

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DO VALE DO RIBEIRA
UNESP – CAMPUS DE REGISTRO

**MONITORAMENTO AMBIENTAL UTILIZANDO
MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS E CONCENTRAÇÃO DE
NUTRIENTES NO SEDIMENTO PARA AVALIAÇÃO DOS EFEITOS
ANTRÓPICOS DE UM SISTEMA DE CULTIVO DE TILÁPIA
(*Oreochromis niloticus*) EM TANQUE-REDE NO RESERVATÓRIO DE
ITAIPU/PARQUE AQUÍCOLA OCOY**

TAMARY GABRIELLE RODRIGUES DE SOUZA

Trabalho de Graduação
apresentado como requisito parcial
para a obtenção do título de
Bacharel em ENGENHARIA DE
PESCA.

Registro – SP Dezembro – 2023

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DO VALE DO RIBEIRA
UNESP – CAMPUS DE REGISTRO

**MONITORAMENTO AMBIENTAL UTILIZANDO
MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS E CONCENTRAÇÃO DE
NUTRIENTES NO SEDIMENTO PARA AVALIAÇÃO DOS EFEITOS
ANTRÓPICOS DE UM SISTEMA DE CULTIVO DE TILÁPIA (*Oreochromis
niloticus*) EM TANQUE-REDE NO RESERVATÓRIO DE ITAIPU/PARQUE
AQUÍCOLA OCOY**

TAMARY GABRIELLE RODRIGUES DE SOUZA

Orientador: Prof. Dr. Rinaldo A. Ribeiro Filho

Coorientadora: Profa. Dra. Julia M. A. Pereira

Trabalho de Graduação apresentado como requisito
parcial para a obtenção do título de Bacharel em
ENGENHARIA DE PESCA.

Registro – SP Dezembro – 2023

S729m	Souza, Tamary Gabrielle Rodrigues MONITORAMENTO AMBIENTAL UTILIZANDO MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS E CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES NO SEDIMENTO PARA AVALIAÇÃO DOS EFEITOS ANTRÓPICOS DE UM SISTEMA DE CULTIVO DE TILÁPIA (<i>Oreochromis niloticus</i>) EM TANQUE-REDE NO RESERVATÓRIO DE ITAIPU/PARQUE AQUÍCOLA OCOY / Tamary Gabrielle Rodrigues Souza. -- Registro, 2023 44 p. : tabs., fotos, mapas Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia de Pesca) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias do Vale do Ribeira, Registro Orientadora: Rinaldo A. Ribeiro Coorientadora: Julia M. A. Pereira
-------	---

Sistema de geração de resumos: [Impressão](#) [Integração](#) [Bibliotecas](#) [Ciências Agrárias do Vale do Ribeira](#), Registro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

Faculdade de Ciências Agrárias do Vale do Ribeira
Câmpus de Registro

CERTIFICADO

TRABALHO DE GRADUAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA DE PESCA

TÍTULO: "Monitoramento ambiental utilizando macroinvertebrados bentônicos e concentração de nutrientes no sedimento para avaliação dos efeitos antrópicos de um sistema de cultivo de tilápia (*oreochromis niloticus*) em tanque-rede no reservatório de Itaipu/parque aquícola Ocoy"

ACADÊMICA: Támary Gabrielle Rodrigues de Souza

ORIENTADOR: Prof. Dr. Rinaldo Antonio Ribeiro Filho

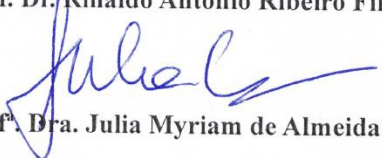
PERÍODO: 9º Semestre 5º Ano

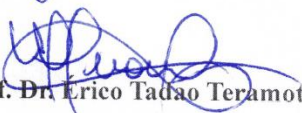
Aprovado: ☒

Reprovado: ☐

BANCA EXAMINADORA:


Presidente Prof. Dr. Rinaldo Antonio Ribeiro Filho


Membro Prof. Dra. Julia Myriam de Almeida Pereira


Membro Prof. Dr. Erico Tadao Teramoto

Registro, 14 / 12 / 2023

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a toda minha família, amigos e professores que fizeram parte da minha jornada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente minha família, a minha filha Luna Maria que deu um novo sentido pra minha vida, me deixou mais focada e querendo ganhar o mundo pra ela, ao meu pai Adhemar que tem dedicado a vida a realizar meu sonho de me formar e a minha mãe Marilu que me deu a vida e cuida de mim até hoje.

Dentro do âmbito universitário eu agradeço o professor Rinaldo e a professora Julia pela oportunidade que me deram, por acreditarem em mim e me deixarem fazer parte de um projeto maravilhoso que me ensinou diversas coisas que levarei pra minha vida e profissão, aos meus amigos de estágio, que fizeram tudo ser mais divertido e leve. A todos os amigos que fiz dentro e fora da sala de aula, pessoas que com toda certeza levarei pra vida, e também a todo o pessoal da Itaipu Binacional e da Trechos, que me ajudaram a entender o trabalho na prática como funciona e que tem uma importância enorme.

Tenho a sorte de ter bons amigos, pessoas que posso confiar, rir e chorar ao lado, tenho eterna gratidão a todos que estão comigo nessa caminhada da vida, que me amam e amam minha filha, tem coisas que não tem preço, gratidão!

EPÍGRAFE

“A educação é a arma mais poderosa que você pode usar para mudar o mundo.” *Nelson Mandela*

RESUMO

A aquicultura vem ganhando grande espaço na contribuição de uma proteína com alta qualidade e aceitabilidade pelos consumidores, dentre as espécies de peixes de cultivo a Tilápia- do-Nilo que é produzida amplamente no mundo e no Brasil se encaixa no método produtivo de tanques-redes. Este método consiste na produção com altas densidades de estocagem, podendo utilizar reservatórios, como o de Itaipu, para alojamento dos tanques, usufruindo da quantidade e fluxo de água da bacia hídrica para dispersão dos nutrientes. Todavia, devido à alta carga de resíduos metabólicos e nutrientes liberados no ecossistema, muitos estudos voltados à qualidade ambiental vêm sendo aplicados nestes reservatórios. Dentre as análises realizadas para monitoramento ambiental, podemos destacar a análise sedimentológica utilizando equipamentos como dragas, que podem revelar concentrações de nutrientes como fósforo e nitrogênio e também as comunidades de macroinvertebrados bentônicos, sendo este o objetivo do presente estudo dentre o período temporal de 2022 a 2023. Foram realizadas coletas trimestrais em quatro pontos (Controle, a jusante, a montante e ao centro do experimento), o centro do experimento recebeu delineamento do tipo vértice, com 13 subestações de coleta. As coletas foram realizadas em 4 períodos, 1º ciclo, 2º ciclo, entressafra e 4º ciclo, sendo que para os MIB houve ainda a divisão por classes encontradas e para P-total e NTK a análise foi entre ponto e período de coleta. Os resultados obtidos revelam que a classe Bivalvia foi a maior representada dos MIB triados, além disso revelam que não houve diferença estatística nos parâmetros entre os ciclos, somente entre pontos e períodos de coleta. Por fim, é possível afirmar que os níveis de P-total e NTK, não ultrapassaram o máximo permitido e recomendado pela resolução CONAMA nº 454/2012.

Palavras-chave: Reservatório de Itaipu, tanques rede e bioindicadores

ABSTRACT

Aquaculture has been gaining great space in the contribution of a protein with high quality and acceptability by consumers, among the species of farmed fish, Nile Tilapia, which is produced widely around the world and in Brazil, fits into the productive method of net tanks. This method consists of production with high stocking densities, using reservoirs, such as Itaipu, to house the tanks, taking advantage of the quantity and flow of water from the water basin to disperse nutrients. However, due to the high load of metabolic waste and nutrients released into the ecosystem, many studies focused on environmental quality have been applied to these reservoirs. Among the analyzes carried out for environmental monitoring, we can highlight the sedimentological analysis using equipment such as dredgers, which can reveal concentrations of nutrients such as phosphorus and nitrogen and the communities of benthic macroinvertebrates, this being the objective of the present study between the time period from 2022 to 2023. Quarterly collections were carried out at four points (Control, downstream, upstream and at the center of the experiment), the center of the experiment received an apex- type design, with 13 collection substations. The collections were carried out in 4 periods, 1st cycle, 2nd cycle, off-season and 4th cycle, and for MIBs there was also a division by classes found and for P-total and NTK the analysis was between collection point and period. The results obtained reveal that the Bivalvia class was the largest represented of the MIBs screened, in addition, they reveal that there was no statistical difference in the parameters between the cycles, only between collection points and periods. Finally, it is possible to state that the levels of P-total and NTK did not exceed the maximum allowed and recommended by CONAMA resolution nº 454/2012

Key words: Itaipu Reservoir, cages, bioindicators

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Bacia do Rio Paraná e localização de seus reservatórios principais. Em detalhe a morfometria e os locais de amostragem no reservatório de Itaipu, nas zonas fluvial, transição e lacustre, previamente adotados no programa de monitoramento pela ITAIPU BINACIONAL. **Figura 2.** Localização das estações de amostragem dos parques aquícolas no Reservatório de Itaipu -Brasil. Em detalhe, o braço Ocoy.
- Figura 3.** Localização das estações amostrais no Braço Ocoy.
- Figura 4.** Localização do Braço Ocoy, da Área do experimento (AP011) e conformação do delineamento amostral desta estação.
- Figura 5.** Coleta de sedimento utilizando a draga de Ekman e envasamento de amostras.
- Figura 6.** Amostras de sedimento para fósforo e nitrogênio.
- Figura 7.** Triagem e fixação de macroinvertebrados bentônicos.
- Figura 8.** Colônia de indivíduos da espécie *Limnoperna fortunei*, da classe *Bivalvia* e família *Mytilidae*.
- Figura 9.** *Gastropoda* da família *Thiaridae*, espécie *Aylacostoma* sp
- Figura 10.** Gráfico contendo número médio de indivíduos agrupados por classes, distribuídos por ciclo de produção e local de amostragem.
- Figura 11.** Gráfico contendo número médio de indivíduos agrupados por classes, distribuídos por ciclo de produção e pontos do experimento.
- Figura 12.** Concentração média de fósforo total e nitrogênio Kjeldahl, distribuídos por ciclo de produção e local de amostragem.
- Figura 13.** Gráfico mostrando a concentração média de fósforo total e nitrogênio Kjeldahl, distribuídos por ciclo de produção e pontos do experimento.
- Figura 14.** Médias de NTK nas estações amostrais.
- Figura 15.** Médias de NTK no delineamento espacial tipo vértice.
- Figura 16.** Médias de P-total nas estações amostrais.
- Figura 17.** Médias de P-total no delineamento espacial tipo vértice.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Estações de amostragem experimental.

Tabela 2. Variáveis físico-química e MIB analisadas no sedimento. **Tabela 3.** Agrupamentos taxonômicos dos MIBs identificados ao longo do experimento.

Tabela 4. Valores médios de abundância de MIBs por ponto amostral. **Tabela 5.** Valores médios de abundância de MIBs por ciclo de produção. **Tabela 6.** Comparação aos pares entre as classes de MIBs coletadas.

