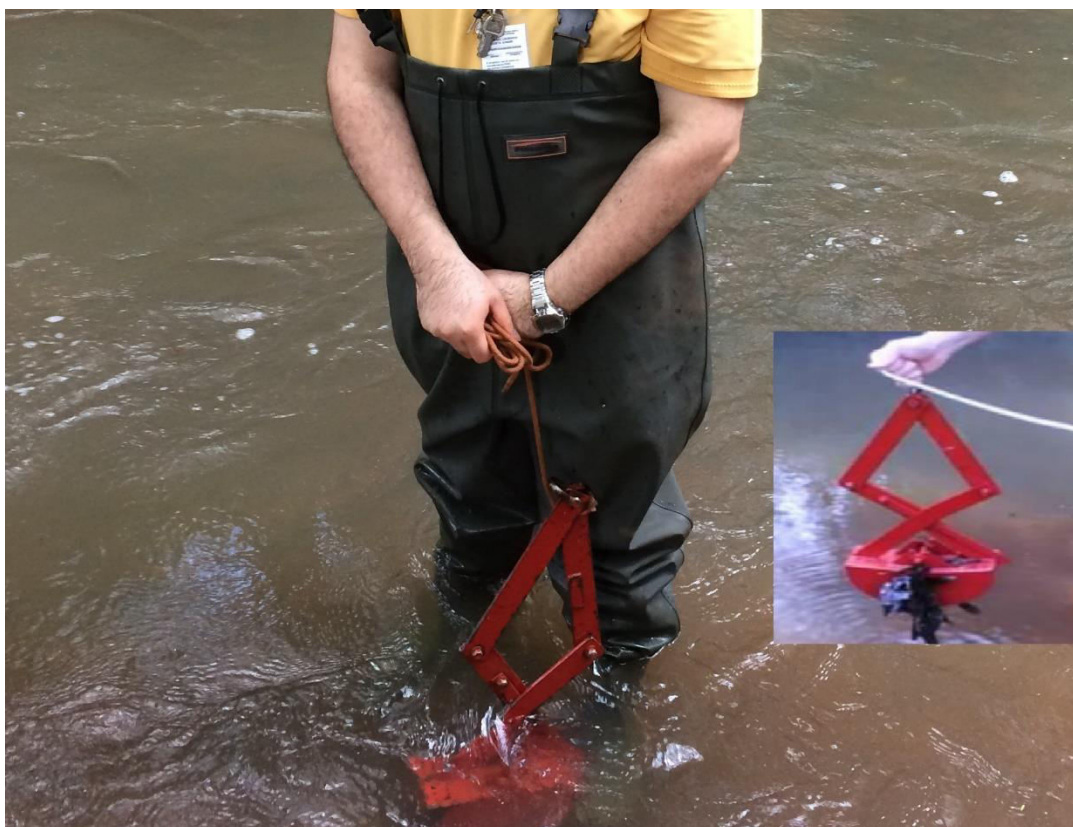
Utilizando peneiras de 2,00 mm; 1,00mm; 0,500 mm; 0,250 mm; 0,177 mm; 0,105 mm e fundo (<0,105mm) com auxílio de um agitador de peneiras durante 10 minutos de agitação, após isso foi efetuado a pesagem do sedimento retido em cada peneira.

#### 4.5 MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS

Para determinação dos macroinvertebrados bentônicos foram coletadas amostras de sedimento em triplicata, com auxílio da draga modificada com volume amostral de aproximadamente 1,71 litros, ou 0,010 m<sup>2</sup> de área (Figura 5). Os materiais coletados foram armazenados em sacos

plásticos tipo ziplock para posterior lavagem sobre malhas de 2,0; 1,0 e 0,5 mm de espaçamento, conforme metodologia estabelecida pela CETESB, 2012.

Foram feitas observações nas peneiras de malha 2,0 e 1,0 mm para identificação de possíveis macroinvertebrados aderidos ao sedimento visíveis a olho nu. O agregado retido na peneira de 0,5 mm foi então armazenado em frascos com álcool 70% e etiquetados para posterior identificação, seguindo metodologia da CETESB (2012). O material retido nos frascos foi analisado em um microscópio estereoscópico da marca ZEISS modelo HOAZA para identificação dos macroinvertebrados bentônicos até o nível de família, com auxílio de chaves de identificação taxonômicas (PÉREZ, 1996; BOUCHARD JÚNIOR, 2004).



**Figura 5: Draga do ripo Petersen modificado.**

**Fonte: Aatoria Própria, (2018).**

#### 4.6 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

O índice de Shannon-Weaver (H') relaciona o aumento da diversidade taxonômica com a boa saúde do ecossistema. A diversidade avalia a riqueza e uniformidade da população estudada, é calculada pela equação 1:

$$H' = \frac{[N \cdot \ln(N) - \sum_{i=1}^S n_i \cdot \ln(n_i)]}{N}$$

em que:

H' = Índice de Shannon-Weaver

$n_i$  = Número de indivíduos amostrados da i-ésima espécie

N = Número total de indivíduos amostrados

S = Número total de espécies amostradas

ln = logaritmo de base neperiana

A riqueza de táxons (S) é outro método que pode ser avaliado para analisar a qualidade aquática. Valores baixos indicam uma diminuição da diversidade de espécies no ambiente que por sua vez está com alterações em seu habitat.

Já a equitabilidade avalia somente a uniformidade e a riqueza do número de espécies da população, possibilitando inferir sobre a estrutura da comunidade bentônica. A equitabilidade de Pielou é calculada de acordo com a equação 2:

$$J' = \frac{H' \text{ observado}}{H' \text{ máx}}$$

em que:

J = Equitabilidade de Pielou

$H_{\text{máx}} = \ln(S)$

S = Número total de espécies amostradas

H' observado = Índice de diversidade de Shannon-Weaver

A estatística da diversidade de Shannon-Weaver foi calculada através do programa BioEstat 5.0.

Para comparação e proporcionar a avaliação da qualidade do ambiente aquático estudado, pode-se utilizar o índice da comunidade bentônica – ICB, utilizada pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB (2004) para rios e lagos. Este índice da comunidade bentônica para rios, indica por categorias a qualidade do ambiente aquático analisado, levando em conta os valores obtidos de riqueza, índice de comparação sequencial, índice de diversidade de Shannon-Weaver, a dominância de grupos tolerantes e a riqueza de táxons sensíveis encontrados em cada ponto coletado.

O índice então foi adaptado (tabela 4) para os dados apenas de diversidade ( $H'$ ) e riqueza ( $S$ ). O valor final, que gera o diagnóstico ou a classificação da qualidade do habitat, será simplesmente a média aritmética do valor obtido com a soma das ponderações de cada métrica.

**Tabela 4. Índice da comunidade bentônica para os rios.**

| <b>Categoria</b> | <b>Ponderação</b> | <b>Riqueza (S)</b> | <b>Diversidade (H')</b> |
|------------------|-------------------|--------------------|-------------------------|
| <b>Ótima</b>     | 1                 | $\geq 21$          | $> 2,50$                |
| <b>Boa</b>       | 2                 | 14 - 20            | $> 1,50 - \leq 1,50$    |
| <b>Regular</b>   | 3                 | 6 - 13             | $> 1,00 - \leq 1,50$    |
| <b>Ruim</b>      | 4                 | $\leq 5$           | $\leq 1,00$             |
| <b>Péssima</b>   | 5                 | Azóico             | Azóico                  |

Fonte: Adaptado CETESB, 2004.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 CARACTERÍSTICAS DOS LOCAIS AMOSTRADOS

Durante o ano de 2017 foram realizadas duas expedições de coleta, sendo uma na estação outono e a outra no verão. Conforme figura 6, podemos observar os pontos de coletas que foram utilizados no Rio Alegria.

