



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO CIÊNCIAS AGRARIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA

Bruno Mendes Visoni

**Efeito da criação de tambaqui (*Colossoma macropomum*) em tanques-rede  
sobre os macroinvertebrados bentônicos**

Florianópolis

2020

Bruno Mendes Visoni

**Efeito da criação de tambaqui (*Colossoma macropomum*) em tanques-rede  
sobre os macroinvertebrados bentônicos**

Dissertação submetida ao Programa de Pós Graduação de  
Aquicultura da Universidade Federal de Santa Catarina  
para a obtenção do título de Mestre em Aquicultura

Orientador: Prof. Alex Pires de Oliveira Nuñez, Dr.  
Coorientadora: Flávia Tavares de Matos, Dr<sup>a</sup>.

Florianópolis

2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Visoni, Bruno Mendes

Efeito da criação de tambaqui (*Colossoma macropomum*) em tanques-rede sobre os macroinvertebrados bentônicos / Bruno Mendes Visoni ; orientador, Alex Pires de Oliveira Nuñez, coorientadora, Flávia Tavares de Matos, 2020.  
64 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós Graduação em Aquicultura, Florianópolis, 2020.

Inclui referências.

1. Aquicultura. 2. Insetos aquáticos. 3. Limnologia. 4. Peixes nativos. I. Nuñez, Alex Pires de Oliveira . II. Matos, Flávia Tavares de . III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Aquicultura. IV. Título.

Bruno Mendes Visoni

**Efeito da criação de tambaqui (*Colossoma macropomum*) em tanques-rede  
sobre os macroinvertebrados bentônicos**

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Alex Pires de Oliveira Nuñez, Dr.  
Instituição Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Luiz Carlos de Pinho, Dr.  
Instituição Universidade Federal de Santa Catarina

Aurea Luiza Lemes da Silva, Dra.  
Instituição Universidade Federal de Santa Catarina

Certificamos que está é a versão original e final do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de mestre em Aquicultura.

---

Profª. Leila Hayashi, Dra.  
Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Aquicultura

---

Prof. Alex Pires de Oliveira Nuñez, Dr.  
Orientador

Florianópolis, 2020

À minha família: como os galhos de uma árvore, todos  
crescemos em direções diferentes, mas a nossa raiz continua  
sendo a mesma.

Dedico-lhes de coração.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecimento as equipes do Laboratório de Biologia e Cultivo de Peixes de Água Doce (LAPAD/UFSC), da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Pesca e Aquicultura (EMBRAPA-TO), do Núcleo de Ensino, Pesquisa e Extensão em Agroecologia (NEPEA/UFSC), do Laboratório de Insetos Aquáticos (LIA/UFSC). Agradeço ambas as instituições pelo total apoio para realização desse trabalho.

Em especial aos amigos e colegas que fiz durante esse curto período de tempo em Tocantins e em Florianópolis, Andria, Arcangelo, Cledimar, Lucas, Gildean, Daniel, Guilherme, Lorena, Flora, Rodolfo (NEPEA), Gustavo, Joanadap, Lula, Lucas, Flávia Tavares, Flavia, Ane, Eder, Jonas, Fabricio, Rosi, Aldo, Pedro, Vivi, Jhon (Emprapa - TO) Mauricio (negão), Renata, Alex, Luciano, Hyago, Marilyse (LAPAD), Jorge (LABNUTRI) e Luiz Pinho (LSDip). De alguma forma vocês me ajudaram quando eu mais precisei, tanto em conhecimento, materiais ou em aproveitar a vida a cada instante: meu muito obrigado.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

## RESUMO

O objetivo do estudo foi analisar o efeito produzido pela criação de peixes em tanques-rede, e pela população ribeirinha, sobre a estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos no reservatório da usina hidrelétrica Luís Eduardo Magalhães em Palmas, TO. Foram analisados oito pontos de coleta: P1: localizado próximo aos tanques-rede da associação de aquicultores; P2-P7: localizados próximos aos tanques-rede da Embrapa; P8: localizado próximo a comunidade ribeirinha. Também foi avaliada a influência das tanques-rede nos pontos P4, P6 e P7 (10, 100 e 200 m da linha dos tanques-rede), e também realizadas análises físicas e químicas de água e de sedimentos. As análises mostraram que macroinvertebrados bentônicos se correlacionaram com diferentes níveis de nutrientes. Os táxons com hábito alimentar herbívoro, estiveram mais correlacionados com as concentrações de fósforo e nitrogênio, além de argila e silte. Táxons com hábito alimentar detritívoro apresentaram correlação com as concentrações de carbono, além de silte e argila. Nos pontos P4, P6 e P7 os macroinvertebrados mostraram relação com as diferentes distâncias dos tanques-rede, de acordo com a concentração de nutrientes e com a atividade biológica. Na fase final do experimento, táxons mais tolerantes a impactos ambientais foram mais frequentes a uma distância mais próxima da linha dos tanques-rede, enquanto táxons menos tolerantes se distribuíram a uma maior distância.

**Palavras-chave:** Aquicultura. Insetos aquáticos. Limnologia. Peixes nativos.

## ABSTRACT

The study's objective was to analyze the effect produced by the creation of fish in cages, and by the riverside population, on the structure of the benthic macroinvertebrate community in the Luís Eduardo Magalhães hydroelectric plant reservoir in Palmas (Tocantins State). Eight sampling points were analyzed: P1: located near the cages of the aquaculture farmers' association; P2-P7: located close to Embrapa's cages; P8: located near the riverside community. The cages' influence at points P4, P6, and P7 (10, 100, and 200 m from the cages) was also evaluated. Physical and chemical analyzes of water and sediments were also carried out. The analyzes showed that benthic macroinvertebrates correlated with different levels of nutrients. The taxa with herbivorous eating habits were more correlated with the concentrations of phosphorus and nitrogen, in addition to clay and silt. Taxa with detritivorous eating habits showed a correlation with carbon concentrations, in addition to silt and clay. The macroinvertebrates showed a relationship with cage distances at points P4, P6, and P7, according to the concentration of nutrients and biological activity. In the final phase of the experiment, taxa more tolerant to environmental impacts were more frequent at a distance closer to the cages, while less tolerant taxa were distributed over a greater distance.

**Keywords:** Aquacultures. Aquatic insects. Limnology. Native fish.

## LISTA DE FIGURAS

|            |  |    |
|------------|--|----|
| Figura 1.  | Localização do Parque Aquícola Sucupira e dos pontos de coleta de sedimento e água.....  | 20 |
| Figura 2.  | Relação entre os macroinvertebrados bentônicos e as características ambientais dos tanques-rede da Associação de Aquicultores. ....  | 25 |
| Figura 3.  | Relação entre os Chironomidae e as características ambientais dos tanques-redes da Associação de Aquicultores.....   | 25 |
| Figura 4.  | Correlação entre macroinvertebrados bentônicos e as variáveis ambientais junto aos tanques-rede da Embrapa.....  | 28 |
| Figura 5.  | Correlação entre Chironomidae e as variáveis ambientais junto aos tanques-rede da Embrapa (P2 a P7). ....  | 29 |
| Figura 6.  | Correlação entre os macroinvertebrados bentônicos e as variáveis ambientais, amostrados junto à comunidade ribeirinha. ....  | 31 |
| Figura 7.  | Correlação das morfo-espécies de Chironomidae com as variáveis ambientais, amostradas junto à comunidade ribeirinha .....  | 32 |
| Figura 8.  | Localização dos pontos de coleta do sedimento e água durante o cultivo de <i>Colossoma macropomum</i> em tanques-rede localizados na UHE Luís Eduardo Magalhães.....   | 45 |
| Figura 9.  | Ordenamento dos pontos de coleta de água e sedimento (P4, P6 e P7) após o início do cultivo de <i>Colossoma macropomum</i> em tanques-rede localizados na UHE Luís Eduardo Magalhães. ....                       | 51 |
| Figura 10. | Relação entre os macroinvertebrados bentônicos e as variáveis ambientais nos pontos P4, P6, P7 durante o cultivo de <i>Colossoma macropomum</i> em tanques-rede localizados na UHE Luís Eduardo Magalhães. ....  | 52 |
| Figura 11. | Relação entre as morfo-espécies de Chironomidae e as variáveis ambientais nos pontos P4, P6, P7 durante o cultivo de <i>Colossoma macropomum</i> em tanques-rede localizados na UHE Luís Eduardo Magalhães. .... | 53 |

## LISTA DE TABELAS

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| Tabela 1. | Características dos pontos de coletas localizadas no reservatório Luiz Eduardo Magalhães, Palmas - TO.....  | 22 |
| Tabela 2. | Condições atmosféricas e quantidade de ração utilizada mensalmente nos TR da Embrapa.....   | 23 |
| Tabela 3  | Análise física e química do sedimento, amostrado nos tanques-rede da Associação de Aquicultores.....  | 24 |
| Tabela 4. | Abundância de macroinvertebrados bentônicos amostrados durante os meses de junho, julho e agosto junto aos tanques-redes da Associação de Aquicultores.....   | 24 |
| Tabela 5. | Análise física e química do sedimento, amostrado nos tanques-redes da Embrapa.  | 26 |
| Tabela 6. | Abundância de macroinvertebrados bentônicos amostrados nos pontos P2-P7 durante os meses de junho (J), julho (Jl) e agosto (A) juntos aos tanques-redes da Embrapa.....   | 27 |
| Tabela 7. | Variáveis físicas e químicas do sedimento, junto à comunidade ribeirinha. ....  | 30 |
| Tabela 8  | Abundância de macroinvertebrados bentônicos registrados junto a P8, na comunidade ribeirinha. ....  | 30 |
| Tabela 9  | Localização e características dos pontos de coletas localizadas no reservatório Luiz Eduardo Magalhães, Palmas-TO, selecionados para avaliar a influência do cultivo de <i>Colossoma macropomum</i> em tanques-rede sobre os macroinvertebrados bentônicos..... | 46 |
| Tabela 10 | Condições atmosféricas e quantidade de ração utilizada mensalmente nos TR da Embrapa.....   | 48 |
| Tabela 11 | Macroinvertebrados bentônicos amostrados durante o cultivo de <i>Colossoma macropomum</i> em tanques-rede localizados na UHE Luís Eduardo Magalhães. ....   | 49 |
| Tabela 12 | Análise do sedimento e da ração observando os parâmetros físico e químico nos meses de junho, julho e agosto de 2019. ....  | 49 |
| Tabela 13 | Variáveis da qualidade de água no cultivo de <i>Colossoma macropomum</i> em tanques-rede localizados na UHE Luís Eduardo Magalhães. ....  | 50 |

## SUMÁRIO

|              |   |           |
|--------------|---|-----------|
| <b>1</b>     | <b>INTRODUÇÃO .....</b>   | <b>12</b> |
| <b>1.1</b>   | <b>Cultivo em tanques-rede .....</b>  | <b>12</b> |
| <b>1.2</b>   | <b>Ração.....</b>   | <b>13</b> |
| <b>1.3</b>   | <b>Nutrientes .....</b>   | <b>13</b> |
| <b>1.4</b>   | <b>Macroinvertebrados aquáticos bentônicos.....</b>                                   | <b>14</b> |
| <b>1.5</b>   | <b>Qualidade da água .....</b>  | <b>15</b> |
| <b>1.6</b>   | <b>Sedimento .....</b>  | <b>15</b> |
| <b>1.7</b>   | <b>População ribeirinha .....</b>   | <b>16</b> |
| <b>2</b>     | <b>OBJETIVO GERAL .....</b>   | <b>17</b> |
| <b>2.1</b>   | <b>Objetivos específicos.....</b>   | <b>17</b> |
|              | <b>FORMATAÇÃO DOS CAPÍTULOS DA DISSERTAÇÃO .....</b>                                  | <b>17</b> |
|              | <b>CAPÍTULO I.....</b>  | <b>18</b> |
| <b>1</b>     | <b>INTRODUÇÃO .....</b>   | <b>19</b> |
| <b>2</b>     | <b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>   | <b>20</b> |
| <b>2.1</b>   | <b>Tanques-redes da Associação de Aquicultores .....</b>                              | <b>20</b> |
| <b>2.2</b>   | <b>Tanque rede da Embrapa .....</b>   | <b>21</b> |
| <b>2.3</b>   | <b>Comunidade ribeirinha.....</b>   | <b>21</b> |
| <b>2.4</b>   | <b>Análises de sedimento.....</b>   | <b>21</b> |
| <b>2.5</b>   | <b>Análise estatística.....</b>   | <b>23</b> |
| <b>2.6</b>   | <b>Caracterização do ambiente .....</b>   | <b>23</b> |
| <b>3</b>     | <b>RESULTADOS .....</b>   | <b>23</b> |
| <b>3.1</b>   | <b>Associação de aquicultores .....</b>   | <b>23</b> |
| <b>3.2</b>   | <b>Tanques-redes da Embrapa (P2-P7).....</b>  | <b>26</b> |
| <b>3.3</b>   | <b>Comunidade Ribeirinha (P8).....</b>  | <b>29</b> |
| <b>4</b>     | <b>DISCUSSÃO .....</b>  | <b>32</b> |
| <b>4.1</b>   | <b>Tanques-redes da Associação de Aquicultores .....</b>                              | <b>32</b> |
| <b>4.1.1</b> | <b>Táxons encontrados nos tanques-redes da associação de aquicultores .....</b>       | <b>33</b> |
| <b>4.1.2</b> | <b>Chironomidae encontrados nos tanques-redes da associação de aquicultores .....</b> | <b>34</b> |
| <b>4.2</b>   | <b>Tanques-redes da Embrapa (P2 a P7) .....</b>                                       | <b>34</b> |
| <b>4.2.1</b> | <b>Táxons encontrados nos tanques-redes da Embrapa (P2 a P7).....</b>                 | <b>35</b> |
| <b>4.2.2</b> | <b>Chironomidae encontrados nos tanques-redes da Embrapa (P2 A P7) .....</b>          | <b>35</b> |
| <b>4.3</b>   | <b>Comunidade ribeirinha.....</b>   | <b>36</b> |

|            |  |           |
|------------|--|-----------|
| 4.3.1      | Táxons encontrados próximos à comunidade ribeirinha P8 .....   | 37        |
| 4.3.2      | Chironomidae encontradas próximo à comunidade ribeirinha ..... | 38        |
|            | <b>REFERÊNCIAS.....</b>  | <b>39</b> |
|            | <b>CAPÍTULO II.....</b>  | <b>43</b> |
| <b>1</b>   | <b>INTRODUÇÃO .....</b>  | <b>44</b> |
| <b>2</b>   | <b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>                                | <b>45</b> |
| <b>2.1</b> | <b>Aquisição e preparo dos alevinos .....</b>                  | <b>45</b> |
| 2.1.1      | Análise de qualidade de água e sedimento .....                 | 46        |
| <b>2.2</b> | <b>Análise da ração comercial .....</b>                        | <b>47</b> |
| <b>2.3</b> | <b>Análise estatística.....</b>                                | <b>47</b> |
| <b>2.4</b> | <b>Caracterização do ambiente .....</b>                        | <b>48</b> |
| <b>3</b>   | <b>RESULTADOS .....</b>  | <b>48</b> |
| <b>3.1</b> | <b>Macroinvertebrados bentônicos .....</b>                     | <b>48</b> |
| <b>4</b>   | <b>DISCUSSÃO .....</b>   | <b>54</b> |
| <b>4.1</b> | <b>Tanques-redes e qualidade de água. ....</b>                 | <b>54</b> |
| 4.1.1      | Táxons relacionados aos tanques-redes .....                    | 55        |
| 4.1.2      | Morfo-espécies de Chironomidae.....                            | 56        |
|            | <b>REFERÊNCIAS.....</b>  | <b>57</b> |
|            | <b>CONCLUSÕES GERAIS .....</b>                                 | <b>60</b> |
|            | <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA INTRODUÇÃO GERAL.....</b>     | <b>61</b> |

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Cultivo em tanques-rede

O cultivo de peixes em tanques-rede (TR) é uma atividade milenar, uma vez que as primeiras espécies aquáticas foram cultivadas durante a dinastia Sung na China, entre 960-1280 D.C. (BAO-TONG, 1994).

Já os primeiros cultivos comerciais apareceram no Japão na década de 1960, enquanto no Brasil o cultivo em TR chegou na década de 1980 (CAVALCANTE, 2010). Desde então este tipo de cultivo se mostrou promissor, devido ao menor custo inicial comparado ao cultivo em tanques escavados, e à possibilidade de se trabalhar com alta densidade de estocagem (LIRANÇO et al., 2011).

Devido às altas densidades de estocagem, a exigência de alimentos nutricionalmente balanceados é de extrema importância para o desenvolvimento dos peixes criados neste sistema (FURUYA et al., 2001; CHAGAS et al., 2005). De acordo com Chagas et al. (2005), quando estocadas em altas taxas de densidade, se torna quase inacessível para uma espécie atingir a sua exigência nutricional, devido a condições que desfavorecem a captura do alimento e até mesmo condições climáticas. Estudo realizado com *Pseudoplatystoma corruscans* em sistema de criação em tanques-rede mostrou a importância do fornecimento de alimentos nutricionalmente balanceados para o desenvolvimento da espécie e para a diminuição do custo total de produção (LIRANÇO et al., 2011).

Contudo, o alimento bem balanceado não só é importante para o desenvolvimento animal, como também apresenta o papel fundamental de não permitir que o excesso de nutrientes não assimilados seja despejado no meio ambiente (RAMOS et al., 2010). Odum (1989) e Henry-Silva e Camargo (2018) mostraram que boa parte dos nutrientes presentes na ração podem ser lixiviados pelo contato com a água, ou excretados, caso não sejam assimilados pelos organismos.

Abimorad e Carneiro (2004) registraram uma variação de 75 a 93% de digestibilidade para ingredientes energéticos e de 57 a 68% para ingredientes proteicos, em estudo sobre a digestibilidade da fração proteica e energética dos alimentos para *Piaractus mesopotamicus*, sendo que a não assimilação dos nutrientes não metabolizados, poderá ser excretada para o meio ambiente.

## 1.2 Ração

A ração é um fator importante a ser observado quando se produz peixes de forma intensiva, pois uma grande quantidade de nutrientes é depositada no corpo hídrico. A ração não metabolizável, ou lixiviável, em contato com a água pode aumentar os seus nutrientes e os do sedimento (TROELL; BERG, 1997).

Nutrientes como nitrogênio e fósforo estão entre os principais modificadores do ambiente aquático, e fazem parte da composição da ração, principalmente na fase inicial, na qual os peixes necessitam de maior quantidade de nitrogênio para o seu crescimento (GUIMARÃES; MARTINS 2016).

A produção aquícola gera grande quantidade de nutriente, que se transforma em matéria orgânica que pode se depositar no fundo de reservatórios hídricos (TROELL; BERG, 1997), e seu acúmulo pode influenciar os macroinvertebrados. Pareschi (2008) observou que espécies sensíveis como Ephemeroptera e Trichoptera se dissipam em ambientes com condições desfavoráveis como excesso de nutriente, nitrogênio, fósforo e carbono, e que espécies tolerantes aumentam em quantidade de táxons, exemplos de Chironomidae, Oligochaeta (BUBINAS; JAMINIENÉ, 2001).

## 1.3 Nutrientes

As áreas de cultivo em tanques-rede, geralmente localizadas em ambiente mais lântico, recebem grandes quantidades de dejetos orgânicos, na maioria das vezes provindos de rações que não são aproveitadas pelos peixes ou que simplesmente lixiviam em contato com a água, que poderão ser depositados no sedimento (MENEZES; BEYRUTH, 2003). Esses sedimentos se tornam ricos em nutrientes, e seu acúmulo em excesso podem alterar alguns fatores ambientais, tanto biológicos como físicos e químicos (MENEZES; BEYRUTH, 2003). Henry-Silva e Camargo (2008) relataram que o aumento da concentração de fósforo e de nitrogênio está entre as principais mudanças ambientais naturais. A alta concentração de fósforo, no ambiente aquático, pode conduzir à eutrofização, que pode ocasionar aumento das populações de algas (BARRETO et al. 2013).

O fósforo e o nitrogênio em grandes concentrações podem produzir alterações, não apenas na qualidade da água, mas também na microfauna presente (RAMOS et al., 2010). Esteves (2011) relata que com o aumento da concentração de fósforo levam mudanças nos parâmetros físicos e químicos, dentre os mais comuns se destacam o aumento da biomassa

verde e a diminuição do nível de oxigenação. Loch et al. (1996), investigando o efeito dos efluentes de tanques-rede de criação de truta (*Oncorhynchus mykiss*) sobre a riqueza de macroinvertebrados bentônicos, verificaram uma diminuição da diversidade de espécies de efemerópteros, plecópteros e tricópteros nos rios onde os efluentes eram despejados.

#### 1.4 Macroinvertebrados aquáticos bentônicos

Na comunidade aquática os macroinvertebrados são organismos que apresentam tamanho superior a 500  $\mu\text{m}$  (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1999), e são considerados bentônicos quando passam uma parte da vida no sedimento de corpos hídricos.