Tabela 7. Teste Dwass-Steel-Chritchlow-Fligner ($p=0,000$) que mostra a diferença de concentrações de NTK entre os pontos amostrais.

Tabela 8. Valores médios de concentrações de NTK entre os ciclos de produção.

Tabela 9. Teste Dwass-Steel-Chritchlow-Fligner ($p=0,000$) que mostra a diferença de concentrações de P-total entre os pontos amostrais

Tabela 10. Valores médios de concentrações de P-total entre os ciclos de produção.

LISTA DE ABREVIATURAS

MIB – Macroinvertebrados bentônicos. NTK – Nitrogênio orgânico total (Kjedhal).

P-total – Fósforo total.

N – Tamanho amostral.

D. P. – Desvio Padrão.

SUMÁRIO

Sumário

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	14
2 OBJETIVO.....	15
2.1 Objetivos específicos	16
3 MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1 Área de Estudo.....	16
3.2 Coleta de dados amostrais	18
3.3 Avaliação limnológica de sedimento	21
3.4 Análise estatística.....	21
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
4.1 MIB - Agrupamentos taxonômicos.....	22
4.1.1 Análise descritiva	22
4.1.2 Análise estatística.....	27
4.2 Análise de variáveis limnológicas do sedimento	29
4.2.1 Análise descritiva	29
4.2.2 Análise de NTK.....	32
4.2.3 Análise de NTK por ciclo	36
4.2.4 Análise de P-total	36
4.2.5 Análise de P-total por ciclo.....	41
5 CONCLUSÃO.....	41
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Parte dos avanços da humanidade se deu devido ao acesso da proteína oriunda do pescado. Inicialmente esta provinha da extração para subsistência. Ao longo do tempo houve o desenvolvimento das pescarias comerciais e a consequente redução das populações de organismos aquáticos nos ambientes naturais. Com intuito de se reduzir a pressão sobre os estoques pesqueiros, novos métodos de produção sustentáveis e rentáveis vêm ganhando espaço, dentre eles a aquicultura (SAMPAIO *et al.*, 2013), a prática de criação e cultivo de diferentes organismos aquáticos em cativeiro.

Nos últimos anos, o Brasil testemunhou um aumento notável na produção de pescado, refletindo a crescente importância da aquicultura no país. A produção de tilápia, o peixe mais cultivado no Brasil, vem aumentando constantemente. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2023), nosso país obteve uma produção em 2021 de aproximadamente 368.843 toneladas, no ano seguinte, 2022, aumentou para cerca de 408.350 toneladas.

A Tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) pertencente à família *Cichlidae*. Esta espécie é versátil, rústica, possui hábito alimentar onívoro e apresenta fácil domesticação. Possui diferentes linhagens melhoradas geneticamente que se adequam a diferentes sistemas produtivos, com diversos pacotes tecnológicos para sua produção nestes sistemas. O aumento gradativo da atividade fomenta a produção de tilápia no Brasil para muitos produtores, desde reservatórios até pisciculturas de viveiros escavados e tanques suspensos.

Parte desse crescimento pode ser atribuída à produção em reservatórios. O Reservatório de Itaipu abrange uma vasta área na fronteira entre o Brasil e o Paraguai e possui três parques aquícolas destinados à produção de peixes, sendo eles o São Francisco Verdadeiro, São Francisco Falso e Ocoy (ICMBio, Instrução Normativa SEAP/PR N° 23, de 26 de outubro 2007).

Buscando a otimização de espaços para grandes produções, as pisciculturas em tanque-rede vêm sendo introduzidas nestes reservatórios, com o cultivo de diversas espécies (NEU *et al.*, 2013; BOMBARDELLI, *et al.*, 2007; SILVA, *et al.*, 2012), uma vez que a definição da prática de produção em tanques-redes é nada mais que a criação de peixes em um volume determinado, com constante circulação de água (BALDISSEROTO; RADUNZ NETO, 2004). A produção em tanques-rede utiliza um método de criação intensiva, com altas densidades de estocagem que geram altas cargas de resíduos metabólicos. Estes resíduos elevam as concentrações de nutrientes nos sedimentos (BOYD, *et al.*, 2007), de fósforo e nitrogênio na composição da água (GUARINO *et al.*, 2005; GUO *et al.*, 2009), ocasionando a redução da qualidade da água do local, suscetibilizando-o à eutrofização de origem antrópica (ZANIBONI-FILHO, 2018) e correndo risco de inviabilização do empreendimento aquícola.

É sabido que a qualidade da água do corpo hídrico é o principal fator limitante para a criação de peixes e que a abundância e o fluxo de água do ecossistema são utilizados como um meio de diluição de produtos químicos e componentes biológicos, assim como os resíduos metabólicos dos animais (PEREIRA, *et al.*, 2004).

Portanto, para que o ecossistema seja passível da criação de peixes em tanques-rede é necessário que ocorra o monitoramento de parâmetros qualitativos da composição química da água de forma constante e eficaz, monitorando a qualidade do corpo hídrico. Nesse sentido, faz-se necessária a condução de pesquisas e estudos voltados à qualidade da água (RIBEIRO FILHO, 2006; MALLASEN e BARROS, 2008a; MALLASEN *et al.*, 2008b;), auxiliando na implementação de práticas de manejo responsáveis, que visam a conservação dos ecossistemas aquáticos e a mitigação de impactos negativos.

Diferentes metodologias para análise sedimentar e de água podem ser utilizadas, variando de acordo com a determinação do pesquisador e local de estudo. Diversos estudos relatam parâmetros avaliativos como oxigênio dissolvido (OD), nitrogênio total Kjeldahl (NTK), sedimentação de material em suspensão (SMS), fósforo total (F_T), amônia, nitrito, nitrato, dentre outros (MALLASEN, *et al.*, 2012).

Grupos de Macroinvertebrados Bentônicos (MIB) são amplamente utilizados como bioindicadores em programas de monitoramento biológico devido a suas características e estruturas de fixação em substratos, possibilitando inventários das estruturas populacionais destas comunidades, uma vez que possuem importância ecológica para a ciclagem de nutrientes dentro da cadeia trófica (STATZNER e HIGLER, 1985; WALLACE; ANDERSON, 1995; BUSTOS- BAEZ e FRID, 2003; MORETTI e CALLISTO, 2005; BAPTISTA, D. F., 2008).

Portanto, o monitoramento da qualidade dos sedimentos e da composição e abundância de MIB pode auxiliar na interpretação do quanto o empreendimento aquícola pode afetar o local ou região e se o fluxo de água possibilita com efetividade a dispersão destes componentes.

Ao relacionar o presente estudo aos objetivos de desenvolvimento sustentável da ONU, as ODS, é possível destacar a redução na pressão dos estoques pesqueiros (ODS 14 – vida na água), produzindo organismos aquáticos de forma responsável (ODS 12 – Consumo e produção responsáveis).

2 OBJETIVO

O presente estudo teve por objetivo avaliar o impacto ambiental da criação de tilápia (*Oreochromis niloticus*) no Braço do rio Ocoy localizado no reservatório de Itaipu, através da

utilização de MIB como bioindicadores.

2.1 Objetivos específicos

- Analisar em escala temporal, entre 2021 e 2023, a abundância e composição das comunidades de MIB;
- Analisar a comunidade de MIB em termos de agrupamentos taxonômicos;
- Analisar as variáveis limnológicas do sedimento, dentre elas fósforo total, matéria orgânica e nitrogênio orgânico total.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de Estudo

O Rio Paraná é o décimo rio mais longo do planeta (4.695km), sendo considerado o mais importante do sistema hidrológico da Bacia do Rio da Prata (BORGHETTI *et al.*, 1988). Este corpo hídrico é composto pela confluência dos Rios Grande e Parnaíba (no centro-sul do Brasil), desaguardo no Rio da Prata, ao norte da Argentina (AGOSTINHO *et al.*, 2005).

A bacia do Rio Paraná é responsável por grande parte da energia hidrelétrica do Brasil (SOUZA, 2011), concentrando a maior densidade populacional da América do Sul, compreendendo outros importantes Rios como Grande, Tietê, Parnaíba, Paranapanema e Iguaçu, nos quais foram construídos cerca de 130 reservatórios (Figura 1).

O reservatório possui várias estações de amostragem destinadas a parques aquícolas (Figura 2), sendo um espaço físico contínuo em meio aquático, delimitado, que compreende um conjunto de áreas aquícolas afins, em cujos espaços físicos intermediários podem ser desenvolvidas outras atividades compatíveis com a prática da aquicultura.

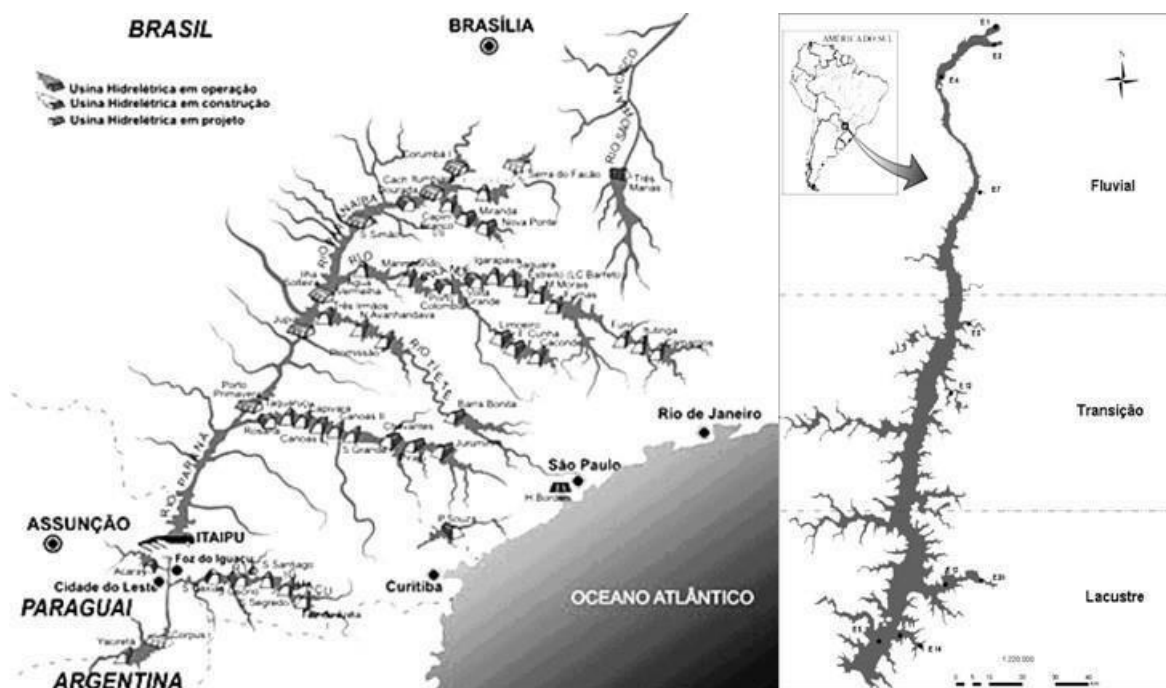


Figura 1. Bacia do Rio Paraná e localização de seus reservatórios principais. Em detalhe a zonação fluvial, transição e lacustre.



Figura 2. Localização das estações de amostragem dos parques aquícolas no Reservatório de Itaipu - Brasil. Em detalhe, o braço Ocoy.