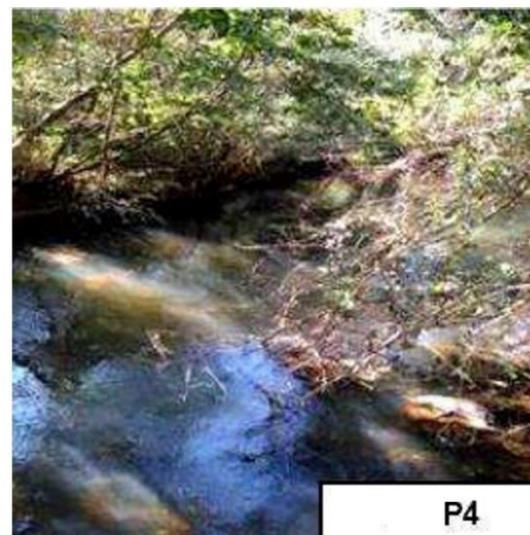
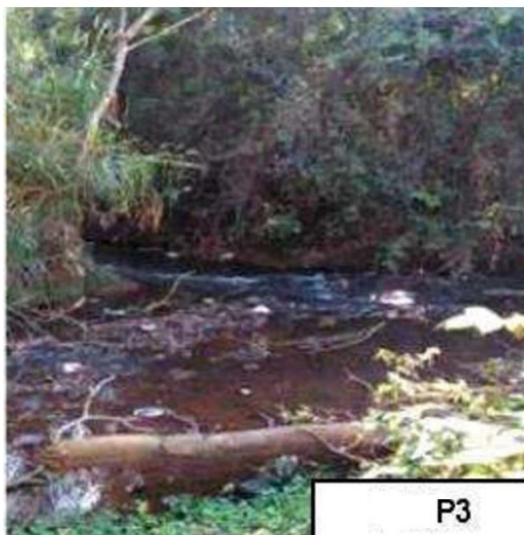
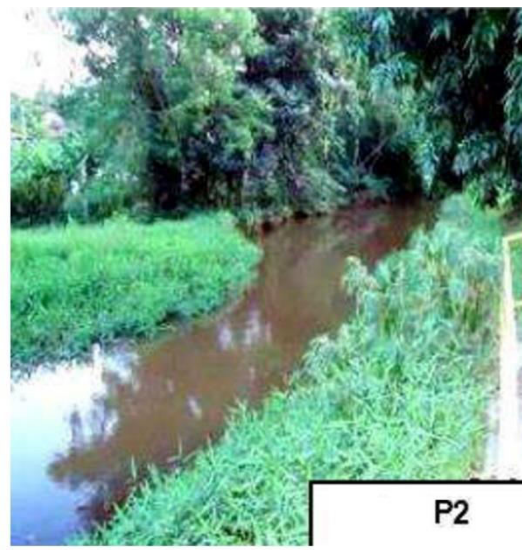


Figura 6. Pontos de coleta de amostras no Rio Alegria.

Fonte: Autoria Própria, (2018).

O primeiro ponto (P1) está localizado próximo a nascente do rio, na zona rural da cidade. É notório a presença de Área de Preservação Permanente - APP nessa localidade, tendo em seu percurso hídrico muitas folhas, troncos, cascalho, pouca presença de processos erosivos e com uma lâmina da água pouco expressiva (baixa profundidade).

O ponto de coleta P2, está localizado na barragem de captação da ETA municipal. Com pouca presença de APP e com visíveis processos erosivos avançados, causados principalmente pela ocultação da vegetação em suas margens, com sua maioria ainda coberta de vegetação de pequeno porte e gramíneas. Percebe-se um volume expressivo de água no local, com uma profundidade considerável. No local, os processos erosivos causam visíveis aumento na turbidez e a coloração escura da água, possivelmente causados pelo arraste de sedimentos para o corpo hídrico. Este ponto se encontra no início da área urbana, com presença crescente de moradias ao longo do fluxo hídrico (jusante).

O ponto P3 localiza-se no final da área urbana, delimitado pelo plano diretor e adentra o bairro Vila Alegria. O local de coleta apresenta APP de caráter satisfatório, sem observação de degradação e alteração na vegetação local, processos erosivos pequenos e com lâmina da água baixa. Neste local, as características antrópicas são visíveis, impactantes ao meio ambiente, devido aos despejos das estações de efluentes tanto municipal quanto de uma indústria a montante do ponto de coleta. No local, devido a ocupação irregular de moradores, é possível observar vários despejos pontuais de efluente doméstico e também a presença de resíduos sólidos espalhados as margens do rio.

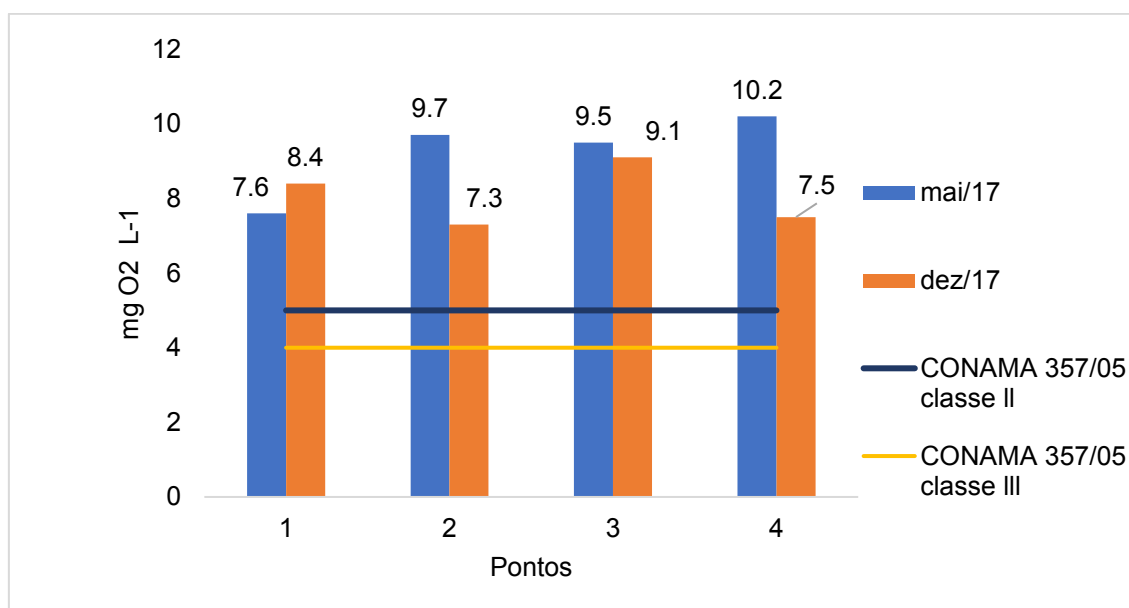
O último ponto de coleta P4, encontra-se na foz do Rio Alegria. Neste local a sua vegetação é mista, tendo sua APP parcialmente composta por pastagens e gramíneas. No ponto é possível observar uma água mais clarificada e a redução da turbidez, caracterizado pelo processo de autodepuração do rio, tendo como base na comparação visual feita entre os pontos P2 e P3 em relação ao ponto P4.



## 5.2 RESULTADOS DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

### 5.2.1 Oxigênio Dissolvido (OD)

Os teores de oxigênio dissolvido na água podem ser observados na figura 7, na qual pode-se verificar que os valores sofrem significativa variação de um ponto para o outro, com diferenças mais expressivas nos pontos P2 e P3. Fato este se deve devido ao relevo dos pontos de coletas, onde encontra-se pequenas cascatas com muitas pedras, possibilitando assim o aumento da oxigenação da água por meio da aeração mecânica do rio.



**Figura 7: Valores de Oxigênio Dissolvido nas águas do rio Alegria em relação a CONAMA 357/05.**

Fonte: Autoria Própria, (2018).

A concentração de oxigênio dissolvido na água depende da temperatura e da altitude onde se localiza o corpo hídrico (MACHADO, 2008). Mas também pode ser afetada pelo lançamento de efluentes com cargas orgânicas, o que aumenta a atividade bacteriana, que requer uma maior demanda de oxigênio no meio (ORSSATTO, 2008). A resolução do CONAMA 357/05 determina que para águas de rios classes II e classes III, o nível de

oxigênio dissolvido, respectivamente, deve permanecer acima de 5 e 4 mg O<sup>2</sup>.L<sup>-1</sup>. O rio Alegria é denominado classe II até chegar ao perímetro urbano, passando então para classe III no perímetro urbano e retornando a classe II após o termino dessa área.

### 5.2.2 Potencial Hidrogeniônico (pH)

Os valores de potencial hidrogeniônicos podem representar em um corpo aquático a dissolução de rochas, a oxidação da matéria orgânica, o despejo de resíduos de origem antropológicas e a absorção de gases atmosféricos (SPERLING, 2005).

A figura 8 demonstra os valores de pH encontrados. Pode-se observar que nenhum ponto divergiu da resolução do CONAMA 357/05 que determina valores de 6 a 9 de pH. O Rio Alegria é considerado um corpo hídrico de classes II e III, tendo seu enquadramento de pH dentro das faixas indicadas pela resolução.

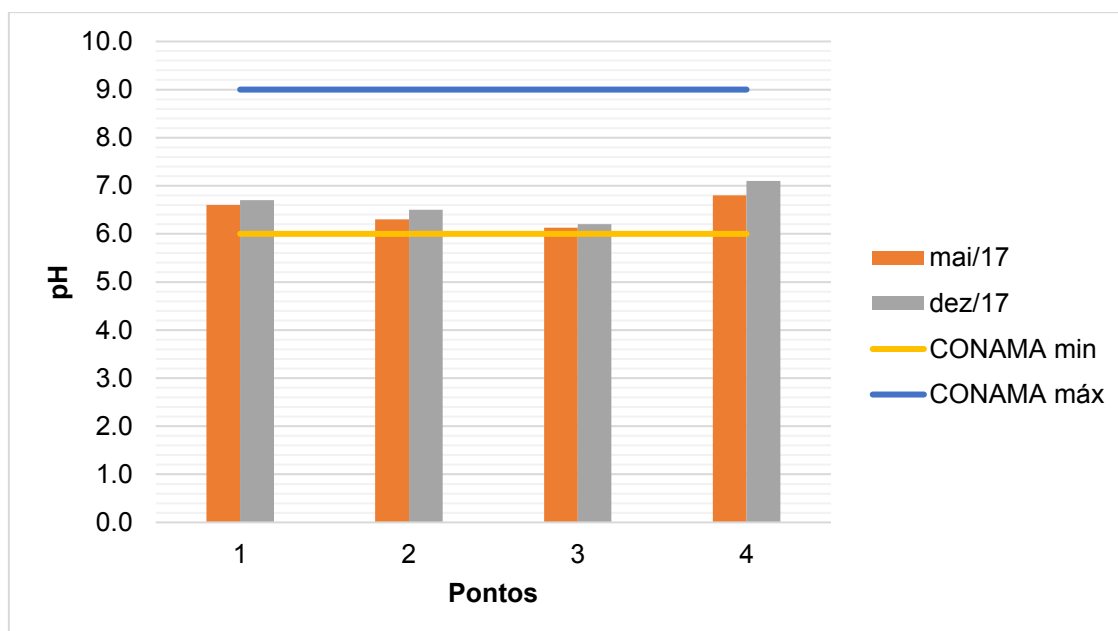


Figura 8: Valores do potencial hidrogeniônico encontrados.

