

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
ÊNFASE EM BIOLOGIA MARINHA E COSTEIRA

LISANDRO BECKER GARCIA

**USO DOS MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS NA AVALIAÇÃO DA
QUALIDADE DAS ÁGUAS DAS LAGOAS MARCELINO, PEIXOTO E PINGUELA,
MUNICÍPIO DE OSÓRIO, RIO GRANDE DO SUL**

IMBÉ

2015

LISANDRO BECKER GARCIA

**USO DOS MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS NA AVALIAÇÃO DA
QUALIDADE DAS ÁGUAS DAS LAGOAS MARCELINO, PEIXOTO E PINGUELA,
MUNICÍPIO DE OSÓRIO, RIO GRANDE DO SUL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção de Bacharel em Ciências Biológicas com ênfase em Biologia Marinha e Costeira pela Universidade Estadual do Rio Grande do Sul e Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientadora: Dra. Norma Luiza Würdig

Coorientadora: Me. Suzana Maria Fagundes de Freitas

IMBÉ

2015

Aos examinadores,

Este trabalho está formatado segundo “SILVA, L. N. *et al.* **Manual de Trabalhos Acadêmicos e Científicos: Orientações Práticas à Comunidade Universitária da UERGS.** Porto Alegre: UERGS, 2013. 149 p.” que é baseado nas normas da ABNT.

CIP - Catalogação na Publicação

Garcia, Lisandro Becker

Uso dos macroinvertebrados bentônicos na avaliação da qualidade das águas das lagoas Marcelino, Peixoto e Pinguela, município de Osório, Rio Grande do Sul. / Lisandro Becker Garcia. -- 2015.

54 f.

Orientadora: Norma Luiza Würdig.

Coorientadora: Suzana Maria Fagundes de Freitas.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Biociências, Curso de Ciências Biológicas: Biologia Marinha e Costeira, Porto Alegre, BR-RS, 2015.

1. Macroinvertebrados. 2. Lagoas costeiras. I. Würdig, Norma Luiza, orient. II. Fagundes de Freitas, Suzana Maria, coorient. III. Título.

LISANDRO BECKER GARCIA

**USO DOS MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS NA AVALIAÇÃO DA
QUALIDADE DAS ÁGUAS DAS LAGOAS MARCELINO, PEIXOTO E PINGUELA,
MUNICÍPIO DE OSÓRIO, RIO GRANDE DO SUL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção de Bacharel em Ciências Biológicas com ênfase em Biologia Marinha e Costeira pela Universidade Estadual do Rio Grande do Sul e Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientadora: Dra. Norma Luiza Würdig

Coorientadora: Me. Suzana Maria Fagundes de Freitas

Aprovado em ___/___/___

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Catarina da Silva Pedrozo

Profa. Dra. Carla Penna Ozorio

Prof. Dr. Ignacio Benites Moreno
Coordenador da atividade Trabalho de Conclusão II – CBM

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus familiares, principalmente meus pais Tereza Becker e Osvino Garcia, pelo apoio efetivo, por compreenderem minha ausência e sempre acreditarem no meu potencial.

Às minhas orientadoras prof^a. Dra. Norma Luiza Würdig e Me. Suzana Maria Fagundes de Freitas, pelos ensinamentos, dedicação e discussão ao longo deste trabalho.

Ao prof. Nelson Machado, do Centro de Ecologia da UFRGS, pelas “tempestades mentais”, incentivo e paciência nas análises estatística.

À Cacinele Rocha, Carol Culau e toda equipe do Laboratório de Águas, Sedimentos e Biologia do Pescado (LASBP), pelo apoio e ensinamentos ao longo deste trabalho.

Ao Osvaldo Machado, barqueiro do CECLIMAR, pelos ensinamentos, pela ajuda nas coletas dos macroinvertebrados bentônicos e companheirismo nos trabalhos de campo – E vá draga...

Ao Manoel Nunes, motorista do CECLIMAR, que nos acompanhou nas coletas e por todo apoio logístico.

Aos bibliotecários, Stella e Ângelo Pivetta, pelas agradáveis conversas na biblioteca, pelo incentivo constante e diversas contribuições ao longo da minha graduação.

Ao Marco Silva, da logística do CECLIMAR, por ser sempre muito prestativo, auxiliando-me com todo o material necessário e pelas conversas no laboratório.

Aos meus grandes amigos e colegas Maurício Marmitt (Tio Nene) e Louize Paz (Elô), pelas ajudas em campo, pela amizade, por terem ouvido diversas vezes minhas reclamações e pelo companheirismo ao longo desses anos.

Aos colegas Luana Tarragô, Daniela Martins, Marcelo Aguiar e Fernando Rosso pela ajuda na triagem, saída de campo e pelas diversas contribuições ao longo deste trabalho.

Aos meus amigos Ana Carolina Rocha, João Luiz Pereira Jr, Renata Pimentel, Cristiane Frozza, Eduardo Malfatti, Ronaldo Nobre, Rodrigo Rohd, Kênya Lauschner, Suziane Steffens, Laís Gliesch, Stefânia Chilanti, HannaLima, Diego Weber, Luana Tarragô, André Pereira, Maíra dos Santos, Bruna Barros, Julia Martins e demais colegas que fiz durante a graduação, e que foram uma segunda família aqui na praia.

À Vera Souza (Verinha), do Laboratório de Invertebrados Bentônicos, pela agradável companhia, amizade e pelos cafezinhos.

Aos meus colegas do Centro de Reabilitação de Animais Silvestres e Marinhos (CERAM) Daniela Martins, Juliana Correia, Fernando Rosso, Renata Pimentel, Fernanda Gomes, Ruth Sutello e Derek Amorim e demais colegas, pela amizade e por aguentarem meu estresse nos finais de semestre.

À minha amiga e namorada Suhyen Cazmierczak, pelo carinho e incentivo principalmente nesta última etapa.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul e a Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, pela oportunidade de fazer o curso.

Aos demais professores, amigos e colegas que, de forma direta ou não, contribuíram não apenas para a realização deste trabalho, mas também para o meu crescimento pessoal e profissional. Muito, muito obrigado!

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo principal caracterizar a estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos associados ao sedimento nas lagoas Marcelino, Peixoto e Pinguela, pertencentes a Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí. A estratégia amostral visou acompanhar um gradiente de carga poluente oriundo de ação antropogênica no sistema. Foram selecionadas seis estações de coleta, duas em cada lagoa. As campanhas foram realizadas nos meses de janeiro, fevereiro e março de 2015. As variáveis ambientais analisadas na água foram profundidade, temperatura, condutividade elétrica, pH, transparência e coliformes totais. No sedimento, matéria orgânica. A macrofauna bentônica foi coletada com um pegador de Ekman-Birge, em triplicata. A identificação dos organismos foi realizada de acordo com a literatura especializada. Foram calculados densidade, abundância relativa, riqueza taxonômica e índices de diversidade de Shannon-Wiener, de equitabilidade de Pielou e de dominância de Swartz e apresentado um Diagrama de Venn. Através do método de Ward, foi realizada uma análise agrupamento e uma análise de correlação de Pearson, que visou demonstrar a similaridade e correlação entre algumas variáveis ambientais e métricas da comunidade de macroinvertebrados bentônicos. Os resultados registraram a presença de cinco táxons na lagoa Marcelino, com elevada abundância dos bivalves da família Sphaeriidae, representada pela espécie *Musculium argentinum* (95,99%). Na lagoa Peixoto, os grupos predominantes foram os táxons Gastropoda, Diptera, Ephemeroptera e Oligochaeta (Cochliopidae > Chironomidae > Polymitarcyidae > Naididae) com 91,68% representando uma estrutura mais diversificada em relação a lagoa Marcelino. A lagoa Pinguela, também apresentou uma melhor distribuição de famílias, embora com uma dominância de Chironomidae e Cochliopidae (81,71%). A análise de agrupamento mostrou associações entre estações de coleta em função de suas similaridades formando dois grupos principais: o grupo A reuniu quase todas as estações da lagoa Marcelino (S1 e S2) e o grupo B as estações de coleta das lagoas Peixoto e Pinguela. O grupo A foi caracterizado por elevadas densidades, baixa riqueza de táxons e alta condutividade elétrica, evidenciando condições ambientais relacionadas a uma forte influência antropogênica. Os resultados do presente trabalho reforçam as informações de trabalhos anteriores que apontam a existência de um gradiente de qualidade ambiental da lagoa Marcelino em direção a lagoa Pinguela em função de efluentes lançados na primeira lagoa. Como o presente estudo evidenciou uma diminuição da diversidade da comunidade macrobentônica na lagoa Marcelino, predominantemente formada por organismos filtradores, chama-se a atenção para a importância da continuidade destes estudos para o planejamento de uso e gerenciamento destas lagoas costeiras.

Palavras-chave: Macroinvertebrados bentônicos. Lagoas costeiras. Lagoa Marcelino. Sphaeriidae.

ABSTRACT

This study aimed to characterize the structure of the benthic macroinvertebrate community associated with the sediment in lakes Marcelino, Peixoto and Pinguela, belonging to River Basin Tramandaí. The sampling strategy aimed to follow a pollutant load gradient coming from anthropogenic action on the system. They selected six collection stations, two in each lake. The campaigns were conducted in January, February and March 2015. The environmental variables analyzed were the water depth, temperature, electrical conductivity, pH, transparency and total coliforms. In the sediment, organic matter. The benthic macroinvertebrates were collected by a sampler Ekman-Birge, in triplicate. Identification of organisms was accomplished according to the literature. They were calculated density, relative abundance, taxonomic richness and diversity indexes of Shannon-Wiener, equitability of Pielou and Swartz dominance and presented a Venn Diagram. By Ward method, a cluster analysis and Pearson correlation analysis was performed, which aimed to demonstrate the similarity and correlation between some environmental variables and metrics of the benthic macroinvertebrate community. The results recorded the presence of five taxa in Marcelino lake, with high abundance of bivalve Sphaeriidae, represented by the species *Musculium argentinum* (95.99%). In the lake Peixoto, the predominant groups were Gastropoda, Diptera, Oligochaeta and Ephemeroptera, (Cochliopidae> Chironomidae> Polymitarcyidae> Naididae) with 91.68% representing a more diversified structure compared to Marcelino lake. Pinguela lake, also showed a better distribution of families, with a dominance of Chironomidae and Cochliopidae (81.71%). Cluster analysis showed associations between collection stations in reason of their similarities to form two main groups: Group A met almost every lake from Marcelino (S1 and S2) and group B collection stations of Peixoto and Pinguela ponds. Group A was characterized by high density, low taxa and a high electrical conductivity, reflecting environmental conditions related to a strong antropogenic influence. The results of this study reinforce the information from previous studies that point to the existence of a gradient of environmental quality from Marcelino lake toward Pinguela lake. As the present study showed a decrease in the diversity of macrobenthic community in the pond Marcelino, predominantly formed by filter feeding organisms, it is called attention to the importance of continuing these studies to use planning and management of these coastal lagoons.