Segundo Esteves, Leal e Callisto (2011) os organismos aquáticos podem apresentar distinção quanto à densidade, diversidade e função ecológica, em função do ambiente onde se encontram. A distribuição dos macroinvertebrados bentônicos difere entre si de acordo com o grau de poluição orgânica, pois há organismos típicos de ambientes não poluídos ou de boa qualidade de água (ex. ninfas de Plecoptera e larvas de Trichoptera – Insecta), organismos tolerantes à poluição orgânica (ex. Heteroptera e Odonata - Insecta e Amphipoda - Crustacea) e organismos resistentes à poluição orgânica (ex. Chironomidae – Diptera, e Oligochaeta – Annelida) (CALLISTO; MORETTI; GOULART, 2001).

Dentre os macroinvertebrados bentônicos mais encontrados em reservatórios de ambientes lênticos estão alguns bivalves, como a *Corbicula fluminea*, e outros, como Hirudíneas, Oligochaeta, Chaoboridae e Chironomidae (MOLOZZI, et al., 2011).

Thomaz et al. (2015) relataram que as espécies invasoras são as que mais causam perda na biodiversidade no mundo, sendo que as espécies de bivalve são as mais bem sucedidas em invasões dos ecossistemas de água doce (PASCHOAL et al. 2015). *Corbicula fluminea* é uma espécie invasora encontrada em quase todas as bacias hidrográficas do Brasil, que vem causando grandes prejuízos na biodiversidade brasileira (LINARES; CALLIESTO; MARQUES, 2017)

Os macroinvertebrados bentônicos tem relação direta com o sedimento, promovendo oxigenação nos sedimentos, que por sua vez afeta os ciclos biogeoquímicos (FRAUEDORF et al. 2013)

Uma das vantagens de se utilizar macroinvertebrados como indicadores de alteração do meio ambiente é que eles apresentam um ciclo de vida suficientemente longo, que favorece sua detecção ambiental em tempo hábil, tamanho de corpo relativamente grande e de fácil amostragem, técnicas de padronizadas de custo baixo e alta diversidade de espécies, que

apresentam uma enorme gama de tolerância e amplo espectro de respostas frente a diferentes níveis de contaminação (CALLISTO; MORETTI; GOULART, 2001). De acordo com Menezes e Beyruth (2003), macroinvertebrados bentônicos apresentam um importante papel no processamento da matéria orgânica, acelerando sua decomposição, e promovendo a ciclagem de nutrientes.

### **1.5 Qualidade da água**

As condições de qualidade de água e sedimentos de reservatórios estão totalmente entrelaçadas (DALU et al., 2017). Para se entender o comportamento dos macroinvertebrados é fundamental não só a análise química do sedimento, mas também a avaliação da qualidade da água. Romero et al., (2017) relataram que os macroinvertebrados tem comportamentos diferentes quanto expostos a diferentes parâmetros limnológicos. Neste sentido Davis et al., (2019) observaram que a maioria dos táxons foi fortemente influenciada pelas concentrações de nitrogênio e de fósforo.

Em trabalho realizado na barragem de Santa Bárbara, em Pelotas, RS, Piedras et al., (2006) mostraram que algumas espécies de macroinvertebrados bentônicos são fortemente influenciadas pelo nível de oxigenação na água, principalmente os pertencentes a famílias de Oligochaeta, que predominam em condições com baixos teores de oxigênio. Portanto a concentração de oxigênio dissolvido se torna um fator limitante, sendo que diversos trabalhos relataram a importância dessa variável limnológica para os organismos aquáticos (CONNOLLY; CROSSLAND; PEARSON, 2004).

### **1.6 Sedimento**

Gieswein, Hering e Lorenz (2019) e Hubler et al. (2016) relataram que sedimentos finos, partículas orgânicas e inorgânicas menores que 2,0 mm, ocorrem naturalmente em ambiente aquático, e que esses sedimentos finos podem aumentar ou diminuir a concentração de organismos bentônicos, através de práticas agrícolas ou desenvolvimento urbano. Partículas inorgânicas (areia, silte e argila), podem agregar partículas orgânicas, formando agregados que podem afetar atividades biológicas presente no sedimento (ZHANG et al., 2015; MURPHY et al., 2017). Gieswein, Hering e Lorenz (2019) relataram que muitos macroinvertebrados aquáticos, utilizam os espaços intersticiais do sedimento como refúgio de correntes e predação,

e com o aumento das partículas finas esses espaços tendem a entupir, o que pode alterar a densidade de macroinvertebrados, a diversidade e a composição da comunidade.

Os macroinvertebrados bentônicos respondem a diferentes aspectos dos sedimentos, podendo ser por sedimentos finos e grossos ou por alterações químicas e físicas (MURPHY et al., 2017; MATHERS; ARROZ; WOODS, 2017). Em reservatórios, uma parte dos macroinvertebrados é bentônica, e, portanto, se relaciona com o sedimento (DALU et al., 2017). Haddadimoghaddam et al. (2019) realizaram estudo no sul do Irã, e observaram mudança na ordem dos táxons de macroinvertebrados bentônicos influenciados pela produção da truta arco-íris. Na aquicultura, entre os estressores ambientais mais frequentes estão os sedimentos finos depositados, com concentrações elevadas de nutrientes, como nitrogênio, fósforo (DAVIS et al., 2018) e o carbono (ZHANG et al., 2015).

### **1.7 População ribeirinha**

Devido ao crescimento populacional, a análise do seu impacto em rios deve ser averiguada. A população ribeirinha, geralmente vive da pesca e da aquicultura como forma de sustento, e geralmente essa população se instala em locais de fácil acesso a sua forma de sustento, porém, devido à falta de orientação técnica, muitos dos descartes gerado por essa população acabam sendo depositados dentro dos rios. Existem trabalhos relacionando o impacto ocasionado por tanques-redes em rios, como o de Kaya e Pulatsül (2017) , mas não foram encontrados trabalhos relacionando o impacto como um todo, ou seja, em um cenário envolvendo a população ribeirinha, tanques-rede instalados há muito tempo e tanques-rede recém-instalados.

Analisando-se essas três formas de pressão, teremos uma ideia do comportamento do impacto ambiental produzido pela aquicultura.

## 2 OBJETIVO GERAL

Avaliar o impacto da população ribeirinha e do cultivo de peixes em tanques-rede sobre a fauna de macroinvertebrados bentônicos no reservatório da usina hidrelétrica Luís Eduardo Magalhães (Palmas, TO).

### 2.1 Objetivos específicos

- Analisar a abundância e a diversidade de macroinvertebrados bentônicos em áreas do entorno dos tanques-rede e da população ribeirinha.
- Analisar a influência da qualidade da água sobre os macroinvertebrados bentônicos;
- Analisar a influência do sedimento sobre a distribuição macroinvertebrados bentônicos.

## FORMATAÇÃO DOS CAPÍTULOS DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação está dividida em dois capítulos, compostos na forma de artigos científicos.

O Capítulo I refere-se ao artigo “Macroinvertebrados bentônicos: influência de tanques redes e da população ribeirinha”, e o Capítulo II ao artigo “Efeito da criação de Tambaqui (*Colossoma macropomum*) em tanques-rede sobre os macroinvertebrados aquáticos em diferentes distâncias”, ambos destinados à submissão ao periódico *Acta Limnologica Brasiliensis*, e por essa razão formatados de acordo com as normas desse periódico.

## CAPÍTULO I

### **Macroinvertebrados bentônicos: influência de tanques redes e da população ribeirinha**

**Resumo: Objetivo:** O objetivo desse estudo foi analisar o efeito produzido pela criação de peixes em tanques redes e pela população ribeirinha sobre a estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos no reservatório da usina hidrelétrica Luís Eduardo Magalhães. **Métodos:** Foram avaliados oito pontos de coleta: P1 próximo ao tanques-rede da associação de aquicultores; P2-P7: próximos aos tanques-rede da Embrapa; P8: próximo a comunidade ribeirinha. Foram realizadas análises de sedimentos, químicas, físicas e biológicas. **Resultados:** Os dados mostraram que os macroinvertebrados bentônicos se correlacionaram com diferentes níveis de nutrientes. Os táxons com hábito alimentar herbívoro, mostraram-se mais correlacionados com as concentrações de fósforo e nitrogênio, além de argila e silte. Táxons com hábito alimentar detritívoro apresentaram maior correlação com as concentrações de carbono, além de silte e argila.

Palavras-chave: Peixe, Limnologia, Sedimento, Chironomidae, Oligochaeta.

**Abstract: Objective:** The objective of the study was to evaluate the impact of the surrounding fish producer on the benthic macroinvertebrates' fauna in the Luís Eduardo Magalhães hydroelectric plant reservoir (Palmas, TO). **Methods:** Eight collection points were evaluated: P1 next to the cages of the aquaculture association; P2-P7: close to the EMBRAPA cages; P8: close to the riverside community. Sediment, chemical, physical and biological analyzes were also performed. **Results:** Benthic macroinvertebrates presence correlated with different levels of nutrients. The taxa with herbivorous feeding habits were more correlated with the concentrations of phosphorus and nitrogen, in addition to clay and silt. Taxa with detritivorous feeding habits showed a higher correlation with carbon concentration, in addition to silt and clay.

Keywords: Fish, Limnology, Sediment, Chironomidae, Oligochaeta

## 1 INTRODUÇÃO

Os peixes fazem parte do grupo de alimentos mais consumidos no mundo, e por apresentarem muitos nutrientes, são considerados uma valiosa fonte de proteína animal. Com o crescente aumento da população humana e a demanda contínua por proteína animal, considera-se a produção de alimentos aquáticos seguros e de qualidade como atividade fundamental para a segurança alimentar global nos próximos anos (FAO, 2018). A aquicultura, além de contribuir para segurança alimentar, fornece muitos benefícios sociais e econômicos, como geração de emprego, renda e redução da pobreza (Ottinger et al. 2016).

No entanto, com a rápida expansão global a aquicultura produziu transformações em ambientes costeiros e interiores, levando a degradação de ambientes nas últimas décadas (Ahmed et al. 2018). As populações ribeirinhas costumam se estabelecer nas margens dos rios porque, além de benefícios sociais e econômicos, essas áreas tendem a apresentar maior produtividade biológica (Ottinger et al. 2016).

No entanto, as atividades humanas próximas a áreas costeiras, tendem a aumentar a quantidade de resíduos nela descartados. Muitos desses resíduos, são ricos em nutrientes, e acabam sendo depositados dentro dos mananciais de água doce, que acabam recebendo nutrientes como o nitrogênio (N), fósforo (P) (Davis et al. 2018), e o carbono (C) (Zhang et al. 2015). Como resultado dessas e de outras pressões, as águas costeiras se deterioram e, em alguns casos, o enriquecimento de nutrientes pode ocasionar mudanças na dinâmica do ambiente aquático (Egessa et al. 2018). Parte de população ribeirinha tem a pesca e a aquicultura como forma de sustento (Ottinger et al. 2016).

A aquicultura em tanques-rede (TR) produz grande quantidade de dejetos, devido a liberação de resíduos orgânicos e inorgânicos dos alimentos não consumidos, das fezes e dos produtos excretados dissolvido, que são ricos em nutrientes e acabam sendo lixiviados para o sedimento, o que pode produzir modificações no ambiente aquático (Nabirye, et al. 2016). Segundo Islam (2005), mais de 13% do N e 2,5% P contidos na ração dos peixes são perdidos para o meio ambiente. As modificações no ambiente aquático podem atingir os macroinvertebrados bentônicos, que são organismos maiores que 500  $\mu\text{m}$  (EPA, 1999), que podem apresentar distinção quanto à densidade, diversidade e função ecológica, de acordo com o ambiente onde se encontram (Esteves; Camargo, 2011).

O objetivo desse estudo foi analisar o efeito produzido pela criação de peixes em tanques-redes, e pela população ribeirinha, sobre a estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

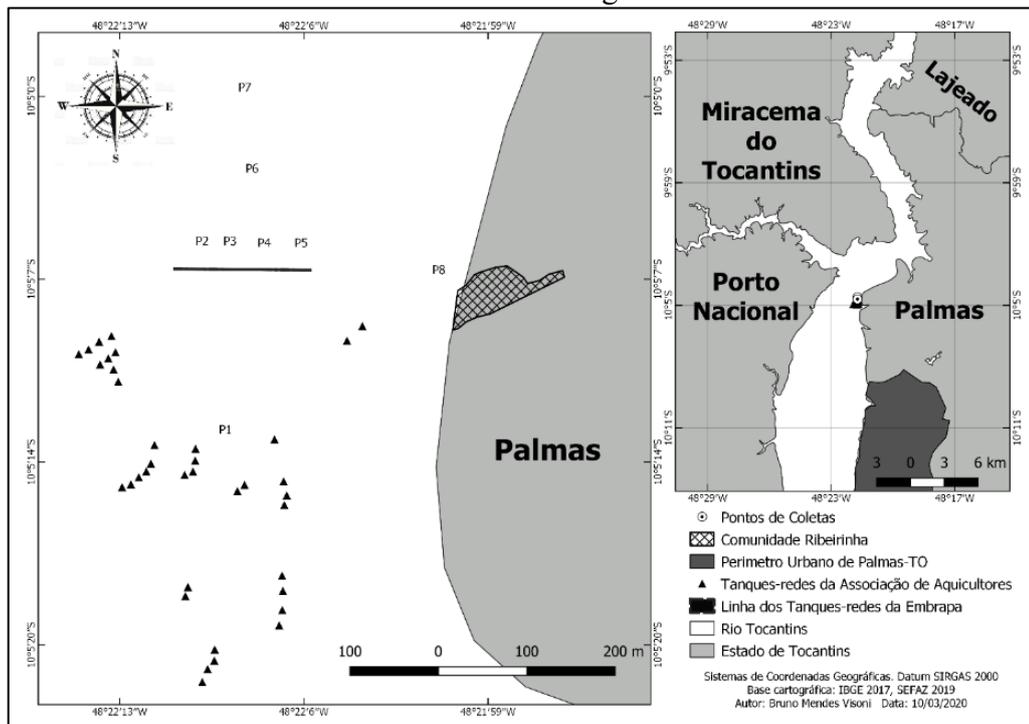
O estudo foi conduzido de junho a agosto de 2019 no Parque Aquícola Sucupira, localizado no Reservatório da usina hidrelétrica (UHE) Luís Eduardo Magalhães no Rio Tocantins, em Palmas (TO). Destaca-se na Figura 1, os pontos de coleta de sedimentos, e os locais dos tanques-redes.

O estudo foi realizado entre junho e agosto de 2019, sob coordenação da Embrapa Pesca e Aquicultura, em parceria com a Associação Comunitária Bom Peixe e com a Universidade Federal de Santa Catarina.

### 2.1 Tanques-redes da Associação de Aquicultores

A Associação de Aquicultores possui 60 tanques-redes de diferentes tamanhos e densidades de acordo com cada fase de cultivo, instalados no reservatório, que abrigam diferentes espécies cultiváveis, entre as quais se destacam *Colossoma macropomum* (Tambaqui) e *Leporinus friderici* (piauí-três-pintas).

Figura 1. Localização do Parque Aquícola Sucupira e dos pontos de coleta de sedimento e água.



O arraçoamento foi realizado duas vezes ao dia, no começo da manhã e no final da tarde, com ração comercial contendo porcentagem de proteína entre 32 e 45%, variável de acordo com o tamanho e a espécie animal cultivada. Uma média de nove sacos de ração de 25 kg por período foi destinada para os peixes nos tanques-rede. Os tanques-rede da Associação de Aquicultores apresentam histórico de cultivo, que já acontecia a quatro anos.

## **2.2 Tanque rede da Embrapa**

Alevinos ( $n=57.888$ ) de tambaqui (*Colossoma macropomum*) obtidos na Fazenda Aquícola São Paulo (Tocantins, Brasil), com peso médio ( $\pm$ desvio-padrão) de  $50,10 \pm 1,39$  g e comprimento médio ( $\pm$ desvio-padrão) de  $11,53 \pm 0,14$  cm foram utilizados no experimento. No início do experimento, os peixes foram estocados aleatoriamente em 16 tanques redes (TR) de internódios de malha de 25 mm, em duas densidades (15 e 24 kg /m<sup>3</sup>) e em tanques-rede de dois tamanhos (3.0 x 3.0 x 3.0 m, com área útil 22,50 m<sup>3</sup>; 4,0 x 4,0 x 3,0 m, com área útil de 40 m<sup>3</sup>).

Os TR foram instalados perpendicularmente à corrente da água e dispostos de acordo com uma distância entre TR de 4 m. Os peixes foram alimentados à mão três vezes ao dia até a saciedade com uma dieta extrusada comercial específica para peixes onívoros, com níveis de proteína bruta de 45%, 36%, 32%, de acordo com cada fase de cultivo.

## **2.3 Comunidade ribeirinha**

A comunidade ribeirinha é composta por famílias de aquicultores, banhistas e pescadores que reside ou frequenta o local, com um público médio diário de 20 pessoas. O local possui histórico de comunidade frequentando este local de 4 anos. Os principais impactos observados no local são o descarte de vísceras de peixes e restos de comida.

## **2.4 Análises de sedimento**

As coletas de sedimento foram realizadas mensalmente entre junho e agosto de 2019, em oito pontos com diferentes profundidades, locais, distâncias do tanque rede e da comunidade (Tabela 1). Foram realizadas sete amostragens, das quais três foram destinadas à análise biológica e quatro foram destinadas à análise química e física do sedimento. Foram realizadas mensalmente após a instalação e acomodação dos alevinos nos tanques-redes da Embrapa com suas respectivas densidades já pré-definidas. Para análise química e física do sedimento, foi formado um pool com quatro amostras de cada ponto, obtidas com uma draga do tipo Petersen, de área 225 cm<sup>2</sup>.

O sedimento foi seco em estufa de circulação de ar forçado a 40 °C, e após secagem, foi macerado e peneirado em malha de 2,0 mm, seguindo protocolo de Teixeira et al. (2017). Foram realizadas as análises químicas de pH, nitrogênio total, fósforo total, carbono total, e a análise física da caracterização granulométrica de areia, silte e argila. A análise granulométrica foi feita seguindo o método da pipeta conforme descrito em Teixeira et al. (2017). As concentrações de carbono total foram realizadas por meio de oxidação via úmida com dicromato de potássio conforme metodologia de Teixeira et al. (2017). O nitrogênio total foi feito pelo método Kjeldahl, o pH em água (1:1), e fósforo total foi extraído usando a solução Mehlich-1 e determinado por colorimetria, sendo todas as metodologias descritas em Tedesco et al. (1995).

Para a análise biológica o sedimento, também amostrado com draga do tipo Petersen (225 cm<sup>2</sup>), foi lavado em peneira de 500 µm e, posteriormente, o material obtido foi fixado com formol a 4,0 %. As amostras foram triadas em duas fases: na primeira, o sedimento foi triado com auxílio de uma mesa de luz, e foi acrescentado uma saturação de NaCl para facilitar a triagem seguindo a metodologia de Brandimarte & Anaya (1998); na segunda a identificação foi realizada com auxílio de chaves de identificação de Hamada et al. (2014) e Trivinho-Strixino, (2011), os macroinvertebrados aquáticos foram quantificados e identificados, com auxílio de lupa, microscópio óptico, observando-se lâminas semipermanentes, das cápsulas cefálicas e do corpo das larvas de Chironomidae, preparadas em meio de Hoyer. Os dados atmosféricos foram cedidos pelo instituto de meteorologia (INMET, 2020).

Tabela 1. Características dos pontos de coletas localizadas no reservatório Luiz Eduardo Magalhães, Palmas - TO.

| Pontos | Latitude      | Longitude    | Profundidade (m) | Localidade    | Distância (m) |
|--------|---------------|--------------|------------------|---------------|---------------|
| P1     | 10° 5'12.95"S | 48°22'8.83"O | 15               | TR/Associação | 10            |
| P2     | 10° 5'5.98"S  | 48°22'9.73"O | 15               | TR/Embrapa    | 10            |
| P3     | 10° 5'6.00"S  | 48°22'8.64"O | 13               | TR/Embrapa    | 10            |
| P4     | 10° 5'6.09"S  | 48°22'7.33"O | 10               | TR/Embrapa    | 10            |
| P5     | 10° 5'6.02"S  | 48°22'5.97"O | 8                | TR/Embrapa    | 10            |
| P6     | 10° 5'4.58"S  | 48°22'8.12"O | 10               | TR/Embrapa    | 100           |
| P7     | 10° 5'2.97"S  | 48°22'8.16"O | 10               | TR/Embrapa    | 200           |
| P8     | 10° 5'6.95"S  | 48°22'0.86"O | 1                | C. Ribeirinha | 10            |

Distância (m) = Localização dos pontos de coletas em distância da localidade.

## 2.5 Análise estatística

Para análise da correlação dos parâmetros físicos e químicos com os biológicos foi utilizada a análise de correspondência canônica (CCA).

## 2.6 Caracterização do ambiente

A partir de junho (Tabela 2) os peixes estavam estocados na densidade pré-estabelecidas nos tanques-rede da Embrapa, já recebendo ração comercial.