Para a compreensão dos efeitos da produção de tilápia sobre a qualidade da água, foram avaliados os dados limnológicos do sedimento na área de cultivo e em outras três áreas, configurando assim, uma metodologia de amostragem espacial (Figura 3) composta por uma estação localizada no centro de criação (APO11) e outras 03 estações: uma localizada a aproximadamente 1000 metros a montante do centro de produção (APO11_M), outra a aproximadamente 1000 metros a

jusante (APO11_J) e o ponto controle (APO11_C) localizado em área onde não há interferência hidrodinâmica do delineamento experimental.

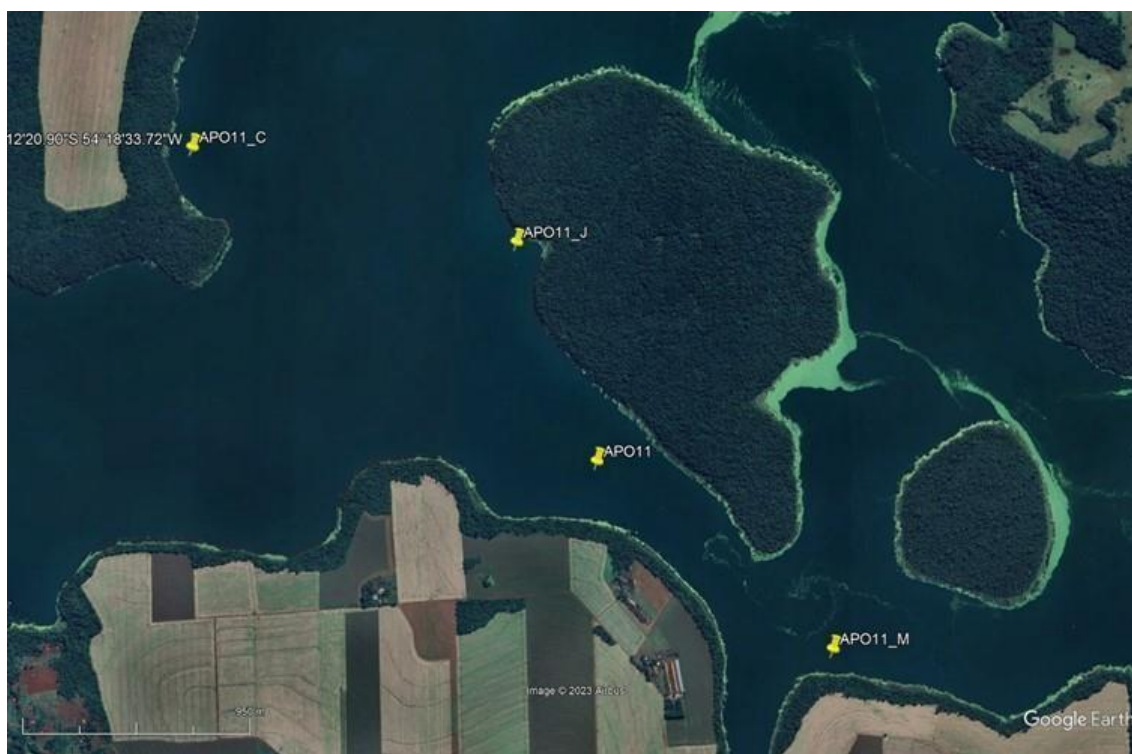


Figura 3. Localização das estações amostrais no Braço Ocoy.

A denominação jusante, montante e controle acompanham o padrão de circulação predominante da água.

Tabela 1. Estações de amostragem experimental.

Estação	Localidade	Coordenadas	
		Latitude	Longitude
APO11	Centro do experimento	25°13'3.95"S	54°17'32.32"O
APO11_M	Montante do experimento	25°13'29.27"S	54°16'57.00"O
APO11_J	Jusante do experimento	25°12'34.03"S	54°17'44.47"O
APO11_C	Área de controle	25°12'20.90"S	54°18'33.72"O

3.2 Coleta de dados amostrais

A Estação APO11 está localizada no centro do experimento e lá estão posicionadas 28 tanques-redes. Para a coleta das amostras o delineamento experimental utilizado foi do tipo vértice, totalizando 13 subunidades experimentais, ou pontos de coleta, com intuito de observar a dissipação dos resíduos no próprio local de cultivo (Figura 4).

Partindo do ponto central da área de criação (A0) destacado (Figura 4), foram realizadas coletas em direções perpendiculares, com distância de 50 metros de cada um dos pontos de coleta (A1, A2, A3; B1, B2, B3; C1, C2, C3; D1, D2, D3). As coletas ocorreram apenas na zona afótica (ponto mais baixo na coluna de água, onde a luz não penetra), nos demais pontos APO11_M, APO11_J e APO11_C realizou-se uma coleta amostral do sedimento.

As coletas ocorreram trimestralmente, entre os anos de 2021 e 2023, perfazendo três ciclos produtivos (com estocagem de peixes nos tanques-rede), ciclo 1 de abril/2021 a outubro/2021, ciclo 2 de novembro/2021 a abril/2022, período de entressafra que foi de maio/2022 a novembro/2022, e ciclo 3 que ocorreu de dezembro/2022 a agosto/2023.

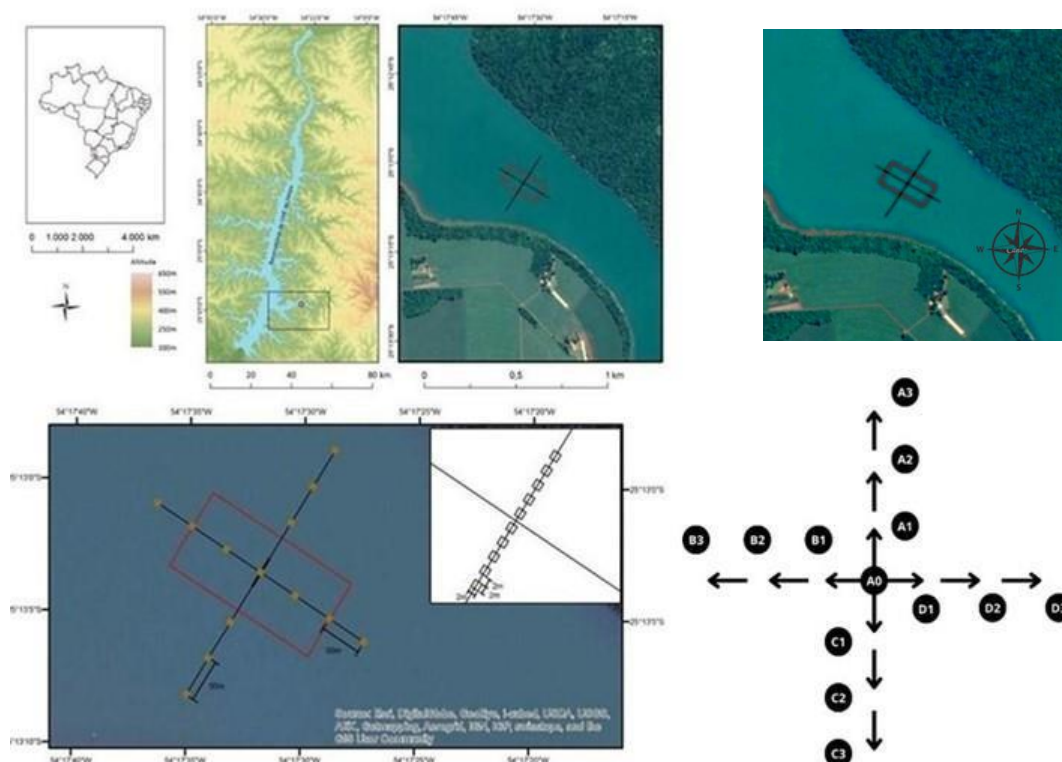


Figura 4. Localização do Braço Ocoy, da Área do experimento (AP011) e conformação do delineamento amostral desta estação.

Foi utilizada uma draga de Ekman para coleta de sedimentos, com auxílio de uma corda (~30 metros) para captura das amostras a profundidades variando de 5 a 20 metros (Figura 5). Após a coleta do sedimento (~1 kg), a amostra foi despejada sobre uma bandeja laboratorial de 5 litros e com auxílio de uma pá foram envasadas em baldes de 5 kg, devidamente identificados e de acordo com a análise posterior, congelados ou não, até o envio para laboratório.

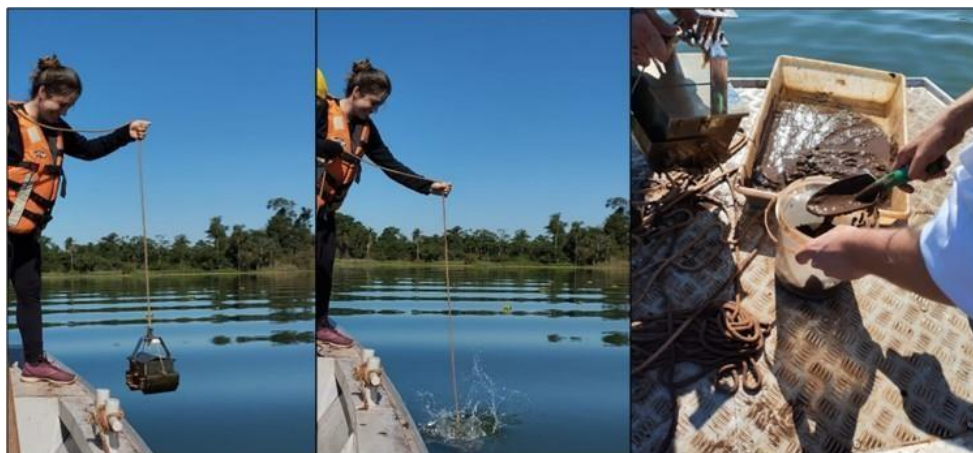


Figura 5. Coleta de sedimento utilizando a draga de Ekman e envasamento de amostras.

Para as amostras de sedimento houve análises físico-químicas de fósforo e nitrogênio (Figura 6), com o devido congelamento para posterior análise em laboratório. Para a análise e quantificação da comunidade de Macroinvertebrados bentônicos, assim que desembarcadas as amostras foram peneiradas em duas milimetragens (4 e 6 mm), em seguida os MIB foram separados, fixados em álcool etílico (70%) e identificados (Figura 7).



Figura 6. Amostras de sedimento para fósforo e nitrogênio.



Figura 7. Triagem e fixação de Macroinvertebrados bentônicos.

3.3 Avaliação limnológica de sedimento

Em ambiente laboratorial as amostras sedimentológicas foram descongeladas e quantificadas em relação aos teores de nitrogênio orgânico total (NTK) (APHA; AWWA; WEF, 1995) e fósforo total (P-total) (ANDERSEN, 1976), de acordo com padrões previamente descritos. Foram realizadas as análises da comunidade de macroinvertebrados bentônicos, utilizando-se metodologias adequadas para a identificação com chaves taxonômicas (ANGRISANO, 1995; NIESER e MELO, 1997; CARVALHO e CALLI, 2000; BRINKHUST e MARCHESE, 1989; MCCAFEERTY, 1981; MERRITT e CUMMINS, 1996; THORP e COVICH, 1991; TRIVINHO-STRIXINO e STRIXINO, 1995) (Tabela 2).