Keywords: Benthic macroinvertebrates. Coastal lagoons. Marcelino lake. Sphaeriidae.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Corpos d'água formadores da Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí, com destaque ao complexo lagunar na Planície Costeira do Rio Grande do Sul. 18
- Figura 2 - Localização das estações amostradas nas lagoas Marcelino (S1 e S2), Peixoto (S3 e S4) e Pinguela (S5 e S6), Osório, RS, nos meses de janeiro, fevereiro e março do verão de 2015. 19
- Figura 3 - Pegador tipo Ekman-Birge, utilizado para a coleta dos macroinvertebrados bentônicos nas lagoas estudadas. 22
- Figura 4 - Variação da temperatura da água (°C) nas estações amostradas nas lagoas Marcelino (S1 e S2), Peixoto (S3 e S4) e Pinguela (S5 e S6), Osório, RS, nos meses de janeiro, fevereiro e março do verão de 2015. 24
- Figura 5 - Variação dos valores de pH nas estações amostradas nas lagoas Marcelino (S1 e S2), Peixoto (S3 e S4) e Pinguela (S5 e S6), Osório, RS, nos meses de janeiro, fevereiro e março do verão de 2015. 25
- Figura 6 - Elevadas quantidades de organismos fotossintetizantes observados na lagoa Marcelino, Osório, RS, no mês de fevereiro de 2015. 26
- Figura 7 - Variação dos valores de condutividade elétrica ($\mu\text{S.cm}^{-1}$) nas estações amostradas nas lagoas Marcelino (S1 e S2), Peixoto (S3 e S4) e Pinguela (S5 e S6), Osório, RS nos meses de janeiro, fevereiro e março do verão de 2015. 27
- Figura 8 - Variação das porcentagens de matéria orgânica do sedimento (%) nas estações amostradas nas lagoas Marcelino (S1 e S2), Peixoto (S3 e S4) e Pinguela (S5 e S6), Osório, RS, nos meses de janeiro, fevereiro e março do verão de 2015. 28
- Figura 9 - Variação dos valores de transparência do disco de Secchi nas estações amostradas nas lagoas Marcelino (S1 e S2), Peixoto (S3 e S4) e Pinguela (S5 e S6), Osório, RS, nos meses de janeiro, fevereiro e março do verão de 2015. 29
- Figura 10 - Variação dos valores de coliformes totais (NMP), em logaritmo de base 10, nas estações S1 (lagoa Marcelino), S3 (lagoa Peixoto) e S5 (lagoa Pinguela), Osório, RS, no verão de 2015. 30
- Figura 11 - Densidade média (ind/m^2) da macrofauna bentônica nas três campanhas amostrais nas seis estações de coleta durante o verão de 2015. 32
- Figura 12 - Densidade média (ind/m^2) e a média aritmética nos meses de janeiro, fevereiro e março de 2015 dos macroinvertebrados nas estações S1 e S2 da lagoa Marcelino, Osório, RS. 32
- Figura 13 – Jovens e adulto do gênero *Musculium argentinum* coletados na lagoa Marcelino, Osório, RS. 33

| | |
|---|----|
| Figura 14 - Densidade média (ind/m ²) e a média aritmética nos meses de janeiro, fevereiro e março de 2015 dos macroinvertebrados nas estações S3 e S4 da lagoa Peixoto, Osório, RS..... | 34 |
| Figura 15 - Densidade média (ind/m ²) e a média aritmética nos meses de janeiro, fevereiro e março de 2015 dos macroinvertebrados nas estações S5 e S6 da lagoa Pinguela, Osório, RS..... | 35 |
| Figura 16 - Abundância relativa das famílias de macroinvertebrados bentônicos associados ao sedimento da lagoa Marcelino, nas estações S1 e S2, nos meses de janeiro, fevereiro e março de 2015..... | 35 |
| Figura 17 - Abundância relativa da macrofauna de invertebrados bentônicos coletados na lagoa Marcelino (S1 e S2) no mês de janeiro de 2015. | 36 |
| Figura 18 - Abundância relativa da macrofauna de invertebrados bentônicos coletados na lagoa Marcelino (S1 e S2) no mês de fevereiro de 2015. | 36 |
| Figura 19 - Abundância relativa da macrofauna de invertebrados bentônicos coletados na lagoa Marcelino (S1 e S2) no mês de março de 2015. | 37 |
| Figura 20 - Abundância relativa das famílias de macroinvertebrados bentônicos associados ao sedimento da lagoa Peixoto, nas estações | 38 |
| Figura 21 - Abundância relativa da macrofauna de invertebrados bentônicos coletados na lagoa Peixoto (S3 e S4) no mês de janeiro de 2015. | 39 |
| Figura 22 - Abundância relativa da macrofauna de invertebrados bentônicos coletados na lagoa Peixoto (S3 e S4) no mês de fevereiro de 2015..... | 39 |
| Figura 23 - Abundância relativa da macrofauna de invertebrados bentônicos coletados na lagoa Peixoto (S3 e S4) no mês de março de 2015..... | 39 |
| Figura 24 - Abundância relativa das famílias de macroinvertebrados bentônicos associados ao sedimento da lagoa Pinguela, nas estações S5 e S6, nos meses de janeiro, fevereiro e março de 2015..... | 40 |
| Figura 25 - Abundância relativa das famílias de macroinvertebrados bentônicos associados ao sedimento da lagoa Pinguela, nas estações S5 e S6, nos meses de janeiro, fevereiro e março de 2015..... | 41 |
| Figura 26 - Abundância relativa da macrofauna de invertebrados bentônicos coletados na lagoa Pinguela (S5 e S6) no mês de fevereiro de 2015..... | 41 |
| Figura 27 - Abundância relativa da macrofauna de invertebrados bentônicos coletados na lagoa Pinguela (S5 e S6) no mês de março de 2015..... | 41 |

Figura 28 - Diagrama de Venn demonstrando esquematicamente os táxons exclusivos e compartilhados no sistema formado pelas lagoas Marcelino, Peixoto e Pinguela.....45

Figura 29 - Dendrograma da análise de agrupamento por similaridade utilizando o método de Ward, considerando os valores de temperatura da água, condutividade elétrica, matéria orgânica do sedimento, densidades dos macroinvertebrados bentônicos, riqueza de táxons, valores calculados para o Índice de Shannon-Weaver e índice de equitabilidade de Pielou46

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Descrição das estações de coleta utilizadas na amostragem da água e sedimento durante o verão de 2015..... | 20 |
| Tabela 2 - Datas das campanhas de coleta..... | 20 |
| Tabela 3 - Método de análise e referência bibliográfica utilizada para obtenção dos valores das variáveis ambientais..... | 21 |
| Tabela 4 - Variação dos valores de coliformes totais (NMP), nas estações S1 (lagoa Marcelino), S3 (lagoa Peixoto) e S5 (lagoa Pinguela), Osório, RS, no verão de 2015. | 30 |
| Tabela 5 - Distribuição dos táxons de macroinvertebrados bentônicos nas estações de coleta..... | 31 |
| Tabela 6 - Número de táxons dominantes utilizados para o Índice de Dominância de Swartz nas lagoas Marcelino (S1 e S2), lagoa Peixoto (S3 e S4) e Peixoto (S5 e S6) nos meses de janeiro, fevereiro e março de 2015..... | 42 |
| Tabela 7 - Composição dos táxons que compõem o Índice de Dominância de Swartz nos locais de coleta nas lagoas Marcelino (S1 e S2), Peixoto (S3 e S4) e Pinguela (S5 e S6) nos meses de janeiro, fevereiro e março do verão de 2015..... | 43 |
| Tabela 8 - Resultados para a riqueza de táxons (S), índice de diversidade de Shannon-Weaver (H') e índice de equitabilidade de Pielou (J) das lagoas Marcelino (S1 e S2), lagoa Peixoto (S3 e S4) e Peixoto (S5 e S6) nos meses de janeiro, fevereiro e março de 2015. | 44 |
| Tabela 9 - Coeficiente de correlação de Pearson considerando os valores de temperatura da água (Temp), condutividade elétrica (CE), matéria orgânica do sedimento (MOsed), densidades dos macroinvertebrados bentônicos (Densid), riqueza de táxons (S), valores calculados para o Índice de Shannon-Weaver (H') e índice de equitabilidade de Pielou (J)..... | 47 |

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 14 |
| 1.1 JUSTIFICATIVA..... | 15 |
| 1.2 OBJETIVO GERAL | 16 |
| 1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 16 |
| 2 MATERIAL E MÉTODOS | 17 |
| 2.1 ÁREA DE ESTUDO | 17 |
| 2.2 ESTRATÉGIA AMOSTRAL | 18 |
| 2.3 COLETA E ANÁLISES DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS..... | 21 |
| 2.4 COLETA E ANÁLISES DA COMUNIDADE DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS..... | 21 |
| 2.5 ANÁLISE DE DADOS..... | 23 |
| 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 24 |
| 3.1 VARIÁVEIS AMBIENTAIS | 24 |
| 3.1.1 TEMPERATURA DA ÁGUA..... | 24 |
| 3.1.2 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH)..... | 24 |
| 3.1.3 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA (CE)..... | 26 |
| 3.1.4 MATÉRIA ORGÂNICA DO SEDIMENTO..... | 27 |
| 3.1.5 TRANSPARÊNCIA SECCHI..... | 28 |
| 3.1.6 COLIFORMES | 29 |
| 3.2 DESCRITORES BIOLÓGICOS | 30 |
| 3.2.1 DENSIDADE DA MACROFAUNA | 31 |
| 3.2.2 ABUNDÂNCIA RELATIVA DA MACROFAUNA | 35 |
| 3.2.3 ÍNDICE DE DOMINÂNCIA DE SWARTZ (SDI)..... | 42 |
| 3.2.4 ÍNDICES DE DIVERSIDADE | 43 |
| 3.2.5 DIAGRAMA DE VENN..... | 45 |
| 3.2.6 ANÁLISE DE AGRUPAMENTO E CORRELAÇÃO | 46 |
| 3.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 48 |
| 4 CONCLUSÃO | 50 |
| REFERÊNCIAS | 51 |
| APÊNDICE | 54 |

1 INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos são utilizados no mundo inteiro para diversas finalidades, destacando-se o abastecimento para usos domésticos e industriais, a agricultura, a aquicultura, a navegação, a geração de energia e o turismo, entre outros (BRUSCHI JR. *et al.*, 1998). A utilização dos ecossistemas aquáticos torna-os naturalmente vulneráveis, conseqüentemente sujeitos a alterações de suas águas. Os usos abusivos e descontrolados das águas em função de atividades antrópicas, acabam resultando no desequilíbrio e, por vezes, na poluição destes recursos (BRUSCHI JR. *et al.*, 1998; KNIE; LOPES, 2004).

Na Bacia do Rio Tramandaí vários corpos lacustres estão sujeitos a uma maior interferência antrópica devido às atividades do setor primário, da urbanização e de elevadas taxas demográficas. Este é o caso das lagoas Marcelino, Peixoto e Pinguela, objeto deste estudo, lagoas rasas, interligadas por canais, que vem recebendo grande parte do esgoto da cidade de Osório sem nenhum tratamento de seus efluentes, que de acordo Schäfer (1990), são compostos por uma mistura de esgoto doméstico e drenagem pluvial, lançados diretamente na lagoa Marcelino.

Devido à importância destas lagoas para a região, por diversos aspectos, e com base na fragilidade ambiental é que se decidiu dar continuidade aos estudos acerca da estrutura e composição da comunidade de macroinvertebrados destas lagoas.

Conforme Flores-Lopes, Cetra e Malabarba (2010), a deterioração ambiental “tem gerado necessidades de desenvolvimento e adequação de métodos de avaliação da qualidade ambiental”.

Macroinvertebrados bentônicos podem ser classificados de diversas formas, as quais compreendem desde a disposição no substrato, categoria trófica e tolerância frente às adversidades ambientais. Essa última classificação utiliza índices que se baseiam na presença ou ausência de organismos de determinadas famílias de macroinvertebrados, cuja sensibilidade ou tolerância estabelecem classes de qualidade de água (GOULART; CALLISTO, 2003).

Estes organismos desempenham importante papel nos processos de transferência de energia, atuando na primeira quebra mecânica da matéria orgânica grosseiramente particulada (CPOM), consumindo matéria orgânica finamente particulada (FPOM) como micro-organismos, bem como predando e parasitando

outros organismos (CUMMINS, 1973). Os principais grupos taxonômicos representantes desta assembleia são: Annelida, Crustacea, Mollusca e Insecta (adultos e imaturos), entre outros (HAUER; RESH, 2006).

Em 1990, foi realizado por Würdig *et al.* (1990) um estudo da distribuição da comunidade de macroinvertebrados bentônicos das lagoas Marcelino, Peixoto e Pinguela, inserido em um projeto desenvolvido em parceria com a Prefeitura de Osório e intitulado “Bases ecológicas para medidas de saneamento básico das lagoas Marcelino, Peixoto e Pinguela”. Posteriormente outros estudos sobre a macrofauna destas lagoas foram realizados.