Temp = Temperatura, PB = Proteína Bruta, MM = Matéria Mineral, EE = Extrato Etéreo

Nota-se o aumento da quantidade de ração geral nos tanques-rede da Embrapa com o passar do tempo, o que se dá pelo aumento de peso dos peixes, e conseqüente redução do teor de proteína da ração. Nos tanques-rede da associação de aquicultores, já ocorria o cultivo, de modo que só foi analisada a quantidade de nutrientes encontrada no sedimento, nos meses junho, julho e agosto.

## 3 RESULTADOS

### 3.1 Associação de aquicultores

A análise física e química do sedimento amostrado próximo aos tanques-redes da Associação de Aquicultores está apresentada na Tabela 3

Observou-se aumento na concentração de fósforo e queda no pH do sedimento no mês de agosto. Na parte física nota-se aumento de areia e silte. Foi observado aumento na concentração de areia no mês de agosto, e aumento na concentração de fósforo. A um comportamento de queda na quantidade de Carbono com o passar dos meses.

Tabela 2. Condições atmosféricas e quantidade de ração utilizada mensalmente nos TR da Embrapa.

| DATA   | Atmosfera          |              |              | Ração         |         |         |         |
|--------|--------------------|--------------|--------------|---------------|---------|---------|---------|
|        | Insolação<br>(h/m) | Precipitação | Temp<br>(°C) | Ração<br>(kg) | PB<br>% | MM<br>% | EE<br>% |
| Junho  | 287,9              | 0,6          | 27,60        | 3.021,71      | 45,84   | 9,65    | 37,67   |
| Julho  | 286,6              | 0,0          | 27,79        | 7.747,74      | 36,00   | 12,00   | 7,76    |
| Agosto | 294,6              | 0,0          | 29,50        | 3.432,06      | 32,66   | 11,34   | 6,56    |

Tabela 3. Análise física e química do sedimento, amostrado nos tanques-rede da Associação de Aquicultores.

| Meses  | Areia (%) | Silte (%) | Argila (%) | N (mg/kg) | P (mg/kg) | C (mg/kg) | pH   |
|--------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|------|
| Junho  | 18,12     | 41,84     | 40,04      | 42,98     | 51,57     | 135,27    | 5,88 |
| Julho  | 17,32     | 36,49     | 46,19      | 42,88     | 53,78     | 122,82    | 5,64 |
| Agosto | 30,37     | 29,03     | 40,60      | 41,99     | 63,10     | 81,63     | 5,80 |

C = carbono total no sedimento, N = nitrogênio total no sedimento, P = fósforo total no Sedimento, pH = potencial hidrogeniônico do sedimento

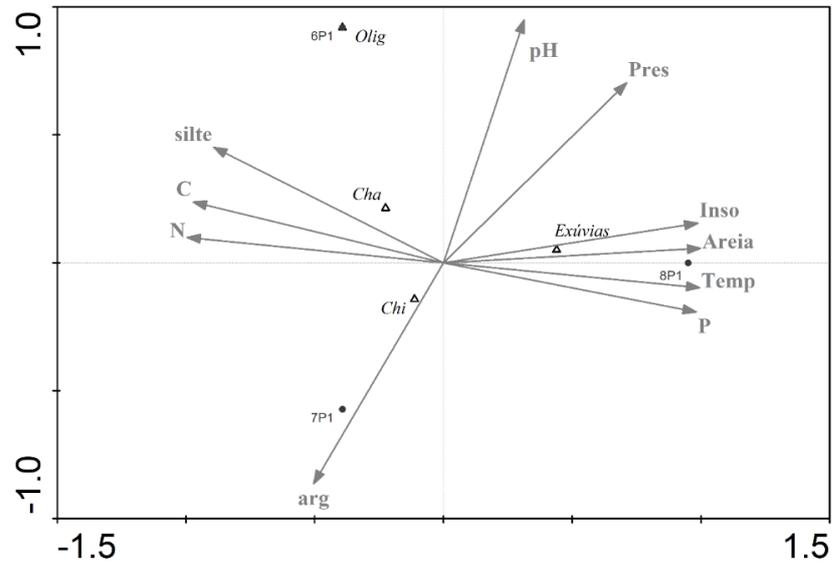
A Tabela 4 apresenta os macroinvertebrados bentônicos que foram identificados a partir da amostragem dos pontos de coleta próximos ao tanques-redes da associação de aquicultores.

Os táxons amostrados foram os de Chironomidae, seguido de *Chaoborus* sp. e Oligochaeta, com predominância de *Tanypus* sp. no mês de julho. Para entender melhor esse padrão, táxons foram correlacionados com os parâmetros ambientais (Figura 2), e verificou-se que os táxons Chaoboridae e Oligochaeta se correlacionaram com o aumento de nitrogênio e carbono. Na Figura 3 observa-se a relação entre os gêneros de Chironomidae e as características ambientais. No P1, localizado em área influenciada pelos TR da Associação de Aquicultores, a morfo-espécie mais encontrada foi *Tanypus* sp. (88,09%): quanto maior a profundidade maior frequência dessa espécie, que mostrou predominância em ambientes com profundidade superior a 8,0 m, e foi encontrada em maior quantidade no mês de julho, mês que foi caracterizado por apresentar teores de nitrogênio, carbono e pH mais baixo e fósforo mais elevado.

Tabela 4. Abundância de macroinvertebrados bentônicos amostrados durante os meses de junho, julho e agosto junto aos tanques-redes da Associação de Aquicultores.

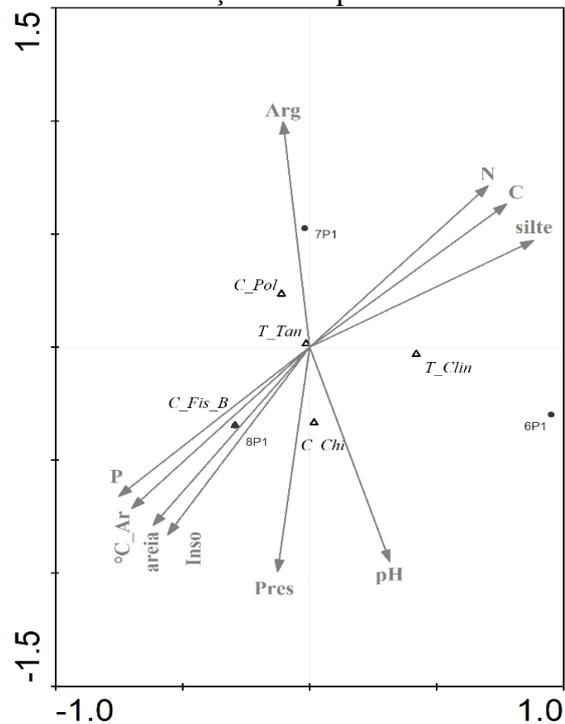
| Táxon                   | Junho | Julho | Agosto |
|-------------------------|-------|-------|--------|
| Chironomidae            | 20    | 56    | 26     |
| <i>Chaoborus</i> sp.    | 23    | 19    | 6      |
| Oligochaeta             | 1     | 0     | 0      |
| Chironomidae            | Junho | Julho | Agosto |
| <i>Polypedilum</i> sp.  | 0     | 2     | 1      |
| <i>Chironomus</i> sp.   | 1     | 0     | 3      |
| <i>Fissimentum</i> sp1  | 0     | 0     | 1      |
| <i>Fissimentum</i> sp2. | 0     | 0     | 1      |
| <i>Tanypus</i> sp.      | 15    | 51    | 19     |
| <i>Clinotanyus</i> sp.  | 3     | 2     | 1      |

Figura 2. Relação entre os macroinvertebrados bentônicos e as características ambientais dos tanques-rede da Associação de Aquicultores.



Sedimento: C = carbono total, N = nitrogênio total, P = fósforo total, pH = potencial hidrogeniônico, arg = argila, silte = silte, areia= areia. Pres = pressão atmosférica, Inso = insolação, Temp = temperatura do ar. 6p1 = junho, 7p1 = julho, 8p1 = agosto. Exúvias = exúvias de Chironomidae, Chi = Chironomidae, Cha = *Chaoborus* sp., Olig = Oligochaeta.

Figura 3. Relação entre os Chironomidae e as características ambientais dos tanques-redes da Associação de Aquicultores.



Sedimento: C = carbono total, N = nitrogênio total, P = fósforo total, pH = potencial hidrogeniônico, arg = argila, silte = silte, areia= areia. Pres = pressão atmosférica, Inso = insolação, Temp = temperatura do ar. 6p1 = junho, 7p1 = julho, 8p1 = agosto. C\_Pol = *Polypedilum* sp., C\_Chi = *Chironomus* sp., C\_Fis\_B = *Fissimentum* sp2, T\_Tan = *Tanypus* sp., T\_Clin = *Clinotanypus* sp.

*Polypedilum* sp. (2,38%) apresentou correlação com argila e fósforo, mesmas características de *Tanytus* sp., na parte química do sedimento, sendo que sua predominância ocorreu em profundidades menores, em pontos próximos à comunidade ribeirinha. *Fissimentum* sp. 2 (1,58%) apresentou correlação com o fósforo, com o aumento de temperatura do ambiente, com a areia; como o C, N e o silte se distribuíram do lado oposto, na análise, maiores teores desses parâmetros desfavorecem o aumento da população desta morfo-espécie. *Clinotanytus* sp. (4,76%) apresentou correlação com ambientes profundos, maiores que 8,0 m, enquanto *Chironomus* sp. (3,17%) apresentou correlação com pH levemente ácido e aumento da pressão barométrica. No mês de junho foi registrada diminuição do volume pluviométrico e redução da vazão no reservatório, bem como o início do cultivo de *Colossoma macropomum* nos TR da Embrapa.

### 3.2 Tanques-redes da Embrapa (P2-P7)

A análise física e química do sedimento amostrado nos tanques-redes da Embrapa (Tabela 5) mostrou predomínio de argila e silte de P4 a P7.

Tabela 5. Análise física e química do sedimento, amostrado nos tanques-redes da Embrapa.

| Parâmetros / Ponto    |        | P2    | P3    | P4    | P5    | P6    | P7    |
|-----------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Nitrogênio<br>(mg/kg) | Junho  | 35,32 | 40,97 | 41,61 | 41,76 | 41,74 | 41,06 |
|                       | Julho  | 40,34 | 42,53 | 41,32 | 41,33 | 41,06 | 40,93 |
|                       | Agosto | 31,55 | 40,85 | 41,78 | 22,86 | 40,95 | 41,69 |
| Carbono<br>(mg/kg)    | Junho  | 28,65 | 66,56 | 60,96 | 92,83 | 96,93 | 64,62 |
|                       | Julho  | 35,79 | 80,50 | 73,69 | 91,63 | 76,89 | 79,24 |
|                       | Agosto | 33,82 | 71,08 | 63,33 | 97,97 | 70,22 | 79,05 |
| Fósforo<br>(mg/kg)    | Junho  | 11,69 | 13,11 | 8,98  | 45,97 | 9,69  | 15,39 |
|                       | Julho  | 13,51 | 14,20 | 11,77 | 46,76 | 11,24 | 17,47 |
|                       | Agosto | 16,79 | 10,06 | 9,55  | 56,52 | 16,50 | 11,77 |
| pH                    | Junho  | 5,43  | 5,14  | 5,15  | 5,12  | 5,16  | 5,06  |
|                       | Julho  | 5,32  | 5,38  | 5,66  | 5,31  | 5,10  | 5,11  |
|                       | Agosto | 5,93  | 5,47  | 5,43  | 5,79  | 5,15  | 5,52  |
| Areia<br>(%)          | Junho  | 70,49 | 5,46  | 12,71 | 5,03  | 7,16  | 6,33  |
|                       | Julho  | 70,49 | 18,21 | 22,33 | 10,83 | 7,57  | 3,92  |
|                       | Agosto | 77,51 | 12,63 | 7,62  | 10,83 | 7,88  | 17,49 |
| Silte<br>(%)          | Junho  | 12,14 | 49,24 | 41,09 | 45,04 | 38,87 | 40,97 |
|                       | Julho  | 12,14 | 44,02 | 37,35 | 42,59 | 37,60 | 40,78 |
|                       | Agosto | 10,88 | 52,37 | 49,79 | 42,59 | 26,03 | 35,48 |
| Argila<br>(%)         | Junho  | 17,37 | 45,30 | 46,20 | 49,93 | 53,97 | 52,70 |
|                       | Julho  | 17,37 | 37,77 | 40,31 | 46,58 | 54,83 | 55,30 |
|                       | Agosto | 11,61 | 45,00 | 42,59 | 46,58 | 46,09 | 47,03 |

Em P2 foi observada predominância de areia e menor quantidade de nitrogênio e carbono, diferentemente do P5, que apresentou maior quantidade. Também neste mesmo ponto foi registrada maior concentração de fósforo nos meses junho, julho e agosto. A abundância de macroinvertebrados bentônicos nos pontos de coleta está apresentada na Tabela 6.

Os táxons que mais se destacaram pertencem a família dos Chironomidae, que apresentou maior concentração no P4 e P5. Outra família que mostrou aumento foi o *Chaoborus* sp., mostrou concentração no P2 e P6, como correlação com o mês de julho. Já *Corbicula fluminea* mostrou predominância no P6. Considerando os Chironomidae a morfo-espécie que apresentou maior população foi o *Tanytus* sp. Mostrou maior população nos pontos de coleta próximo a linha do TR e profundidades maiores que 8,0 m. A segunda morfo-espécie que apresentou aumento de população foi *Polypedilum* sp. mostrando aumento de sua população em julho no P7. Já as pupas mostraram tendência nos pontos de coleta com pouca influência do TR.

Tabela 6. Abundância de macroinvertebrados bentônicos amostrados nos pontos P2-P7 durante os meses de junho (J), julho (Jl) e agosto (A) juntos aos tanques-redes da Embrapa.

| Táxon                     | P2 |    |    | P3 |    |    | P4 |    |    | P5 |    |    | P6 |    |    | P7 |    |    |
|---------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|                           | J  | Jl | A  |
| Chironomidae              | 56 | 63 | 39 | 8  | 26 | 34 | 53 | 18 | 87 | 57 | 57 | 46 | 57 | 38 | 44 | 45 | 11 | 19 |
| <i>Corbicula fluminea</i> | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 2  | 0  | 0  |
| <i>Chaoborus</i> sp.      | 9  | 17 | 12 | 4  | 6  | 9  | 7  | 3  | 6  | 5  | 5  | 4  | 16 | 6  | 17 | 0  | 8  | 6  |
| Hirudinea                 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| Chironomidae              | P2 |    |    | P3 |    |    | P4 |    |    | P5 |    |    | P6 |    |    | P7 |    |    |
|                           | J  | Jl | A  |
| <i>Polypedilum</i> sp.    | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 4  | 0  | 8  | 34 | 0  | 1  |
| <i>Chironomus</i> sp.     | 3  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 6  | 0  | 0  | 7  | 1  | 1  | 0  | 1  | 3  | 0  | 1  |
| <i>Fissimentum</i> sp1    | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 2  | 0  | 0  | 0  |
| <i>Dicrotendipes</i> sp.  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| <i>Saetheria</i> sp.      | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 4  | 13 | 0  | 0  |
| <i>Tanytarsus</i> sp.     | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 2  | 0  | 0  |
| <i>Fissimentum</i> sp2    | 2  | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| <i>Tanytus</i> sp.        | 50 | 55 | 39 | 18 | 21 | 32 | 52 | 10 | 53 | 42 | 57 | 44 | 43 | 35 | 26 | 0  | 9  | 18 |
| <i>Clinotanytus</i> sp.   | 3  | 1  | 0  | 4  | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  | 3  | 1  | 1  | 1  | 0  | 2  | 0  | 0  | 0  |
| <i>Ablabesmyia</i> sp.    | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 2  | 0  | 0  |

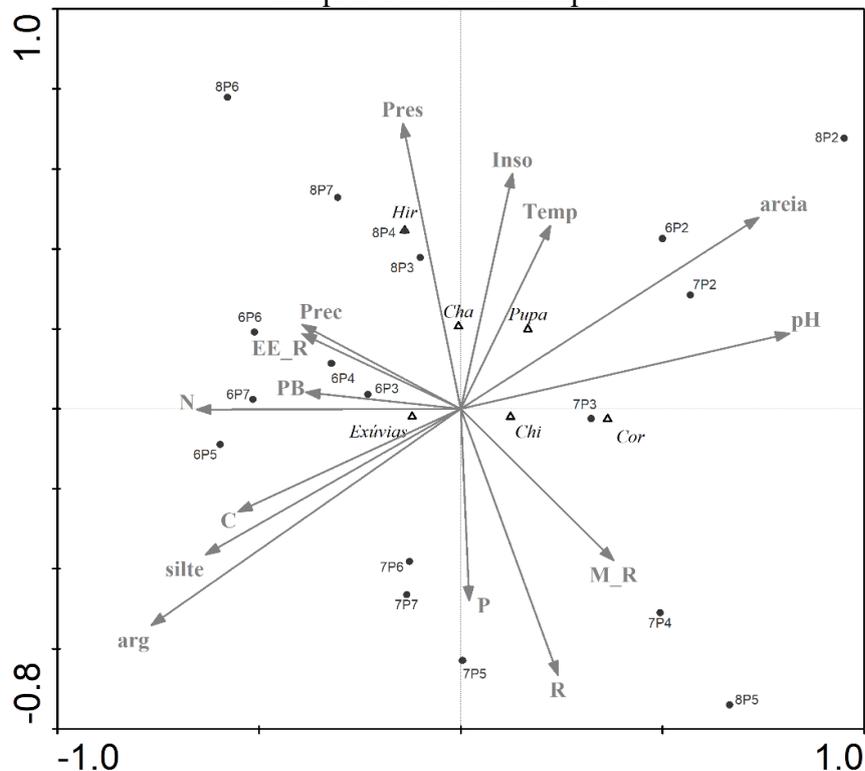
J = Junho; J = Julho; A = Agosto

Na Figura 4, verifica-se que as morfo-espécies de Chironomidae e *Corbicula fluminea* apresentaram correlação com pH e estão associados ao 7P3, além de também apresentarem relação com aumento da quantidade de ração, matéria mineral da ração e de fósforo no

sedimento. Os *Chaoborus* sp. e as pupas mostraram correlação com o aumento da temperatura do ar, insolação e com 8P3. Hirudínea estiveram correlacionadas com 8P4, sendo influenciados pelo aumento da pressão atmosférica e pela precipitação.

Dentre os macroinvertebrados bentônicos da família Chironomidae (Figura 5) encontrados nos TR da Embrapa, o que mais se destacou foi *Tanypus* sp. (83,08%), que apresentou correlação com a areia, a proteína bruta da ração, o extrato etéreo da ração, e com o nitrogênio e carbono do sedimento. Esse mesmo padrão de correlação também foi observado para a morfo-espécie *Clinotanypus* sp. (2,47%).

Figura 4. Correlação entre macroinvertebrados bentônicos e as variáveis ambientais junto aos tanques-rede da Embrapa.



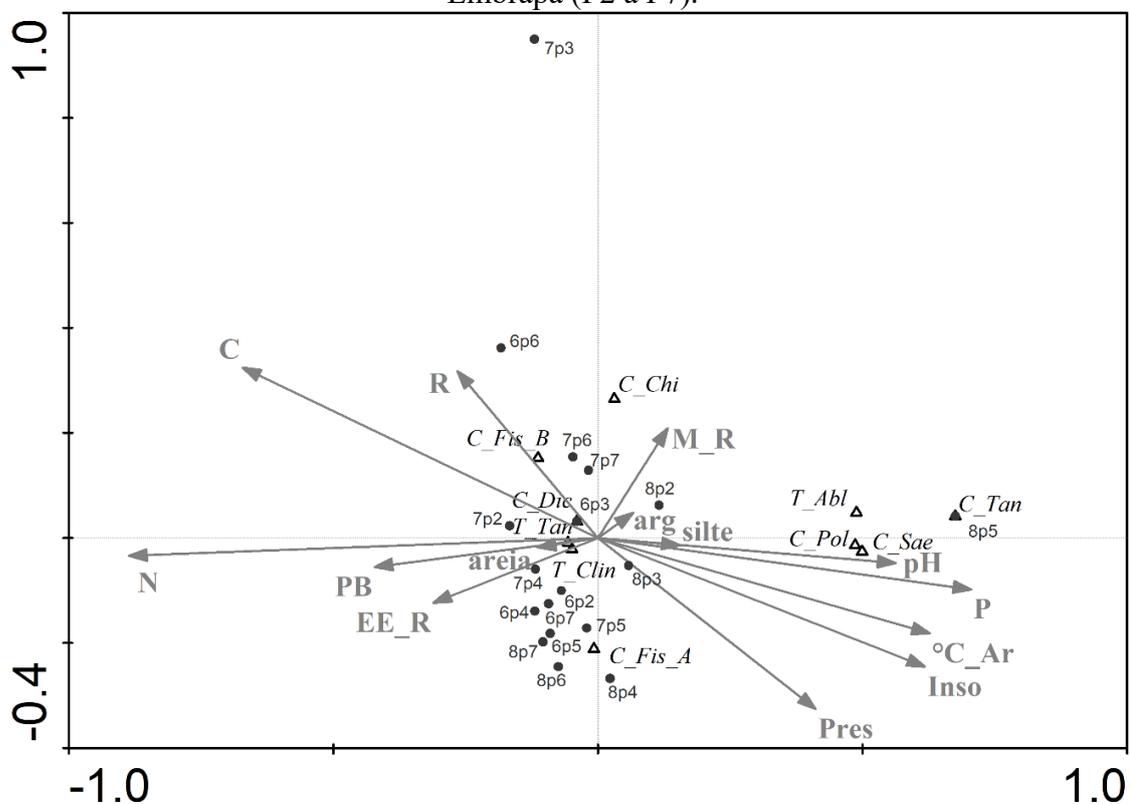
R = Ração, PB = Proteína bruta na ração; EE\_R = Estrato etéreo da ração, M\_R = Mineral da ração. C = carbono total no sedimento, N = nitrogênio total no sedimento, P = fósforo total no Sedimento, pH = potencial hidrogeniônico do sedimento, Pres = pressão atmosférica, Inso = insolação, Temp = temperatura do ar, arg = argila no sedimento, silte = silte no sedimento, arcia = areia no sedimento. 6p1 = junho, 7p1 = julho, 8p1 = agosto. Casca = Exúvia de Chironomidae, Chi = Chironomidae, Cor = *Corbicula flumínea*, Cha = *Chaoborus* sp., Pupa = Pupa de insetos aquáticos, Hir = Hirudínea.