Fonte: Autoria Própria, (2018).

A maioria dos corpos aquáticos transcontinentais tem o seu pH variando de 6 e 8 (TUNDISI, 2000), como é o caso do recurso hídrico estudado.

Observa-se no ponto P3, que nas suas coletas os valores ficaram próximos ao valor mínimo estabelecido pela resolução do CONAMA para corpos hídricos de classe II e III, assim indicando um possível início de acidificação.

### 5.2.3 Temperatura

A temperatura não apresentou mudanças significativas durante as coletas sazonais, mantendo assim uma tendência de temperatura da coluna da água nas duas estações avaliadas, sendo o outono e verão.

Segundo a resolução do CONAMA 430/11, a temperatura de lançamento do efluente deve ser inferior a 40 °C e ou a variação da temperatura do corpo receptor não deverá exceder 3°C na zona de mistura, logo podemos justificar o aumento da temperatura no ponto P3 nas coletas realizadas, devido ao lançamento do efluente de uma indústria local, localizado a montante do ponto monitorado. Na figura 9 podemos observar essa tendência da temperatura nas coletas.

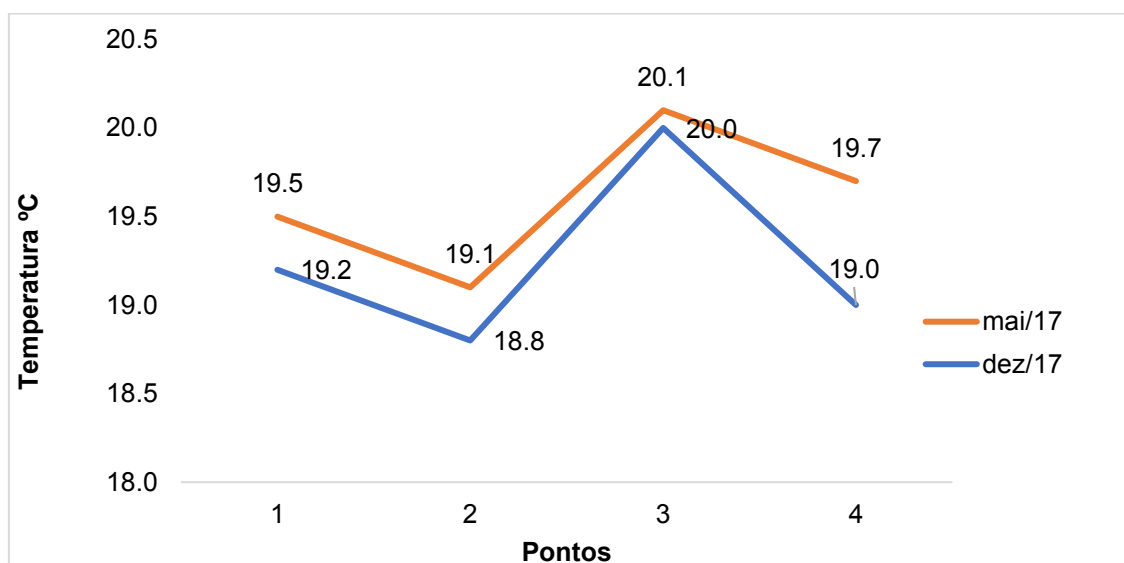


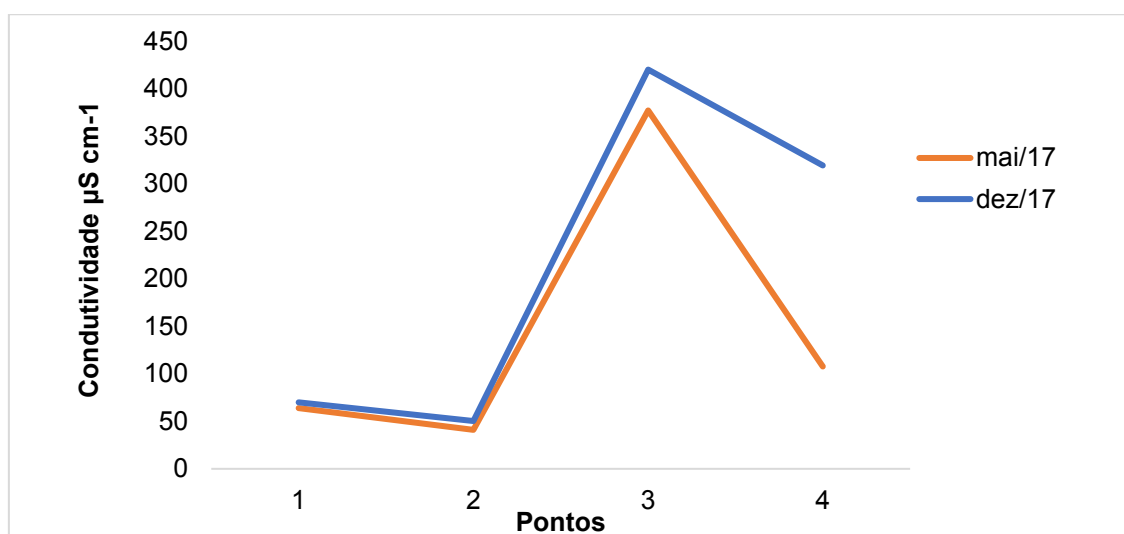
Figura 9: Valores encontrados para o parâmetro temperatura.

Fonte: Autoria Própria, (2018).

#### 5.2.4 Condutividade

De acordo com Esteves (1998), a capacidade de conduzir corrente elétrica em uma solução é conhecida como condutividade elétrica, em função da concentração de íons, principalmente através de nutrientes como o cálcio, magnésio, potássio, sódio, carbonatos, sulfatos, cloretos e entre outros metais dissolvidos.

A figura 10 expressa os valores de condutividade elétrica obtidos nas coletas, apresentando os valores médios entre 41 e 420  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , onde os valores mais altos foram obtidos no ponto P3. Embora a resolução do CONAMA 357/05 não apresente nenhum limite para este padrão, para a CETESB (2012), em geral, níveis de condutividade acima de 100  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  indicam ambientes impactados.



**Figura 10: Valores de condutividade elétrica.**

**Fonte: Autoria Própria, (2018).**

A medida que os sólidos dissolvidos são adicionados, aumenta-se a condutividade elétrica da água (PHILIPPI JR et al. 2004). Os aumentos nas condutividades do ponto P3 provavelmente se deve pelos lançamentos de efluentes da estação de tratamento de esgoto municipal, o lançamento de efluentes industrial e domésticos a montante do local avaliado.

Também se observa valores maiores de condutividade elétrica na segunda expedição de coleta, realizado na estação do verão e com menor atenuação na condutividade se comparado com a primeira coleta. Isso se deve pela maior precipitação pluviométrica que é registrada nessa época, acarretando no arraste de maior concentração de íons presentes na superfície do solo e o lançamento de volumes maiores das ETE devido a redução do TDH nas estações de tratamento.

O ponto P3 está localizado em uma área de ocupação irregular, contendo esgoto a céu aberto, ocorrendo assim a poluição difusa no rio Alegria, contribuindo ainda mais para o aumento da carga orgânica, consecutivamente a elevação da condutividade elétrica.

#### 5.2.5 Turbidez

Segundo Bem (2015), a turbidez representa a atenuação da intensidade da luz ao atravessar a coluna d'água, os valores são devido a presença de sólidos em suspensão, como inorgânicos e detritos orgânicos. As suas fontes podem ser tanto antropogênicas quanto naturais, como o lançamento de esgotos e a erosão, respectivamente.

De acordo com o CONAMA 357/05, o valor máximo permitido para rios de classe III e II é de 100 NTU, logo todos os pontos amostrados ficaram abaixo do limite de enquadramento do rio Alegria (figura 11). Observa-se na primeira coleta em Maio o aumento da turbidez no ponto P2 (ETA municipal), possivelmente devido ao uso e ocupação do solo a montante do ponto, pois se trata de uma área agrícola, com pouca cobertura vegetal, ou seja, uma APP com largura inadequada de ambos os lados da borda do rio, acarretando ainda mais para as erosões e consecutivamente o arraste de sedimentos provocados pelas chuvas.