Em 1997, visando à caracterização das condições ambientais de um conjunto de lagoas costeiras no Litoral Norte do Rio Grande do Sul teve início o projeto “Zoneamento ambiental da porção sul da Bacia do Rio Tramandaí, sistema flúvio lacustre” Promovido pelo PED - Projeto de Execução Descentralizada, vinculado ao Ministério de Meio Ambiente dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. Resultando em relatórios técnicos, duas dissertações de Mestrado e duas teses de Doutorado, entre estes estudos está o da macrofauna intitulado “Distribuição espaço-temporal da comunidade de macroinvertebrados bentônicos associados ao sedimento, e uso na interpretação da qualidade das águas das lagoas Marcelino, Peixoto e Pinguela, lagoas costeiras da Bacia do Rio Tramandaí, Osório, RS, Brasil” (Freitas, 2003).

Em 2007, através de convênio firmado entre a Prefeitura Municipal de Osório e a Fundação de Apoio da UFRGS – FAURGS foi realizado um novo diagnóstico ambiental das lagoas Marcelino e Peixoto no Litoral Norte.

Lima (2009) utilizou a comunidade macroinvertebrados como bioindicadores macroinvertebrados bioindicadores em lagoas costeiras do Rio Grande do Sul, entre elas as lagoas Marcelino e Peixoto.

1.1 JUSTIFICATIVA

Considerando a importância econômica, social e turística das lagoas costeiras do Estado do Rio Grande do Sul, torna-se necessário o acompanhamento da qualidade destes ecossistemas. O uso dos organismos bentônicos nestas avaliações é bastante eficiente quando comparado às medidas físicas e químicas

pontuais, uma vez que os organismos bentônicos são geralmente mais permanentes no ambiente, com longos ciclos de vida (HAUER; RESH, 2006).

O presente estudo visa contribuir com dados mais atuais sobre algumas características abióticas das lagoas Marcelino, Peixoto e Pinguela e sua influência sobre a comunidade bentônica. Além disso, no Brasil, diversos órgãos responsáveis pela fiscalização ambiental, como a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB-SP) e a Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler (FEPAM-RS), exigem a avaliação da fauna de invertebrados bentônicos em diagnósticos e programas de monitoramento da qualidade de águas. Este fato demonstra a eficiência da comunidade de macroinvertebrados bentônicos como bons indicadores naturais (FREITAS, 2003; LIMA, 2009).

1.2 OBJETIVO GERAL

Caracterizar a estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos frente a um gradiente de carga poluidora anteriormente observado nas lagoas Marcelino, Peixoto e Pinguela, comparando com dados pretéritos referentes à macrofauna, buscando identificar mudanças ao longo do tempo, visando o monitoramento da qualidade destas lagoas.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Tendo em vista o cumprimento do objetivo a que se propõe este estudo, pretendeu-se:

- a) inventariar os macroinvertebrados bentônicos associados ao substrato de fundo das lagoas Marcelino, Peixoto e Pinguela;
- b) avaliar algumas das características físicas, químicas e biológicas das águas nas lagoas Marcelino, Peixoto e Pinguela;
- c) correlacionar algumas dessas variáveis analisadas com as métricas relativas a comunidade macrobentônica presente no substrato.

2 MATERIAL E MÉTODOS

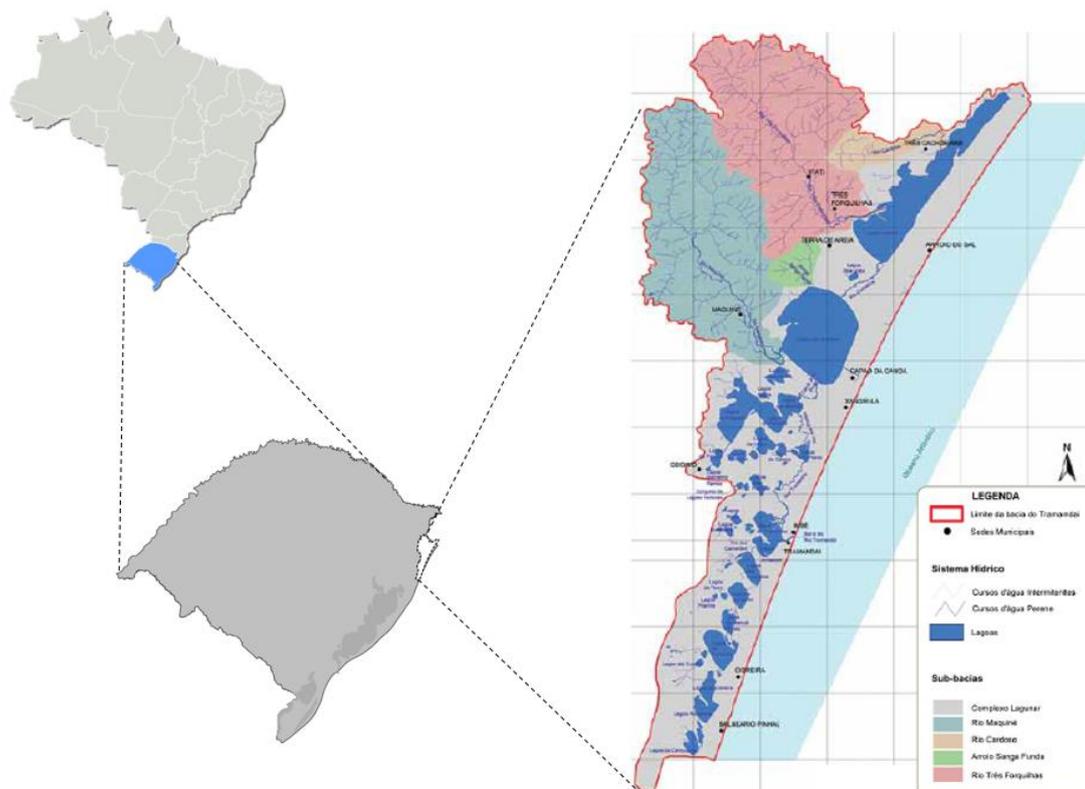
2.1 ÁREA DE ESTUDO

A Planície Costeira do Rio Grande do Sul possui uma extensão de aproximadamente 640 km ao longo do Oceano Atlântico, entre Torres, ao norte, e a divisa com o Uruguai, ao sul. Sua superfície total é de 37.000 km², dos quais cerca de 22.740 km² são de terras emersas e 14.260 km² de superfícies de lagoas e lagunas (SCHWARZBOLD; SCHÄFER, 1984).

Nesta região, está inserida a Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí (Figura 1), ela está situada no Litoral Norte do Rio Grande do Sul e abrange uma área de 2.700 km² e sua faixa costeira possui aproximadamente 115 km (RIO GRANDE DO SUL, 2005). A área da Bacia compreende dezessete municípios e estende-se desde as nascentes dos rios Maquiné e Três Forquilhas (a oeste) até o norte da Lagoa Itapeva e até o sul da lagoa da Cerquinha (RIO GRANDE DO SUL, 2005). Todos estes rios e lagoas escoam em direção a Foz do Rio Tramandaí.

Segundo Ferraro e Hasenack (2009), o clima do litoral norte do Rio Grande do Sul pode ser classificado como subtropical úmido com verão quente e precipitação regularmente distribuída ao longo do ano, a temperatura média anual é de aproximadamente 19°C, para o município de Osório a temperatura se situa em torno dos 20,2°C. O vento predominante nordeste é um importante elemento estruturador no que diz respeito a forma das lagoas e dunas, que possuem orientação concordante com a direção predominante do vento. (FERRARO; HASENACK, 2009).

Figura 1 - Corpos d'água formadores da Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí, com destaque ao complexo lagunar na Planície Costeira do Rio Grande do Sul.



Fonte: Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí. Comitê de gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí. Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SEMA). Departamento de recursos Hídricos (DRH) Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM). Rio Grande do Sul, 2005, modificado pelo autor 2015.

2.2 ESTRATÉGIA AMOSTRAL

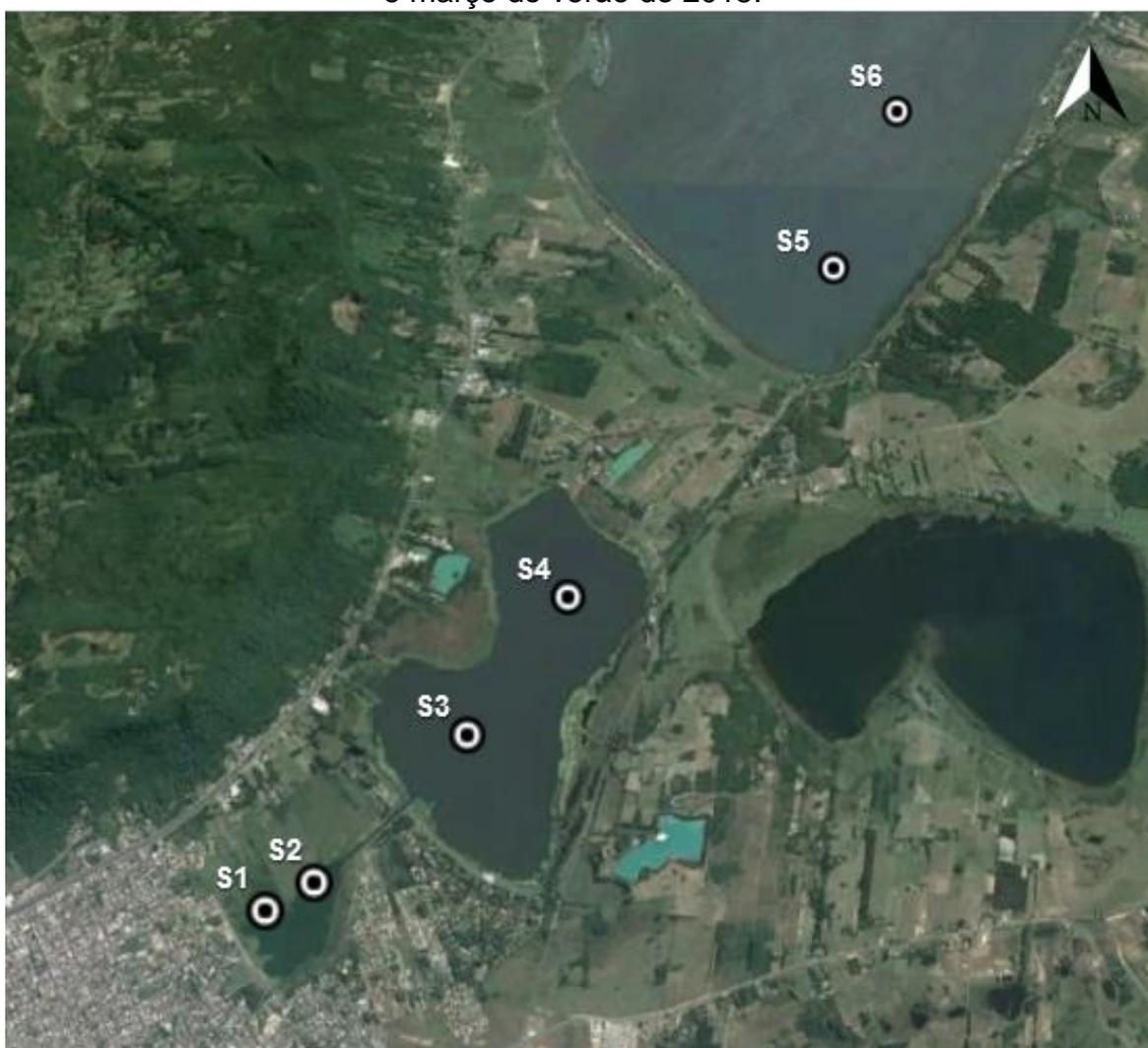
As coletas foram realizadas no verão de 2015, durante os meses de janeiro, fevereiro e março. Este é o período mais quente do ano na região sul do país, quando normalmente o metabolismo do sistema lacustre se intensifica.