*Polypedilum* sp. (6,60%) mostrou correlação com o aumento de pH, com as concentrações de fósforo, e com o ponto 8p5, próximo a linha do TR. Também mostraram correlação com esses parâmetros as morfo-espécies *Saetheria* sp. e o *Ablabesmyia* sp., encontrados nas proporções 2,47% e 0,41%. Já o *Chironomus* sp. (3,30%) e *Fissimentum* sp.

(20,82%) apresentaram correlação com o ponto 6 no mês de julho, apresentaram correlação com a parte mineral da ração, com a argila, silte.

Foram encontrados poucos exemplares de *Dicrotendipes* sp. (0,14%), que mostrou correlação com o ponto 3 e o mês de junho e com ração e o carbono. *Tanytarsus* sp. (0,27%) mostrou correlação com a quantidade mineral da ração, silte e argila, pH e o fósforo. O *Fissimentum* sp. 1 (0,41%) mostrou correlação com a proteína bruta da ração e o nitrogênio sedimentoso arenoso, principalmente no mês de junho.

Figura 5. Correlação entre Chironomidae e as variáveis ambientais junto aos tanques-rede da Embrapa (P2 a P7).



R = Ração, PB = Proteína Bruta da Ração; EE\_R = Estrato Etéreo da Ração, M\_R = Mineral da Ração. C = carbono total no sedimento, N = nitrogênio total no sedimento, P = fósforo total no Sedimento, pH = potencial hidrogeniônico do sedimento, Pres = pressão atmosférica, Inso = insolação, °C\_Ar = temperatura do ar, arg = argila no sedimento, silte = silte no sedimento, areia = areia no sedimento. 6p1 = junho, 7p1 = julho, 8p1 = agosto. C\_Pol = *Polypedilum* sp., C\_Chi = *Chironomus* sp., C\_Fis\_A = *Fissimentum* sp1, C\_Dic = *Dicrotendipes* sp., C\_Sae = *Saetheria* sp., C\_Tan = *Tanytarsus* sp., C\_Fis\_B = *Fissimentum* sp2, T\_Tan = *Tanytus* sp., T\_Clin = *Clinotanypus* sp., T\_Abl = *Ablabesmyia* sp.

### 3.3 Comunidade Ribeirinha (P8)

A Tabela 7 mostra a variação dos parâmetros físicos e químicos, na qual um dos parâmetros que se destacou foi o fósforo, apresentando um aumento de 73% comparado ao mês de junho.

Tabela 7. Variáveis físicas e químicas do sedimento, junto à comunidade ribeirinha.

| Meses  | Areia (%) | Silte (%) | Argila (%) | N-Solo (mg/kg) | P-Solo (mg/kg) | C-Solo (mg/kg) | pH   |
|--------|-----------|-----------|------------|----------------|----------------|----------------|------|
| junho  | 93,20     | 4,92      | 1,89       | 25,94          | 83,99          | 32,74          | 6,14 |
| julho  | 93,20     | 4,92      | 1,89       | 18,52          | 63,37          | 27,77          | 5,65 |
| agosto | 91,58     | 4,94      | 3,48       | 29,42          | 145,57         | 29,29          | 5,76 |

Este foi o ponto de coleta que mais se destacou, no qual também se nota aumento de nitrogênio em 13% comparado a junho. Este ponto de coleta não só se destacou em fósforo, mas também em táxons, como observado na Tabela 8.

Tabela 8 Abundância de macroinvertebrados bentônicos registrados junto a P8, na comunidade ribeirinha.

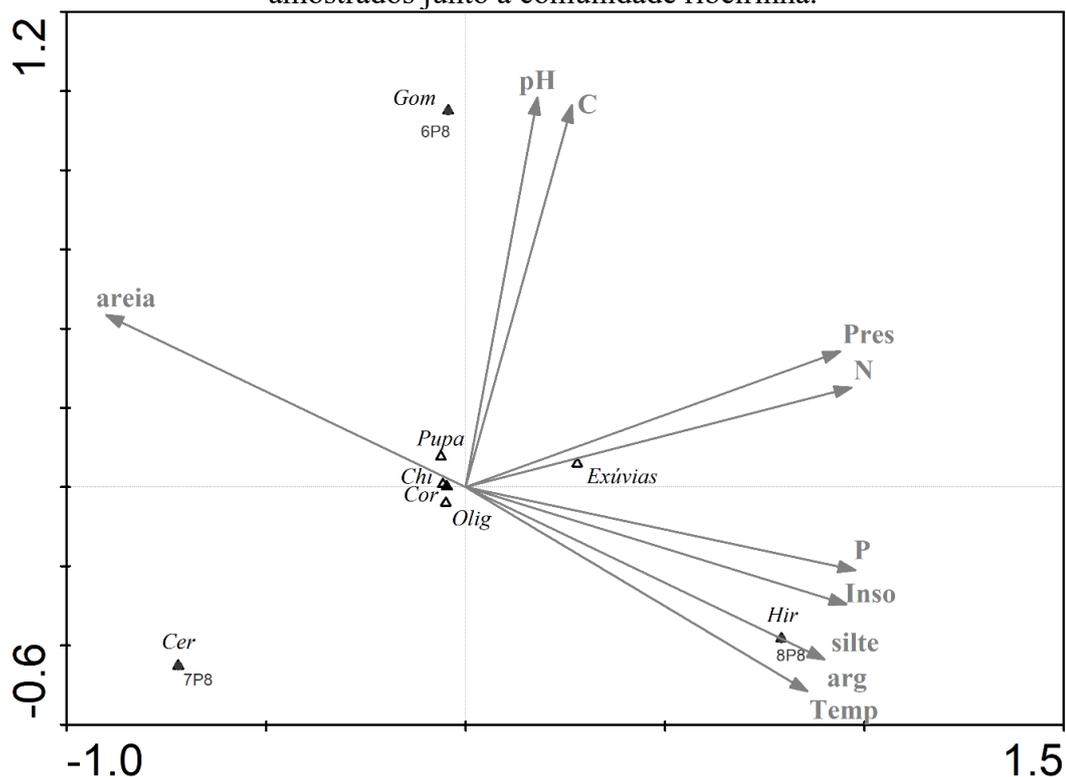
| Táxons                          | Junho | Julho | Agosto |
|---------------------------------|-------|-------|--------|
| Ceratopogonidae                 | 0     | 3     | 0      |
| Chironomidae                    | 70    | 87    | 67     |
| <i>Corbicula fluminea</i>       | 4     | 5     | 4      |
| Oligochaeta                     | 20    | 29    | 23     |
| Gomphidae                       | 1     | 0     | 0      |
| Hirudinea                       | 0     | 0     | 6      |
| Chironomidae                    | Junho | Julho | Agosto |
| <i>Polypedilum</i> sp.          | 21    | 49    | 28     |
| <i>Aedokritus</i> sp.           | 4     | 13    | 2      |
| <i>Chironomus</i> sp.           | 28    | 6     | 8      |
| <i>Fissimentum</i> sp1.         | 0     | 0     | 2      |
| <i>Dicrotendipes</i> sp.        | 2     | 0     | 15     |
| <i>Cryptochironomus</i> sp.     | 2     | 2     | 3      |
| <i>Cladopelma</i> sp.           | 0     | 0     | 1      |
| <i>Saetheria</i> sp.            | 0     | 0     | 6      |
| <i>Demicryptochironomus</i> sp. | 0     | 1     | 0      |
| <i>Tanytarsus</i> sp.           | 10    | 2     | 6      |
| <i>Xenochironomus</i> sp.       | 0     | 1     | 0      |
| <i>Asheum</i> sp.               | 1     | 0     | 0      |
| <i>Tanypus</i> sp.              | 0     | 4     | 9      |
| <i>Clinotanypus</i> sp.         | 0     | 0     | 1      |

Na comunidade ribeirinha, foi registrada maior abundância de Chironomidae, Oligochaeta, Hirudinea e *Corbicula fluminea* comparada aos pontos de coleta dos TR da Embrapa e dos TR da Associação de Aquicultores. Da morfo-espécie de Chironomidae mais encontrado foi *Polypedilum* sp. Seguido de *Chironomus* sp. e *Tanytarsus* sp. Este ponto também apresentou maior quantidade de pupas quando comparado aos outros pontos de coletas.

Para compreender melhor a abundância desses táxons foi correlacionada com as variáveis ambientais (Figura 6).

Na Figura 6 verifica-se que as hirudineas mostram correlação com o fósforo, argila, silte, e com ambientes com maior temperatura do ar, insolação. Já *Corbicula fluminea* e Oligochaeta e os Chironomidae mostraram aumento das suas populações com o passar dos meses. Os Ceratopogonidae apresentaram maior população em julho, comportamento parecido encontrado na Gomphidae.

Figura 6. Correlação entre os macroinvertebrados bentônicos e as variáveis ambientais, amostrados junto à comunidade ribeirinha.



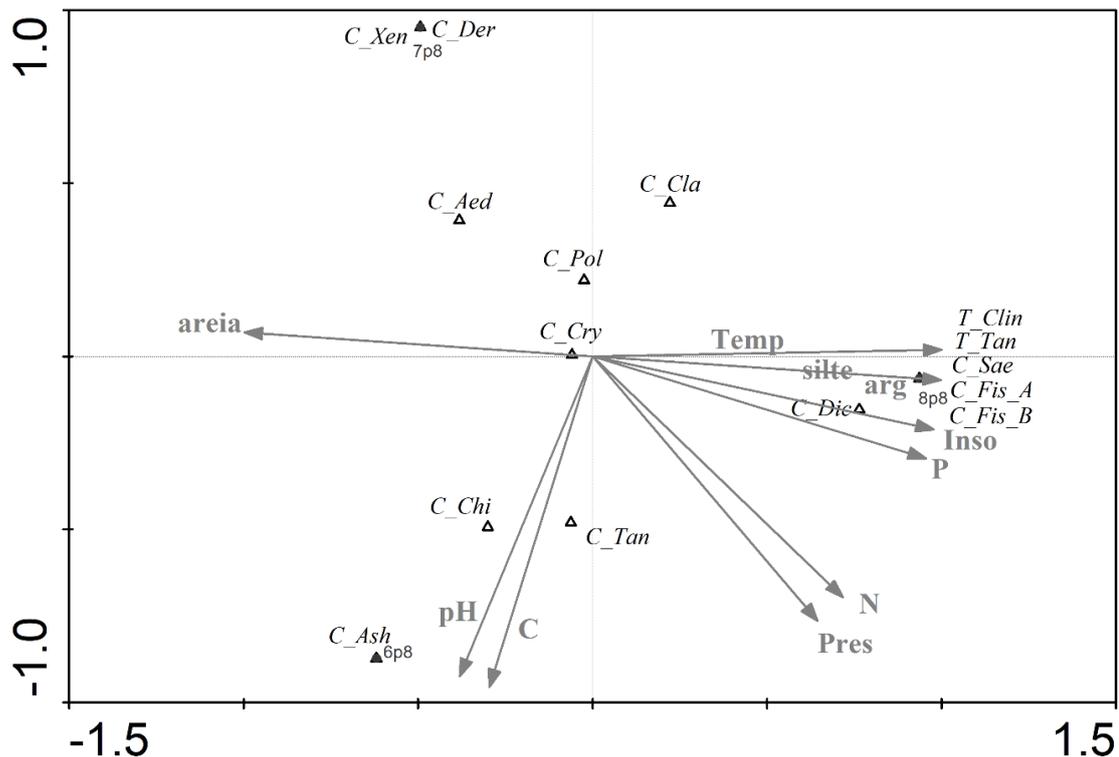
C = carbono total no sedimento, N = nitrogênio total no sedimento, P = fósforo total no Sedimento, pH = potencial hidrogeniônico do sedimento, Pres = pressão atmosférica, Inso = insolação, Temp = temperatura do ar, arg = argila no sedimento, silte = silte no sedimento, areia = areia no sedimento. 6p1 = junho, 7p1 = julho, 8p1 = agosto. Exúvias = Exúvia de Chironomidae, Chi = Chironomidae, Cor = *Corbicula fluminea*, Pupa = pupa de insetos aquáticos, Hir = Hirudinea. Cer = Ceratopogonidae, Gom = Gomphidae.

A Figura 7 mostra que a maioria das morfo-espécies de Chironomidae foram influenciadas pelas frações granulométricas silte e argila. Entre as morfo-espécies influenciadas por essa condição se destacam *Fissimentum* sp1, *Dicrotendipes* sp., *Saetheria* sp. e *Cladopelma* sp., encontrados na proporção de 1,36%, 8,18%, 2,72% e 0,91%, respectivamente.

Essas morfo-espécies também mostraram correlação com a insolação, com o fósforo e com a temperatura do ar. *Fissimentum* sp2, *Tanytus* sp., *Clinotanytus* sp. e o *Asheum* sp. apresentam correlação com a fósforo, insolação, argila, silte, nitrogênio e pressão. Entre as morfo-espécies mais frequentes se destaca *Polypedilum* sp. (45,91%), que apresenta correlação

com a areia, junto com *Aedokritus* sp. (9,09%) e *Cryptochironomus* sp. Já o *Chironomus* sp. (18,64%) e os *Tanytarsus* sp. (7,73%) apresentaram correlação com pH e o carbono. *Demicryptochironomus* sp., *Xenochironomus* sp. e *Cladopelma* sp. apresentaram correlação com a areia e com profundidades menores. Isto pode indicar que que essas morfo-espécies estão associadas com condições de sedimento menos férteis.

Figura 7. Correlação das morfo-espécies de Chironomidae com as variáveis ambientais, amostradas junto à comunidade ribeirinha



C = carbono total no sedimento, N = nitrogênio total no sedimento, P = fósforo total no Sedimento, pH = potencial hidrogeniônico do sedimento, Pres = pressão atmosférica, Inso = insolação, Temp = temperatura do ar, arg = argila no sedimento, silte = silte no sedimento, areia = areia no sedimento. 6p8 = junho, 7p8 = julho, 8p8 = agosto. *C\_Pol* = *Polypedilum* sp., *C\_Chi* = *Chironomus* sp., *C\_Fis\_A* = *Fissimentum* sp1, *C\_Dic* = *Dicrotendipes* sp., *C\_Sae* = *Saetheria* sp., *C\_Tan* = *Tanytarsus* sp., *C\_Fis\_B* = *Fissimentum* sp2, *C\_Aed* = *Aedokritus* sp., *C\_Cry* = *Cryptochironomus* sp., *C\_Cla* = *Cladopelma* sp., *C\_Der* = *Demicryptochironomus* sp., *C\_Ash* = *Asheum*, sp., *C\_Xen* = *Xenochironomus* sp., *T\_Tan* = *Tanytarsus* sp., *T\_Clin* = *Tanytarsus* sp., *Clinotanytarsus* sp.

## 4 DISCUSSÃO

### 4.1 Tanques-redes da Associação de Aquicultores

O ponto 1 (P1) sofre influência do tanques-rede da associação de aquicultores. Este ponto teve maior acúmulo de quantidade de Carbono pôs possuir grande quantidade de peixes ocupando aquele espaço em vários períodos. Varol (2019) encontrou resposta parecidas no cultivo de truta arco íris em tanques-rede, no reservatório de Keban na Turquia. Porém, quando observamos a quantidade de nutrientes, verifica-se aumento somente na quantidade de fósforo

(56,15mg/kg). Esteves & Camargo (2011) relataram que o aumento de fósforo pode estar correlacionado com a mineralização da matéria orgânica (MO), processo realizado por hidrólise enzimática, fazendo com que o fósforo orgânico fique disponível para bactérias e produtores primários.

Quando observamos o P1 para o nitrogênio (N), houve queda com o passar dos meses. Diferentemente do encontrado por Varol (2019), que registrou aumento. Bredemeier e Mundstock (2000) e Esteves & Camargo (2011) relataram que, de maneira geral, a atividade de fixação de N no sedimento pode ser regulada por diversos fatores, principalmente ligado a oxigenação e quantidade e qualidade da MO. Contudo o principal fator regulador desse processo no sedimento deve ser a disponibilidade do íon amônio. Altas concentrações desses íons podem suprir a atividade das nitrogenases inibindo a fixação biológica de nitrogênio molecular (Bredemeier & Mundstock, 2000).

Outro fator importante, ao ser formado o reservatório, geralmente toneladas de biomassa vegetal, são inundadas e entram imediatamente em processo de decomposição da MO e esse processo consome grandes quantidades de oxigênio, podendo gerar condições de anaerobiose no fundo do reservatório, assim tornando um ambiente ideal para desnitrificação (Esteves & Camargo 2011). O ponto 1 apresentou queda na concentração de Carbono (C) e do pH. Esses reservatórios apresentam ambiente de temperatura de água elevado em agosto e menor nos meses de junho e julho. Sendo assim, essa variação da temperatura pode acelerar o processo de decomposição da MO, favorece a diminuição do C (Esteves & Marinho, 2011). O mesmo autor relata que o pH pode ser influenciado pela decomposição da MO, devido a liberação de ácidos orgânicos, principalmente aqueles de baixo peso molecular, e que são ricos em grupamentos carboxílicos e fenólicos, fazendo que ocorra liberação de H<sup>+</sup>, com consequente diminuição dos valores de pH.

#### 4.1.1 Táxons encontrados nos tanques-redes da associação de aquicultores

Nos tanques-redes (TR) da associação, o táxon mais encontrado foi o Chironomidae, família é fortemente destacada na literatura como resistente a impacto ambiental (Menezes et al. 2016). *Chaoborus* sp. foi o segundo táxon mais encontrado, sendo observado correlação com o silte, C e o N. Sua concentração foi maior em junho, juntamente com as Oligochaeta. *Chaoborus* sp., na literatura é relatado como gênero carnívoro, se alimenta de várias espécies de zooplâncton; em seus estágios jovens, mostra maior abundância quando se tem maior produção primária presente (Förster et al. 2016). Oligochaeta apresentam relação direta com o carbono. Bubinas & Jaminiené (2001) classificam os Chironomidae e Oligochaeta como

organismos mais tolerantes a poluição devida essas famílias encontrarem em locais com índice de MO mais elevado.

#### 4.1.2 Chironomidae encontrados nos tanques-redes da associação de aquicultores

Dos Chironomidae encontrados no P1, a morfo-espécie *Tanypus* sp. foi o mais encontrado, com destaque para todos os pontos de coleta com profundidade superior a oito metros. Neste trabalho não foi realizada análise de conteúdo estomacal de nenhum organismo, porém Silva et al. (2009) relataram que esse gênero é predador. Segundo Sonobe et al. (2019), quanto maior a concentração de fósforo, maior será a produção primária, e isto nos indica que esse gênero se encontra em abundância em locais com maior fonte de alimento. Silva et al. (2009) relataram que esse gênero é frequentemente encontrado em ambientes que sofrem impacto ambiental.

A segunda morfo-espécies mais encontrada foi *Clinotanypus* sp. De acordo com a literatura, esse gênero apresenta hábito alimentar carnívoro, pois dentro do seu conteúdo estomacal, geralmente são encontradas larvas de outras dípteras (Silva et al. 2009). Este gênero também apresenta correlação com ambientes com maior profundidade. A terceira morfo-espécie mais encontrada foi *Chironomus* sp., que de acordo com a literatura, apresenta hábito alimentar detritívoro (Silva et al. 2008). Esse ponto de coleta é rico em material orgânico, por possuir tanques-rede em vários períodos de cultivo.