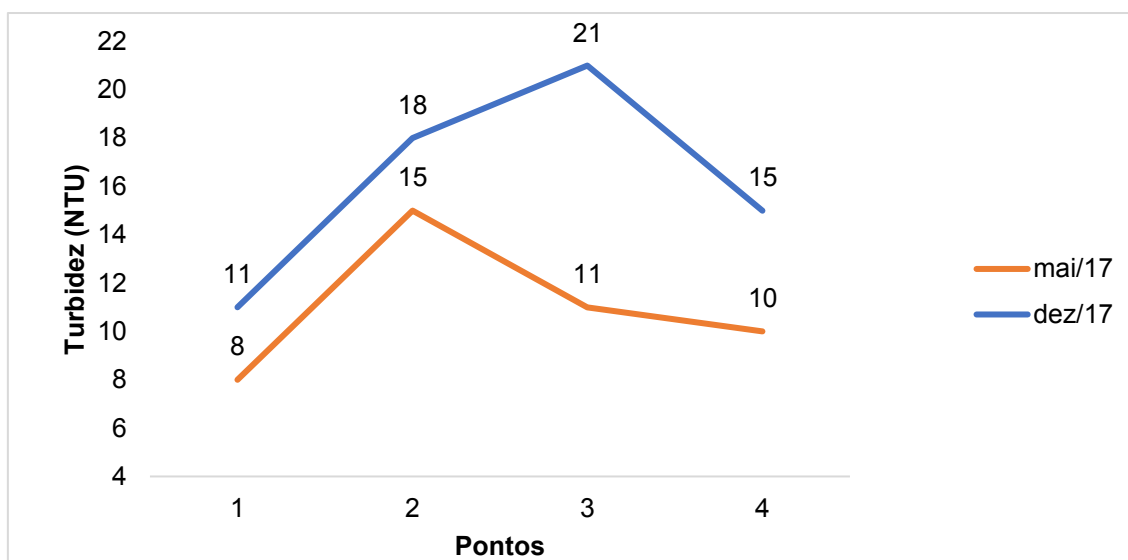


Figura 11: Valores de turbidez nos pontos amostrados do Rio Alegria.

Fonte: Autoria Própria, (2018).

Na segunda expedição, os resultados das coletas também demonstraram um aumento após o ponto P2, mas desta vez, o nível de NTU foi maior ainda no ponto P3, localizado em uma ocupação irregular anexada ao bairro Vila Alegria e a jusante dos despejos de uma indústria e da ETE municipal. Esses valores podem apresentar comportamentos sazonal especialmente em ambientes com algum nível de eutrofização, como também os ambientes lóticos, que os valores são influenciados por despejos de efluentes industriais, esgoto doméstico e pelo escoamento superficial da bacia de drenagem (BEM, 2015).

A turbidez está muito associada com a erosão de solos ao entorno do recurso hídrico segundo Raposo; Magalhães (2009). Ela é útil para indicar, em análises ambientais, o uso e a ocupação dos solos e também a situação da cobertura dos mesmos, com finalidade de associar danos causados pela atividade humana. Contudo, podemos ressaltar que a segunda coleta (C2) foi realizada na estação com maior precipitação pluvial, demonstrando nos resultados a fragilidade do sistema de galerias de escoamento e a falta de cobertura vegetal na superfície com solos expostos.

### 5.2.6 Fósforo Total

O fósforo além de estar presente na coluna d'água, também pode ser retido no sedimento da bacia hidrográfica, por processo de adsorção/precipitação. Segundo Bem (2015), a liberação desse nutriente na coluna d'água é influenciada pela diferença entre a concentração no sedimento e na água, e também pela concentração de oxigênio dissolvido. Em condições de eutrofização, ou seja, de anaerobiose, o potencial de oxirredução muito baixo promove a liberação de fósforo.

Observa-se (figura 12) nos pontos de amostragem P3 e P4 estão acima do limite permissível pela resolução do CONAMA 357/05. Tal fato se deve aos despejos pontuais que ocorrem nas proximidades do ponto P3, uma vez que esses valores são maiores que o ponto P4, fica evidenciado também que o corpo hídrico não tem total efetividade na autodepuração até a chegada da coluna d'água no ponto P4.

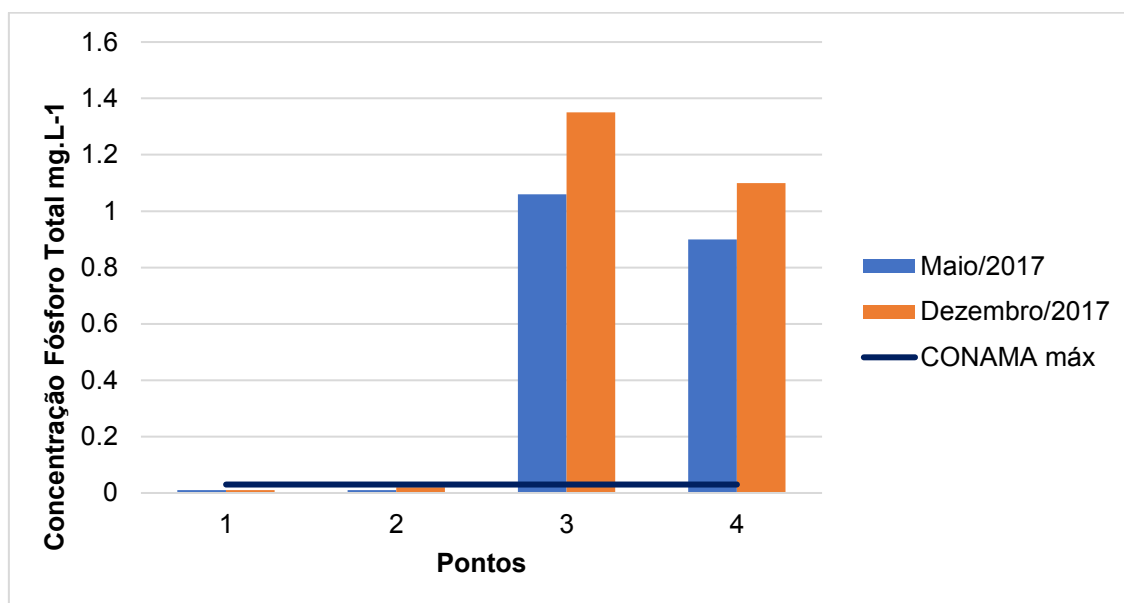


Figura 12: Valores do Fósforo Total na água dos pontos amostrados.

Fonte: Autoria Própria, (2018).

Em relação a sazonalidade, foram observados que os índices tiveram discrepância consideráveis, esse aumento deve-se pelo regime de chuvas, a redução do TDH da estação de tratamento de efluentes localizado a montante,

consecutivamente o aumento da vazão do rio estudado. Logo a capacidade de autodepuração fica ainda mais comprometida.

### 5.3 GRANULOMETRIA DOS SEDIMENTOS

O sedimento é a base do habitat da biota aquática, pois o mesmo além de abrigar, ele acumula os nutrientes e contaminantes por adsorção e ou precipitação. Os resultados da granulometria do sedimento do Rio Alegria podem ser observados na tabela 5.

Os resultados da análise de granulometria demonstram predomínio de areia muito grossa nos pontos P1 e P4 e areia média nos pontos P2 e P3. Os resultados obtidos indicam o predomínio de partículas grosseiras (areia), logo esse sedimento arenoso apresenta redução da concentração de carbono orgânico, ao contrário de partículas finas compostas de silte e argila e que, conseqüentemente, possuem maior capacidade de adsorção de compostos orgânicos hidrofóbicos e de metais. Goñi et al. (2003) também observou esse comportamento, mostrando que a porcentagem de carbono orgânico é menor em amostras com conteúdo maior de areia, enquanto sedimentos ricos em material argiloso, como silte e argila, tinham uma carga maior de carbono orgânico.

Os hábitos dos bentônicos fazem do substrato um dos principais determinantes na sua distribuição e abundância (ASSIS et al., 2004). Partículas menores, como areia e silte, são mais instáveis, uma vez que podem ser levados pela correnteza rio abaixo, substratos compostos por pedras/seixos, são mais estáveis, pois permanecem fixos mesmo quando expostos a velocidades de correnteza elevadas (ALLAN, 1995). Já as partículas orgânicas menores que 1,0 mm, geralmente são utilizadas como alimento (AFONSO; HERNY, 2002), enquanto que os materiais orgânicos oriundos da vegetação ciliar são utilizados para a fixação dos organismos (UIEDA; GAJARDO, 1996).