A estratégia amostral foi desenhada no sentido de verificar a continuidade de existência de um gradiente de carga poluidora oriunda de efluente localizado na lagoa Marcelino, receptora da descarga de esgotos da cidade de Osório. Seis estações de coleta foram demarcadas, duas em cada lagoa. A estações S1 na porção oeste da lagoa Marcelino, localizada próximo ao efluente doméstico da cidade, a estação S2, na mesma lagoa, mais próximo do canal de ligação com a lagoa Peixoto, as estações S3 e S4 distribuídos na Peixoto com posições sub centrais e as estações S5 e S6 na lagoa Pinguela, em sua porção sul.

Nas seis estações foram realizadas coletas de água e sedimento para as análises químicas e de macroinvertebrados bentônicos.

A localização das estações de coleta (Figura 2) foi determinada por um aparelho *Global Positioning System* (GPS). A distância da fonte poluidora para a primeira estação de coleta e entre cada uma das estações foi determinada pelo *Google Earth* (Tabela 1).

Figura 2 - Localização das estações amostradas nas lagoas Marcelino (S1 e S2), Peixoto (S3 e S4) e Pinguela (S5 e S6), Osório, RS, nos meses de janeiro, fevereiro e março do verão de 2015.



Fonte: *Google Earth* (2015)

Tabela 1 - Descrição das estações de coleta utilizadas na amostragem da água e sedimento durante o verão de 2015.

| Estações | Descrição |
|-----------------|--|
| S1 | Lagoa Marcelino, estação de coleta localizada próximo a margem oeste da lagoa, distando cerca de 270m de onde são lançados os efluentes. A profundidade neste local variou de 0,55 a 0,75m. |
| S2 | Lagoa Marcelino, localizada mais ao norte da lagoa, cerca de 280m do canal de comunicação com lagoa Peixoto. A distância da fonte poluidora é de aproximadamente 650m e a profundidade variou entre 0,6 e 1,15m. |
| S3 | Lagoa Peixoto, localizada junto à porção centro-sul da lagoa, distando cerca de 2.040m do local onde são lançados os efluentes. A profundidade variou de 1,9 a 2,15m. |
| S4 | Lagoa Peixoto, localizada junto à porção centro-norte da lagoa, distante cerca de 3.270m de onde são lançados os efluentes. A profundidade variou de 1,7 a 2,4m. |
| S5 | Lagoa Pinguela, localizada próximo à porção sul da lagoa, distante cerca 6.870m da fonte poluidora. A profundidade variou de 1,8 a 2,55m. |
| S6 | Lagoa Pinguela, localizada na porção centro-sul da lagoa, dista aproximadamente 8.550m da fonte poluidora. A profundidade nesta estação variou de 2,38 a 2,6m. |

Fonte: Autor (2015)

As campanhas de coleta foram executadas nas seguintes datas do verão de 2015 (Tabela 2).

Tabela 2 - Datas das campanhas de coleta.

| Campanha de coleta | Data |
|---------------------------|-------------|
| Campanha 1 | 10.01.2015 |
| Campanha 2 | 06.02.2015 |
| Campanha 3 | 10.03.2015 |

Fonte: Autor, 2015.

2.3 COLETA E ANÁLISES DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS

Em campo, as coletas de água para as análises químicas foram retiradas de subsuperfície. As análises foram realizadas no Laboratório de Águas, Sedimentos e Biologia do Pescado (LASBP) do Centro de Estudos Costeiros Limnológicos e Marinhos (CECLIMAR/IB/UFRGS) conforme tabela 3.

A profundidade e transparência foram medidas com o auxílio de um disco de Secchi (20 cm de diâmetro com corda graduada a cada 10 cm). A temperatura da água, com um termômetro de mercúrio.

Tabela 3 - Método de análise e referência bibliográfica utilizada para obtenção dos valores das variáveis ambientais.

| Descritor Ambiental | Estações | Método de análise | Referência |
|-------------------------------|-----------------|--|-------------------|
| Coliformes totais | S1, S3 e S5 | Substrato enzimático | APHA, 1998 |
| <i>Escherichia coli</i> | S1, S3 e S5 | Substrato enzimático | APHA, 1998 |
| Matéria orgânica do sedimento | Todas | Gravimetria | ALLEN, 1989 |
| Condutividade elétrica | Todas | Condutivímetro (Digilab mCA 150P - 9v) | - |
| pH | Todas | pHmetro (Quimis Q400Hm) | - |

Fonte: Autor (2015)

2.4 COLETA E ANÁLISES DA COMUNIDADE DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS

As amostragens quantitativas e qualitativas da comunidade bentônica foram realizadas com um amostrador do tipo pegador Ekman-Birge (Figura 3) indicado para substratos finos e moles, com área de 225cm², em triplicata (três pegadas por estação de amostragem), de acordo com Rosenberg; Resh (1993) e Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2012), objetivando uma boa representatividade de organismos da macrofauna.

Após a realização das coletas o material foi armazenado em sacos plásticos com água do próprio local e adicionado formol tamponado 4%.

Figura 3 - Pegador tipo Ekman-Birge, utilizado para a coleta dos macroinvertebrados bentônicos nas lagoas estudadas.



Foto: Louize Paz, 2015.

Em laboratório, as amostras de sedimento foram lavadas com água corrente em uma malha de 0,25mm, para assegurar a retenção de um número maior de exemplares juvenis da macrofauna. O material retido nas peneiras foi armazenado em vidros e preservado em etanol 70%. As amostras foram coradas com Rosa de Bengala com o objetivo de facilitar a visualização dos organismos. O material foi triado com o auxílio de um estereomicroscópio da marca Zeiss.

Os organismos foram identificados em nível de família e, quando possível, em gênero e espécie com o auxílio da literatura: BRINKHURST; MARCHESE (1992), BUCKUP; BOND-BUCKUP (1999), MUGNAI, R. *et al.* (2010), MCCAFFERTY (1981), MANSUR *et al.* (2012), entre outras.

Também foram utilizados outros recursos para a identificação dos organismos, como a comparação com exemplares das coleções do Laboratório de Invertebrados Bentônicos do Departamento de Zoologia do Instituto de Biociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Os organismos pertencentes à Oligochaeta (Clitellata) foram identificados através da observação de lâminas temporárias com o meio clarificador de lactofenol de Ammans (BRINKHURST; MARCHESE, 1992), para todos os exemplares, visando facilitar a visualização das cerdas e da bainha penial.

2. 5 ANÁLISE DE DADOS

Os dados referentes aos organismos da macrofauna foram colocados em tabelas no programa Excel. As métricas utilizadas para a comparação da comunidade bentônica foram a densidade, a abundância relativa, o Índice de Dominância de Swartz (SDI), (SWARTZ *et al.*, 1985 *apud* FREITAS, 2003), Riqueza de Taxa, Índice de Diversidade de Shannon-Wiener (H') e Índice de Equitabilidade de Pielou (J), estes três últimos obtidos por meio do programa PAST (PAleontological STatistics, Version 2.17).

Para determinação das densidades de indivíduos nas amostras foi realizado o cálculo do número de organismos por unidade de área, como segue:

n/A = número total de organismos/área

n = número de organismos encontrados na amostra examinada.

A = área do pegador = $225\text{m}^2 = 0,0225\text{m}^2$.

Por Riqueza de Taxa se entende o número de táxons presente em uma amostra e por abundância relativa de um determinado táxon a porcentagem do mesmo na amostra.

Calculou-se a porcentagem dos mesmos na amostra através da fórmula:

$n \cdot 100/N$

n = número de organismos de um determinado táxon.

N = total de organismos na amostra.

O Índice de Dominância de Swartz (SDI) é um indicador do menor número de táxons necessários para alcançar o somatório de 75% do total de abundância em cada uma das amostras. É calculado dispondo em ordem decrescente os táxons de uma amostra até que suas abundâncias somem 75%.

A similaridade e a correlação existente entre os valores de algumas variáveis ambientais e as métricas da estrutura da comunidade macrobentônica foi realizada pelo programa SPSS, por meio de uma análise de agrupamento, através do método de Ward e coeficiente de correlação de Pearson respectivamente.

Para a interpretação dos valores Pearson adotou-se:

- $>0,6$ positivo ou negativo indica uma forte correlação;
- $0,35$ a $0,6$ positivo ou negativo indica correlação moderada;
- $<0,35$ fraca correlação.

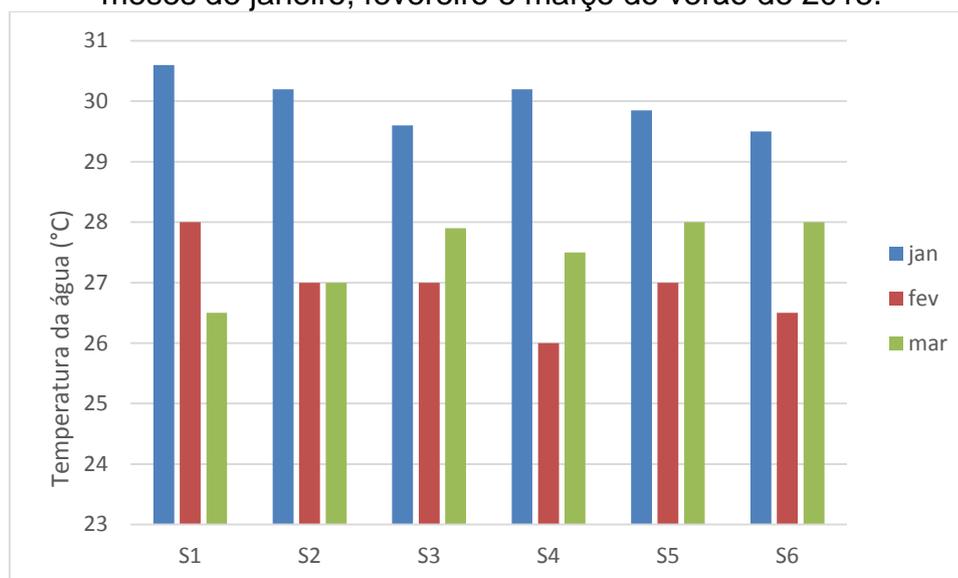
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 VARIÁVEIS AMBIENTAIS

3.1.1 TEMPERATURA DA ÁGUA

No presente estudo, as temperaturas mais altas foram observadas no mês de janeiro, conforme a figura 4. Os valores de temperatura oscilaram de 30,6°C na estação S1, na lagoa Marcelino, no mês de janeiro, e 26°C na estação S4, na lagoa Peixoto, no mês de fevereiro. No entanto, essas variações da temperatura entre as estações de coleta devem sofrer a influência do horário, das condições meteorológicas do dia e da profundidade.

Figura 4 - Variação da temperatura da água (°C) nas estações amostradas nas lagoas Marcelino (S1 e S2), Peixoto (S3 e S4) e Pinguela (S5 e S6), Osório, RS, nos meses de janeiro, fevereiro e março do verão de 2015.



Fonte: Autor (2015)

3.1.2 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH)

Nos ecossistemas aquáticos o potencial hidrogeniônico é um parâmetro bastante importante devido as suas influências na fisiologia dos organismos, dessa forma, os critérios de proteção à vida aquática fixam o pH entre 6 e 9 (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2009).