A quarta morfo-espécie mais encontrada foi o *Polypedilum* sp., mas apresentou pouca influência com aumento das profundidades, porém mostrou correlação similar àquela observada com *Tanypus* sp., principalmente ligado a ambientes ricos em fósforo (P) no sedimento. A literatura relata que através de análise estomacal, da morfo-espécie *Polypedilum* sp. apresenta ter preferência por alimentos de restos de plantas e detritos (Silva et al. 2008), o que poderia associar a sua maior abundância aos locais com maiores concentrações de P e argila. A morfo-espécie *Fissimentum* sp2 se alimenta de detritos, conforme estudo do hábito alimentar realizado por Silva et al. (2008), o que poderia explicar o aumento da quantidade dessa morfo-espécie neste local. Estas morfo-espécies encontradas no P1 podem indicar que este local apresenta impacto ambiental.

## 4.2 Tanques-redes da Embrapa (P2 a P7)

O Ponto 2 do mês de agosto teve aumento em todos os nutrientes com o passar dos meses (Tabela 5), o mesmo observado por Varol (2019). Esse aumento pode estar correlacionado com o cultivo de peixes. O Ponto 3 apresentou queda na quantidade de

nitrogênio e fósforo, e aumento na concentração de carbono e pH no mês de agosto. Essa queda na concentração de nitrogênio pode estar correlacionada com as mesmas características encontradas nos tanques redes da associação, e a redução na concentração de fósforo pode estar correlacionado as microalgas, diversas classes, como diatomáceas, clorofíceas e cianofíceas, que são capazes de produzir fosfatase alcalina extracelular, contribuindo para mineralização do fósforo orgânico (CAO et al. 2010).

Houve aumento na quantidade de C e pH, o que pode estar correlacionado com o aumento na quantidade de ração, que ao ser lixiviada entra em contato com o sedimento e aumenta a concentração de nutrientes (Varol, 2019). Nos P4 e P5, a variação do pH deve-se à contribuição de inúmeros fatores. Além da concentração de íons H<sup>+</sup>, ele pode ser influenciado pela temperatura, contudo na maioria dos casos está relacionada à dissociação do ácido carbônico, promovido pela decomposição da MO (Esteves & Camargo, 2011). No ponto 5, 6 e 7, houve queda nas concentrações de Nitrogênio (N), Carbono (C) e pH, que podem estar correlacionadas com os mesmos fatores discutidos anteriormente.

#### 4.2.1 Táxons encontrados nos tanques-redes da Embrapa (P2 a P7)

Os Chironomidae apresentaram correlação com pH e com o aumento na quantidade de ração e fósforo no sedimento. Como citado anteriormente, essa família apresenta predominância em locais que sofrem impactos ambientais com excesso de nutriente (Menezes et al. 2016; Nabirye et al. 2016). *Corbicula flumínea* mostra correlação com pH e aumento na quantidade de ração e fósforo no sedimento. Chi et al. (2017) relatam que a *Corbicula flumínea* foi encontrada em maior proporção em locais que sofrem impacto ambiental. Isto mostra que essa espécie invasora se adapta bem em condições em excesso de nutrientes.

Os *Chaoborus* sp. se correlacionaram com aumento de temperatura, insolação, pressão atmosférica, e com o P3 no mês de agosto. O P3 fica próximo da linha do tanques-rede (TR), recebe grande quantidade de dejetos orgânicos dejetos ricos em nutrientes, que oferecem ambiente ideal para a produção primária, atraindo alimentos para os *Chaoborus* sp. (Förster et al. 2016). As pupas e as Hirudíneas mostraram correlação com o P4 no mês de agosto, apresentando as mesmas correlações do *Chaoborus* sp. As hirudíneas são comumente encontradas em locais que sofrem impactos ambientais (Nabirye et al. 2016).

#### 4.2.2 Chironomidae encontrados nos tanques-redes da Embrapa (P2 A P7)

Dos gêneros de Chironomidae encontradas nos tanques-rede da Embrapa, os que mais se destacou foi *Tanyptus* sp., ele foi encontrado em abundância nos pontos 2 e 3, no mês de

junho. Essa morfo-espécie é destacada por Silva et al. (2009) como predadora. O nitrogênio contribui para o aparecimento de algas (De Freitas Bueno; Da Silva, 2017), o que acaba tornando um local rico em alimento para essa morfo-espécie. *Clinotanypus* sp. apresentou as mesmas características que o *Tanypus* sp. (Mcshaffrey & Olive, 1985), e a presença de alta concentração de larvas de dípteras pode resultar em presas para *Clinotanypus*.

Silva et al. (2008) relataram que *Polypedilum* sp. se alimenta de detritos, sendo que essa morfo-espécie geralmente é encontrada em ambiente que sofre impacto ambiental com excesso de nutriente. *Saetheria* sp. e *Ablabesmyia* sp. apresentam mais de 70% do conteúdo estomacal composto por matéria orgânica e 10% de algas unicelulares (Motta & Uieda, 2005). O P5 foi o ponto que apresentou os maiores valores de fósforo e junto com o P6, os maiores teores de MO (carbono). Isto reforça a presença dessas morfo-espécies associadas ao 8P5.

As morfo-espécies *Chironomus* sp. e *Fissimentum* sp. 2 apresentaram correlação com junho. Serra et al. (2017), observaram que o gênero *Chironomus* é bastante encontrado em locais que sofrem impacto ambiental. Silva et al. (2008) relataram que essa morfo-espécie se alimenta de detritos, o que poderia explicar a correlação com carbono neste ponto. *Fissimentum* sp1 correlacionou com o P4 no mês de junho, por ficar próximo à linha dos TR recebe maior quantidade de dejetos dos tanques-rede.

Os *Dicrotendipes* sp. encontrados neste local podem estar correlacionados com seu hábito alimentar. Silva et al. (2008) relatam que as larvas desse gênero se alimentam de detritos, por estar correlacionado ao ponto 6p3 apresenta grande quantidade de carbono neste local, o que pode explicar a correlação dessa morfo-espécie com o carbono. *Tanytarsus* sp. se alimenta quase exclusivamente de detritos (Motta & Uieda 2005; Silva et al. 2008), e por estar correlacionado com o ponto 8p5 apresenta ambiente rico em fósforo, faz com que esse gênero seja influenciado não só pelo carbono, mas principalmente pelo seu hábito alimentar.

### 4.3 Comunidade ribeirinha

No ponto 8 foi observada redução na quantidade de carbono e pH com passar dos meses, e, diferentemente dos demais pontos de coleta, apresenta um metro de profundidade, e fica próximo à comunidade ribeirinha e a margem do rio. Nesse ponto foi registrado aumento na concentração de nitrogênio e fósforo com passar dos meses. Além disso, nesse local foi observado impacto da comunidade, através do descarte de resto de peixe e lavagem de roupa, que poderiam agravar o impacto. Nesse ponto foi registrado o maior aumento da concentração de fósforo (média 97,64 mg/kg) comparado aos TR da associação (média 56,15 mg/kg) e os TR da Embrapa (média 18,94 mg/kg). Sipaúba-Tavares et al. (2008) relataram que o descarte de

resíduos de peixes nos recursos hídricos gera um aumento significativo na concentração de fósforo e nitrogênio, o que pode explicar o excesso de fósforo encontrado no local.

Por se tratar de ambiente raso, o processo de mineralização do carbono nesse local pode ocorrer de outra forma, e por ser influenciada pelos ventos e pelo maior coeficiente vertical de radiação, a mineralização possa ocorrer por fotodegradação, ou processo de bioturbação por organismos bentônicos (Esteves & Camargo 2011). A bioturbação estimula a metanotrofia na interface sedimento-água, resultando em menores concentrações de metano no sedimento (Grenz et al. 2019). Um outro ponto de vista apresentado por Esteves & Camargo (2011) aponta que locais menos profundos apresentam elevada turbulência, o que permite elevada suspensão de sedimentos, facilitando a decomposição da MO. Já o aumento da acidez (redução os valores de pH) pode ser influenciado pela liberação de íons H<sup>+</sup> de moléculas orgânicas e ácidos orgânicos, que apresentam grupamentos carboxílicos e fenólicos principalmente, decorrente da decomposição da MO e também por temperatura da água (Esteves & Marinho, 2011). Este ponto também se diferencia em maior proporção de areia dos demais na quantidade de areia. Pontos que apresentaram grande quantidade de areia P2 e P8 apresentaram menor teor de MO.

#### 4.3.1 Táxons encontrados próximos à comunidade ribeirinha P8

As hirudíneas encontradas próximo a comunidade ribeirinha são encontradas em locais que sofre um impacto (Nabirye et al. 2016). Motta e Uieda (2005) relataram que esse grupo se alimenta de detritos, o que explica o aumento desta espécie neste local. As pupas de Chironomidae, *Corbicula fluminea* e Oligochaeta não mostraram correlação com a quantidade de nutrientes, mas mostraram correlação com o mês de agosto. Os táxons encontrados são referenciados pela literatura como organismos encontrados em locais que sofrem impacto ambiental, neste ponto de coleta foi encontrada a maior população de táxons, com maior concentração de fósforo, como citado anteriormente. As *Corbicula fluminea* mostrou maior concentração neste ponto de coleta que possui profundidade menor comparado a os outros pontos de coleta, o mesmo encontrado por Magbanua et al. (2015) relata que em profundidades menores a maior abundância de *Corbicula fluminea*. Fatores como profundidade estão entre os principais influenciadores na quantidade de táxons (SANTOS et al. 2016).

Todos esses táxons, como citado anteriormente, são indicadoras de impacto ambiental. Neste ponto de coleta foi encontrada em maior quantidade: Hirudínea, Oligochaeta, gêneros e populações de Chironomidae, *Corbicula fluminea* e fósforo no sedimento comparado ao TR da Embrapa e TR da associação de aquicultores. As Oligochaeta só foram encontradas no P1 e P8, o que pode indicar que estes dois ambientes são os que mais apresenta impacto ambiental.

Também foi encontrado Ceratopogonidae e Gomphidae em pequenas quantidades no mês de junho.

#### 4.3.2 Chironomidae encontradas próximo à comunidade ribeirinha.

O ambiente de coleta próximo à comunidade ribeirinha, foi o ponto que apresentou maior diversidade de gêneros da família Chironomidae. Dentre as características que diferem dos demais pontos, estão a presença de maior quantidade de areia e menor profundidade (1,0 m). SANTOS et al. (2016) relatam que em reservatórios na margem maior é a quantidade de macroinvertebrados bentônicos do que no fundo. Esses autores também relataram que devido à influência de luz solar, temperatura da água e disponibilidade de alimento ser encontrado maior nas margens, influencia diretamente a quantidade de táxons.

Algumas morfo-espécies foram influenciadas pelos baixos teores de silte e argila, e aumento de fósforo, com destaque para *Fissimentum* sp1, *Fissimentum* sp2, *Dicrotendipes* sp., *Saetheria* sp. e *Clinotanypus* sp. *Tanypus* sp. Silva et al. (2008) relataram que *Fissimentum* e *Dicrotendipes* se alimentam de detritos, o que pode correlacionar o aumento dessas morfo-espécies com a alta concentração de fósforo neste local, mostrando que esses organismos são fortemente influenciados pelo seu hábito alimentar.

Motta e Uieda (2005) mostraram, através da análise do conteúdo estomacal, que *Saetheria* sp. se alimentam com mais de 70% de matéria orgânica, e com 10% de algas unicelulares. As morfo-espécies *Fissimentum* sp. 2, *Tanypus* sp., *Clinotanypus* sp. como destacado anteriormente essas morfo-espécies mostram correlação com esses parâmetros, devido ao seu hábito alimentar (Silva et al. 2008; Silva et al. 2009).

Outras morfo-espécies como *Tanytarsus* sp., *Chironomus* sp. e *Asheum* sp. mostraram correlação com o carbono e baixo pH. Serra et al. (2017) observaram que *Chironomus* é bastante encontrado em locais que sofrem impacto ambiental, que esse gênero se alimenta de detritos (Silva et al., 2008).

Já as morfo-espécies *Polypedilum* sp. e *Cryptochironomus* sp. *Aedokritus* sp., *Demicryptochironomus*, e *Xenochironomus* sp. se correlacionaram com a areia. Gieswein, Hering e Lorenz (2019) e Hubler et al. (2016) relataram que sedimentos finos, partículas orgânicas e inorgânicas menores que 2 mm, ocorrem naturalmente em ambiente aquático bentônico, e que esses sedimentos finos podem aumentar ou diminuir a concentração de organismos bentônicos. Gieswein; Hering e Lorenz (2019) relataram que muitos macroinvertebrados aquáticos, utilizam os espaços intersticiais do sedimento como refúgio de correntes e predação, e com o aumento das partículas finas esses espaços tendem a entupir, o que pode alterar a densidade de

macroinvertebrados, a diversidade e a composição da comunidade. Ambiente rico em areia pode propiciar um refúgio para a presença de predadores para estas larvas, o que poderia explicar a presença destas larvas neste local.

*Cladopelma* sp. apresenta correlação com areia e fosforo e baixos teores de argila silte possui uma alimentação em mais de 70% em algas (Silva et al. 2008). a grande concentração de fósforo pode ter influenciado no aumento da produção primária, o que poderia explicar esse comportamento.

## REFERÊNCIAS

- AHMED, N., THOMPSON, S., GLASER, M. Global aquaculture productivity, environmental sustainability, and climate change adaptability. *Environmental management*, 2019, 63(2),159-172.
- BRANDIMARTE, A. L.; ANAYA, M. Bottom fauna using a solution of sodium chloride. *Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie: Verhandlungen*, 1998, 26(5): 2358-2359.
- BREDEMEIER C.; MUNDSTOCK C. M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. *Ciência Rural*, 2000, 30(2), 365-372.
- BUBINAS, A.; JAGMINIENÉ, I. Bioindication of ecotoxicity according to community structure of macrozoobenthic fauna. *Acta Zoológica Lituanica*, Vilnius, v.11, n.1, p.90-99, 2001.
- CAO, X., SONG, C.; ZHOU, Y. Limitations of using extracellular alkaline phosphatase activities as a general indicator for describing P deficiency of phytoplankton in Chinese shallow lakes. *Journal of Applied Phycology*, 2010, 22(1), 33-41.
- CHI, S., ZHENG, Z., ZHANG, Z., HU, J., ZHENG, J., ZHAO, X.; HU, J., DONG, J., PENG, J. Comparative effects of aquaculture and water level fluctuations on macroinvertebrate communities in Three Gorges Reservoir, China. *Polish Journal of Ecology*, 2017, 65(4), 390-404.
- DAVIS, S. J., HUALLACHÁIN, D. Ó., MELLANDER, P. E., KELLY, A. M., MATTHAEI, C. D., PIGGOTT, J. J. and KELLY-QUINN, M. Multiple-stressor effects of sediment, phosphorus and nitrogen on stream macroinvertebrate communities. *Science of The Total Environment*, 2018, 637-638, 577-587.
- DE FREITAS BUENO, R.; DA SILVA, A. F. Remoção de nutrientes por meio de algas sob diferentes condições de iluminação. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, 2017, 8(2), 20-33.
- EGESSA, R., PABIRE, G. W., OCAYA, H. Benthic macroinvertebrate community structure in Napoleon Gulf, Lake Victoria: effects of cage aquaculture in eutrophic lake. *Environmental monitoring and assessment*, 2018, 190(3), 112-122.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY- EPA, *Rapid bioassessment protocols for use in wade streams and rivers*, Washington: EPA, 1999. 2 ed.

ESTEVEES, F. A., CAMARGO, A. F. M. Sedimentos Límnicos. Interciência, In: ESTEVEES F.A., *Fundamentos de Limnologia*. Rio de Janeiro: Interciência, 2011, pp. 339-354. 3 ed.

ESTEVEES, F. A., MARINHO C. C. Carbono inorgânico. In: ESTEVEES, F. A., ed. *Fundamentos de Limnologia*. Rio de Janeiro: Interciência, 2011, pp. 209- 238. 3 ed.

ESTEVEES, F. A., LEAL, J. J. F, CALLISTO, M. Comunidade bentônica. In: ESTEVEES, F. A., ed. *Fundamentos de Limnologia*. Rio de Janeiro: Interciência, 2011, pp. 581- 607. 3 ed.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION –FAO *The State of World Fisheries and Aquaculture*. Rome: FAO, 2018.

FÖRSTER, M., BEUTEL, R. G.; SCHNEEBERG, K.. Catching prey with the antennae–The larval head of *Corethrella appendiculata* (Diptera: Corethrellidae). *Arthropod structure & development*, 2016, 45(6), 594-610.

GIESWEIN, A.; HERING, D.; LORENZ, A. W. Development and validation of a macroinvertebrate-based biomonitoring tool to assess fine sediment impact in small mountain streams. *Science of The Total Environment*, Essen, 2019, 652, p. 1290-1301.

GRENZ, C., MORENO, M. O., SOETAERT, K., DENIS, L., DOUILLET, P., and FICHEZ, R.. Spatio-temporal variability in benthic exchanges at the sediment-water interface of a shallow tropical coastal lagoon (south coast of Gulf of Mexico). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2019,218, 368-380.

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

HUBLER, S.; HUFF, D. D.; EDWARDS, P.; PAN, Y. The Biological Sediment Tolerance Index: Assessing fine sediments conditions in Oregon streams using macroinvertebrates. *Ecological indicators*, Hillsboro, 2016, 67, 132-145.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA-INMET. *Base de dados meteorológicas*, São Paulo, INMET, 2020.

ISLAM, M. S. Nitrogen and phosphorus budget in coastal and marine cage aquaculture and impacts of effluent loading on ecosystem: review and analysis towards model development. *Marine pollution bulletin*, 2005, 50(1), 48-61.

MAGBANUA, F. S., MENDOZA, N. Y. B., UY, C. J. C., MATTHAEI, C. D., ONG, P. S. WATER physicochemistry and benthic macroinvertebrate communities in a tropical reservoir: The role of water level fluctuations and water depth. *Limnologia*, 2015, 55, 13-20.

MCSHAFFREY, D. e OLIVE, J. H. Ecology and Distribution of Chironomid Larvae from Carroll County, Ohio (Diptera: Chironomidae). *Ohio Academic Science*, 1985, 85(4), 190-198.

- MENEZES, L. C. B., GARGIULO, J. R. B. C. e MONTERIO-JÚNIOR, A. J. Qualidade da água em locais de pesca artesanal no complexo Billings, São Paulo. *Títulos não-correntes*, 2016, 30(1) 43-53.
- MOTTA, R. L. and UIEDA, V. S. Food web structure in a tropical stream ecosystem. *Austral Ecology*, 2005, 30(1), 58-73.
- NABIRYE, H., MWEBAZA-NDAWULA, L., BUGENYI, F.W.B, MUYODI, F.J. The evaluation of cage fish farming effects on water quality using selected benthic macro-invertebrate community parameters in the Napoleon gulf, Northern Lake Victoria. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 2016, 4(1), 42-50.
- OTTINGER, M., CLAUSS, K., KUENZER, C. Aquaculture: relevance, distribution, impacts and spatial assessments—a review. *Ocean & Coastal Management*, 2016, 119, 244-266
- PRAT, N., PUNTÍ, T., RIERADEVALL, M. O uso de larvas e exúvias pupas para estudar a biodiversidade de Chironomidae em riachos do Mediterrâneo. *Revista de Pesquisa Entomológica e Acarológica*, 2016, 48(1), 29-36.
- SANTOS, N.C.L, SANTANA, H.S, DIAS, R.M, BORGES, H.L.F, DE MELO, V.F, SEVERI, W., AGOSTINHO, A. A.. Distribuição de macroinvertebrados bentônicos em uma cascata de reservatório tropical. *Hydrobiologia*, 2016. 765 (1), 265-275.
- SERRA, S. R., GRAÇA, M. A., DOLÉDEC, S. e FEIO, M. J. Chironomidae traits and life history strategies as indicators of anthropogenic disturbance. *Environmental monitoring and assessment*, 2017, 189:326.
- SILVA, F. L., MOREIRA, D. C., BOCHINI, G. L., RUIZ, S. S. Hábitos alimentares de larvas de Chironomidae (Insecta: Diptera) do córrego Vargem Limpa, Bauru, SP, Brasil. *Biotemas*, 2008, 21(2), 155-159.
- SILVA, F.L., PAULETO, G. M., TALAMONI, J. L. B., RUIZ, S. S. Categorização trófica funcional de comunidades de macroinvertebrados de dois reservatórios da região centro-oeste do estado de São Paulo. Brasil. *Acta Scientiarum Biological Sciences*. 2009, 31(1): 73-78.
- SIPAÚBA-TAVARES, L.H., ALVAREZ, E.J.S., BRAGA, F.M.S. Water quality and zooplankton in tanks with larvae of *Brycon orbignyanus* (Valenciennes, 1949). *Brazilian Journal Biology*, 2008, 68(1): 77-86.
- SIQUEIRA, T., TRIVINHO-STRIXINO, S. Diversidade de Chironomidae (Diptera) em dois córregos de baixa ordem na região central do Estado de São Paulo, através da coleta de exúvias de pupa. *Revista Brasileira de Entomologia*, 2005, 49(4): 531-534,
- SONOBE, H. G., LAMPARELLI, M. C., CUNHA, D. G. F. Avaliação espacial e temporal de aspectos sanitários de reservatórios com captação de água para abastecimento em SP com ênfase em cianobactérias e cianotoxinas. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, 2019, 24(5), 909-918.