Tabela 2. Variáveis físico-química e MIB analisadas no sedimento.

Variável	Unidade	Método	Referência Bibliográfica
Fósforo total (P-total)	µg. g ⁻¹	Incineração	ANDERSEN (1976)
Nitrogênio orgânico total (Kjedhal) (NTK)	%	Titulometria	APHA; AWWA; WEF (1995)
Macroinvertebrados bentônicos (MIB)	org.m ³	Identificação taxonômica	***

*** ANGRISANO, 1995; NIESER e MELO, 1997; CARVALHO e CALLI, 2000; BRINKHUST e MARCHESE, 1989; MCCAFEERTY, 1981; MERRITT e CUMMINS, 1996; THORP e COVICH, 1991; TRIVINHO- STRIXINO e STRIXINO, 1995.

3.4 Análise estatística

Aos dados de MIB foram aplicadas ANOVAs. Estas tiveram distribuição diferente da normal e apesar da aplicação de transformação aos dados numéricos, não foi possível observar normalidade

nos dados. Vale ressaltar que, de acordo com a metodologia utilizada para contagem dos organismos (MIB), houve limitação e contagem de até 20 indivíduos.

Por este motivo, optou-se pela alternativa não paramétrica Kruskal-Wallis, com aplicação do teste Dwass-Steel-Chritchlow-Fligner para comparação aos pares a posteriori.

As variáveis exploradas foram:

- Ciclo de produção: 1º ciclo, 2º ciclo, Entressafra e 3º ciclo
- Locais de amostragem: APO11, APO11_C, APO11_J, APO11_M, E_A1, E_A2, E_A3, E_B1, E_B2, E_B3, E_C1, E_C2, E_C3, E_D1, E_D2 e E_D3
- Classes de MIBs: Bivalvia, Gastropoda, Hirudinea, Insecta, Oligochaeta, Pterygota (Insecta).
- Para as variáveis limnológicas (fósforo total e NTK) foram realizadas as mesmas análises estatísticas, contudo, considerando as médias nos locais de amostragem e do ciclo produtivo para comparação por meio da análise estatística.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 MIB - Agrupamentos taxonômicos

4.1.1 Análise descritiva

Foram identificados mais de 780 MIB, pertencentes aos filos *Annelida* e *Arthropoda*. Dentre as seis classes identificadas, *Bivalvia* representado majoritariamente por *Limnoperna fortunei* (mexilhão dourado) (Figura 8) foi a mais abundante ($\cong 74,61\%$), sendo mais numerosa no centro do experimento (APO11) a partir do 2º ciclo de produção. Já a classe *Gastropoda* foi a mais diversa entre as outras classes, com 6 espécies identificadas ao longo do delineamento amostral, sendo que a espécie mais abundante foi *Aylacostoma* sp (Figura 9) ($\cong 13,58\%$), encontrada em maior quantidade nos pontos B3 e D2, e no ponto montante (APO11M).



Figura 8. Colônia de indivíduos da espécie *Limnoperna fortunei*, da classe *Bivalvia* e família *Mytilidae*.



Figura 9. *Gastropoda* da família *Thiaridae*, espécie *Aylacostoma* s

Tabela 3. Agrupamentos taxonômicos dos MIBs identificados ao longo do experimento.

Filo	Classe	Ordem	Família	Gênero	Espécie
ANNELIDA	Hirudinea	Hirudinea não identificado	Hirudinea não identificado	Hirudinea não identificado	Hirudineanão identificado
		Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	Glossiphonidae	Glossiphonidae cf
	Oligochaeta	Não identificado	Não identificado	Tubificidae	Tubificidae
		Tubificida	Tubificidae	Tubificidae não identificado	Tubificidae não identificado
ARTHROPODA	Insecta	Diptera	Ceratopogonidae	Não identificado	Não identificado
		Odonata	Gomphidae	Phyllocycla	Phyllocycla sp
	Pterygota(Insecta)	Diptera	Chironomidae	Chironomidae não identificado	Chironomidae não identificado
		Trichoptera	Polycentropodidae	Polycentropus	Polycentropus sp
	Bivalvia	Mytiloidea	Mytilidae	Limnoperna	Limnoperna fortunei
		Veneroidea	Corbiculidae	Corbicula	Corbicula fluminea
					Corbicula sp
	Gastropoda	Ampullarioidea	Ampullariidae	Pomacea	Pomacea sp
		Basommatophora	Physidae	Physa	Physa sp
				Stenophysa	Stenophysa sp
			Planorbidae	Biomphalaria	Biomphalaria sp
				Drepanotrema	Drepanotrema sp
		Caenogastropoda	Thiaridae	Aylacostoma	Aylacostoma sp
		Higrófila	Physidae	Aplexa	Aplexa (Stenophysa) sp
		Mesogastropoda	Thiaridae (obsoleto)	Thiaridae (obsoleto)	Thiaridae (obsoleto)
		Neotaenioglossa	Thiaridae	Thiaridae não identificado	Thiaridae não identificado

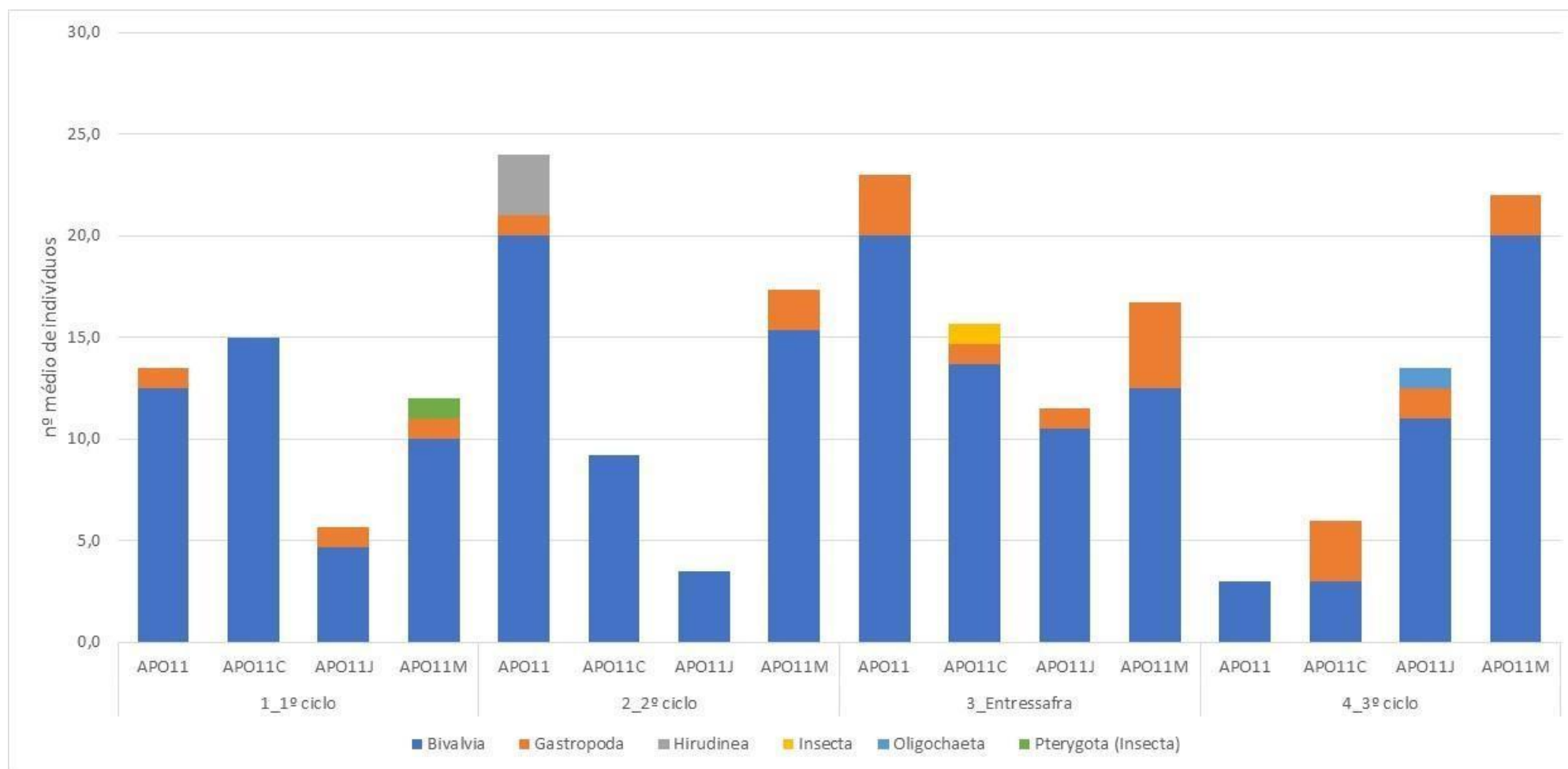


Figura 10. Gráfico contendo número médio de indivíduos agrupados por classes, distribuídos por ciclo de produção e local de amostragem.