Tabela 5: Composição granulométrica nos pontos monitorados no Rio Alegria (média)

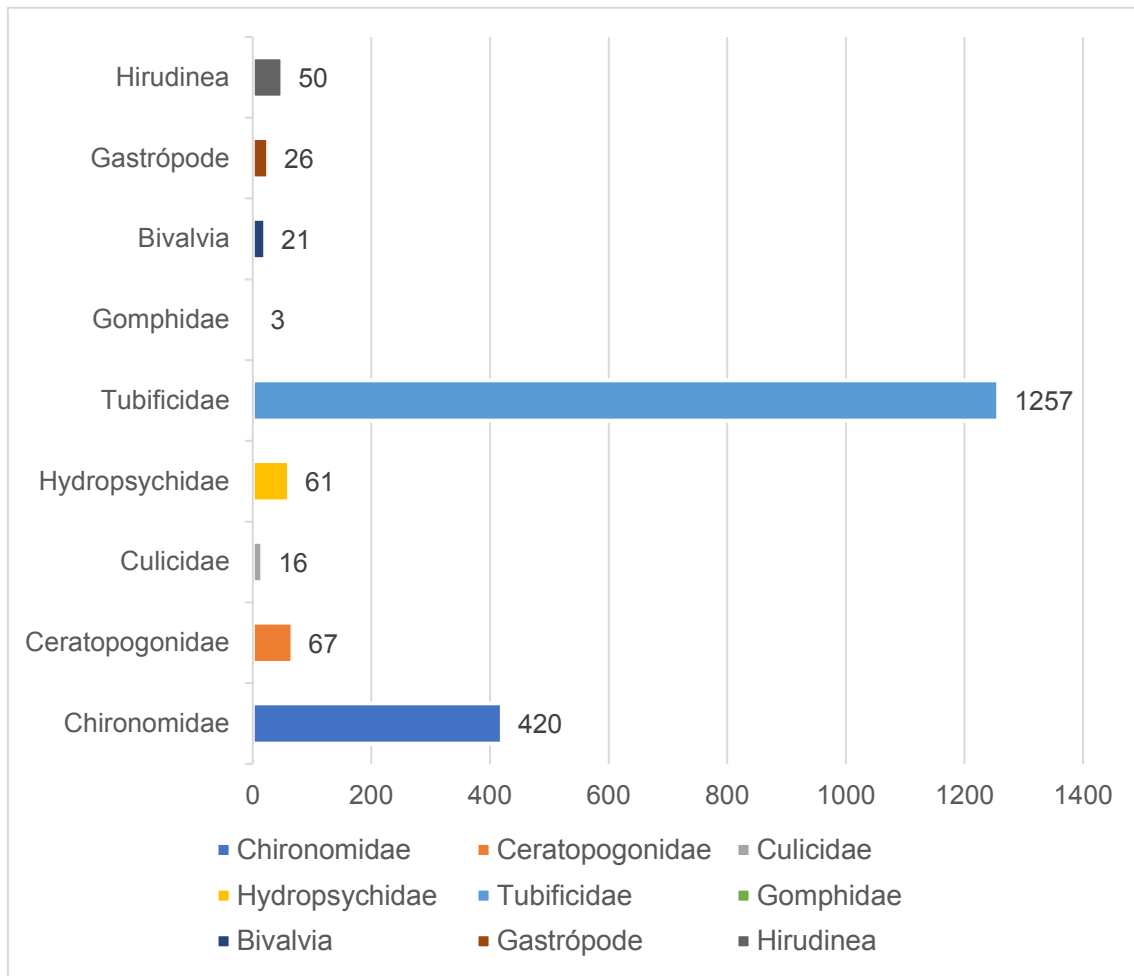
| Abertura da malha (mm)<br>(% retida em cada peneira) | Primeira coleta (maio/2017) |       |       |       | Segunda coleta (dezembro/2017) |       |       |       | Média        |              |              |              |
|--|-----------------------------|-------|-------|-------|--------------------------------|-------|-------|-------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|  | P1                          | P2    | P3    | P4    | P1                             | P2    | P3    | P4    | P1           | P2           | P3           | P4           |
| <b>2</b>   | 54,85                       | 41,86 | 7,50  | 22,26 | 51,41                          | 13,93 | 49,14 | 62,16 | 11,13        | 25,70        | 6,96         | 24,57        |
| <b>1</b>   | 63,13                       | 36,03 | 25,45 | 57,93 | 61,29                          | 15,38 | 49,38 | 83,03 | <b>28,96</b> | 30,64        | 7,69         | <b>24,69</b> |
| <b>0,5</b>   | 33,44                       | 28,93 | 59,52 | 39,13 | 35,29                          | 16,42 | 34,96 | 26,06 | 19,56        | 17,64        | 8,21         | 17,48        |
| <b>0,25</b>  | 24,74                       | 37,31 | 80,30 | 33,97 | 23,57                          | 34,45 | 28,53 | 13,41 | 16,98        | <b>11,78</b> | <b>17,22</b> | 14,26        |
| <b>0,177</b>   | 10,66                       | 12,50 | 12,30 | 14,76 | 8,67                           | 26,63 | 9,73  | 5,77  | 7,38         | 4,33         | 13,31        | 4,86         |
| <b>0,105</b>   | 7,34                        | 17,68 | 8,22  | 13,93 | 8,24                           | 32,4  | 10,21 | 4,89  | 6,96         | 4,12         | 16,2         | 5,10         |

Fonte: Autoria Própria, (2018).

#### 5.4 RESULTADOS DA COMUNIDADE DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS

Foram identificados 1.928 organismos bentônicos nos pontos do Rio Alegria, os quais foram distribuídos em nove táxons (Insecta: Diptera: Chironomidae, Ceratopogonidae, Culicidae, Hydropsychidae; Odonata: Gomphidae. Annelidea: Oligochaeta: Tubificidae, e classe Hirudinea. Mollusca: Bivalvia, gastropoda). Os táxons mais representativos (figura 13) observados na área de estudo foram díptera: Chironomidae (21,86%) e a oligochaeta: Tubificidae (65,43%).

Dos 4 pontos amostrados no Rio Alegria, entre os pontos P1 e P2, localizados próximo a nascente e na barragem da ETA municipal, respectivamente, a fauna bentônica foi composta por Chironomidae, Ceratopogonidae, Culicidae, Hydropsychidae, Tubificidae, Gomphidae e Gastrópode, e a jusante nos pontos P3 e P4 por Chironomidae, Ceratopogonidae, Culicidae, Hydropsychidae, Tubificidae e Hirudínea, com apenas presença de Bivalvia e Gastrópode no ponto P4. Dentre os táxons, Chironomidae e Oligochaeta apresentaram a maior frequência entre os pontos, 100%, portanto sendo o mais representativo em termos de distribuição espacial no Rio Alegria (Tabela 6), seguido por Ceratopogonidae, Hydropsychidae e Gastropoda (87,5%), Culicidae (75%), Hirudinea (50%) e Gomphidae, Bivalvia (25%).



**Figura 13: Número absoluto de macroinvertebrados bentônicos amostrados no Rio Alegria.**

**Fonte: Aatoria Própria, (2018).**

Tabela 6: Frequência dos táxons observados no Rio Alegria.

| TÁXONS          | PONTOS<br>AMOSTRADOS 1ª COLETA |    |    |    | PONTOS<br>AMOSTRADOS 2ª COLETA |    |    |    | FREQUÊNCIA(%) |
|-----------------|--------------------------------|----|----|----|--------------------------------|----|----|----|---------------|
|                 | P1                             | P2 | P3 | P4 | P1                             | P2 | P3 | P4 |               |
| Chironomidae    | X                              | X  | X  | X  | X                              | X  | X  | X  | 100,0         |
| Ceratopogonidae | X                              | X  | X  | X  |                                | X  | X  | X  | 87,50         |
| Culicidae       | X                              | X  |    | X  | X                              | X  | X  |    | 75,00         |
| Hydropsychidae  | X                              | X  | X  |    | X                              | X  | X  | X  | 87,50         |
| Tubificidae     | X                              | X  | X  | X  | X                              | X  | X  | X  | 100,0         |
| Gomphidae       | X                              |    |    |    | X                              |    |    |    | 25,00         |
| Bivalvia        |                                |    |    | X  |                                |    |    | X  | 25,00         |
| Gastrópode      | X                              | X  |    | X  | X                              | X  |    | X  | 87,50         |
| Hirudínea       |                                |    | X  | X  |                                |    | X  | X  | 50,00         |

Fonte: Autoria Própria, (2018)

Segundo Bem (2015) a presença de hirudineas é considerado como indicadores de poluição orgânica em corpos aquáticos, é um grupo extremamente tolerante e encontrado em ambientes ricos em matéria orgânica, característico em pontos de despejo de esgotos, como o caso do ponto P3.

Os Chironomidae e Tubificidae (Oligochaeta) são os organismos mais representativos da fauna bentônica em termos de diversidade e densidade em rios, não sendo uma exceção o rio estudado, o Alegria. Segundo Brinkhurst; Jamieson (1971), a Classe Oligochaeta é encontrada tanto em sedimentos arenosos como nos ambientes ricos em matéria orgânica, colonizando diversos ambientes aquáticos. As larvas de Chironomidae, assim como as Oligochaetas, possuem um organismo adaptativo a diversas condições de qualidade e composição de sedimento. Ambas são consideradas indicadores da qualidade aquática, entretanto para fazer dedução desta qualidade, é necessário que esses dois táxons sejam identificados em um nível taxonômico mais refinado, como gênero ou espécie.