TRIVINO-STRIXINO, S. *Larvas de Chironomidae guia de identificação*. São Carlos: UFSC, 2011.

TEDESCO, M. J., GIANELLO, C., BISSANI, C. A., BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. *Análise de solo, plantas e outros minerais*. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 2 ed.

TEIXEIRA, P. C., DONAGEMMA, G. K., FONTANA, A., & TEIXEIRA, W. G. *Manual de Métodos de Análise de Solo*. Brasília: Embrapa, 2017. 3 ed.

VAROL, M. Impacts of cage fish farms in a large reservoir on water and sediment chemistry. *Environmental Pollution*, 2019, 252,1448–1454.

ZHANG, Q., ZHOU, W., LIANG, G., SUN, J., WANG, X., HE, P. Distribution of soil nutrients, extracellular enzyme activities and microbial communities across particle-size fractions in a long-term fertilizer experiment. *Applied Soil Ecology*, 2015, 94, 59-71.

## CAPÍTULO II

### **Criação de tambaqui (*Colossoma macropomum*) em tanques-rede: efeito sobre os macroinvertebrados bentônicos**

**Resumo: Objetivo:** O estudo teve como objetivo analisar o efeito dos tanques-rede de cultivo de *Colossoma macropomum* sobre os macroinvertebrados bentônicos. **Métodos:** Foram avaliados três pontos de coletas: P4, situado a 10 m de distância da linha do tanques-rede, P6: situado a 100 m da linha do tanques-rede, e P7, situado a 200 m da linha dos tanques-rede. Foram analisadas as variáveis químicas, físicas e biológica do sedimento e parâmetros de qualidade de água. **Discussão:** Os dados mostraram que os macroinvertebrados se correlacionam com diferentes distâncias, de acordo com a concentração de nutrientes e com a atividade biológica. Na fase final do experimento, táxons mais tolerantes a impactos ambientais ficaram mais próximos da linha dos tanques-rede, enquanto táxons menos tolerantes se distribuíram a uma maior distância.

Palavras Chaves: Tanques-rede, Macroinvertebrados bentônicos, Chironomidae.

### **Tambaqui (*Colossoma macropomum*) breeding in cages: effect on benthic macroinvertebrates**

**Abstract: Objective:** The study aimed to analyze the effect of *Colossoma macropomum* cultivation cages on benthic macroinvertebrates. **Methods:** Three collection points were obtained: P4, located 10 m away from the tank line, P6: located 100 m from the cage line, and P7, located 200 m from the net tank line. The variable, physical and biological variables of the sediment and water quality parameters were analyzed. **Discussion:** The distant data that macroinvertebrates correlate with different distances, according to the concentration of nutrients and biological activity. In the final phase of the experiment, taxa more tolerant to known environmental impacts closer to the cage line, while less tolerant taxa were distributed over a greater distance.

Keywords: Cages, Benthic macroinvertebrates, Chironomidae

## 1 INTRODUÇÃO

O cultivo de peixe em tanque-rede (TR) é uma atividade milenar, uma vez que as primeiras espécies aquáticas foram cultivadas durante a dinastia Sung na China, entre 960-1280 D.C. (Bao-Tong, 1994). Os primeiros cultivos comerciais apareceram no Japão na década de 60, enquanto no Brasil o cultivo em tanques-rede chegou na década de 80 (Cavalcante, 2010). Desde então este tipo de cultivo se mostrou promissor, devido ao menor custo inicial comparado ao cultivo em tanques escavados, e à possibilidade de se trabalhar com alta densidade de estocagem (Lirango et al. 2011).

Os tanques-redes podem ser instalados em grandes lagos e reservatórios e utilizar altas densidades (Frisso et al. 2020). À medida que aumenta a densidade de peixes em tanques-redes, também aumenta o risco de deterioração da qualidade da água, resultante da produção intensiva que pode comprometer a estabilidade do ecossistema, causando mudanças na área biológica, física e química. Henry-Silva & Camargo (2008) relataram que o aumento da concentração de Fósforo (P), Nitrogênio (N) e Carbono (C) está entre as principais mudanças que ocorrem em ambientes naturais cultivados com peixes. O P e o N em grandes quantidades podem acarretar mudança, não apenas da qualidade da água, mas também na microfauna presente (Davis et al. 2018).

De acordo com Egessa et al. (2018), com o aumento da concentração de fósforo na água ocorrem mudanças nos parâmetros físicos e químicos, dentre os mais comuns se destacam o aumento de biomassa verde e a diminuição no nível de oxigenação. Entre a macrofauna, os que mais se destacam como bioindicadores ambientais são os macroinvertebrados (Ramos et al. 2019). Que são organismos maior que 500  $\mu\text{m}$ .

De acordo com Menezes & Beyruth (2003), macroinvertebrados apresentam um importante papel no processamento da matéria orgânica, acelerando, decompondo, e promovendo a reciclagem de nutrientes. Uma das vantagens de se utilizar macroinvertebrados como indicadores de alteração do meio ambiente é que eles apresentam um ciclo de vida suficientemente longo, o que favorece a detecção ambiental em tempo hábil.

Além disso, apresentam tamanho de corpo relativamente grande e de fácil amostragem, técnicas de amostragem, de custo baixo, e alta diversidade de espécies, que apresentam uma enorme gama de tolerância a amplo espectro de respostas frente a diferentes níveis de contaminação (Davis, et al. 2019).

O objetivo desse trabalho foi analisar o efeito da criação de tambaqui (*Colossoma macropomum*) em tanques-rede instalados em reservatório de usina hidrelétrica, a fim de observar a influência sobre os macroinvertebrados bentônicos.

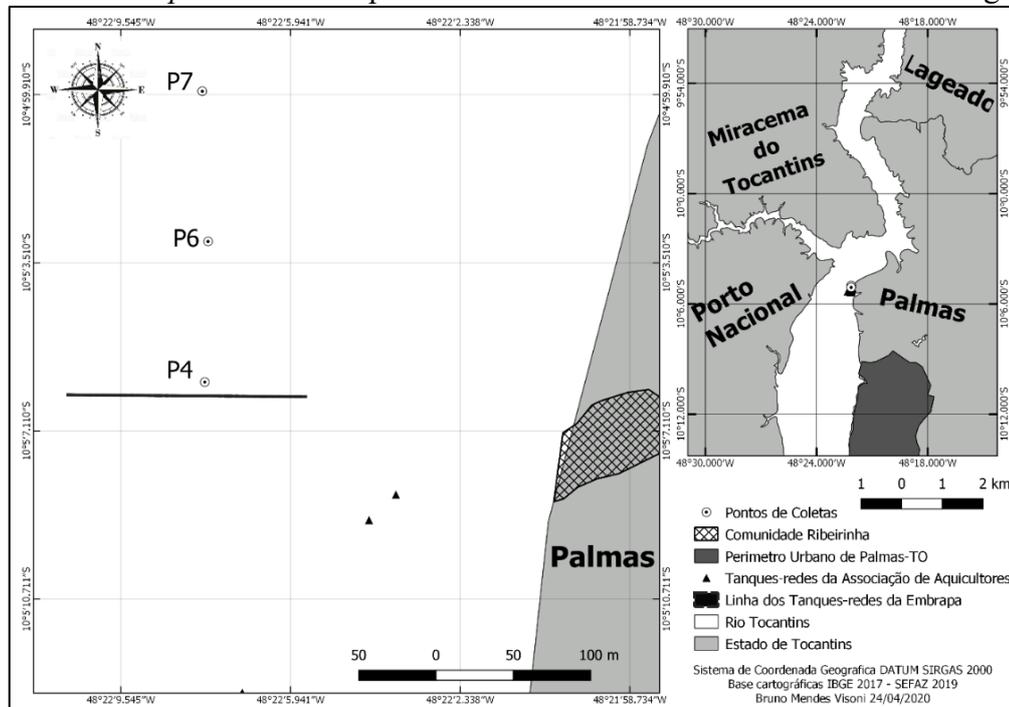
## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no Parque Aquícola Sucupira, localizado no Reservatório da usina hidrelétrica (UHE) Luís Eduardo Magalhães, situada no Rio Tocantins, em Palmas (TO). (Figura 8).

### 2.1 Aquisição e preparo dos alevinos

O estudo foi realizado entre junho e agosto de 2019, sob coordenação da Embrapa Pesca e Aquicultura, em parceria com a Associação comunitária Bom Peixe e com a Universidade Federal de Santa Catarina. Os alevinos ( $n=57.888$ ) de tambaqui (*Colossoma macropomum*) (peso médio  $\pm 50,10 \pm 1,39$  g; comprimento médio  $\pm 11,53 \pm 0,14$  cm) obtidos na Fazenda Aquícola São Paulo (Tocantins, Brasil).

Figura 8. Localização dos pontos de coleta do sedimento e água durante o cultivo de *Colossoma macropomum* em tanques-rede localizados na UHE Luís Eduardo Magalhães.



No início do experimento, os peixes foram estocados aleatoriamente em 16 tanques redes (TR) de internódios de malha de 25 mm, nas densidades (15 kg /m<sup>3</sup>, 24 kg /m<sup>3</sup>) e com dois tamanhos de tanques-rede (3.0 x 3.0 x 3.0 m: com área útil 22,50 m<sup>3</sup>; 4,0 x 4,0 x 3,0 m: com área útil de 40 m<sup>3</sup>, cada tratamento consiste em quatro repetições. Os TR foram instalados perpendicularmente à corrente da água e dispostos de acordo com uma distância entre TR de 4 m, em local sem histórico de cultivo de peixes.

Os peixes foram alimentados manualmente três 3 vezes ao dia até a saciedade, com uma dieta extrusada comercial específica para peixes onívoros, com níveis de proteína bruta de 45%, 36%, 32%, de acordo com cada fase de cultivo.

### 2.1.1 Análise de qualidade de água e sedimento

As coletas de sedimento e água foram realizadas nos meses de junho, julho e agosto, em três pontos amostrais pré-determinados: P4: situado a 10 m da linha do tanques-rede, P6, localizado a 100 m da linha do tanque rede, e P7, localizado a 200 m dos tanques-rede (Tabela 9).

Após a estocagem dos alevinos nos tanques-redes da Embrapa mensalmente foram analisadas pela manhã com uma sonda U-50 multiparâmetro Horiba, temperatura da água, a turbidez, o pH, a condutividade elétrica, a transparência e as concentrações de oxigênio dissolvido, sólidos totais dissolvidos. Já os parâmetros ortofosfato, Demanda Bioquímica de oxigênio, amônia, nitrito, nitrato e clorofila “a”, foram realizadas no laboratório de qualidade da água da Universidade Federal do Tocantins utilizando métodos padrão americanos para o exame de água e águas residuais (APHA, 1995).

Tabela 9. Localização e características dos pontos de coletas localizadas no reservatório Luiz Eduardo Magalhães, Palmas-TO, selecionados para avaliar a influência do cultivo de *Colossoma macropomum* em tanques-rede sobre os macroinvertebrados bentônicos.

| Pontos | Latitude     | Longitude    | Profundidade (m) | Distância (m) |
|--------|--------------|--------------|------------------|---------------|
| P4     | 10° 5'6.09"S | 48°22'7.33"O | 10               | 10            |
| P6     | 10° 5'4.58"S | 48°22'8.12"O | 10               | 100           |
| P7     | 10° 5'2.97"S | 48°22'8.16"O | 10               | 200           |

Distância = Distância dos pontos de coleta da linha dos tanques-rede (TR), no rio Tocantins.

As coletas de sedimento foram realizadas junto com as coletas para análise de água, para as quais foi utilizado um pegador do tipo Petersen, que apresenta área conhecida de 225

cm<sup>2</sup>. Foram realizadas sete repetições, sendo três destinadas a análise biológica e quatro para análise química e física do solo.

Para a análise biológica o sedimento, também amostrado com draga do tipo Petersen (225 cm<sup>2</sup>), foi lavado em peneira de 500 µm e, posteriormente, o material obtido foi fixado com formol a 4,0 %. As amostras foram triadas em duas fases: na primeira, o sedimento foi triado com auxílio de uma mesa de luz, e foi acrescentado uma saturação de NaCl para facilitar a triagem seguindo a metodologia de Brandimarte & Anaya (1998); na segunda a identificação foi realizada com auxílio de chaves de identificação de Hamada et al. (2014) e Trivinho-Strixino, (2011), os macroinvertebrados aquáticos foram quantificados e identificados, com auxílio de lupa, microscópio óptico, observando-se lâminas semipermanentes, das cápsulas cefálicas e do corpo das larvas de Chironomidae, preparadas em meio de Hoyer. Os dados atmosféricos foram cedidos pelo instituto de meteorologia (INMET, 2020).

Para as análises químicas e físicas do solo foi formado um pool de sedimento com as quatro repetições de cada ponto. O sedimento foi seco na estufa de ventilação forçada a 40 °C e peneirado em peneira de 2,0 mm, seguindo o protocolo de Teixeira et al. (2017). Foram realizadas as análises químicas de pH, nitrogênio total, fósforo total, carbono total, e a análise física da caracterização granulométrica de areia, silte e argila. A análise granulométrica foi feita seguindo o método da pipeta conforme descrito em Teixeira et al. (2017). As concentrações de carbono total foram realizadas por meio de oxidação via úmida com dicromato de potássio conforme metodologia de Teixeira et al. (2017). O nitrogênio total foi feito pelo método Kjeldahl, o pH em água (1:1), e fósforo total foi extraído usando a solução Mehlich-1 e determinado por colorimetria, sendo todas as metodologias descritas em Tedesco et al. (1995).

## **2.2 Análise da ração comercial**

Para a análise da ração comercial sobre extrato etéreo foi utilizado a metodologia de Brum et al. (2009), a análise de proteína foi realizada através do método de Kjeldahl, e a matéria mineral foi obtida por incineração a 550 °C.

## **2.3 Análise estatística**

Para avaliar a dinâmica ambiental foi aplicada a Análise de Componentes Principais (PCA), e para análise da correlação dos parâmetros físicos e químicos com os biológicos foi utilizada a análise de correspondência canônica (CCA).

## 2.4 Caracterização do ambiente

A partir de junho (Tabela 10) os peixes estavam estocados na densidade pré-estabelecidas nos tanques-rede da Embrapa, já recebendo ração comercial.

Nota-se o aumento da quantidade de ração geral nos tanques-rede da Embrapa com o passar do tempo, o que se dá pelo aumento de peso dos peixes, e conseqüente redução do teor de proteína da ração. Nos tanques-rede da associação de aquicultores, já ocorria o cultivo, de modo que só foi analisada a quantidade de nutrientes encontrada no sedimento, nos meses junho, julho e agosto.

## 3 RESULTADOS

### 3.1 Macroinvertebrados bentônicos

Foram identificados os macroinvertebrados bentônicos encontrados no mesmo ambiente, nas mesmas profundidades. A Tabela 11 apresenta os macroinvertebrados bentônicos identificados nos diferentes pontos de amostragem.

Tabela 10. Condições atmosféricas e quantidade de ração utilizada mensalmente nos TR da Embrapa.

| DATA   | Atmosfera          |              |              | Ração         |         |         |         |
|--------|--------------------|--------------|--------------|---------------|---------|---------|---------|
|        | Insolação<br>(h/m) | Precipitação | Temp<br>(°C) | Ração<br>(kg) | PB<br>% | MM<br>% | EE<br>% |
| Junho  | 287,9              | 0,6          | 27,60        | 3.021,71      | 45,84   | 9,65    | 37,67   |
| Julho  | 286,6              | 0,0          | 27,79        | 7.747,74      | 36,00   | 12,00   | 7,76    |
| Agosto | 294,6              | 0,0          | 29,50        | 3.432,06      | 32,66   | 11,34   | 6,56    |

Temp = Temperatura, PB = Proteína Bruta, MM = Matéria Mineral, EE = Extrato Etéreo

Tabela 11. Macroinvertebrados bentônicos amostrados durante o cultivo de *Colossoma macropomum* em tanques-rede localizados na UHE Luís Eduardo Magalhães.

| Classificação supragenérica          | Espécie/ Morfo-espécies   | P4 |    |    | P6 |    |    | P7 |    |    |
|--------------------------------------|---------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|                                      |                           | J  | J  | A  | J  | J  | A  | J  | J  | A  |
| Corbiculidae<br>(Mollusca: Bivalvia) | <i>Corbicula fluminea</i> | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 2  | 0  | 0  |
| Hirudinea<br>(Annelida: Cliyellata)  | Hirudinea sp.             | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| Chironomidae<br>(Insecta: Diptera)   |                           | 53 | 18 | 87 | 57 | 38 | 44 | 54 | 11 | 20 |
|                                      | <i>Polypedilum</i> sp.    | 1  | 0  | 0  | 4  | 0  | 8  | 34 | 0  | 1  |
|                                      | <i>Chironomus</i> sp.     | 0  | 6  | 0  | 1  | 0  | 1  | 3  | 0  | 1  |
|                                      | <i>Fissimentum</i> sp1    | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 2  | 0  | 0  | 0  |
|                                      | <i>Saetheria</i> sp.      | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 4  | 13 | 0  | 0  |
|                                      | <i>Tanytarsus</i> sp.     | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 2  | 0  | 0  |
|                                      | <i>Fissimentum</i> sp2    | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|                                      | <i>Tanypus</i> sp.        | 52 | 10 | 53 | 43 | 35 | 26 | 0  | 9  | 18 |
|                                      | <i>Clinotanypus</i> sp.   | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 2  | 0  | 0  | 0  |
|                                      | <i>Ablabesmyia</i> sp.    | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 2  | 0  | 0  |
| Chaoboridae<br>(Insecta: Diptera).   | <i>Chaoborus</i> sp.      | 7  | 3  | 6  | 16 | 6  | 17 | 0  | 8  | 6  |

Os macroinvertebrados mais abundantes foram os Chironomidae, com maior concentração no P4. A morfo-espécie mais abundante foi *Tanypus* sp.. *Corbicula fluminea* apresentou maiores abundâncias nos pontos mais distante do TR, e maior concentração em janeiro no P7. Hirudinea foram registrados somente no mês de agosto no P4. Os *Chaoborus* sp. mostraram um comportamento parecido em todos os meses de coleta. Para compreender a influência dessas variáveis observamos as características físicas e químicas do sedimento (Tabela 12).

Tabela 12 Análise do sedimento e da ração observando os parâmetros físico e químico nos meses de junho, julho e agosto de 2019.

| Parâmetros      | Junho |       |       | Julho (%) |       |       | Agosto (%) |       |       |
|-----------------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|------------|-------|-------|
|                 | P4    | P6    | P7    | P4        | P6    | P7    | P4         | P6    | P7    |
| areia (%)       | 12,71 | 7,16  | 6,33  | 22,33     | 7,57  | 3,92  | 7,62       | 27,88 | 17,49 |
| silte (%)       | 41,09 | 38,87 | 40,97 | 37,35     | 37,60 | 40,78 | 49,79      | 26,03 | 35,48 |
| arg (%)         | 46,20 | 53,97 | 52,70 | 40,31     | 54,83 | 55,30 | 42,59      | 46,09 | 47,03 |
| N (mg/kg)       | 41,57 | 41,74 | 41,06 | 41,32     | 41,06 | 40,90 | 41,78      | 41,06 | 41,69 |
| P (mg/kg)       | 8,98  | 11,77 | 9,55  | 9,69      | 11,24 | 16,50 | 15,39      | 17,47 | 11,77 |
| C (mg/kg)       | 60,96 | 96,93 | 64,62 | 73,69     | 76,89 | 79,24 | 63,33      | 70,22 | 79,05 |
| pH <sub>S</sub> | 5,15  | 5,16  | 5,06  | 5,66      | 5,10  | 5,11  | 5,43       | 5,15  | 5,52  |

C = carbono total no sedimento, N = nitrogênio total no sedimento, P = fósforo total no Sedimento, Ph<sub>S</sub> = potencial hidrogeniônico do sedimento, arg = argila no sedimento, silte = silte no sedimento, areia = areia no sedimento, N<sub>R</sub> = Proteína Bruta da ração, M<sub>R</sub> = Matéria Mineral da ração, EE<sub>R</sub> = Extrato Etéreo da ração.

Em P4 foi registrado aumento na quantidade de nutrientes comparados julho e agosto com junho. Observa-se também aumento de nitrogênio, fósforo e Carbono e pH, que podem estar relacionados aos dejetos gerados pelo tanques-rede. Também é possível notar uma mudança na granulometria do sedimento aumentando principalmente a quantidade de silte.

Na Tabela 13 estão apresentadas as variáveis de da qualidade de água, que foram influenciadas pelos tanques-rede.