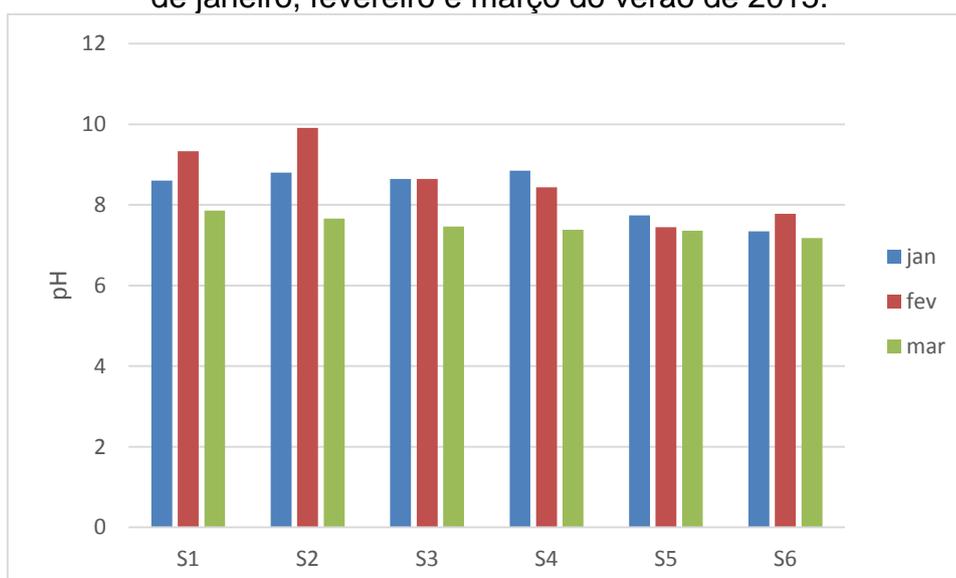
Para o presente estudo, a amplitude registrada foi de 9,91 na estação S2, lagoa Marcelino, no mês de fevereiro, a 7,18 na estação S6, na lagoa Pinguela, no

mês de março (Figura 5). Nas lagoas Peixoto e Pinguela os valores de pH encontram-se no intervalo estabelecido pela CETESB. Em oposição, na lagoa Marcelino, foram registrados dois valores acima de 9 para o mês de fevereiro. Os altos valores de pH nas estações S1 e S2 provavelmente estão relacionados aos horários de coleta, geralmente em torno das 12 horas, quando ocorre uma intensificação da atividade fotossintética e o pH tende a aumentar pelo consumo de CO_2 . No dia da coleta foi observado elevada quantidade de organismos fotossintetizantes (Figura 6).

De acordo com Tundisi (2008), durante o processo fotossintético o CO_2 e HCO_3 são removidos pelos produtos primários. Como resultado há um aumento no pH da água, uma vez que a capacidade de fixação de carbono é maior que a dissolução do CO_2 atmosférico na interface ar-água (TUNDISI, 2008).

No estudo realizado por Pedrozo (2000), nas mesmas lagoas, observa-se uma tendência à neutralidade, para o mesmo período, no ano de 1997. Monitoramentos ambientais realizados pela FEPAM-RS registram valores de pH acima de 9 para a lagoa Marcelino nas estações de verão de 2006 e 2011 (FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ ROESSLER, 2006; 2011).

Figura 5 - Variação dos valores de pH nas estações amostradas nas lagoas Marcelino (S1 e S2), Peixoto (S3 e S4) e Pinguela (S5 e S6), Osório, RS, nos meses de janeiro, fevereiro e março do verão de 2015.



Fonte: Autor (2015)

Figura 6 - Elevadas quantidades de organismos fotossintetizantes observados na lagoa Marcelino, Osório, RS, no mês de fevereiro de 2015.



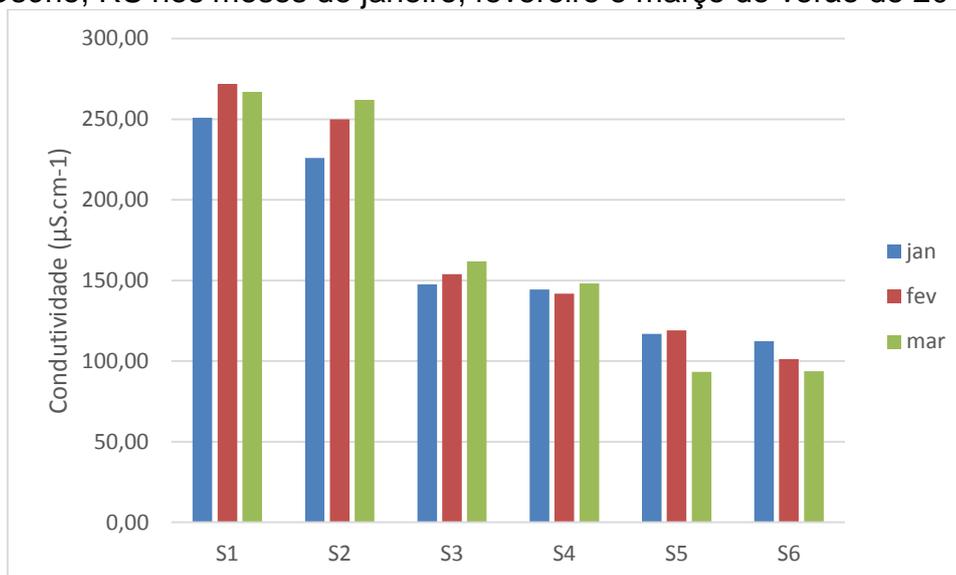
Fonte: Autor (2015)

3.1.3 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA (CE)

Durante o período deste estudo foi possível observar um gradiente decrescente do valor da condutividade ao longo do sistema (Figura 7). Tal situação se mostrou presente em todos os meses, com poucas variações. O maior valor registrado foi $272 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ na estação S2 na lagoa Marcelino, no mês de fevereiro e o menor valor foi $93,4 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ na estação S5 da lagoa Pinguela. Uma tendência decrescente da condutividade é relatada por Pedrozo (2000) para o verão de 1997, nestas mesmas lagoas.

Segundo Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2009), a condutividade da água aumenta à medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados, representando uma medida indireta que pode ajudar a detectar fontes poluentes nos ecossistemas aquáticos. Ainda, chama atenção que em águas interiores, conforme a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2009, p. 9) “em geral, níveis superiores a $100 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ indicam ambientes impactados”.

Figura 7 - Variação dos valores de condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) nas estações amostradas nas lagoas Marcelino (S1 e S2), Peixoto (S3 e S4) e Pinguela (S5 e S6), Osório, RS nos meses de janeiro, fevereiro e março do verão de 2015.



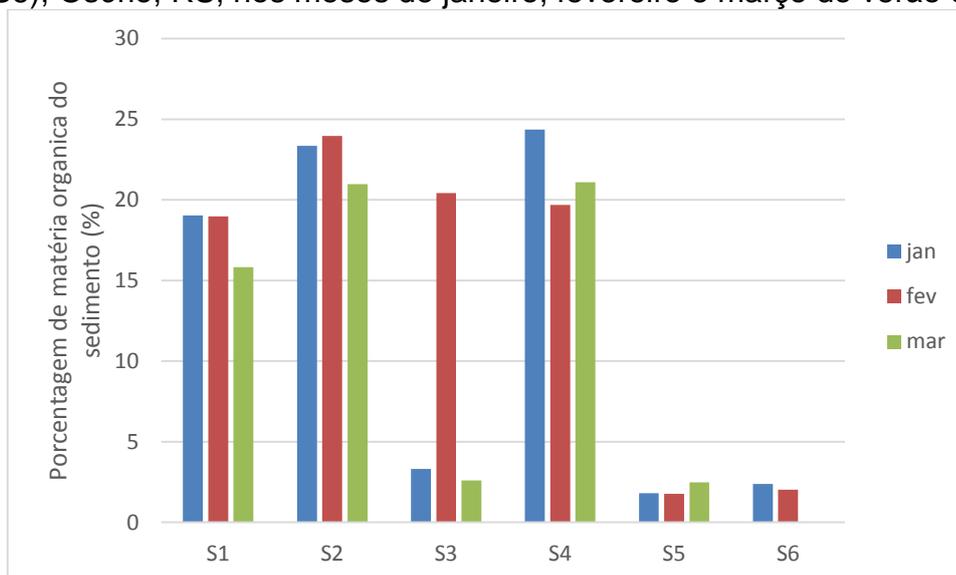
Fonte: Autor (2015)

3.1.4 MATÉRIA ORGÂNICA DO SEDIMENTO

Como apresentado na figura 8, as maiores percentagens de matéria orgânica no sedimento foram observadas na lagoa Marcelino. Os valores mais elevados foram registrados nas estações S4 e S2 com 24,36 e 23,97%, respectivamente. Para a estação S6 (com sedimentos mais arenosos) foram detectadas percentagens de matéria orgânica <1.

Percentagens ainda maiores foram registradas por Machado (2000) na lagoa Marcelino (41,61% próximo da desembocadura do efluente e 45,26% na região próxima ao centro lacustre) e também na porção central da lagoa Peixoto. O referido autor também menciona uma tendência a menores percentagens de matéria orgânica em sedimentos em que predominem uma granulometria mais grosseira.

Figura 8 - Variação das porcentagens de matéria orgânica do sedimento (%) nas estações amostradas nas lagoas Marcelino (S1 e S2), Peixoto (S3 e S4) e Pinguela (S5 e S6), Osório, RS, nos meses de janeiro, fevereiro e março do verão de 2015.



Fonte: Autor (2015)

3.1.5 TRANSPARÊNCIA SECCHI

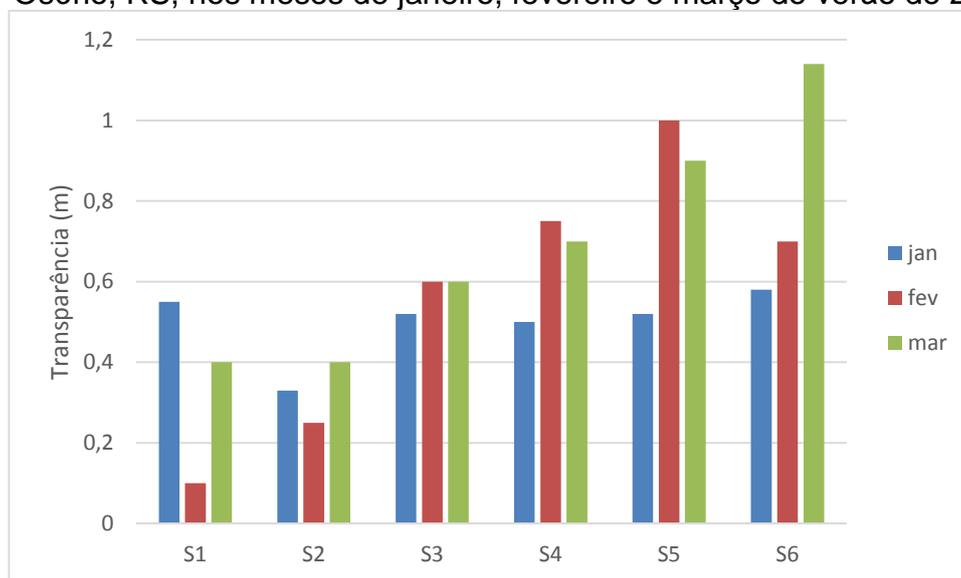
Os valores de transparência do disco de Secchi, variaram de 0,1 m na estação S1, mês de fevereiro, da lagoa Marcelino a 1,14 m na estação S6, no mês de março, na lagoa Pinguela. É possível perceber (Figura 9) uma tendência crescente em relação à transparência ao longo do sistema Marcelino, Peixoto, Pinguela. No entanto, os resultados para essa variável não são efetivos nas estações S1 e S2 devido à baixa profundidade da lagoa Marcelino.

Fatores que influenciam na transparência das águas destas lagoas costeiras são o forte crescimento de organismos fotossintetizantes, a morfologia das lagoas e a superfície disponível ao contato do vento (*fetch*).

Segundo Pedrozo (2000), o vento é um importante agente para a determinação das condições limnológicas das lagoas costeiras, promovendo a ressuspensão de sedimento e nutrientes. Machado (2000) menciona a importância do comprimento do *fetch*, correspondendo à lagoa Marcelino o menor valor. Apesar de a lagoa Marcelino receber efluentes de esgoto, este material é rapidamente sedimentado e muito pouco é ressuspensionado, tal situação é influenciada pelo baixo valor de *fetch* (superfície de água oferecida ao contato com o vento) e também por

ser um corpo hídrico mais abrigado da ação dos ventos (PEDROZO, 2000; MACHADO, 2000).

Figura 9 - Variação dos valores de transparência do disco de Secchi nas estações amostradas nas lagoas Marcelino (S1 e S2), Peixoto (S3 e S4) e Pinguela (S5 e S6), Osório, RS, nos meses de janeiro, fevereiro e março do verão de 2015.