O baixo número de táxons observados no rio Alegria, se comparado com outros trabalhos desenvolvidos por Menegol (2002), Silveira; Rosa (2009), Barboza et al.(2011), possivelmente se deve pelo gradiente de poluição hídrica, que possui um desequilíbrio da qualidade, desde sua nascente, colaborando para que somente organismos resistentes e tolerantes as poluições se estabeleçam com sucesso. Outro fator que pode ter interferido é a amostragem no local, uma vez que a nascente contém uma lâmina de água pequena, dificultando a coleta com a draga, o ideal seria a utilização de um Surber para a coleta. Entretanto podemos destacar a presença da ordem Odonata apenas no ponto P1, indicando, por mais que seja poucos indivíduos encontrados, a boa qualidade da nascente do rio Alegria, uma vez que essa ordem necessita de condições restritas para sua ocorrência, pois são muito sensíveis às mudanças ambientais, considerados como bioindicadores da qualidade aquática (CARVALHO; NESSIMIAN, 1998; ROSEMBERG; RESH, 1993). Neste estudo não foi possível inferir características sobre a qualidade da água a partir de grandes grupos, considerando a distribuição espacial encontrado.

A tabela 7 apresenta os organismos encontrados em cada ponto nas coletas realizados no Rio Alegria.

Tabela 7: Identificação e quantificações de macroinvertebrados bentônicos coletados.

| Ordem ou Filo      | Família/Classe/Subclasse | Primeira Coleta (maio/2017) |         |         |         | Segunda Coleta (dezembro/2017) |         |         |         |
|--------------------|--------------------------|-----------------------------|---------|---------|---------|--------------------------------|---------|---------|---------|
|                    |                          | Ponto 1                     | Ponto 2 | Ponto 3 | Ponto 4 | Ponto 1                        | Ponto 2 | Ponto 3 | Ponto 4 |
| <b>Diptera</b>     | Chironomidae             | 2                           | 14      | 102     | 21      | 2                              | 37      | 187     | 55      |
|                    | Ceratopogonidae          | 1                           | 1       | 5       | 2       | 0                              | 15      | 32      | 11      |
|                    | Culicidae                | 3                           | 2       | 0       | 4       | 3                              | 3       | 1       | 0       |
| <b>Trichoptera</b> | Hydropsychidae           | 1                           | 6       | 21      | 0       | 1                              | 9       | 21      | 2       |
| <b>Haplotaxida</b> | Tubificidae              | 15                          | 31      | 430     | 77      | 26                             | 89      | 490     | 99      |
| <b>Odonata</b>     | Gomphidae                | 1                           | 0       | 0       | 0       | 2                              | 0       | 0       | 0       |
| <b>Mollusca</b>    | Bivalvia                 | 0                           | 0       | 0       | 11      | 0                              | 0       | 0       | 10      |
|                    | Gastropoda               | 9                           | 4       | 0       | 2       | 8                              | 2       | 0       | 1       |
| <b>Annelida</b>    | Hirudinea                | 0                           | 0       | 23      | 4       | 0                              | 0       | 15      | 8       |
|                    | <b>Total</b>             | 32                          | 58      | 581     | 121     | 42                             | 155     | 746     | 186     |
|                    | <b>Total de Táxons</b>   | 7                           | 6       | 5       | 7       | 6                              | 6       | 6       | 7       |

Fonte: Autoria Própria, (2018).

Pode-se notar a diferença da biota bentônica coletada nos pontos, sendo o ponto P3 indicado como impactado, com grandes mudanças na estrutura físico-química do recurso hídrico. Silva (2007) ao analisar os macroinvertebrados bentônicos em diferentes pontos de preservação de um rio, em pontos com muito impacto, notou a predominância de organismos da família Chironomidae. O mesmo podemos notar nos pontos amostrados no rio Alegria, como o elevado número de indivíduos da família dos Chironomidae no ponto P3, demonstrando o elevado nível de impactação da água naquele trecho.

Observa-se que o número de Bivalvia encontrados no ponto P4, próximo ao desague no rio Ocoy, segundo Darrigran et al., (1995) essa espécie pode trazer diversos danos desde a variação da qualidade bêntica, ou até o aumento da distribuição e abundância de outros grupos como Oligochaetas, Hirudíneas e Chironomidae.

#### 5.4.1 Avaliação da Composição e Estrutura da Comunidade de Macroinvertebrados Bentônicos

A avaliação da comunidade bentônica foi mensurada a partir dos resultados dos índices de diversidade, de atributos como equitabilidade e riqueza (Tabela 8). Também se utilizou o índice da comunidade bentônica para rios - ICB para classificar a qualidade aquática em cada ponto estudado no rio Alegria. A diversidade de Shannon-Weaver, em geral os valores situam-se entre 1,5 a 3,5, logo, quanto mais elevado esse valor, maior é a riqueza e uniformidade da comunidade amostrada (MELO, 2008).

**Tabela 8: Resultados do índice de diversidade e dos atributos equitabilidade e riqueza.**

|                                 | PONTO 1 | PONTO 2 | PONTO 3 | PONTO 4 |
|---------------------------------|---------|---------|---------|---------|
| <b>índice de Shannon-Weaver</b> | 0.5699  | 0.5366  | 0.3918  | 0.5399  |
| <b>Riqueza</b>                  | 7       | 6       | 5       | 7       |
| <b>Equitabilidade</b>           | 0.2928  | 0.2994  | 0.2434  | 0.2774  |

Fonte: Autoria Própria, (2018).

Os valores do índice de diversidade apresentam-se baixos, variando de 0,3918 a próximo de 0,57. Os pontos que apresentaram os valores mais elevados, como o ponto P1 (0,5699), P2 (0,5366) e P4 (0,5399), condizem como os pontos com menor impacto ambiental (P1 e P2), e o ponto P4 representa a melhora da qualidade da água (autodepuração).

O resultado de Riqueza (S), apresentou concordância com o nível de poluição ao longo do rio Alegria, nos pontos P1 e P4 este índice foi superior, mas a partir dos pontos P2 e P3 houve uma diminuição, onde o rio começa a receber, a partir do ponto P2, os despejos pontuais, a poluição urbana, o despejo de efluente tratado de indústrias e o efluente da ETE municipal. O aumento de táxons no ponto P4 indica o início da recuperação (autodepuração) da qualidade aquática.

Já a equitabilidade pode ser definida como a medida da uniformidade, ou seja, avalia a distribuição da abundância da comunidade. Os valores são distribuídos entre 0 e 1, onde valores próximos a 1 indicam a baixa homogeneidade, logo há espécies que dominam o ambiente nos pontos amostrados. Os resultados demonstram que todos os pontos amostrados apresentam valores baixos de equitabilidade, ou seja, não há indivíduos dominantes.

O índice da comunidade bentônica – ICB para rios (adaptado), demonstrou a classificação de cada ponto de coleta conforme a ponderação dos valores encontrados da riqueza e diversidade, seguindo os parâmetros demonstrados na tabela 4.

**Tabela 9: Classificação de cada ponto amostrado conforme tabela do ICB.**

| Ponto | Riqueza (S) | Diversidade (H') | Média | Classe         |
|-------|-------------|------------------|-------|----------------|
| P1    | 3           | 5                | 4     | <b>RUIM</b>    |
| P2    | 3           | 5                | 4     | <b>RUIM</b>    |
| P3    | 4           | 5                | 5     | <b>PÉSSIMA</b> |
| P4    | 3           | 5                | 4     | <b>RUIM</b>    |

Fonte: Autoria própria, (2018).

Os valores encontrados para a classificação dos pontos não foram satisfatórios, isso devido ao baixo número de táxons encontrados no rio



Alegria, fazendo com que a riqueza de espécies ficasse baixa ( $<1,0$ ) e interferisse no cálculo do índice de diversidade de Shannon-Weaver. Mas, contudo, observa-se a piora do ponto P3 na classificação do ICB, confirmando mais uma vez os níveis altos de contaminação e degradação do ponto situado a jusante da ETE municipal e industrial, e que recebe carga orgânica proveniente da ocupação irregular de moradores no local.

## 6. CONCLUSÃO

O processo de degradação dos recursos hídricos está cada vez mais avançados, principalmente pelos inúmeros compostos que são lançados nos corpos aquáticos e que podem elevar ainda mais os custos para o monitoramento dos parâmetros usuais utilizados atualmente. Portanto, a busca por novas alternativas é importante, sendo necessária incluir outras formas de monitoramento, tanto para avaliar a degradação temporal, como a espacial em bacias hidrográficas. O uso do monitoramento biológico é uma alternativa para observar os reais impactos originados pelo uso e ocupação do solo, pois refletem os efeitos sinérgicos do ambiente e também podem ajudar na avaliação temporal da qualidade da água, fornecendo respostas para os gestores de recursos hídricos.