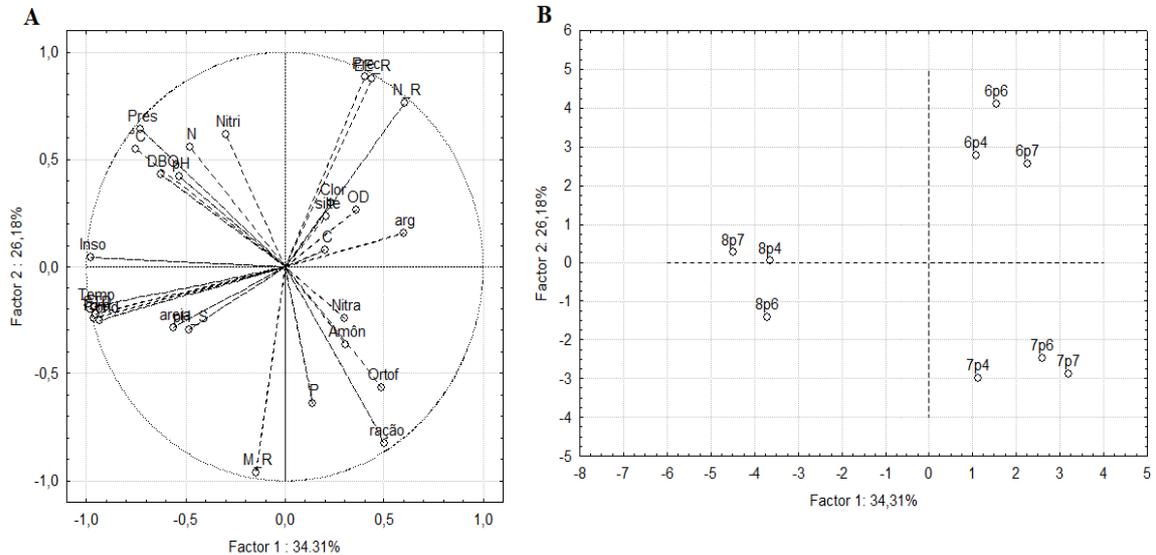
Nota-se que as variáveis registradas no P4 em julho e agosto foram mais elevadas nos parâmetros pH, turbidez, amônia, ortofosfato, clorofila “a” e temperatura da água comparadas ao mês de junho. Observa-se também queda nas concentrações de oxigênio dissolvido. Para caracterizar o ambiente, foi utilizada PCA para observar a relação dos pontos de coletas com as variáveis limnológicas (Figura 9).

Tabela 13. Variáveis da qualidade de água no cultivo de *Colossoma macropomum* em tanques-rede localizados na UHE Luís Eduardo Magalhães.

| Parâmetros   | Junho |       |       | Julho |       |       | Agosto |       |       |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|
|              | P4    | P6    | P7    | P4    | P6    | P7    | P4     | P6    | P7    |
| Temp (°C)    | 28,36 | 28,42 | 28,43 | 28,03 | 28,18 | 28,09 | 28,51  | 28,58 | 28,57 |
| OD (mg/L)    | 8,07  | 10,26 | 8,61  | 7,38  | 7,55  | 10,58 | 7,92   | 8,14  | 8,26  |
| pH           | 6,57  | 7,29  | 6,45  | 6,62  | 6,48  | 6,46  | 6,79   | 6,95  | 7,00  |
| Turb (uT)    | 4,06  | 3,49  | 4,09  | 8,45  | 6,37  | 4,11  | 19,70  | 20,00 | 19,50 |
| STD (mg/L)   | 0,04  | 0,04  | 0,04  | 0,04  | 0,04  | 0,04  | 0,05   | 0,05  | 0,05  |
| Cond (µS/cm) | 0,06  | 0,06  | 0,06  | 0,06  | 0,06  | 0,06  | 0,07   | 0,07  | 0,07  |
| Amôn (mg/L)  | 0,03  | 0,06  | 0,05  | 0,26  | 0,08  | 0,02  | 0,02   | 0,02  | 0,02  |
| Nitri (mg/L) | 0,00  | 0,01  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00   | 0,00  | 0,01  |
| Nitra (mg/L) | 0,20  | 0,30  | 0,40  | 0,30  | 0,30  | 0,40  | 0,30   | 0,30  | 0,30  |
| Ortof (mg/L) | 0,02  | 0,03  | 0,05  | 0,03  | 2,70  | 4,75  | 0,10   | 0,16  | 0,34  |
| Clor (µg/L)  | 1,51  | 5,05  | 1,62  | 3,20  | 2,32  | 1,50  | 2,60   | 1,51  | 1,26  |
| DBO (mg/L)   | 1,12  | 1,68  | 0,71  | 0,21  | 0,20  | 1,15  | 1,37   | 1,28  | 2,35  |

Temp = Temperatura da água, OD = Oxigênio Dissolvido, pH = Potencial Hidrogeniônico, Turb = Turbidez, STD = Sólidos Dissolvido Totais; Cond = Condutividade, Amôn = Amônia, Nitri = Nitrito, Nitra = Nitrato, Ortof = Ortofósforo, Clor = Clorofila “a”, DBO = Demanda Bioquímica de Oxigênio.

Figura 9. Ordenamento dos pontos de coleta de água e sedimento (P4, P6 e P7) após o início do cultivo de *Colossoma macropomum* em tanques-rede localizados na UHE Luís Eduardo Magalhães.

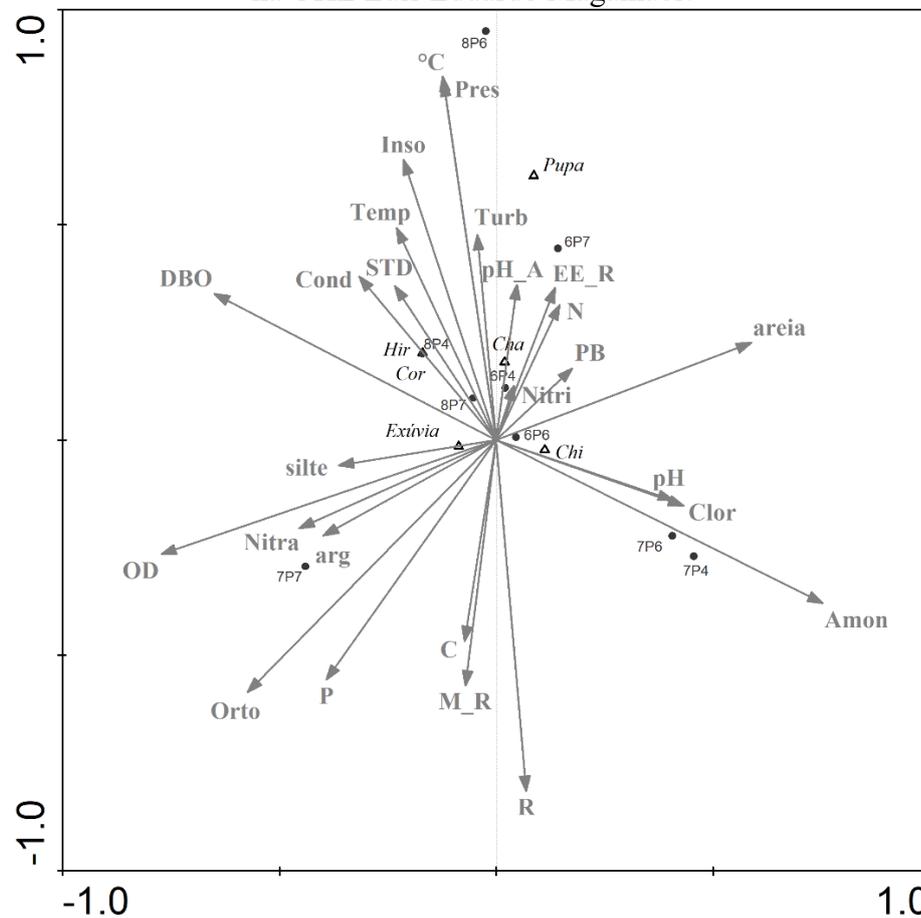


(A) R = Ração, N\_R = Proteína Bruta na Ração; EE\_R = Estrato Etéreo da Ração, M\_R = Matéria Mineral da Ração. C = carbono total no sedimento, N = nitrogênio total no sedimento, P = fósforo total no Sedimento, pH = potencial hidrogeniônico da água, pH = potencial hidrogeniônico do sedimento, Pres = pressão atmosférica, Inso = insolação, Temp = temperatura do ar, arg = argila no sedimento, silte = silte no sedimento, areia = areia no sedimento. Amôn = Amônia, Ortof = Ortofosfato, Nitra = Nitrato, Clor = Clorofila "a", OD = Oxigênio Dissolvido, Nitri = Nitrito, pH = Potencial Hidrogeniônico, DBO= Demanda Bioquímica de Oxigênio, °C = temperatura da água, Turb = Turbidez, STD = Sólidos Totais Dissolvidos, Cond = Condutividade. (B) 6P4, 6P6, 6P7 = Junho. 7P4, 7P6, 7P7 = Julho. 8P4, 8P6, 8P7 = Agosto.

O ponto do mês de junho (6P4, 6P6, 6P7) mostrou tendência de ambiente com maior quantidade de argila, clorofila "a", oxigênio dissolvido, silte e carbono. Já julho (7P4, 7P6, 7P7) se correlacionou com nitrato, amônia, ortofosfato, fósforo e ração, em agosto (8P4, 8P6, 8P7) se correlacionou com sólidos dissolvidos totais, condutividade, turbidez, areia, pH do sedimento, insolação, temperatura do ar, mineral da ração, e também a aumento na quantidade de DBO, nitrogênio no sedimento e nitrito.

A PCA separou os três pontos de coleta de água e sedimento, uma vez que quando observamos o P4 verifica-se tendência de aproximação dos nutrientes. Já o P7 mostra uma correlação oposta. Com o intuito de relacionar os parâmetros analisados com a variação dos táxons foi aplicada a CCA (Figura 10).

Figura 10. Relação entre os macroinvertebrados bentônicos e as variáveis ambientais nos pontos P4, P6, P7 durante o cultivo de *Colossoma macropomum* em tanques-rede localizados na UHE Luís Eduardo Magalhães.



R = Ração, PB = Proteína Bruta na Ração; EE\_R = Extrato Etéreo da Ração, M\_R = Mineral da Ração, C = Carbono Total no sedimento, N = Nitrogênio Total no Sedimento, P = Fósforo Total no Sedimento, pH = Potencial Hidrogeniônico no Sedimento, Pres = Pressão Atmosférica, Inso = Insolação, Temp = Temperatura do Ar atmosférico, arg = Argila no Sedimento, silte = Silte no Sedimento, areia = Areia no Sedimento. pH = Potencial Hidrogeniônico na água, °C = Temperatura da Água, OD = Oxigênio Dissolvido, Turb = Turbidez, STD- Sólidos Totais Dissolvido, Cond = Condutividade, Amôn = Amônia, Nitri = Nitrito, Nitra = Nitrato, Orto = Ortofosfato, Clor = Clorofila a, DBO = Demanda Bioquímica Oxigênio, Exúvia = Exúvia de Chironomidae, Chi = Chironomidae, Cor = *Corbicula fluminea*, Cha = *Chaoborus* sp., Pupa- Pupa de insetos aquáticos, Hir = Hirudineas.

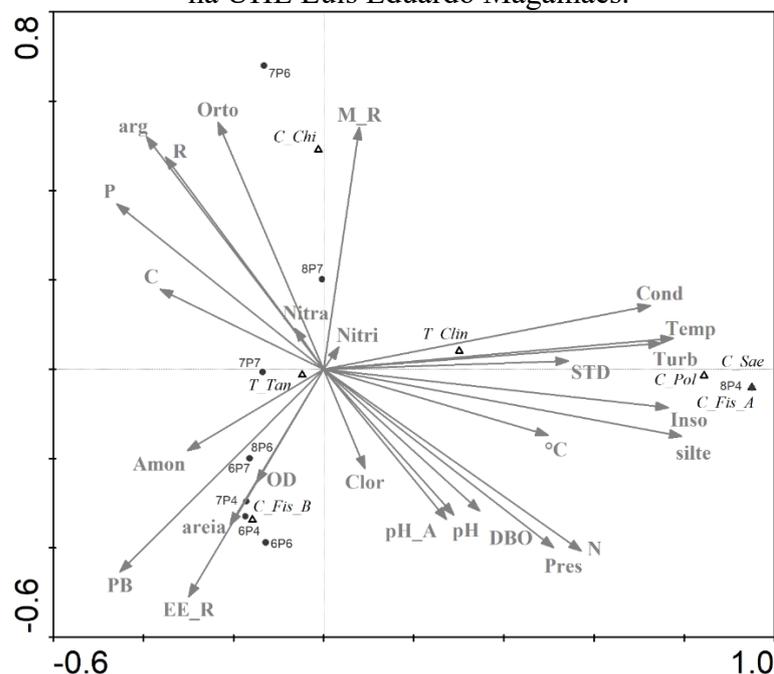
Os *Chaoborus* sp. apresentaram predominância em P4, próximo à linha dos tanques-rede. Além disso, apresentaram correlação com as concentrações de nitrito e o pH da água, e com o nitrogênio do sedimento, proteína bruta da ração e o extrato etéreo da ração e a turbidez. Os Chironomidae se relacionaram com P6 no mês de junho, e com a diminuição do pH do sedimento, e com as concentrações de amônia, nitrito, clorofila “a” e aumento na quantidade de ração.

Hirudinea mostraram relação com o mês de agosto, no P4, sendo que ambas mostraram correlação com a DBO, condutividade, teor de sólido dissolvido totais, temperatura atmosférica, insolação solar, temperatura da água e turbidez. As pupas mostraram correlação

com o P7 no mês de junho se relacionaram com turbidez, pH da água, estrato etéreo da ração, nitrogênio do sedimento, aumento da proteína bruta da ração, nitrito e areia. As *Corbicula fluminea* mostraram maior abundância de táxons em pontos de coleta mais distante da linha do tanques-rede. Quando se compara a quantidade de macroinvertebrados bentônicos com a distância dos tanques rede. Observa-se que as pupas, Chironomidae e *Chaoborus* sp. no mês de junho, não apresentaram diferenças estatísticas entre as diferentes distâncias nos diferentes pontos de coleta dos tanques-rede (TR). Já no mês de julho os *Chaoborus* sp. mostraram diferença entre distancias ( $P < 0,05$ ) com ( $R^2 0,9991$ ), enquanto os Chironomidae não mostraram diferenças. Em P4 foram registradas as maiores abundâncias de Chironomidae e *Chaoborus* sp.

No mês de agosto foi registrada maior abundância dos táxons *Corbicula fluminea*, Hirudínea, *Chaoborus* sp., Chironomidae e pupas, contudo não houve diferença entre distancias do ponto de coleta do TR. Analisando-se somente os táxons de Chironomidae, também se verifica uma correlação com os parâmetros ambientais (Figura 11).

Figura 11. Relação entre as morfo-espécies de Chironomidae e as variáveis ambientais nos pontos P4, P6, P7 durante o cultivo de *Colossoma macropomum* em tanques-rede localizados na UHE Luís Eduardo Magalhães.



R = Ração, PB = Proteína Bruta na Ração; EE\_R = Estrato Etéreo da Ração, M\_R = Mineral da Ração, C = Carbono total no sedimento, N = Nitrogênio total no sedimento, P = Fósforo total no sedimento, pH = Potencial Hidrogeniônico no sedimento, Pres = Pressão Atmosférica, Inso = Insolação, Temp = Temperatura do Ar atmosférico, arg = argila no sedimento, silte = silte no sedimento, areia = Areia no Sedimento, pH\_A = Potencial Hidrogeniônico na água, °C = temperatura da água, OD = Oxigênio Dissolvido, Turb = Turbidez, STD = Sólidos Totais Dissolvido, Cond = Condutividade, Amôn = Amônia, Nitri = Nitrito, Nitra = Nitrato, Orto = Ortofosfato, Clor = Clorofila "a", DBO- Demanda Bioquímica Oxigênio. C\_Pol = *Polypedilum* sp., C\_Chi = *Chironomus* sp., C\_Fis\_A = *Fissimentum* sp1, C\_Fis\_B = *Fissimentum* sp2., T\_Tan = *Tanypus* sp., C\_Sae = *Saetheria* sp., T\_Clin = *Clinotanyus* sp.

*Tanytus* sp. mostrou relação com aumento das concentrações de amônia e de oxigênio dissolvido, e com o teor de carbono total no sedimento, sendo que sua maior abundância ocorreu no mês de julho no P7. *Fissimentum* sp. 2 mostrou correlação com as concentrações de oxigênio dissolvido, e com o extrato etéreo ração e proteína bruta da ração e com a areia do sedimento, sendo que sua abundância foi maior em P4, no mês de julho. Já *Chironomus* sp. se correlacionou com P6 no mês de julho, e com o ortofosfato, ração, argila, fósforo e o carbono, enquanto *Clinotanytus* sp. mostrou relação com o aumento da condutividade e com a turbidez da água, sólido totais dissolvido, e com as concentrações de nitrito.

Outras morfo-espécies, como *Saetheria* sp., mostraram a mesma relação. Já morfo-espécies como *Polypedilum* sp. e *Fissimentum* sp1 mostraram relação com sólidos totais dissolvidos e turbidez e com silte, carbono, nitrogênio do sedimento, pH da água e do sedimento e aumento de demanda bioquímica de oxigênio e clorofila "a". Para melhor compreensão da distribuição da família Chironomidae, foi analisada a sua relação com a distância da linha dos tanques-rede.

No mês de junho, julho e agosto nenhuma morfo-espécie de Chironomidae encontrada mostrou diferença estatística entre diferentes distancias. Contudo, algumas morfo-espécies como *Tanytus* sp. apresentaram populações maiores perto da linha do TR, condição que também foi observada para *Polypedilum* sp. principalmente com passar dos meses.

## 4 DISCUSSÃO

### 4.1 Tanques-redes e qualidade de água.

Através das análises de água realizadas nos pontos P4, P6 e P7, observou-se que no mês de agosto houve aumento da maioria dos parâmetros, o que pode estar relacionado com o cultivo dos peixes. Osei et al. (2019) obtiveram respostas similares analisando a qualidade da água em experimento com tilápia, no qual a turbidez e as concentrações de oxigênio dissolvido e de amônia apresentaram aumento semelhante ao deste trabalho. Queda na concentração de oxigênio dissolvido, pode estar correlacionada com o aumento da DBO, condutividade e turbidez. Esteves & Camargo (2011) relataram que esses parâmetros estão totalmente correlacionados.

Os dados registrados em P6, no mês de junho, que foram superiores aos registrados no P4 e P7 pode estar correlacionado com a maior existência de material orgânico em decomposição, como troncos e raízes submersos. Nas coletas de sedimento no mês de junho, o ponto P6 apresentou maior aumento de carbono (96,93 mg/kg), fósforo (11,77 mg/kg),

nitrogênio (41,74 mg/kg) e pH (5,16), o que pode ter influenciado a quantidade de táxons. Em P4, ponto que apresenta mais táxons, hirudínea, e as morfo-espécies de Chironomidae *Fissimentum* sp1. *Saetheria* sp. são organismo que só apresentam neste ponto de coletada. Ambas são destacadas como bioindicadores de impacto ambiental (Nabirye et al. 2016). Algumas morfo-espécies como *Tanytus* sp. foram encontradas em todos os pontos de coleta (P4, P6, P7). Silva et al. (2009), relata que esse gênero indica impacto ambiental, por se localizar em locais com grande concentração de nutrientes.

Os grupos formados pela PCA ([8p4, 8p6, 8p7], [7p4, 7p6, 7p7] e [6p4, 6p6, 6p7]) se diferem principalmente pela influência dos tanques-rede, mostrando relação com os parâmetros químicos e físicos da água e do sedimento. Os pontos de junho (6p4, 6p6, 6p7) mostraram correlação com parâmetros melhor de qualidade de água dentro dos critérios da resolução do Conama 357 (BRASIL, 2005), enquanto em julho foi registrado aumento de nutrientes na água e no sedimento (7p4, 7p6, 7p7) e em agosto houve aumento de turbidez e sólidos totais dissolvidos e condutividade.

#### 4.1.1 Táxons relacionados aos tanques-redes

Förster et al. (2016) analisaram o conteúdo estomacal de *Chaoborus* sp., e observaram que este gênero se alimenta de várias espécies de zooplâncton, enquanto Menezes et al. (2016) relataram que esse gênero é frequentemente encontrado em ambientes que sofrem impacto ambiental. Isto mostra que essa morfo-espécie é bastante influenciada não só pelos nutrientes, mas também pela disponibilidade de alimento, o que pode ser confirmado pela concentração dos táxons e sua relação com a distância dos tanques-rede. No mês julho foi observado aumento da quantidade da população de Chironomidae com passar dos meses, principalmente no ponto próximo da linha do tanques-rede (P4) esse aumento, como citado anteriormente, essa família é resistente a impactos ambientais (Menezes et al. 2016). No entanto essa família não apresenta diferença estatística entre diferentes distancias da linha do TR.