Fonte: Autor (2015)

3.1.6 COLIFORMES

A figura 10 apresenta a variação dos valores de coliformes totais nas três campanhas de coleta, mostrando as elevadas concentrações de coliformes nas estações S1, S3 e S5, geralmente superiores a 24196 NMP. Apenas no mês de fevereiro as estações S3 e S5 registraram valores menores que 24196 NMP.

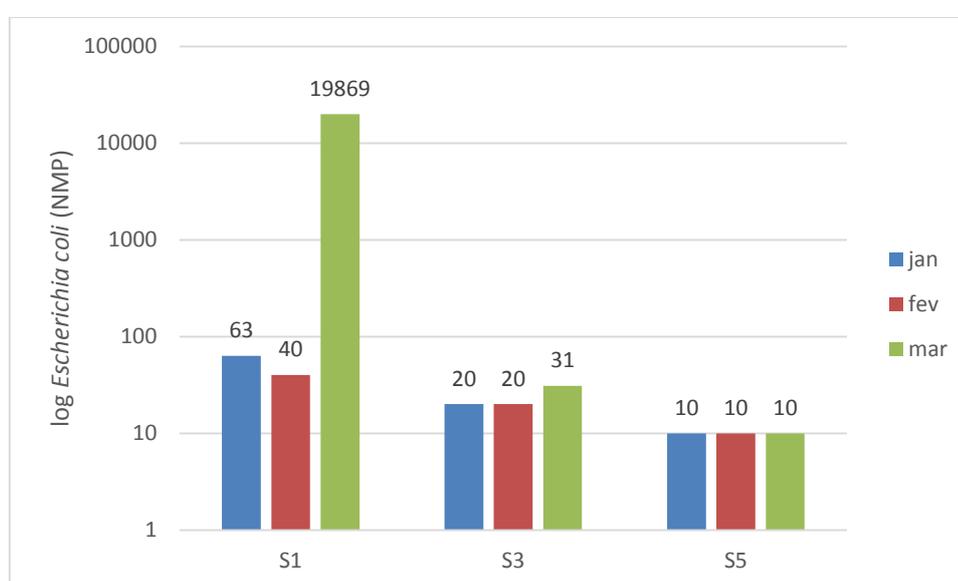
Os elevados valores devem estar associados ao aporte de esgoto que chega à lagoa Marcelino pela sua margem oeste. Os microrganismos do grupo coliformes são considerados importantes indicadores de condições higiênico-sanitárias. Sua presença pode indicar contaminação fecal, pela presença da espécie *Escherichia coli*, que possui origem exclusivamente fecal (Tabela 4), estando sempre presente em densidades elevadas nas fezes de organismos homeotermos, sendo raramente encontrada na água ou solo que não tenham recebido contaminação fecal CETESB (2009).

Tabela 4 - Variação dos valores de coliformes totais (NMP), nas estações S1 (lagoa Marcelino), S3 (lagoa Peixoto) e S5 (lagoa Pinguela), Osório, RS, no verão de 2015.

| | S1 | S3 | S5 |
|------------|--------|--------|--------|
| jan | >24196 | >24196 | >24196 |
| fev | >24196 | 1720 | 2613 |
| mar | >24196 | >24196 | >24196 |

Fonte: Autor (2015)

Figura 10 - Variação dos valores de coliformes totais (NMP), em logaritmo de base 10, nas estações S1 (lagoa Marcelino), S3 (lagoa Peixoto) e S5 (lagoa Pinguela), Osório, RS, no verão de 2015.



Fonte: Autor (2015)

3.2 DESCRITORES BIOLÓGICOS

Durante os meses de janeiro, fevereiro e março do verão de 2015 foram analisadas um total de 54 amostras para caracterizar a estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos associados ao sedimento nas áreas de amostragem, encontrando-se um total de 9.313 indivíduos, distribuídos em 14 táxons (Tabela 5, Apêndice 1).

Tabela 5 - Distribuição dos táxons de macroinvertebrados bentônicos nas estações de coleta.

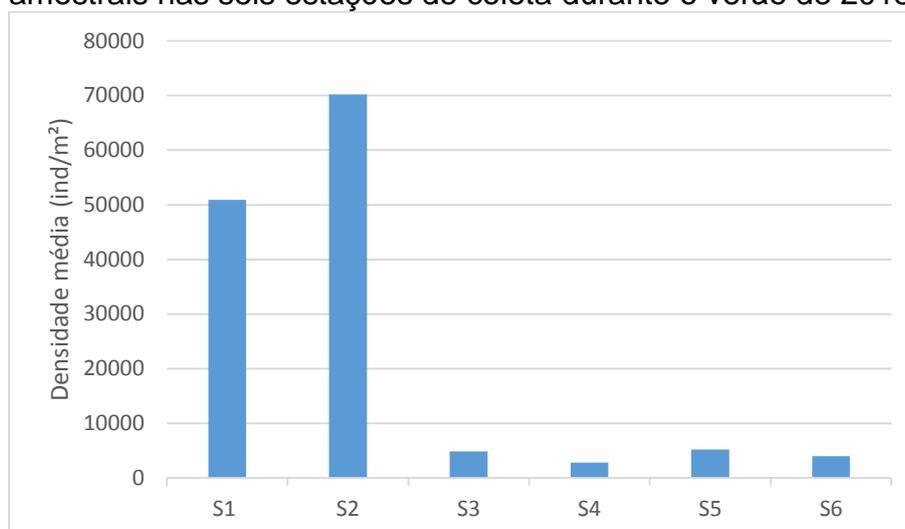
| Táxons/Locais | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 | S6 |
|--------------------|----|----|----|----|----|-----|
| Sphaeriidae | x* | x* | x | | | x |
| Glossiphonidae | x | x | x | x | x | x |
| Chironomidae | x | x | x | x | x | x |
| Naididae | x | x | x | x | x | x |
| Cochliopidae | | | x | x | x | x |
| Polymitarcyidae | | | x | x | x | x |
| Hyalellidae | x | | | | | x |
| Ceratopogonidae | | | x | x | x | x |
| Tanaidae | | | | | x | |
| Mesoveliidae | | | | x | | |
| Chaoboridae | | | x | | x | x |
| Trichoptera (Pupa) | | | | | x | |
| Staphilinidae | | | | | x | |
| Philosciidae* | | | | | | x** |

* *Musculium argentinum*, ** indivíduo terrestre
 Fonte: Autor (2015)

3.2.1 DENSIDADE DA MACROFAUNA

A macrofauna de invertebrados bentônicos teve grande variação na densidade de indivíduos ao longo do sistema, conforme a figura 11. Dentre as lagoas estudadas, a lagoa Marcelino apresentou densidade muito superior as demais lagoas estudadas, com 363.422 ind/m² seguido da lagoa Pinguela com 27.467 ind/m² e lagoa Peixoto com 23.022 ind/m².

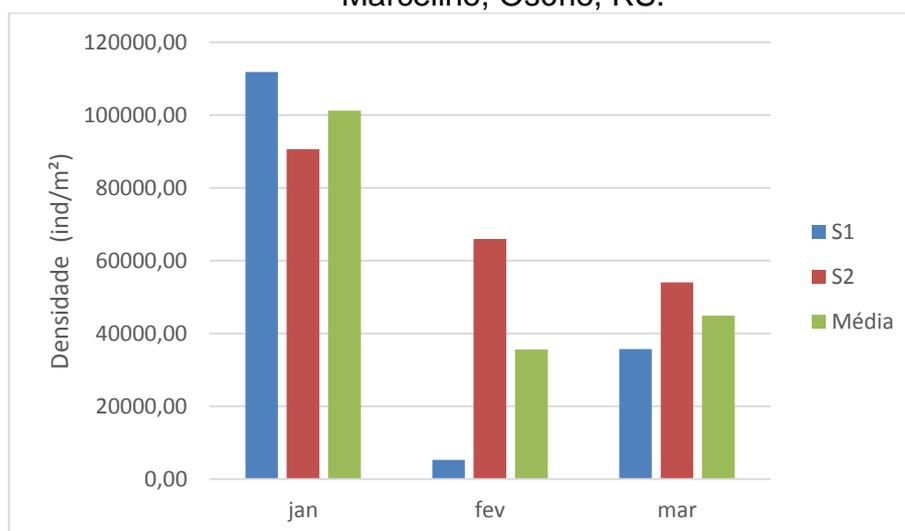
Figura 11 - Densidade média (ind/m²) da macrofauna bentônica nas três campanhas amostrais nas seis estações de coleta durante o verão de 2015.



Fonte: Autor (2015)

Na lagoa Marcelino, as maiores densidades foram registradas no mês de janeiro, com média de 101.222 ind/m². Na estação S1, no mês de janeiro, foi observado o maior valor de densidade 111.82 ind/m² e posteriormente, no mês de fevereiro obteve-se a menor densidade com 5.244 ind/m² (Figura 12).

Figura 12 - Densidade média (ind/m²) e a média aritmética nos meses de janeiro, fevereiro e março de 2015 dos macroinvertebrados nas estações S1 e S2 da lagoa Marcelino, Osório, RS.

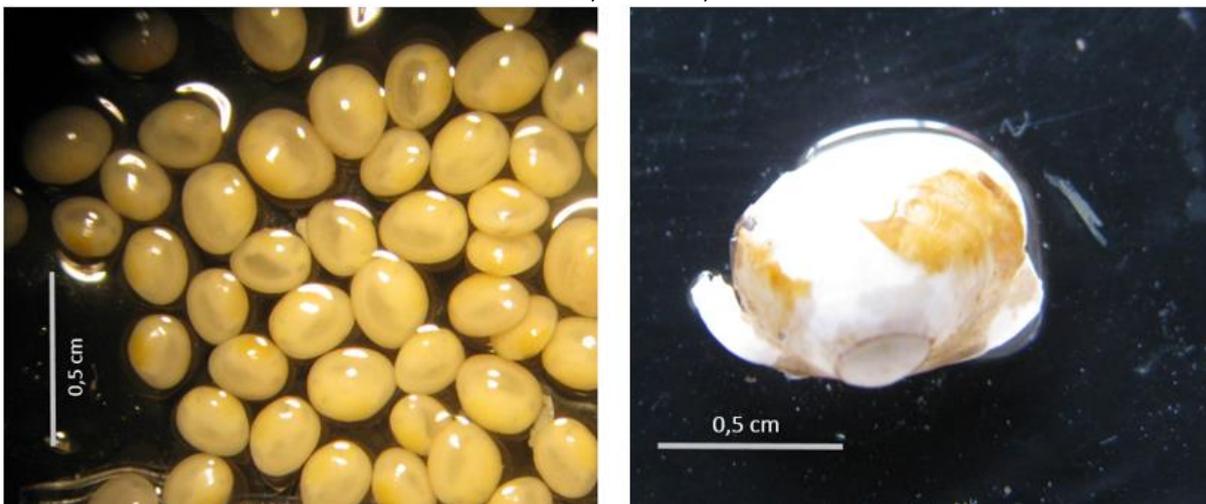


Fonte: Autor (2015)

As elevadas densidades da lagoa Marcelino ocorrem, principalmente, pelo grande número de indivíduos da família Sphaeriidae (Bivalvia) (Figura 13) que em sua totalidade se encontravam na forma juvenil. Esta família está representada no

Rio Grande do Sul por três gêneros *Sphaerium*, *Pisidium* e *Musculium* (FREITAS, 2003). A espécie de Sphaeriidae na lagoa Marcelino foi identificada como *Musculium argentinum* (Orbigny, 1835), como já registrado por Freitas (2003) e observado posteriormente em coleta realizada em outubro de 2015, quando junto às formas juvenis encontrou-se dois indivíduos adultos. A grande densidade desta espécie tem como possíveis justificativas as estratégias reprodutivas dos indivíduos da família Sphaeriidae, que incluem desenvolvimento direto, onde há incubação dos ovos em sacos marsupiais que se desenvolvem entre as lamelas branquiais (RUPPERT; BARNES, 1996). Os autores PEREDO *et al.* (2009) em um estudo sobre *Musculium argentinum* mencionam a condição de hermafroditismo simultâneo, diferentemente da maioria dos bivalves, havendo possibilidade de autofertilização. Estes autores observaram que esta espécie apresentou maior número de juvenis nos meses de dezembro de 2006, abril e setembro de 2007 no lago La Poza Bay no Chile.