Embora seja uma ferramenta importante e aplicada em vários países, no Brasil, ainda não é considerada pelas legislações vigentes. Faltando conhecimento técnico sobre o assunto e também a regulamentação e desenvolvimento de métodos padronizados adaptados para o país.

Os resultados obtidos na aplicação do biomonitoramento no rio Alegria foram promissores. A fauna bentônica apresentou sensibilidade as áreas degradadas ao longo do percurso hídrico. No ponto P1 foram registrados nas duas coletas, indivíduos sensíveis (ordem Odonata), demonstrando a boa qualidade do habitat aquático da nascente se comparado com os demais pontos avaliados. A jusante nos pontos P2 e P3 ocorre o aumento de organismos resistentes e tolerantes a poluição aquática (Chironomidae, Ceratopogonidae, Culicidae, Hydropsychidae, Tubificidae e hirudíneas), mas no ponto P3 ocorre o maior aumento expressivo destes indivíduos, demonstrando a degradação elevada do ecossistema aquático. O ponto P4 apresenta uma melhora na qualidade aquática (redução do número de indivíduos tolerantes), possivelmente caracterizado pela capacidade de autodepuração do recurso hídrico, mas, contudo, não se observou no ponto nenhum indivíduo sensível a poluição.

A variação temporal das coletas, possibilitou a avaliação dos táxons encontrados para identificar possível aumento da degradação do recurso

hídrico em diferentes épocas do ano, destacando um aumento de indivíduos encontrados na segunda coleta realizado em dezembro no verão, evidenciando assim o aumento da degradação do rio Alegria nessa estação, possivelmente pelo aumento da carga orgânica que o rio recebeu associada com maiores níveis de precipitação pluviométrica.

O plano da Bacia do Paraná 3 estipula que o rio é de classe 2 e 3 (entre o ponto P2 e P3), entretanto na análise de resultados prezou-se pela qualidade do corpo hídrico, utilizou-se então como parâmetro de conclusão a legislação mais restritiva. Com base nas análises físico-químicas dos pontos amostrados, conclui-se que o rio Alegria não está atendendo os parâmetros estipulados para rios de Classe 2 segundo a resolução CONAMA 357/05.

Pode-se afirmar que os macroinvertebrados bentônicos permitem sim avaliar a qualidade da água temporalmente e apresentam sensibilidade para indicar níveis de degradação causada por diversos poluentes. No entanto, muito ainda se tem a avançar no que diz respeito a regulamentação em legislações de monitoramento e parâmetros de cursos hídricos. Deve-se desenvolver métodos de amostragem específicos para cada local, identificação e avaliação dos resultados, afim de criar uma metodologia que facilite o planejamento amostral e a fácil leitura dos resultados. Também incluir estes organismos em ensaios ecotoxicológicos para poder quantificar a toxicidade geral de ambientes aquáticos poluídos.

## REFERÊNCIAS

AFONSO, A.A. & HENRY, R. 2002. **Retention of particulate organic matter in tropical headstream**. *Hydrobiologia*. v. 482, p.161-166. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/19186>>. Acessado em 01 de novembro de 2018.

ALLAN, J. D. 1995. **Stream ecology: structure and function of running waters**. London: Chapman & Hall. 388p. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=4tDNEFcQh7IC&lpg=PR13&ots=CRsggn9igZ&dq=stream%20ecology%20structure%20and%20function%20of%20running%20waters%20pdf&lr&hl=pt-BR&pg=PA58#v=onepage&q&f=false>>. Acessado em 01 de novembro de 2018.

ALBA-TERCEDOR, J. **Macroinvertebrados acuaticos y calidad de las aguas de los rios**. IV Simposio del Agua em Andaluzia (SIAGA), Almeria, 1996. Disponível em: <<http://ocw.atica.um.es/ciencias/ecologia/lectura-obligatoria-1/pubalbj1996p203.pdf>>. Acessado em 20 de junho de 2017.

APHA; AWWA; WPC – American Public Health Association, American Water Works Association and Water Pollution Control. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20 th Ed., 1998.

ARIAS, Ana Rosa Linde et al. **Utilização de bioindicadores na avaliação de impacto e no monitoramento da contaminação de rios e córregos por agrotóxicos**. *Ciência e Saúde coletiva*. 2007, vol.12, n.1, p. 61-72.

BELMEJO, L.; MARTOS, H. L. **Utilização de *Xiphophorus helleri* como bioindicador de poluição hídrica de derivados de petróleo em condições tropicais**. *Revista Eletrônica de Biologia*, v. 1, n. 2, p. 1-17, abr./jun. 2008.

BEM, Carla Cristina. **Macroinvertebrados bentônicos – Estratégia de monitoramento para gestão de recursos hídricos**. Tese (doutorado). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015. p. 1-177.

BOUCHARD JUNIOR, R. W. **Guide to aquatic macroinvertebrates of the Upper Midwest**. Water Resources Center, University of Minnesota, 2004. 208p. Disponível em: <<https://dep.wv.gov/WWE/getinvolved/sos/Pages/UMW.aspx>>. Acessado em 26 de setembro de 2018.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução do nº 01, de 23 de janeiro de 1986.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>>. Acessado em 02 de julho de 2017.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução do nº. 357, de 17 de março de 2005.** Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acessado em 02 de julho de 2017.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução do nº. 430, de 13 de maio de 2011.** Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acessado em 02 de julho de 2017.

BRINKHURST, R.O. **The benthos of lakes.** London: MacMillan, 1974. 190 p.  
CALLISTO, M.; MARQUES, M. M.; BARBOSA, F. A. R. **Deformities in larval Chironomus (Diptera, Chironomidae) from the Piracicaba river, southeast Brazil.** 2000. Disponível em: <[http://labs.icb.ufmg.br/benthos/index\\_arquivos/pdfs\\_pagina/Callisto.etal-2000b.pdf](http://labs.icb.ufmg.br/benthos/index_arquivos/pdfs_pagina/Callisto.etal-2000b.pdf)>. Acessado em 02 de julho de 2017.

BRINKHURST, R.O., JAMIESON. B. G. M. (1971). **Aquatic Oligochaeta of the world.** Oliver and Boyd, Edinburgh, pp 1-860. Disponível em: <[http://publications.gc.ca/collections/collection\\_2015/mpo-dfo/Fs97-18-44-eng.pdf](http://publications.gc.ca/collections/collection_2015/mpo-dfo/Fs97-18-44-eng.pdf)>. Acessado em 01 de novembro de 2018.

CALLISTO, M.; MORETTI, M.; GOULART, M. **Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde dos riachos.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Florianópolis, v. 6, n. 1, p. 71-82. 2001.

CALLISTO, M.; GOULART, M. **Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental.** Disponível em: <<http://www.santoangelo.uri.br/~briseidy/P%F3s%20Licenciamento%20Ambient al/bioindicadores%2019.10.2010.pdf>>. Acessado em 24 de agosto de 2018.

CARVALHO, A.L. & J.L. NESSIMIAN. 1998. **Odonata do estado do Rio de Janeiro, Brasil: Hábitats e hábitos das larvas.** Rio de Janeiro, PPGE-UFRJ, 309 p. Disponível em:

<file:///C:/Users/Junior/Desktop/LavrasOdonataBioindicadores.pdf>. Acessado em 01 de novembro de 2018.

CENSO DEMOGRÁFICO IBGE 2010. Medianeira. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/v4/municipio/411580>>. Acessado em: 12 de junho de 2017.

CETESB. **Avaliação da situação atual de contaminação dos rios Mogi-Guaçu e Pardo e seus reflexos sobre as comunidades biológicas**: relatório técnico. São Paulo, 1980. 3 v.

CETESB. **Protocolo para o biomonitoramento com as comunidades bentônicas de rios e reservatórios do estado de São Paulo**. São Paulo, 2012. 113 p.

CETESB. **Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo – 2004**. São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 2004. v. 1. 307p.

CUNHA, D. G. F.; CALIJURI, M. C. **Sistemas aquáticos continentais**. Engenharia Ambiental: Conceitos, Tecnologia e Gestão. 2012. Disponível em <[https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=ne-HAAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT3&dq=Sistemas+aqu%C3%A1ticos+continentais.+Engenharia+Ambiental:+Conceitos,+Tecnologia+e+Gest%C3%A3o&ots=vEiw\\_yDZRJ&sig=KCMxkyDaNKQuAqtLNElfjKLiQeO#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=ne-HAAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT3&dq=Sistemas+aqu%C3%A1ticos+continentais.+Engenharia+Ambiental:+Conceitos,+Tecnologia+e+Gest%C3%A3o&ots=vEiw_yDZRJ&sig=KCMxkyDaNKQuAqtLNElfjKLiQeO#v=onepage&q&f=false)>. Acessado em: 20 de junho de 2017.

DARRIGRAN, G.; MARTINS, S.; GULLO, B.; ARMENDARIZ, L. **Macroinvertebrates associated with limnoperna fortunei** (Dunker, 1857) (Bivalvia, Mytilidae) in Rio de La Plata, Argentina. Hidrobiología, 1998. 367: 223-230.