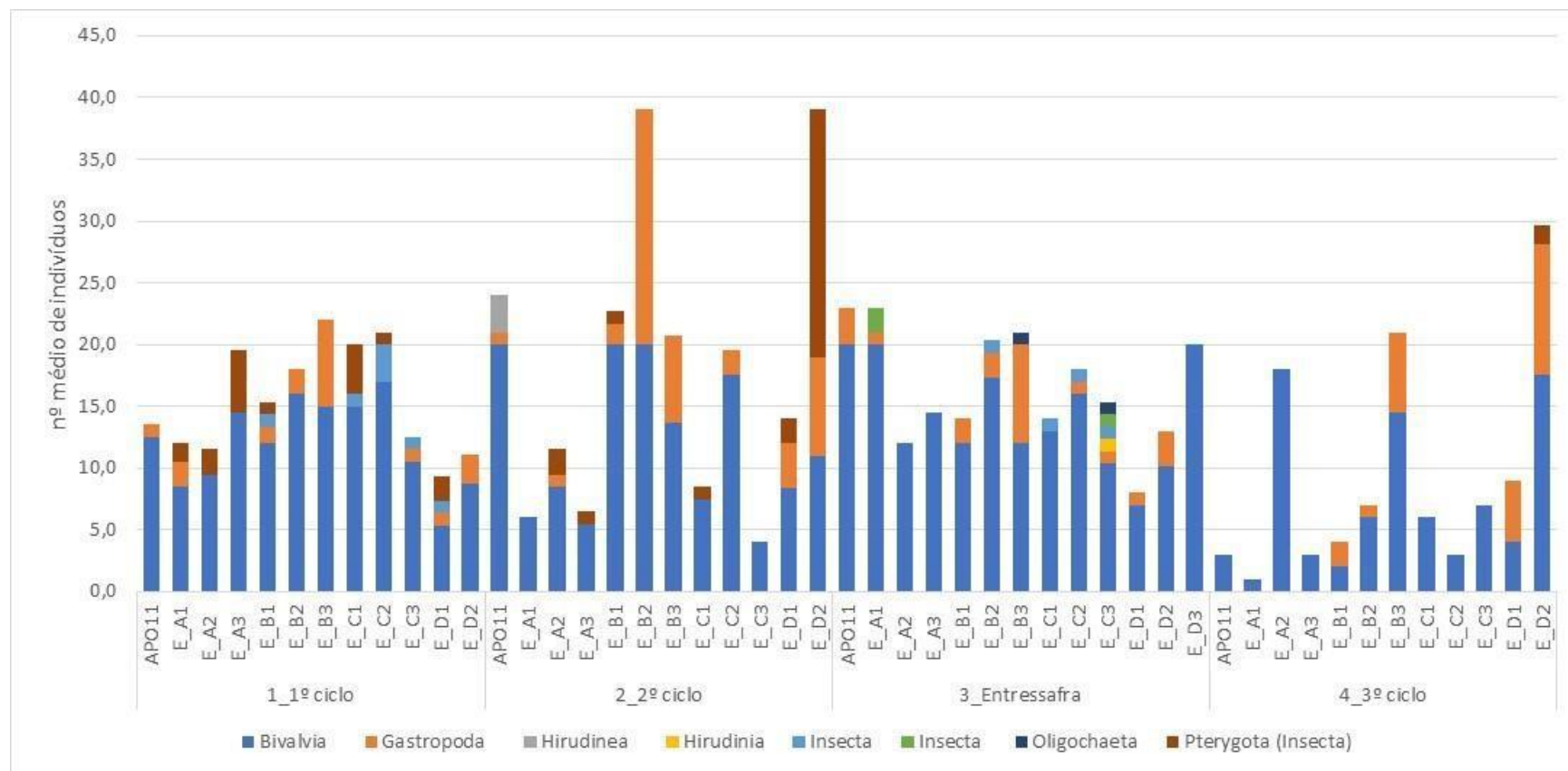


Figura 11. Gráfico contendo número médio de indivíduos agrupados por classes, distribuídos por ciclo de produção e pontos do experimento.

A observação das Figuras 10 e 11 mostra que a classe *Bivalvia* foi a mais abundante dentre as outras, com ampla distribuição ao longo de todos os pontos. A espécie mais encontrada dessa classe foi o *L. fortunei* e trata-se de um animal exótico no reservatório, ou seja, foi introduzido nesse ambiente aquático de forma antrópica. A sua presença no Reservatório de Itaipu foi reportada pela primeira vez no ano de 2000, após o Rio Prata e a Montante do Rio Paraná também terem reportado a presença da espécie invasora (ZANELLA & MARENDIA, 2002).

O mexilhão dourado é uma espécie filtradora e que forma colônias agregadas com muitos indivíduos, podendo promover alteração do ecossistema natural aquático pela filtração do séston que tem um papel importante na difusão da luz na água e, portanto, na produção primária (PESTANA DA SILVA, 2006). A presença de maiores concentrações de nutrientes na área de produção pode explicar a grande abundância desses indivíduos ao longo dos ciclos de produção.

4.1.2 Análise estatística

O teste para verificação de possíveis diferenças entre os locais de amostragem mostrou não haver diferença entre os valores médios de abundância, de acordo com os pontos amostrados ($p=0,209$). O ponto D3 foi comprometido pela dinâmica hídrica do reservatório, atualmente o ponto está exposto à atmosfera, impedindo a coleta de informações sobre água ou sedimento.

Tabela 4. Valores médios de abundância de MIB por ponto amostral.

LOCAL	N	Soma	Média	D. P.
APO11	22	160	7,27	8,06
APO11C	17	132	7,77	7,20
APO11J	20	97	4,85	6,72
APO11M	21	183	8,71	7,88
EA1	13	79	6,08	7,33
EA2	12	103	8,58	7,26
EA3	10	81	8,10	6,76
EB1	21	122	5,81	7,24
EB2	17	174	10,24	8,38
EB3	35	335	9,57	7,70
EC1	13	103	7,92	6,96
EC2	14	131	9,36	8,10
EC3	17	82	4,82	5,62
ED1	23	106	4,61	4,34
ED2	38	328	8,63	7,52
ED3	1	20	20,00	.

Abreviaturas: “N” – Tamanho amostral. / “D. P.” – Desvio Padrão.

A comparação entre os ciclos também mostrou não haver diferenças entre as abundâncias dos

MIB ($p=0,4330$).

Tabela 5. Valores médios de abundância de MIB por ciclo de produção.

Ciclos	N	Soma	Média	D. P.
1º ciclo	68	458	6,74	6,75
2º ciclo	64	530	8,28	7,33
Entressafra	86	742	8,63	7,98
3º ciclo	76	506	6,66	6,93

Abreviaturas: “N” – Tamanho amostral. / “D. P.” – Desvio Padrão.

A comparação entre as diferentes classes que compuseram as amostras e MIBs foi significativa ($p=0,000$). A comparação aos pares (Dwass-Steel-Christlow-Fligner) *a posteriori* mostrou que houve diferença entre as abundâncias de *Bivalvia* e os demais grupos, e essa tendência se manteve para as demais classes. Apenas a comparação entre *Hirudinea* e *Oligochaeta* mostrou não haver diferença entre as abundâncias ($p=1,000$).

Embora as análises evidenciem a presença maciça de *L. fortunei*, é possível ainda assim que essa presença esteja subestimada, devido à metodologia de contagem adotada, limitando a contagem dos indivíduos a 20 por amostra (local).

Tabela 6. Comparação aos pares entre as classes de MIBs coletadas.

Grupo	Média	D.P.	Grupo	Estatística	P-valor
Bivalvia	10,99	7,26	Gastropoda	-33,293	0,000
			Hirudinea	-232,690	0,000
			Insecta	-118,398	0,000
			Oligochaeta	-202,673	0,000
			Pterygota (Insecta)	-90,917	0,000
Gastropoda	4,12	5,39	Hirudinea	-138,702	0,000
			Insecta	-70,065	0,000
			Oligochaeta	-123,467	0,000
			Pterygota (Insecta)	-48,564	0,000
Hirudinea	2,33	1,16	Insecta	16,338	0,000
			Oligochaeta	0,000	1,000
			Pterygota (Insecta)	26,959	0,000
Insecta	1,25	0,62	Oligochaeta	-21,466	0,000
			Pterygota (Insecta)	11,111	0,000
Oligochaeta	1,00	0,00	Pterygota (Insecta)	27,101	0,000

4.2 Análise de variáveis limnológicas do sedimento

4.2.1 Análise descritiva

As Figuras 12 e 13 mostram a média dos nutrientes avaliados (NTK e P-total) ao longo do experimento e de acordo com o delineamento espacial. É possível observar uma maior média de NTK no ponto APO11 ($\cong 4,75$ g/Kg) no segundo ciclo de produção, e uma menor média do nutriente no ponto APO11J ($\cong 1,49$ g/Kg) no mesmo ciclo produtivo. Para P-total a maior média também foi no ponto APO11 ($\cong 3,00$ g/Kg) e o menor no APO11J ($\cong 0,50$ g/Kg) no segundo ciclo produtivo.

No delineamento espacial o ponto no centro do experimento apresentou a maior média de NTK ($\cong 4,75$ g/Kg), e a menor foi observada no ponto D2 ($\cong 1,25$ g/Kg) que fica à direita do centro de produção, mais próxima a margem do lago, no segundo ciclo produtivo. Para P- total também no delineamento espacial, o centro do experimento também apontou a maior média ($\cong 3,00$ g/Kg) no segundo ciclo, e a menor média foi observada no primeiro ciclo no ponto B3 ($\cong 0,45$ g/Kg).

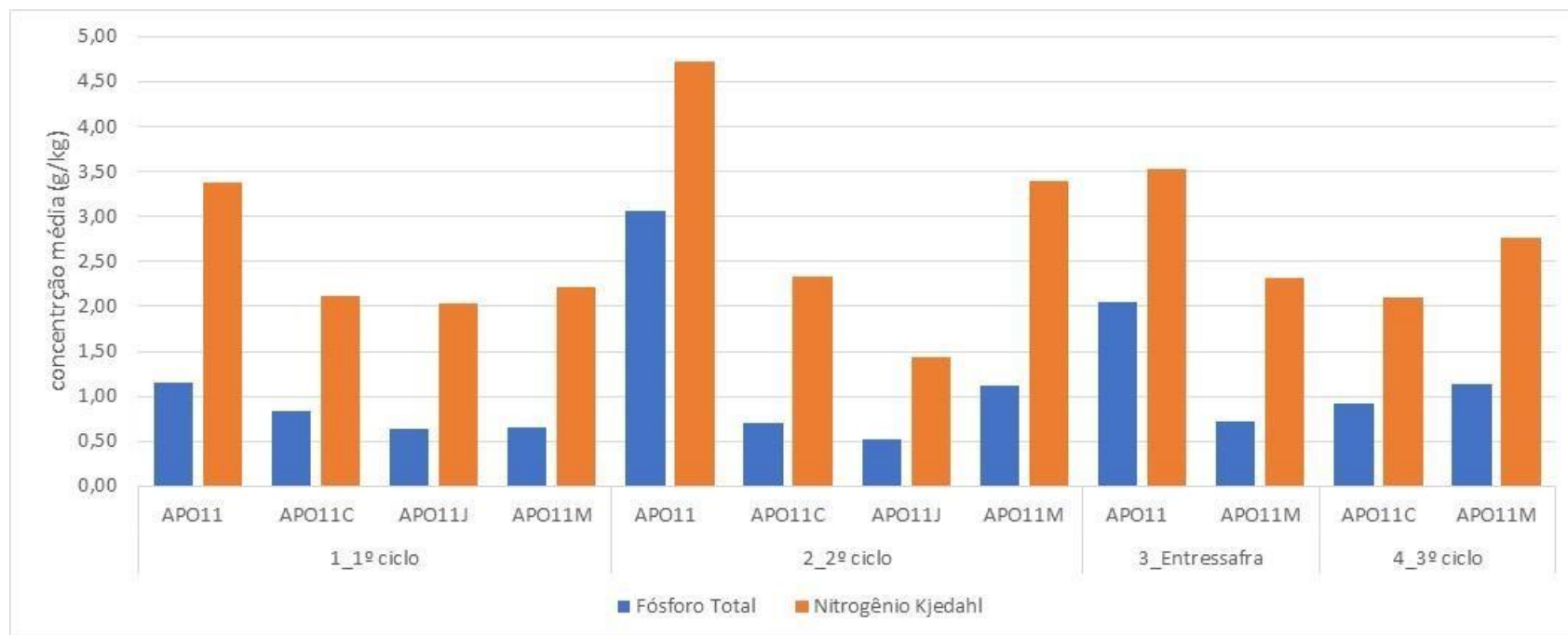


Figura 12. Concentração média de fósforo total e nitrogênio Kjeldahl, distribuídos por ciclo de produção e local de amostragem.