Figura 13 – Jovens e adulto do gênero *Musculium argentinum* coletados na lagoa Marcelino, Osório, RS.



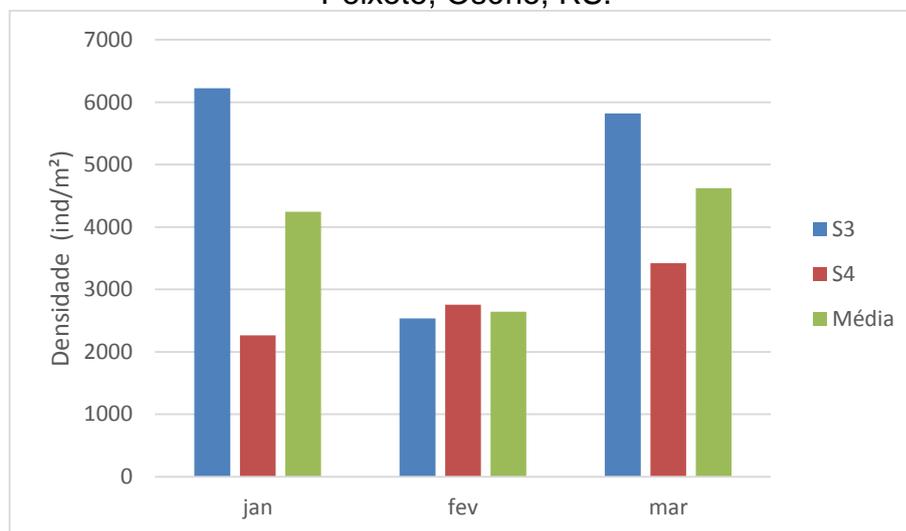
Fonte: Autor (2015)

Na lagoa Peixoto, as maiores densidades foram registradas no mês de março com média de 4.622 ind/m² (Figura 14). Para a estação S3, no mês de janeiro, foi observado o maior valor de densidade com 6.222 ind/m² que variou para 2.533 ind/m² em fevereiro e 5.822 ind/m² em março. Na estação S4 é possível observar um aumento da densidade ao longo do período de estudo.

As famílias que mais contribuíram para a composição da densidade da lagoa Peixoto foram: o gastrópodo da família Cochliopidae, os insetos em estágio juvenil

das famílias Chironomidae, Polymitarcyidae, os oligoquetas das famílias Naididae e Glossiphoniidae.

Figura 14 - Densidade média (ind/m²) e a média aritmética nos meses de janeiro, fevereiro e março de 2015 dos macroinvertebrados nas estações S3 e S4 da lagoa Peixoto, Osório, RS.

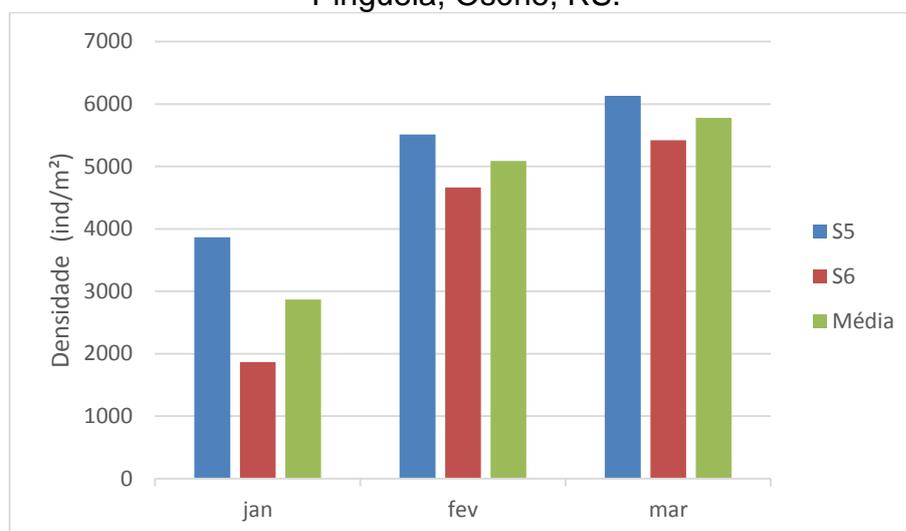


Fonte: Autor (2015)

Na Lagoa Pinguela, as maiores densidades foram registradas no mês de março com média 2.867 ind/m². Nas estações S5 e S6 foi observado um gradiente crescente das densidades ao longo do estudo, sendo os maiores registros para a estação S5 (Figura 15).

Dentre as famílias que mais contribuíram para a composição da densidade da lagoa Pinguela destacam-se os Chironomidae, Cochliopidadae, Chaoboridae, Polymitarcyidae e Naididae.

Figura 15 - Densidade média (ind/m²) e a média aritmética nos meses de janeiro, fevereiro e março de 2015 dos macroinvertebrados nas estações S5 e S6 da lagoa Pinguela, Osório, RS.

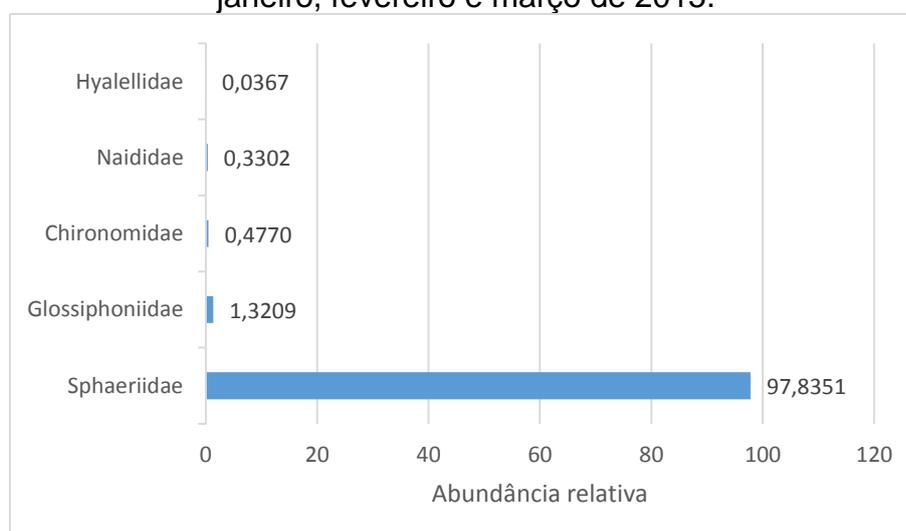


Fonte: Autor (2015)

3.2.2 ABUNDÂNCIA RELATIVA DA MACROFAUNA

Na lagoa Marcelino (estações S1 e S2), a estrutura da comunidade foi representada por seis táxons Shaeriidae, Glossiphoniidae, Chironomidae, Naididae e Hyalellidae (Figura 16). A maior abundância relativa foi da família Shaeriidae, com 97,83% dos indivíduos e as demais famílias somaram pouco mais de 2% dos indivíduos.

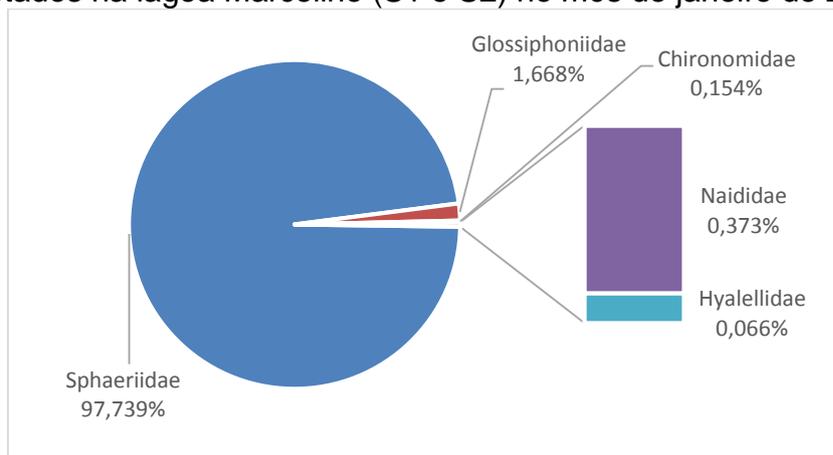
Figura 16 - Abundância relativa das famílias de macroinvertebrados bentônicos associados ao sedimento da lagoa Marcelino, nas estações S1 e S2, nos meses de janeiro, fevereiro e março de 2015.



Fonte: Autor (2015)

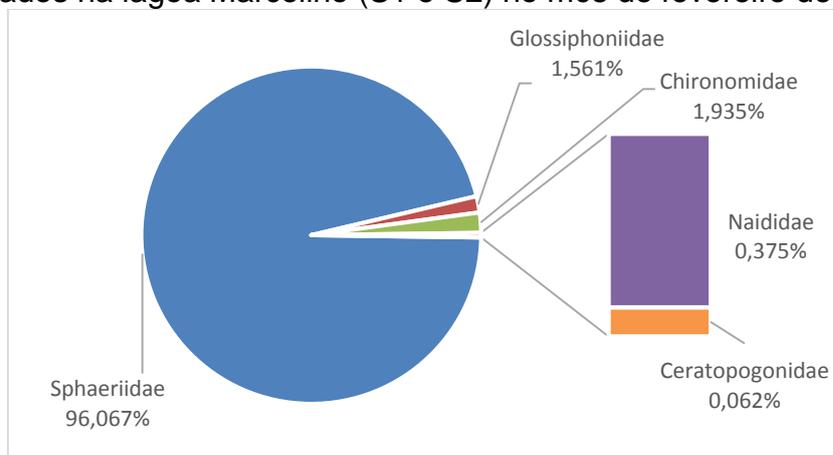
Os táxons que representaram a estrutura da comunidade de macroinvertebrados na lagoa Marcelino apresentaram abundâncias semelhantes ao longo dos três meses deste estudo, como pode ser observado nas figuras 17, 18 e 19.

Figura 17 - Abundância relativa da macrofauna de invertebrados bentônicos coletados na lagoa Marcelino (S1 e S2) no mês de janeiro de 2015.



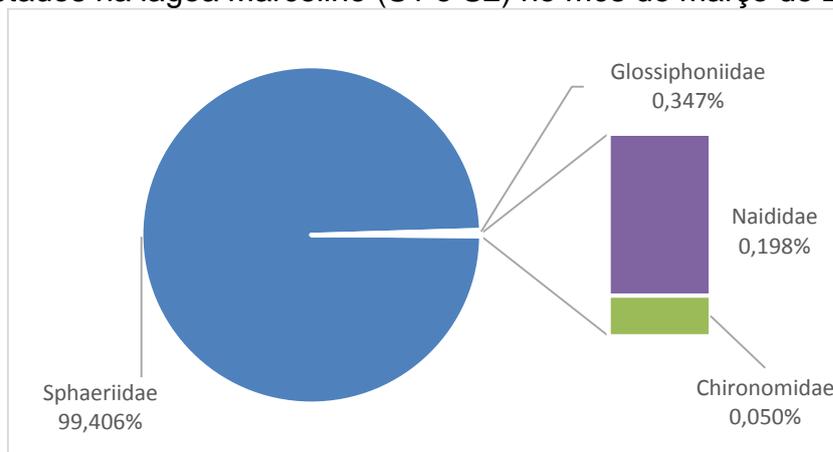
Fonte: Autor (2015)

Figura 18 - Abundância relativa da macrofauna de invertebrados bentônicos coletados na lagoa Marcelino (S1 e S2) no mês de fevereiro de 2015.



Fonte: Autor (2015)

Figura 19 - Abundância relativa da macrofauna de invertebrados bentônicos coletados na lagoa Marcelino (S1 e S2) no mês de março de 2015.