ELLER, A. P. R. et al. **Biomonitoramento da Bacia do Rio das Velhas utilizando os Macroinvertebrados Bentônicos Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta de avaliação ambiental**. 2009. Disponível em <<http://150.164.90.128/assets/files/Biomonitoramento/biomonitoramento-novo.pdf>>. Acessado em 20 de junho de 2017.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 575p.

FERRARI, B., MONS, R. VOLLAT, B., FRAYSSE, B., PAXEUS, N., LO GIUDICE, R., POLLIO A., GARRIC, J. 2004. **Environmental risk assessment of six human pharmaceuticals: are the current environmental risk assessment procedures sufficient for the protection of the aquatic environment**: Environmental Toxicology Chemistry. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15180389>>. Acessado em 20 de junho de 2017.

FERREIRO, N. R.B. **Caracterização ecológica do rio Tuá**. 2007. 101f. Dissertação (Mestrado em Hidrobiologia) – Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, Porto, 2007. Disponível em: < [http://www.fc.up.pt/fcup/contactos/teses/t\\_040370156.pdf](http://www.fc.up.pt/fcup/contactos/teses/t_040370156.pdf)>. Acessado em 26 de setembro de 2018.

FLOTEMERSCH, J.E. et al. **Development of a standardized large river bioassessment protocol (LR-BP) for macroinvertebrate assemblages**. River Res. Applic., Berlin, v. 22, n. 7, p. 775-790, sept. 2006.

BRASIL. Governo do Brasil. **Lei das águas assegura a disponibilidade do recurso no país**. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/editoria/meio-ambiente/2010/10/lei-das-aguas-assegura-a-disponibilidade-do-recurso-no-pais>>. Acessado em 28 de agosto de 2018.

GUERESCHI, R.M. **Macroinvertebrados bentônicos em córregos da estação ecológica de Jataí, Luiz Antônio, SP**: Subsídios para monitoramento ambiental. 2004. Tese (doutorado). Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, 2004. Disponível em: < <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/1647>>. Acessado em 20 de junho de 2017.

JOHNSCHER, G.L. et al. **A comunidade bentônica e a caracterização da qualidade da água de um trecho do rio Atibaia**. São Paulo: CETESB, 1979. 31 p. Trabalho apresentado ao 10º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, São Paulo, CETESB.

JOHNSCHER-FORNASARO, G.; ZAGATTO, P.A. **The use of the benthic community as a water quality indicator in the Cubatão River Basin**. Water Sci. Tech., London, UK, v. 19, n. 11, p. 107-112, 1987.

KARR, J. R. **Biological integrity: a long - neglected aspect of water resource management**. Ecological Applications 1: 66-84, 1991. Disponível em <<https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/46860/1941848.pdf?sequence=1>>. Acessado em 02 de junho de 2017.

KARR, J. R. **Rivers as sentinels: using the biology of rivers to guide landscape management**. River Ecology and Management: lessons from the Pacific Coastal Ecoregion (Eds R. J. Naiman and R. E. Bilby), p. 502-528, 1998. Springer-Verlag, New York. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/238106592\\_Rivers\\_As\\_Sentinels\\_Using\\_the\\_Biology\\_of\\_Rivers\\_to\\_Guide\\_Landscape\\_Management](https://www.researchgate.net/publication/238106592_Rivers_As_Sentinels_Using_the_Biology_of_Rivers_to_Guide_Landscape_Management)>. Acessado em 17 de junho de 2017.

LAZZEREIS, S. A. F. **Avaliação e monitoramento da qualidade do Rio Alegria**. 2013. Disponível em <[http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/4596/1/MD\\_GAMUNI\\_2014\\_2\\_67.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/4596/1/MD_GAMUNI_2014_2_67.pdf)>. Acessado em 30 de agosto de 2018.

LENAT, D. R. & BARBOUR, M. T. (1994). **Using benthic macroinvertebrate communitie structure for rapid, cost-effective, water quality monitoring: rapid bioassessment**. In: Coeb, S. L. & Spacie, A. (eds). Biological monitoring of aquatic systems. Lewis Publishers, Boca Ratom, Florida. p. 187-215.

MACHADO, P. J. O.; CARVALHO, A. C. B.; SAUZA, F. F. C. **Utilização do Parâmetro Oxigênio Dissolvido (OD) como indicador da qualidade das águas do Córrego São Pedro**, em Juiz de Fora/MG. Fórum Ambiental da Alta Paulista. Volume Lv, 2008. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/geografia/v13n1eletronica/2.pdf>>. Acessado em 20 de junho de 2017.

MELO, A. S. 2008. **O que ganhamos 'confundindo' riqueza de espécies e equitabilidade em um índice de diversidade?** Biota Neotropica, 8(3): 21-27.

MERRIT, R., CUMMINS, K. **An introduction to the aquatic insects of North America**. 2.ed. Kendall: Hunt Publishing, 1984. 722p. Disponível em: <<http://coweeta.uga.edu/publications/221.pdf>>. Acessado em 17 de junho de 2017.

MEYBECK, M.; HELMER, R. **An introduction to water quality**. Water quality assessment. Cambrige: University Press, 1992. Disponível em: <[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/resourcesquality/wqachapter1.pdf?ua=1](http://www.who.int/water_sanitation_health/resourcesquality/wqachapter1.pdf?ua=1)>. Acessado em 04 de junho de 2017.

NIETCH, C.T., QUINLAN, E.L., LAZORCHAK, J. M., IMPELLITTERI, C. A., RAIKOW, D., WALTERS, D. 2013. **Effects of a chronic lower range of triclosan exposure on a stream mesocosm community**. Environmental Toxicology Chemistry, 2013. Disponível em <



<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/etc.2385/abstract>>. Acessado em 02 de julho de 2017.

ORSSATTO, F. **Avaliação da qualidade da água do Ribeirão Coati Chico, Cascavel – PR**. 2008. Monografia, Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental e de Recursos Hídricos. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, 2008.

PÉREZ, G. R. **Guia para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia**. Colômbia: Colciencias, 1996. 217p. Disponível em: < <https://www.ianas.org/docs/books/wbp13.pdf>>. Acessado em 26 de julho de 2018.

PLANO DIRETOR DO MUNICÍPIO DE MEDIANEIRA – PR. 2ª Fase Avaliação Temática Integrada, 2007. Disponível em: <<http://www.medianeira.pr.gov.br/planodiretor/material/09/anexos/PDM-02.pdf>>. Acessado em 25/09/2018.

PLANO DA BACIA DO PARANÁ 3 – PLANO DA BP3. **Características Gerais da Bacia**. 2014. Disponível em <[http://www.aguasparana.pr.gov.br/arquivos/File/Parana\\_3/plano\\_de\\_bacia/Produto\\_01\\_Caracteristicas\\_Gerais\\_da\\_Bacia\\_BP3\\_2014\\_v07\\_Final.pdf](http://www.aguasparana.pr.gov.br/arquivos/File/Parana_3/plano_de_bacia/Produto_01_Caracteristicas_Gerais_da_Bacia_BP3_2014_v07_Final.pdf)>. Acessado em 30 de agosto de 2018.

PINTO, R.R. **Macroinvertebrados bentônicos como indicadores de poluição em rios urbanos**: um estudo do rio Grande – JPA – RJ, 2008. Biblioteca da SCIELO. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v36n2/a20v36n2.pdf>>. Acessado em 02 de julho de 2017.

RAPOSO, A.A.; BARROS, L.F.P; MAGALHÃES JÚNIOR, A.P. **O parâmetro de turbidez das águas como indicador de impactos humanos na dinâmica fluvial da bacia do Rio Maracujá** – Quadrilátero. XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. 13, 2009, Viçosa. Trabalho completo. Disponível em: <<http://www.geo.ufv.br/simposio>>. Acesso em 02 de julho de 2017.

SILVA, O. S. A. da. **Análises Físico-Químicas para Estações de Tratamento de Esgotos**. São Paulo: ABES; CETESB, p. 226, 1977.

SPERLING, M. von. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3.ed. Belo Horizonte: UFMG/Departamento de Engenharia Sanitária, 2005. v.1, 452p.

SUGUIO, K., 1973. **Introdução a sedimentologia**. São Paulo. Ed. Edgard Blucher. EDUSP, 317 p.

TOFOLI, L. A. **Monitoramento da qualidade da água em mananciais pertencentes à bacia hidrográfica do Tietê – Botucatu, SP**. 2010. 104f. Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI – Enfrentando a escassez**. 2 ed. São Carlos. Rima 2003. 248p.

UIEDA, V.S. & GAJARDO, I.C.S.M. 1996. **Macroinvertebrados perifíticos encontrados em poções e corredeiras de um riacho**. Naturalia. 21: 31-47. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/285494644\\_Macroinvertebrados\\_perifiticos\\_encontrados\\_em\\_pocoas\\_e\\_corredeiras\\_de\\_um\\_riacho](https://www.researchgate.net/publication/285494644_Macroinvertebrados_perifiticos_encontrados_em_pocoas_e_corredeiras_de_um_riacho)>. Acessado em 01 de novembro de 2018.