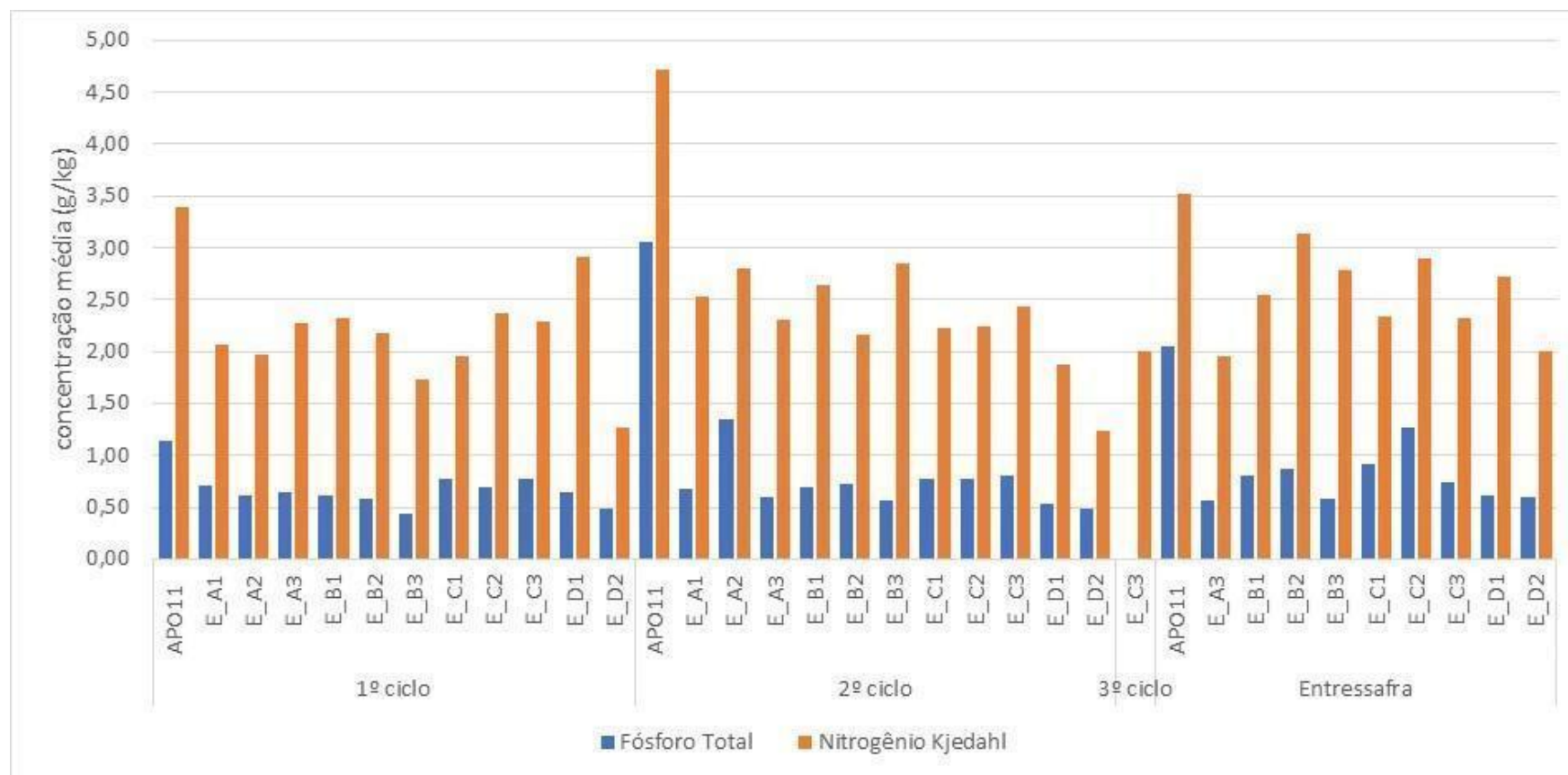


Figura 13. Gráfico mostrando a concentração média de fósforo total e nitrogênio Kjeldahl, distribuídos por ciclo de produção e pontos do experimento.

4.2.2 Análise de NTK

O teste Kruskal-Wallis aplicado aos locais de amostragem revelou ter havido diferença entre os locais amostrados ($p=0,000$). O teste Dwass-Steel-Christchlow-Fligner a posteriori indicou as diferenças abaixo:

- APO11 tem concentração diferente estatisticamente aos demais locais;
- APO11C só tem concentração diferente ao ponto APO11 e APO11M;
- APO11J é diferente de APO11M, B1 e C3;
- APO11M é igual à B1, B2, C1 e C2;
- A1 teve concentrações igual aos demais pontos;
- A2 teve concentrações igual aos demais pontos, exceto do C3;
- A3 teve concentrações igual aos demais pontos;
- Os pontos B1, B2, B3, C1, C2, D1 obtiveram concentrações de NTK iguais dos demais pontos;
- C3 é diferente estatisticamente de A2, APO11J e D2.

Tabela 7. Teste Dwass-Steel-Christchlow-Fligner ($p=0,000$) que mostra a diferença de concentrações de NTK entre os pontos amostrais.

Grupo	Média	D. P.	Grupo	Estatística	P-valor
APO11	3,95	1,18	APO11C	-11,309	0,000
			APO11J	-13,072	0,000
			APO11M	-7,073	0,000
			A1	-13,072	0,000
			A2	-15,405	0,000
			A3	-11,309	0,000
			B1	-11,309	0,000
			B2	-10,613	0,000
			B3	-12,510	0,000
			C1	-11,319	0,000
			C2	-11,309	0,000
			C3	-9,853	0,000
			D1	-13,072	0,000
			D2	-11,309	0,000
APO11C	2,20	0,49	APO11J	-3,653	0,381
			APO11M	5,397	0,011
			A1	-0,693	1,000
			A2	-3,584	0,416
			A3	0,739	1,000
			B1	1,625	0,998

Grupo	Média	D. P.	Grupo	Estatística	P-valor
			B2	1,034	1,000
			B3	-0,346	1,000
			C1	0,148	1,000
			C2	1,329	1,000
			C3	2,324	0,949
			D1	-1,386	1,000
			D2	-3,102	0,670
APO11J	1,73	0,44	APO11M	7,483	0,000
			A1	2,449	0,924
			A2	-0,500	1,000
			A3	4,157	0,178
			B1	4,850	0,044
			B2	3,464	0,478
			B3	2,449	0,924
			C1	3,479	0,470
			C2	4,503	0,093
			C3	6,030	0,002
			D1	2,041	0,983
			D2	0,000	1,000
APO11M	2,72	0,84	A1	-6,563	0,000
			A2	-8,219	0,000
			A3	-5,168	0,021
			B1	-4,249	0,151
			B2	-4,479	0,098
			B3	-5,759	0,004
			C1	-5,177	0,020
			C2	-4,708	0,061
			C3	-3,435	0,493
			D1	-6,414	0,001
			D2	-6,316	0,001
A1	2,30	0,29	A2	-1,000	1,000
			A3	1,386	1,000
			B1	3,118	0,662
			B2	1,732	0,997
			B3	0,816	1,000
			C1	0,696	1,000
			C2	2,261	0,959
			C3	3,015	0,713
			D1	0,408	1,000
			D2	-1,386	1,000
A2	2,24	0,77	A3	3,162	0,638
			B1	3,584	0,416
			B2	4,006	0,229
			B3	2,500	0,911
			C1	3,181	0,628
			C2	3,584	0,416
			C3	5,112	0,024
			D1	2,500	0,911

Grupo	Média	D. P.	Grupo	Estatística	P-valor
			D2	1,897	0,992
A3	2,22	0,27	B1	1,625	0,998
			B2	0,739	1,000
			B3	-0,522	1,000
			C1	-0,444	1,000
			C2	1,329	1,000
			C3	1,549	0,999
			D1	-1,386	1,000
			D2	-3,397	0,513
B1	2,49	0,30	B2	-0,148	1,000
			B3	-1,386	1,000
			C1	-1,926	0,990
			C2	-0,296	1,000
			C3	-0,129	1,000
			D1	-2,078	0,980
B2	2,36	0,80	D2	-3,693	0,362
			B3	-1,039	1,000
			C1	-0,741	1,000
			C2	-0,148	1,000
			C3	0,775	1,000
B3	2,56	0,66	D1	-2,425	0,929
			D2	-2,806	0,808
			C1	0,348	1,000
			C2	1,039	1,000
			C3	2,412	0,932
C1	2,14	0,40	D1	-0,408	1,000
			D2	-1,386	1,000
			C2	1,630	0,998
			C3	2,329	0,948
C2	2,42	0,32	D1	-0,705	1,000
			D2	-3,111	0,665
			C3	0,258	1,000
C3	2,30	0,42	D1	-2,078	0,980
			D2	-3,693	0,362
D1	2,35	0,56	D1	-3,478	0,470
D2	1,40	0,46	D2	-5,046	0,028
				-1,218	1,000

Observação: Coloração vermelha indica P-valor < que o padrão. Abreviaturas: “D. P.” – Desvio Padrão.



Figura 14. Médias de NTK nas estações amostrais.

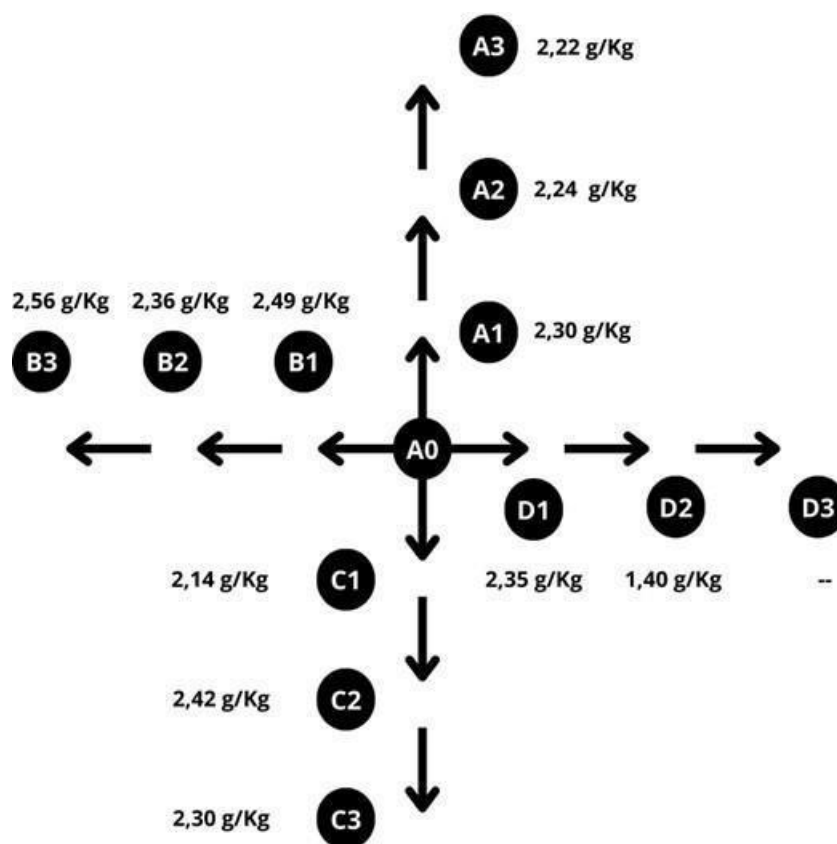


Figura 15. Médias de NTK no delineamento espacial tipo vértice.

As Figuras 14 e 15 evidenciam que o ponto APO11 (centro do experimento, onde estão os

tanques de produção), obteve concentrações de NTK diferentes estatisticamente dos demais pontos amostrados com média de 3,95 g/Kg. A resolução CONAMA nº 454/2012, que estabelece valores para orientadores para Nutrientes em sedimentos, indica a concentração máxima de 4,8g/kg de NTK, valor este inferior à média obtida durante o experimento. Como já dito anteriormente, o ponto D3 foi comprometido pela dinâmica hídrica do reservatório, atualmente o ponto está exposto à atmosfera, impedindo a coleta de informações sobre água ou sedimento.