Já *Corbicula flumínea* e Hirudínea também apareceram somente no P4 no mês de agosto, sendo esse o ponto de coleta que recebeu maior quantidade de dejetos vindos do TR. Esses organismos geralmente são associados a indicadores de impacto ambiental (Nabirye et al. 2016), mostrando que quanto maior a quantidade de resíduos gerados pelos TR, maior a quantidade de gêneros resistentes a impacto ambiental. No entanto também não foi registrada diferença estatística entre as diferenças distâncias de nenhum dos dois táxons.

#### 4.1.2 Morfo-espécies de Chironomidae

*Tanytus* sp. foi a morfo-espécie que apresentou maior abundância e, assim como encontrado por Qu et al. (2018), apresentou maior concentração no mês de julho no P4. Neste trabalho não foi realizada análise de conteúdo estomacal dos organismos, porém os estudos de Silva et al. (2009) relataram que é um gênero predatório.

Como P4 recebeu maior quantidade de nutrientes vindos do TR, eles propiciaram aumento na produção primária, fonte de alimento para esse gênero, o que pode influenciar no aumento da população. Qu et al. (2018) relataram que esse gênero apresenta predominância em locais ricos em matéria orgânica. Contudo neste trabalho não foi observada diferença estatística de *Tanytus* entre as diferentes distâncias do TR.

A distribuição da população de *Fissimentum* sp2 pode estar correlacionada com o seu hábito alimentar. Silva et al. (2008) relataram que essa morfo-espécie se alimenta de detritos, porém não observou diferença de sua distribuição nas diferentes distâncias do tanques-rede. Já *Chironomus* sp. prefere locais que sofrem impacto ambiental (Serra et al., 2017). Silva et al. (2008) relataram que esse gênero se alimenta de detritos, o que poderia explicar sua predominância em locais que sofrem impacto ambiental. Porém neste estudo não foi registrada diferença de sua distribuição em diferentes distâncias dos tanques-rede.

*Clinotanytus* sp. foi a morfo-espécie mais abundante em P4 no mês de agosto, período que mais recebeu dejetos dos tanques-rede. Silva et al. (2008) relataram que esse gênero se alimenta de detritos, e que sua predominância geralmente ocorre em locais que sofrem impacto ambiental, ainda que não tenha sido encontrada diferença estatística entre diferentes distâncias do TR. As morfo-espécies *Saetheria* sp., *Polypedilum* sp., *Fissimentum* sp1, mostraram a mesma correlação com os nutrientes. Serra et al. (2017) notaram que *Polypedilum* sp. foi mais encontrado em locais que sofrem impacto ambiental, enquanto Silva et al. (2008) relataram que esse gênero se alimenta de detritos e algas. Essas morfo-espécies foram encontradas em maior frequência em P4, no entanto também não foi observada diferença estatística em diferentes distâncias.

*Chaoborus* sp. foi a única morfo-espécie que apresentou diferença estatística entre as diferentes distâncias, mas neste trabalho foi possível observar aumento de táxons próximo ao P4, sendo destacada como carnívora na literatura, acaba sendo fortemente influenciada pela quantidade de produção primária.

## REFERÊNCIAS

- APHA, *Standard methods for the examination of water and wastewater*, American Public Health Association, Washington, D.C.1995; (14th ed.).
- BAO-TONG, H. Cage culture development and its role in aquaculture in China. *Aquaculture Research*, 1994, 24(3), 305-310.
- BRASIL, Resolução CONAMA n. 357, de 17 de março de 2005. Brasília. (2005)
- BRANDIMARTE, A. L.; ANAYA, M. Bottom fauna using a solution of sodium chloride. *Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie: Verhandlungen*, 1998, 26(5): 2358-2359.
- BRUM, A. A. S.; ARRUDA, L. F.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B. Métodos de extração e qualidade da fração lipídica de matérias-primas de origem vegetal e animal. *Química Nova*, 2009, 32(4), 849-854.
- CAVALCANTE, D. P. *Criação de peixes nativos em tanques-rede: influência sobre a qualidade de água e sobre as populações planctônicas do reservatório da usina hidrelétrica Itá*. 2010. Tese (Doutorado em Aquicultura) - Curso de Pós-Graduação em Aquicultura, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010, p.123.
- DAVIS, S. J., HUALLACHÁIN, D. Ó., MELLANDER, P. E., KELLY, A. M., MATTHAEI, C. D., PIGGOTT, J. J. and KELLY-QUINN, M. Multiple-stressor effects of sediment, phosphorus and nitrogen on stream macroinvertebrate communities. *Science of The Total Environment*, 2018, 637-638, 577-587.
- DAVIS, S. J., HUALLACHÁIN, D. Ó., MELLANDER, P. E., MATTHAEI, C. D., PIGGOTT, J. J., KELLY-QUINN, M. Chronic nutrient inputs affect stream macroinvertebrate communities more than acute inputs: An experiment manipulating phosphorus, nitrogen and sediment. *Science of The Total Environment*, 2019, 683, 9-20.
- EGESSA, R., PABIRE, G. W., OCAYA, H. Benthic macroinvertebrate community structure in Napoleon Gulf, Lake Victoria: effects of cage aquaculture in eutrophic lake. *Environmental monitoring and assessment*, 2018, 190(3), 112-122.
- ESTEVEES, F. A, CAMARGO, A. F. M. Sedimentos Límnicos. Interciência, In: ESTEVES F.A., *Fundamentos de Limnologia*. Rio de Janeiro: Interciência, 2011, pp. 339-354. 3 ed.
- FÖRSTER, M., BEUTEL, R. G.; SCHNEEBERG, K.. Catching prey with the antennae—The larval head of *Corethrella appendiculata* (Diptera: Corethrellidae). *Arthropod structure & development*, 2016, 45(6), 594-610.
- FRISSO, R. M.; MATOS, F. T., MORO, G. V., & MATTOS, B. O. Stocking density of Amazon fish (*Colossoma macropomum*) farmed in a continental neotropical reservoir with a net cages system. *Aquaculture*, p. 735702, 2020.

- HAMADA, N., NESSIMIAN, J. L., QUERINO, R. B. *Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia*. Manaus: INPA, 2014.
- HENRY-SILVA, G.G. e CAMARGO, A.F.M. Impacto das atividades de aquicultura e sistemas de tratamento de efluentes com macrófitas aquáticas – relato de caso. *Boletim Instituto Pesca*, 2008, 34(1), 163-173.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA-INMET. *Base de dados meteorológicos*, São Paulo, INMET, 2020
- LIRANÇO, A. D. S., ROMAGOSA, E. e SCORVO-FILHO, J. D. Desempenho produtivo de *Pseudoplatystoma corruscans* estocados em sistemas de criação: semi-intensivo (viveiro escavado) e intensivo (tanques-rede). *Ciência Rural*, 2011, 41(3), 524-530.
- MENEZES, L. C. B., GARGIULO, J. R. B. C. e MONTERIO-JÚNIOR, A. J. Qualidade da água em locais de pesca artesanal no complexo Billings, São Paulo. *Títulos não-correntes*, 2016, 30(1) 43-53.
- MENZES, L. C. B.; BEYRUTH, Z. Impactos da aquicultura em tanques-rede sobre a comunidade bentônica da represa de Guapiranga – São Paulo-SP. *Boletim do Instituto Pesca*, 2003, 29(1), 77-86.
- NABIRYE, H., MWEBAZA-NDAWULA, L., BUGENYI, F.W.B, MUYODI, F.J. The evaluation of cage fish farming effects on water quality using selected benthic macro-invertebrate community parameters in the Napoleon gulf, Northern Lake Victoria. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 2016, 4(1), 42-50.
- OSEI, L. K., SMAH, S. R. A., IKINS, E U.M.A, ARIKARI, A.Y. K. Effects of Fish Cage Culture on Water and Sediment Quality in the Gorge Area of Lake Volta in Ghana: A Case Study of Lee Fish Cage Farm. *Ghana Journal of Science*, 2019, 60(1), 1-16.
- PRAT, N., PUNTÍ, T., RIERADEVALL, M. O uso de larvas e exúvias pupas para estudar a biodiversidade de Chironomidae em riachos do Mediterrâneo. *Revista de Pesquisa Entomológica e Acarológica* , 2016, 48(1), 29-36.
- QU, X.; XIA, W.; WANG, R.; ZHANG, Y.; XIE, Z.; TRUSHENSKI, J.; CHEN, Y. Effects of Aquaculture on Lakes in the Central Yangtze River Basin, China, II: Benthic Macroinvertebrates. *North American Journal of Aquaculture*, 2018, 80(4), 369-378.
- RAMOS, C. I., ROSINI, E. F., VARGAS, R. R., e AZEVEDO, F. D. A. Macroinvertebrados aquáticos como bioindicadores da qualidade da água da bacia hidrográfica Popuca-Botinhas, Guarulhos (SP). *Revista Geociências-UNG-Ser*, 2019, 17(1), 29-34.
- SERRA, S. R., GRAÇA, M. A., DOLÉDEC, S. e FEIO, M. J. Chironomidae traits and life history strategies as indicators of anthropogenic disturbance. *Environmental monitoring and assessment*, 2017, 189:326.
- SILVA, F. L., MOREIRA, D. C., BOCHINI, G. L., RUIZ, S. S. Hábitos alimentares de larvas de Chironomidae (Insecta: Diptera) do córrego Vargem Limpa, Bauru, SP, Brasil. *Biotemas*, 2008, 21(2), 155-159.

STRIXINO, S. T. *Larvas de Chironomidae: guia de identificação*. São Carlos: UFSC, 2011.

TEDESCO, M. J., GIANELLO, C., BISSANI, C. A., BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. *Análise de solo, plantas e outros minerais*. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 2 ed.

TEIXEIRA, P. C., DONAGEMMA, G. K., FONTANA, A., e TEIXEIRA, W. G. *Manual de Métodos de Análise de Solo*. Brasília: Embrapa, 2017. 3 ed.

## CONCLUSÕES GERAIS

O artigo do capítulo I mostrou a diversificação de macroinvertebrados em diferentes tipos de ambientes estressor, e foi possível concluir que a variação da profundidade, e o tempo de resiliência do ambiente estressor, alteram a quantidade de nutrientes presentes, bem como o número e a diversidade de macroinvertebrados bentônicos.

O artigo do capítulo 2 mostrou que a distância dos tanques-rede alterou a abundância dos táxons presentes: quanto mais perto dos tanques-rede e maior o tempo de cultivo, maior foi a quantidade de táxons tolerantes a ambientes poluídos, e quanto maior a distância e menor o tempo de cultivo maior quantidade de táxons intolerantes a ambientes poluídos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA INTRODUÇÃO GERAL

- ABIMORAD, E. G.; CARNEIRO, D. J. Métodos de Coleta de Fezes e Determinação dos Coeficientes de Digestibilidade da Fração Proteica e da Energia de Alimentos para o Pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). **Revista Brasileira Zootecnia**, São Paulo, v.33, n.5, p.1101-1109, 2004.
- BAO-TONG, H. Cage culture development and its role in aquaculture in China. **Aquaculture Research**, Wuxi, v.24, n.3, p.305-310, 1994.
- BARRETO, L. V.; BARROS, F. M.; BONOMO, P.; ROCHA, F. A.; AMORIM, J. D. S. Eutrofização em rios brasileiros. **Enciclopédia Biosfera**, Itapetinga, v.9, n.16, p. 2165-2179, 2013.
- BUBINAS, A.; JAGMINIENÉ, I. Bioindication of ecotoxicity according to community structure of macrozoobenthic fauna. **Acta Zoológica Lituanica**, Vilnius, v.11, n.1, p. 90-99, 2001.
- CALLISTO, M.; ESTEVES, F. A. Categorização funcional dos macroinvertebrados bentônicos sob influência das atividades de uma mineração de bauxita na Amazônia Central (Brasil). **Ecologia de Insetos Aquáticos**. Rio de Janeiro, v.5, n.1, p. 223-234, 1998.
- CALLISTO, M.; MORETTI, M.; GOULART, M. Macroinvertebrados bentônicos como ferramentas para avaliar a saúde de riachos. **Revista brasileira de Recursos Hídricos**, Belo horizonte, v.6, n.1, p. 71-82, 2001.
- CAVALCANTE, D. P. **Criação de peixes nativos em tanques-rede: influência sobre a qualidade de água e sobre as populações planctônicas do reservatório da usina hidrelétrica Itá**. 2010. Tese (Doutorado em Aquicultura) - Curso de Pós-Graduação em Aquicultura, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010, p.123.
- CHAGAS, E. C. C.; GOMES, L. C. G.; MARTINS JUNIOR, H.; ROUBACH, R.; LOURENÇO, J. N. P. Desempenho de tambaqui cultivado em tanques-rede, em lago de várzea, sob diferentes taxas de alimentação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.8, p.833-835, 2005.
- CONNOLLY, NM; CROSSLAND, MR; PEARSON, RG Efeito do baixo oxigênio dissolvido na sobrevivência, emergência e deriva de macroinvertebrados de correntes tropicais. **Jornal da Sociedade Bentológica da América do Norte**, Queensland, v. 23, n. 2, p. 251-270, 2004.
- DALU, T.; WASSERMAN, R.J.; TONKIN, J. D.; MWEDZI, T.; MAGORO, M.L.; WEYL, O. L.F. Water or sediment? Partitioning the role of water column and sediment chemistry as drivers of macroinvertebrate communities in an austral South African stream. **Science of The Total Environment**, Grahamstown, v. 607-608, p. 317-325, 2017.
- DAVIS, S. J.; HUALLACHÁIN, D. Ó.; MELLANDER, P. E.; KELLY, A. M.; MATTHAEI, C. D.; PIGGOTT, J. J.; KELLY-QUINN, M. Multiple-stressor effects of sediment, phosphorus and nitrogen on stream macroinvertebrate communities. **Science of The Total Environment**, v. 637-638, p. 577-587, 2018.

DAVIS, S. J.; HUALLACHÁIN, D. Ó.; MELLANDER, P. E.; MATTHAEI, C. D.; PIGGOTT, J. J.; KELLY-QUINN, M. Chronic nutrient inputs affect stream macroinvertebrate communities more than acute inputs: An experiment manipulating phosphorus, nitrogen and sediment. **Science of The Total Environment**, v. 683, p. 9-20, 2019.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, **Rapid bioassessment protocols for use in wade streams and rivers**, 2 ed. Washington: EPA, 1999. p.337.

ESTEVEES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. 3 ed. Rio de Janeiro: Interciência Ltda, 2011. 826 p.

ESTEVEES, F. A; LEAL, J. J. F; CALLISTO, M. Comunidade bentônica. Interciência, In: Esteves F. A, **Fundamentos de Limnologia**. 3 ed. Rio de Janeiro: Interciência Ltda, 2011. p.581- 607.

FURUYA, W. M.; PEZZATO, L. E.; PEZZATO, BARROS, M. M. MIRANDA, E. C. Coeficientes de Digestibilidade e Valores de Aminoácidos Digestíveis de Alguns Ingredientes para Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira Zootecnia**, Botucatu, v. 30, n. 4, p.1143-1149, 2001.

GIESWEIN, A.; HERING, D.; LORENZ, A. W. Development and validation of a macroinvertebrate-based biomonitoring tool to assess fine sediment impact in small mountain streams. **Science of The Total Environment**, Essen, v.652, p. 1290-1301, 2019.

GUIMARÃES, I. G.; MARTINS, G. P. Nutritional requirement of two Amazonian aquacultured fish species, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1816) and *Piaractus brachypomus* (Cuvier, 1818): a mini review. **Journal of Applied Ichthyology**, V. 31, n. S4, p. 57–66, 2015.

HADDADIMOGHADDAM, K.; SOLTANI, M.; KAMALI, A.; ABDOLHAY H. The effect of cage rearing rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) on macroinvertebrates community of southern part of Caspian Sea (Nashtaroud region). **Journal of Aquaculture Development**, Teerã, v.13, n.1, p. 11-25, 2019.

HENRY-SILVA, G.G.; CAMARGO, A.F.M. Impacto das atividades de aquicultura e sistemas de tratamento de efluentes com macrófitas aquáticas – relato de caso. **Boletim Instituto Pesca**, São Paulo, v.34, n.1, p.163-173, 2008.

HUBLER, S.; HUFF, D. D.; EDWARDS, P.; PAN, Y. The Biological Sediment Tolerance Index: Assessing fine sediments conditions in Oregon streams using macroinvertebrates. **Ecological indicators**, Hillsboro, v. 67, p.132-145, 2016.

KAYA, D.; PULATSÜ, S. Sediment-focused environmental impact of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) cage farms: Almus reservoir (Tokat). **Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 17, n. 2, p. 345-352, 2017.

LIRANÇO, A. D. S.; ROMAGOSA, E. SCORVO-FILHO, J. D. Desempenho produtivo de *Pseudoplatystoma corruscans* estocados em sistemas de criação: semi-intensivo (viveiro escavado) e intensivo (tanques-rede). **Ciência Rural**, Jaboticabal, v. 41, n. 3, p.524-530, 2011.

- LINARES, M. S.; CALLISTO, M.; MARQUES, J. C.. Invasive bivalves increase benthic communities complexity in neotropical reservoirs. **Ecological Indicators**, v. 75, p. 279-285, 2017.
- LOCH, D. D.; WEST, J. L.; PERLMUTTER, D. G. 1996 The effects of trout farm effluent on the taxa richness of benthic macroinvertebrates. **Aquaculture**, 147: 37-55.
- MATHERS, K. L.; ARROZ, S. P.; WOOD, P. J. Temporal effects of enhanced fine sediment loading on macroinvertebrate community structure and functional traits. **Science of The Total Environment**, Loughborough, v. 599-600, p. 513-522, 2017.
- MENZES, L. C. B.; BEYRUTH, Z. Impactos da aquicultura em tanques-rede sobre a comunidade bentônica da represa de Guapiranga – São Paulo - SP. **Boletim Instituto Pesca**, São Paulo, v.29, n.1, p. 77-86, 2003.
- MOLOZZI, J.; FRANÇA, J. S.; ARAUJO, T. L.; VIANA, T. H.; HUGHES, R. M.; CALLISTO, M. Diversidade de habitats físicos e sua relação com macroinvertebrados bentônicos em reservatórios urbanos em Minas Gerais. **Série Zoologia**, v. 101, n. 3, p. 191-199, 2011.
- MURPHY, J. F.; JONES, J. L.; ARNOLD, A.; DUERDOTH, C. P; PRETTY, J. L; NADEN, P. S.; SEAR, D. A, COLLINS, A. L. Can macroinvertebrate biological traits indicate fine-grained sediment conditions in streams? **River Research and Applications**, London, v.33, n. 10, 1606- 1617, 2017.
- ODUM, E.P. **Ecology and our endangered life-support systems**. 1 ed. Sunderland: Sinauer Associates, 1989, 283 p.
- PARESCI, D. C. Macroinvertebrados Bentônicos como indicadores da qualidade da água em rios e reservatórios da bacia hidrográfica do Tietê-Jacaré -SP. 2008. Tese (Doutorado em Ciências) - Curso de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos-SP, 2008, p.190.
- PASCHOAL, L.; ANDRADE, D.; DARRIGRAN, G. How the fluctuations of water levels affect populations of invasive bivalve *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) in a neotropical reservoir? **Brazilian Journal Biology**, v.75, p. 135-143, 2015.
- PIEDRAS, S. R. N.; BAGER, A.; MORAES, P. R. R.; ISOLDI, L. A.; LAUZ, O. G. F.; HEEMANN, C. Macroinvertebrados bentônicos como indicadores de qualidade de água na Barragem Santa Bárbara, Pelotas, RS, Brasil. **Ciência Rural**, Pelotas, v.36, n.2, p.494-500, 2006.
- RAMOS, I. P.; ZANATTA, A. S.; ZICA, E. O. P.; SILVA, R. J. CARVALHO, E. D. Impactos ambientais de pisciculturas em tanques-rede sobre águas continentais brasileiras: revisão e opinião. In: Congresso da Sociedade Brasileira de Aqüicultura e Biologia Aquática . 3., 2010, Jaboticabal: **Resumos** [...]. Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Biologia Aquática, 2010, p. 87-98.
- ROMERO, K. C.; RÍO, J. P. D.; VILLARREAL, K. C.; ANILLO, J. C. C.; ZARATE, Z. P.; GUTIERREZ, L. C.; FRANCO, O. L.; VALENCIA, J. W. A. Lentic water quality

characterization using macroinvertebrates as bioindicators. **Ecological Indicators**, Juiz de Fora, v. 72, p. 53-66, 2017.

THOMAZ, S.M.; KOVALENKO, K.E; HAVEL, J.E; KATS L.B. Aquatic invasive species: general trends in the literature and introduction to the special issue. **Hydrobiologia**, v.746, p. 1-12, 2015.

TROELL, M.; BERG, H. Cage fish farming in the tropical Lake Kariba, Zimbabwe: impact and biogeochemical changes in sediment. **Aquaculture research**, Stockholm, v. 28, n. 7, p. 527-544, 1997.

ZHANG, Q.; ZHOU, W.; LIANG, G.; SUN, J.; WANG, X.; HE, P. Distribution of soil nutrients, extracellular enzyme activities and microbial communities across particle-size fractions in a long-term fertilizer experiment. **Applied Soil Ecology**, Pequim, v.94, p 59-71, 2015.