4.2.3 Análise de NTK por ciclo

O teste Kruskal-Wallis aplicado aos ciclos de produção revelou que não houve diferença entre as concentrações de NTK de acordo com os ciclos ($p=0,408$) para todas os grupos analisados, o maior valor encontrado foi para a Entressafra e o menor para o 1º ciclo, respectivamente 2,67 e 2,28 g/kg de NTK, porém as médias não são diferentes estatisticamente.

Tabela 8. Valores médios de concentrações de NTK entre os ciclos de produção.

Grupo	Máximo	Mínimo	Média	D. P.
1º ciclo	0,89	3,69	2,28	0,72
2º ciclo	0,99	6,14	2,61	1,14
Entressafra	1,96	3,52	2,67	0,53
3º ciclo	1,90	3,06	2,35	0,45

4.2.4 Análise de P-total

O teste Kruskal-Wallis aplicado aos locais de amostragem revelou ter havido diferença na concentração de P-total entre os locais amostrados ($p=0,000$). O teste Dwass-Steel- Chritchlow-Fligner *a posteriori* indicou as diferenças abaixo:

- APO11 tem concentração diferente estatisticamente aos demais locais;
- APO11C tem concentração diferente de APO11, B3 e D1;
- APO11J tem concentração diferente de APO11, APO11M e C1;
- APO11M tem concentração igual nos pontos A2, C1, C2 e C3;
- Os pontos A1, A2, A3, B1, B2, C2, C3 e D1 obtiveram concentrações de P-total iguais dos demais pontos, menos do APO11;
- B3 tem concentração igual à C1;
- C1 tem concentração igual à D1.

Tabela 9. Teste Dwass-Steel-Chritchlow-Fligner ($p=0,000$) que mostra a diferença de concentrações de P-total entre os pontos amostrais

Grupo	Média	D. P.	Grupo	Estatística	P-valor
APO11	2,09	1,20	APO11C	-10,971	0,000
			APO11J	-13,087	0,000
			APO11M	-7,480	0,000
			A1	-13,072	0,000
			A2	-9,917	0,000
			A3	-11,309	0,000
			B1	-11,309	0,000
			B2	-11,319	0,000
			B3	-13,072	0,000
			C1	-10,961	0,000
			C2	-10,961	0,000
			C3	-10,816	0,000
			D1	-13,072	0,000
			D2	-11,309	0,000
APO11C	0,82	0,14	APO11J	-4,891	0,040
			APO11M	4,156	0,179
			A1	-4,174	0,173
			A2	-1,333	1,000
			A3	-3,111	0,665
			B1	-2,675	0,858
			B2	-1,932	0,990
			B3	-5,218	0,018
			C1	-0,148	1,000
			C2	-0,148	1,000
			C3	-0,444	1,000
			D1	-5,065	0,027
			D2	-3,704	0,357
APO11J	0,58	0,09	APO11M	7,786	0,000
			A1	2,464	0,920
			A2	4,522	0,090
			A3	2,114	0,977
			B1	3,876	0,280
			B2	3,980	0,239
			B3	-0,837	1,000
			C1	5,065	0,027
			C2	4,174	0,173
			C3	3,826	0,301
			D1	0,000	1,000
			D2	0,175	1,000
APO11M		0,25	A1	-6,965	0,000
			A2	-4,026	0,222
			A3	-5,992	0,002
			B1	-5,177	0,020
			B2	-5,079	0,026

Grupo	Média	D. P.	Grupo	Estatística	P-valor
			B3	-8,036	0,000
			C1	-4,486	0,096
			C2	-3,566	0,425
			C3	-4,741	0,056
			D1	-7,920	0,000
			D2	-6,557	0,000
A1	0,70	0,07	A2	1,913	0,991
			A3	-0,522	1,000
			B1	1,565	0,999
			B2	1,044	1,000
			B3	-3,080	0,681
			C1	3,811	0,308
			C2	3,305	0,563
			C3	2,261	0,959
			D1	-2,858	0,786
			D2	-1,732	0,997
A2	1,05	0,85	A3	-2,216	0,966
			B1	-0,593	1,000
			B2	-0,741	1,000
			B3	-4,696	0,062
			C1	1,185	1,000
			C2	0,739	1,000
			C3	0,148	1,000
			D1	-4,157	0,178
			D2	-3,556	0,430
A3	0,61	0,08	B1	1,778	0,996
			B2	2,100	0,979
			B3	-3,305	0,563
			C1	3,102	0,670
			C2	2,216	0,966
			C3	1,625	0,998
			D1	-2,771	0,822
			D2	-2,511	0,908
B1	0,68	0,10	B2	-0,150	1,000
			B3	-4,541	0,086
			C1	2,511	0,908
			C2	1,482	0,999
			C3	1,034	1,000
			D1	-4,000	0,231
			D2	-3,397	0,513
B2	0,70	0,12	B3	-4,228	0,157
			C1	1,333	1,000
			C2	1,333	1,000
			C3	1,037	1,000
			D1	-3,826	0,301
			D2	-3,111	0,665
B3	0,54	0,08	C1	5,196	0,019
			C2	4,348	0,126

Grupo	Média	D. P.	Grupo	Estatística	P-valor
			C3	4,157	0,178
			D1	0,816	1,000
			D2	0,693	1,000
C1	0,80	0,10	C2	0,148	1,000
			C3	-0,443	1,000
			D1	-5,196	0,019
C2	0,84	0,27	D2	-3,693	0,362
			C3	-0,593	1,000
			D1	-4,157	0,178
C3	0,78	0,23	D2	-3,102	0,670
			D1	-4,000	0,231
			D2	-2,963	0,738
D1	0,58	0,06	D2	-0,174	1,000
D2	0,51	0,06			

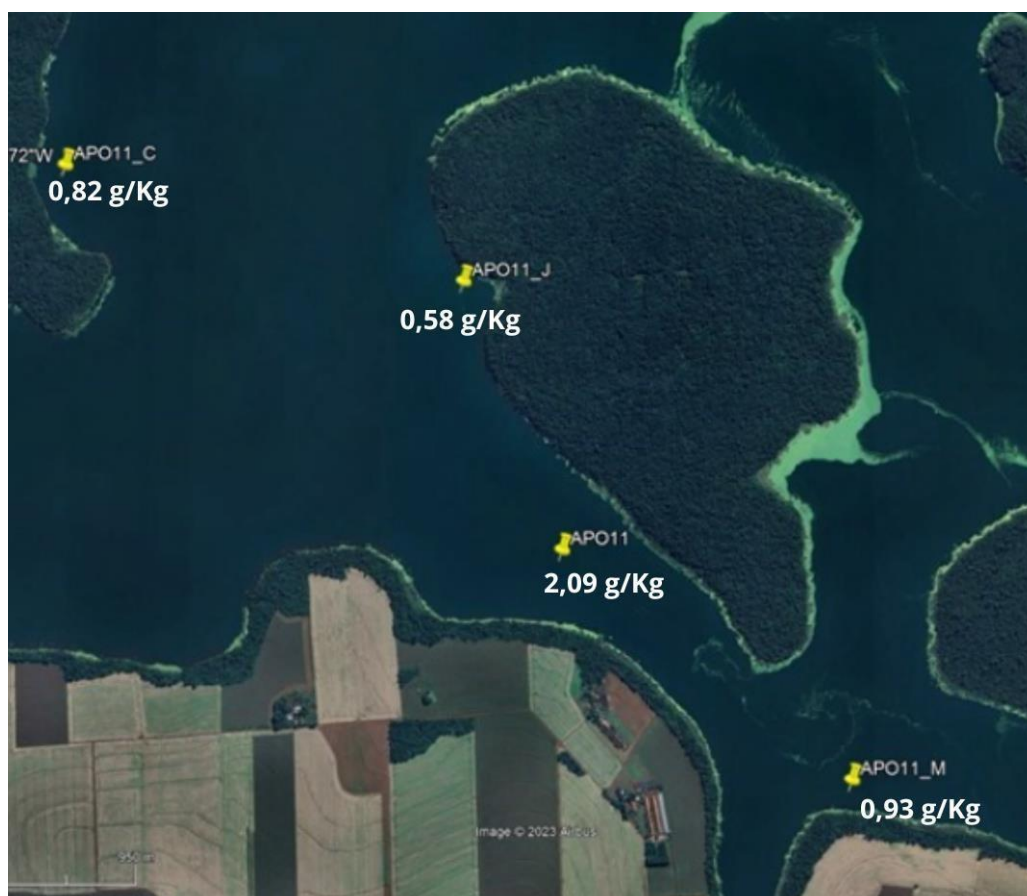


Figura 16. Médias de P-total nas estações amostrais.

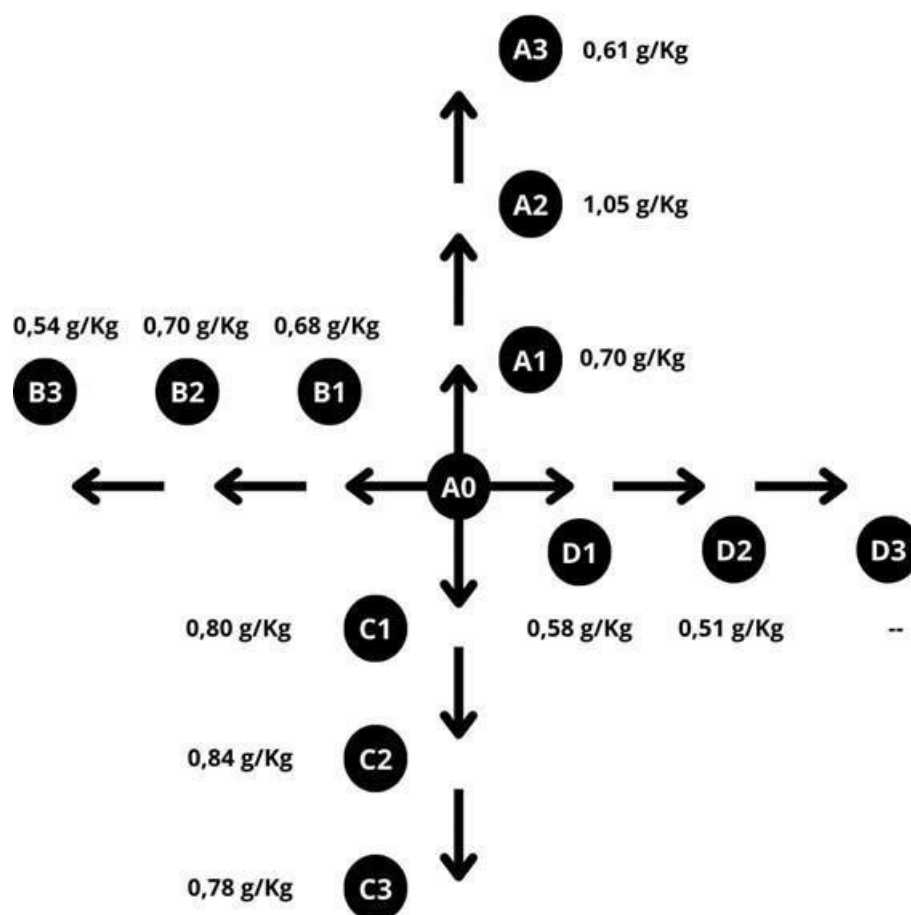


Figura 17. Médias de P-total no delineamento espacial tipo vértice.

A observação da Tabela 9 e das Figuras 16 e 17 mostra que o ponto APO11 possui maior média (2,09 g/Kg de P-total) diferente estatisticamente em relação aos demais pontos, inclusive do ponto APO11C que é o ponto controle e não sofre influência da produção de peixes. Este nutriente no ambiente pode ser resultante de ação antrópica, seja pela oferta de ração aos peixes, seja por fontes externas ao experimento (como o carreamento de nutrientes do solo adjacente). A resolução CONAMA nº 454/2012, que estabelece valores para orientadores para Nutrientes em sedimentos, indica a concentração máxima de P-total em 2,0 g/kg, evidenciando a necessidade da adoção de formas de manejo com vistas à redução da carga do nutriente no sedimento.

O ponto D3 para P-total também foi comprometido pela dinâmica hídrica do reservatório, atualmente o ponto está exposto à atmosfera, impedindo a coleta de informações sobre água ou sedimento.

4.2.5 Análise de P-total por ciclo

O teste Kruskal-Wallis aplicado aos ciclos de produção revelou que não houve diferença entre as concentrações de P-total de acordo com os ciclos ($p = 0,079$), o 1º ciclo apresentou a menor média (0,72 g/kg) enquanto o 2º ciclo apresentou a maior média de fósforo total (1,04 g/kg), porém as médias não são diferentes estatisticamente.

Tabela 10. Valores médios de concentrações de P-total entre os ciclos de produção.

Grupo	Máximo	Mínimo	Média	D. P.
1º ciclo	0,44	1,40	0,72	0,23
2º ciclo	0,43	4,21	1,04	0,94
Entressafra	0,57	2,05	0,98	0,54
3º ciclo	0,83	1,17	1,03	0,15

Observação: Abreviaturas: “D. P.” – Desvio Padrão.

5 CONCLUSÃO

É possível concluir que:

- Houve predominância de Bivalves na composição dos Macroinvertebrados bentônicos, tendo havido diferença significativa na comparação estatística com outros grupos;
- Para análise limnológica do sedimento houve diferença significativa quando comparados os nutrientes estudados (NTK e P-total) no centro de produção (APO11) com os demais pontos ao longo do experimento
- O ponto APO11 apresentou a maior média entre os demais e apenas o P-total esteve ligeiramente acima do valor referência adotado pela Resolução Conama 454/2012
- Os ciclos de produção não foram determinantes para diferenças na composição de MIB ou para as variáveis limnológicas estudadas.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOSTINHO, A. A.; THOMAZ, S. M.; GOMES, L. C. Conservation of the Biodiversity of Brazil's Inland Waters. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, v. 19, n. 3, p. 646–652, 2005.

ANDERSEN, J. M. An ignition method for determination of total phosphorus in lake sediments. *Water Resources*, v. 10, p. 329-331, 1976.

ANGRISANO, E. B. Insecta Trichoptera. In: LOPRETTO, E. C.; TELL, G. (Ed.).

Ecosistemas de águas continentais: metodologias para estudo. La Plata: Ediciones Sur, 1995. v. 3, p. 1199-1237.

APHA; AWWA; WEF. Standard Methods for the examination of water and wastewater. 19. ed. Washington: American Public Health Association. 1995.

BALDISSEROTO, B; RADUNZ NETO, J. Criação de Jundiá. Santa Maria: Ed. UFSM, 2004.

BAPTISTA, D. F. Uso de macroinvertebrados em procedimentos de biomonitoramento em ecossistemas aquáticos. *Oecologia Brasiliensis*, v. 12, n. 3, p. 425-441, 2008.

BOMBARDELLI, R. A.; BENCKE, B. C.; SANCHES, E. A. Processamento da carne do Pacu (*Piaractus mesopotamicus*) cultivado em tanques-rede no reservatório de Itaipu. *Acta Scientiarum Animal Sciences*, Maringá, v. 29, n. 4, p. 457-463, 2007.

BORGHETTI, J.R.; OSTRENSKY, A. Estratégias e ações governamentais para incentivar o crescimento da atividade aquícola no Brasil. In *Anais do I Congresso Sul- Americano de Aquicultura*, Recife: SIMBRAq, p. 437- 447. 1998.

BOYD, C. E.; TUCKER, C.; MCNEVIN, A.; BOSTICK, K.; CLAY, J. Indicators of resource use efficiency and environmental performance in fish and crustacean aquaculture. *Reviews in Fisheries Science*, London, v. 15, p. 327-360, 2007.

BRINKHUST, R. O.; MARCHESE, M. R. Guía para la identificación de oligoquetos acuáticos continentales de Sud y Centroamérica. Santa Fé: Clímax, 1989. 270 p.

BUSTOS-BAEZ, S. e FRID, C. Using indicator species to assess the state of macrobenthic communities. *Hydrobiologia*, v. 496, p. 299-309, 2003.

CARVALHO A. L.; CALLI, E. R. Chaves de identificação para as famílias de Odonata (Insecta) ocorrentes no Brasil, adultos e larvas. *Papéis Avulsos de Zoologia*, v. 41, n. 15, p. 223-241, 2000.

FILHO, R. A. R. Relações tróficas e limnológicas no reservatório de Itaipu: uma análise do impacto da biomassa pesqueira nas comunidades planctônicas. Tese de Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental. São Carlos. 2006

GUARINO, A. W. S.; BRANCO, C. W. C.; DINIZ, G. P.; ROCHA, R. Limnological characteristics of an old tropical reservoir (Ribeirão da Lages Reservoir, RJ, Brazil). *Acta Limnologica Brasiliensia*, Botucatu, v. 17, n. 2, p. 129-141, 2005.

GUO, L.; LI, Z.; XIE, P.; NI, L. Assessment effects of cage culture on nitrogen and phosphorus dynamics in relation to fallowing in a shallow lake in China. *Aquaculture International*, New York, v.

17, p. 229-241, 2009.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). IBGE/Pecuária/Aquicultura 2023.

Disponível

em:

<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/18/16459?ano=2022&tipo=grafico&indicador=16_512>.

Acesso em: 14/11/2023.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE

(ICMBio). Instrução Normativa nº 23, de 02 de agosto de 2007. Define áreas preferenciais para a criação de Parques Aquícolas em águas continentais. Brasília, DF, 2007. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Instrucao_normativa/2007/in_sea_p_23_2007_define_areas_preferencias_pq_aquicolas_aguas_continenciais_pr.pdf>. Acesso em: 28/11/2023.

MALLASEN, M. e BARROS, H. P. Piscicultura em tanques-rede na concentração de nutrientes em um corpo d'água. In: CYRINO, J. E. P.; FURUYA, W. M.; RIBEIRO, R. P.; SCORVO FILHO, J. D. Tópicos especiais em biologia aquática e aquicultura III. Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática. p.79-85, 2008a.

MALLASEN, M.; BARROS, H. P.; YAMASHITA, E. Y. Produção de peixes em tanques-rede e a qualidade da água. Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária, Campinas, v. 1, n. 1, p. 47-51, 2008b.

MCCAFEERTY, W. P. Aquatic entomology: the fishermen's and ecologists' illustrated guide to insects and their relatives. Boston: Jones and Bartlett Publishers, 1981. 448 p.

MERRITT, R.; CUMMINS, K. An introduction to the aquatic insects of North America. 2. ed. New York: Kendall Hunt Publishing, 1996. 862 p.

MORETTI, M. e CALLISTO, M. Biomonitoring of benthic macroinvertebrates in the middle Doce River watershed. Acta Limnologica Brasiliensia, v. 17, p. 267-282, 2005.

NEU, D. H.; BOSCOLO, W. R.; DIEMER, O.; CAMARGO, D. J. de; WÄCHTER, N.; FEIDEN, A. Qualidade da Água em um Reservatório Neotropical Associado à Criação de Peixes em Tanques Rede: Reservatório de Itaipu. Agrarian, v. 7, n. 23, p. 139–146, 2013.

NIESER, N.; MELO, A. L. de. Os heterópteros aquáticos de Minas Gerais. Belo Horizonte: Editora UFMG, 1997.

PEREIRA, R. H. G.; ESPÍNDOLA, E. L. G.; ELER, M. N. Limnological variables and their correlation with water flow in fishponds. Acta Limnologica Brasiliensia, v. 16, n. 3, p. 263-271, 2004.

SAMPAIO, F. G.; LOSEKANN, M. E.; LUIZ, A. J. B.; NEVES, M. C.; FRASCÁ-SCORVO, C. M. D.; RODRIGUES, G. S. Monitoramento e gestão ambiental da piscicultura em

tanques-rede em reservatórios. Meio Ambiente, Qualidade da Água, Aquicultura, Belo Horizonte, 2013.

Silva, D. P.; Aspectos Bioecológicos do Mexilhão Dourado *Limnoperna fortunei* (Bivalvia, Mytilidae) (DUNKER, 1857), Curitiba-PR, p. 1-8, 3 dez. 2006.

SILVA, J. R. et al. Produção de Pacu em Tanques-Rede no Reservatório de Itaipu, Brasil: Retorno Econômico. Archivos de Zootecnia, v. 61, n. 234, p. 245-254, 2012.

SOUZA, Edson Belo Clemente de. A Geopolítica da Produção do Espaço: localização da hidrelétrica da Itaipu Binacional. Revista Geografares, nº9, p. 141-167, jul./dez. 2011. Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste). ISSN 2175-370.

STATZNER, B.; HIGLER, B. Stream hydraulics as a major determinant of benthic invertebrate zonation patterns. Freshwater Biology, v. 16, p. 127-139, 1985.

THORP, J. H.; COVICH, A. P. Ecology and Classification of North American freshwater invertebrates. San Diego: Academic Press, 1991. 911 p.

TRINDADE, M. Nutrientes em sedimento da represa do Lobo (Brotas-Itirapina/SP). Dissertação (Mestrado). Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos. 219p. 1980.

TRIVINHO-STRIXINO, S.; STRIXINO, G. Larvas de Chironomidae (Diptera) do Estado de São Paulo: guia de identificação e diagnoses dos gêneros. São Carlos: PPG- ERN/UFSCar, 1995. 229 p

WALLACE, J. B.; ANDERSON, N. H. Habitat, life history, secondary production, and behavioral adaptations of aquatic insects. An introduction to the aquatic insects on North America, p. 41–73, 1995.

ZANELLA, O.& MARENDIA, L. D. Ocorrência de *Limnoperna fortunei* na Central Hidrelétrica de Itaipu. In: Congresso Latino-americano de Malacologia, 5, São Paulo. São Paulo: Instituto Butantan/ Instituto de Biociências USP 2002. p.41.

ZANIBONI-FILHO, E., PEDRON, J. S., & RIBOLLI, J. Oportunidades e desafios para a aquicultura em reservatórios brasileiros: uma revisão. Acta Limnologica Brasiliense. v. 30. 2018.