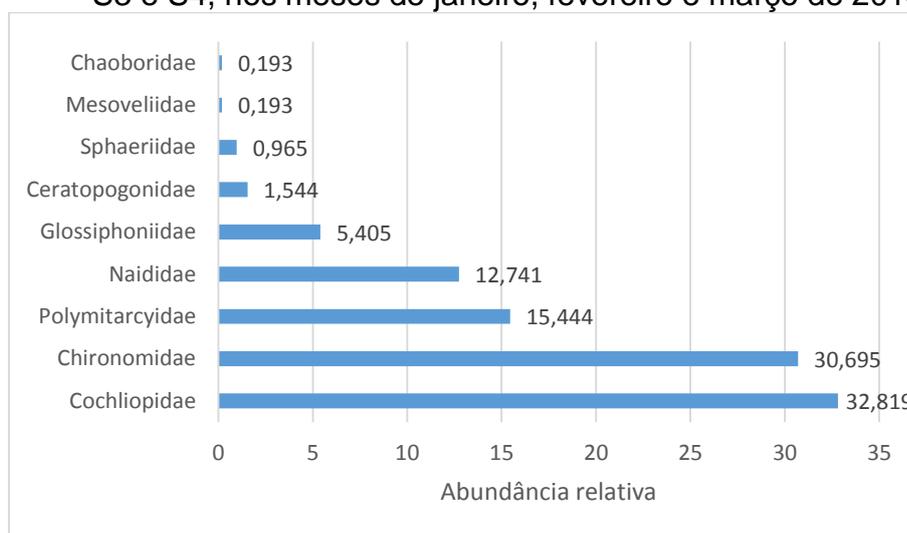


Fonte: Autor (2015)

Na lagoa Peixoto, representada pelas estações S3 e S4, foi registrada a presença de nove táxons, conforme a figura 20, é possível observar um comportamento diferente na estrutura da comunidade dos macroinvertebrados bentônicos em relação a lagoa Marcelino. A lagoa Peixoto apresentou maior riqueza de famílias, bem como abundâncias relativas melhor distribuídas entre os táxons existentes.

Dentre as famílias que mais contribuíram para a composição das abundâncias relativas da lagoa Peixoto destacam-se as famílias Cochliopidae (32,81%), Chironomidae (30,69%), Polymitarcyidae (15,44%), Naididae (12,74), Glossiphoniidae (5,40%), os demais táxons apresentaram abundância inferior a 3%.

Figura 20 - Abundância relativa das famílias de macroinvertebrados bentônicos associados ao sedimento da lagoa Peixoto, nas estações S3 e S4, nos meses de janeiro, fevereiro e março de 2015.



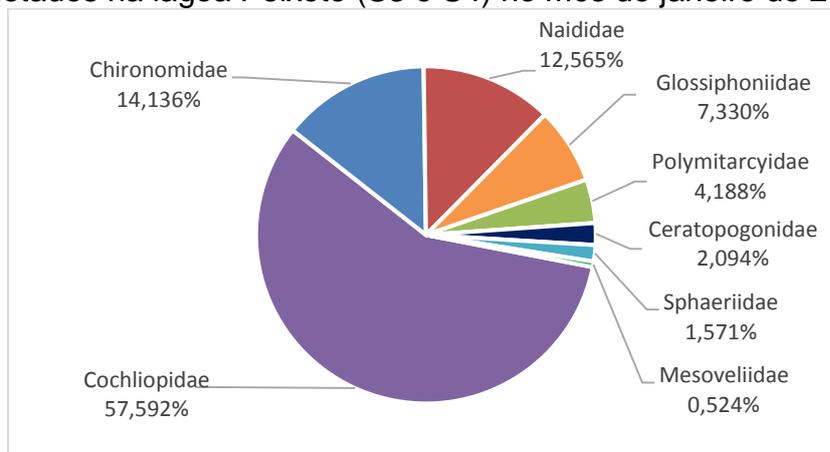
Fonte: Autor (2015)

Os táxons encontrados na lagoa Peixoto apresentaram diferentes abundâncias ao longo deste estudo como pode ser observado nas figuras 21, 22 e 23.

No mês de janeiro a maior ocorrência foi da família Cochliopidae Tryon, 1866, anteriormente incluída na família Hydrobiidae (WILKE *et al.*, 2001) e representada pelo gênero *Heleobia*. PONS DA SILVA (2003) realizou um estudo das espécies neotropicais de *Heleobia* na América do Sul. Este gênero encontra-se amplamente distribuído na região Neotropical e muito bem representado nas lagoas costeiras da região sul (DARRIGAN, 1995). As populações desta família são geralmente bastante numerosas habitando as raízes de macrófitas aquáticas próximas às margens dos corpos lacustres (COIMBRA *et al.*, 2013).

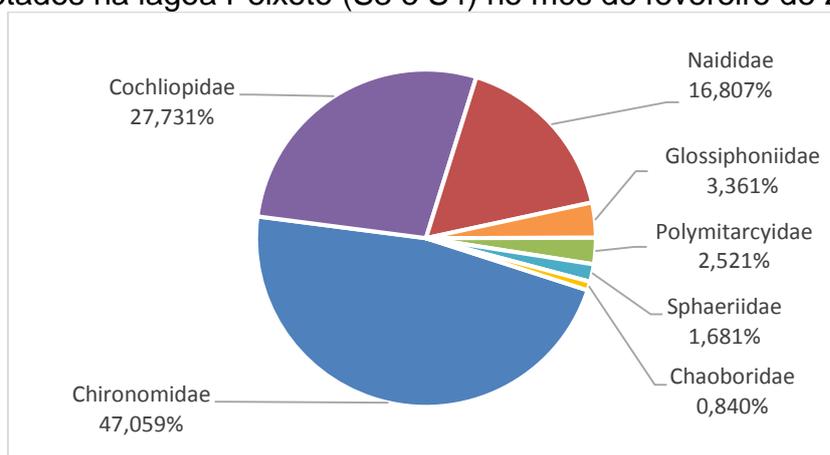
Estudos referentes aos gastrópodes límnicos possuem importante aspecto sanitário, em razão de algumas espécies serem vetores de intermediários de doenças, como a esquistossomose (ESTEVES, 2011). Estudos sobre a malacofauna límnic como ALMEIDA-CAON (2000) e ALMEIDA-CAON *et al.* (2009) mencionam as espécies *Heleobia parchappei* (Orbigny, 1835) e *Heleobia robusta* (Silva; Veitenheimer-Mendes, 2004) como hospedeiro intermediário de trematódeos digenéticos para o sistema formado pelas lagoas Marcelino, Peixoto e Pinguela.

Figura 21 - Abundância relativa da macrofauna de invertebrados bentônicos coletados na lagoa Peixoto (S3 e S4) no mês de janeiro de 2015.



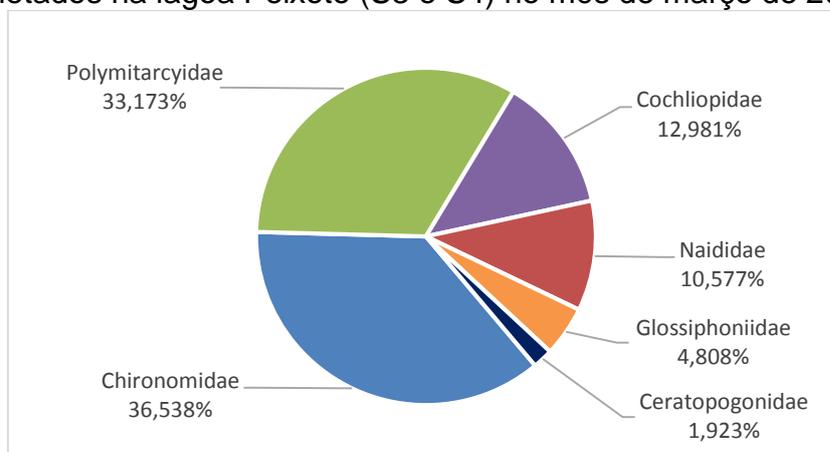
Fonte: Autor (2015)

Figura 22 - Abundância relativa da macrofauna de invertebrados bentônicos coletados na lagoa Peixoto (S3 e S4) no mês de fevereiro de 2015.



Fonte: Autor (2015)

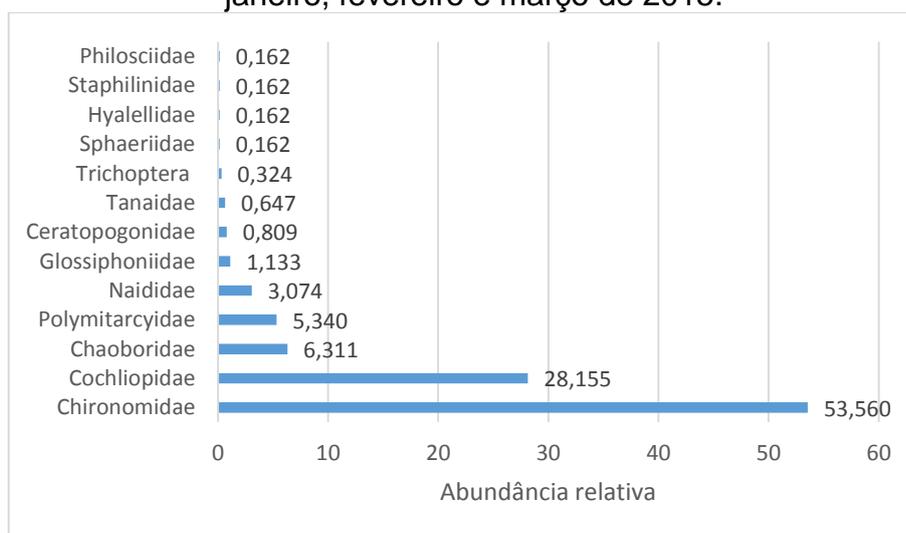
Figura 23 - Abundância relativa da macrofauna de invertebrados bentônicos coletados na lagoa Peixoto (S3 e S4) no mês de março de 2015.



Fonte: Autor (2015)

Na lagoa Pinguela, estações S5 e S6 foram registrados o maior número de táxons entre as lagoas estudadas com 13 táxons (Figura 24). Dentre os táxons encontradas nessa lagoa se destacam as famílias Chironomidae (53,56%) Cochliopidae (28,15%), Chaoboridae (6,33%) Polymitarcyidae (5,34%), Naididae (3,07%), Glossiphoniidae (1,33%).

Figura 24 - Abundância relativa das famílias de macroinvertebrados bentônicos associados ao sedimento da lagoa Pinguela, nas estações S5 e S6, nos meses de janeiro, fevereiro e março de 2015.



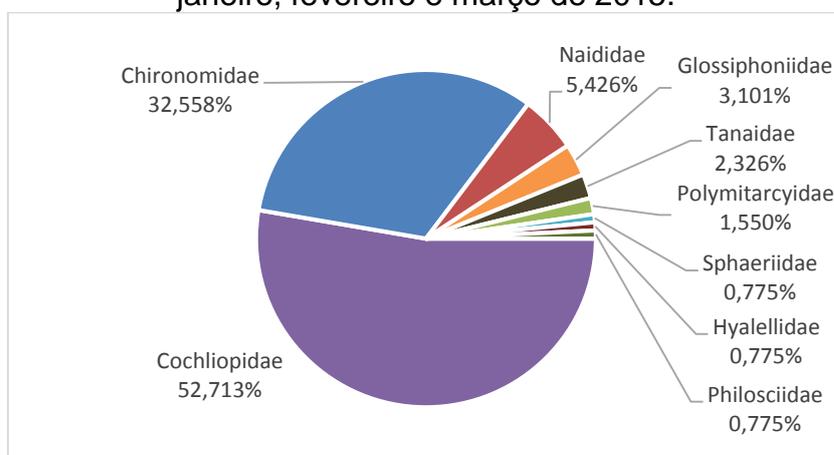
Fonte: Autor (2015)

Conforme as figuras 25, 26 e 27, é possível observar a variação das abundâncias relativas ao longo período deste estudo para a lagoa Pinguela.

Assim como na lagoa Peixoto a família Cochliopidae obteve a maior abundância para o mês de janeiro de 2015.

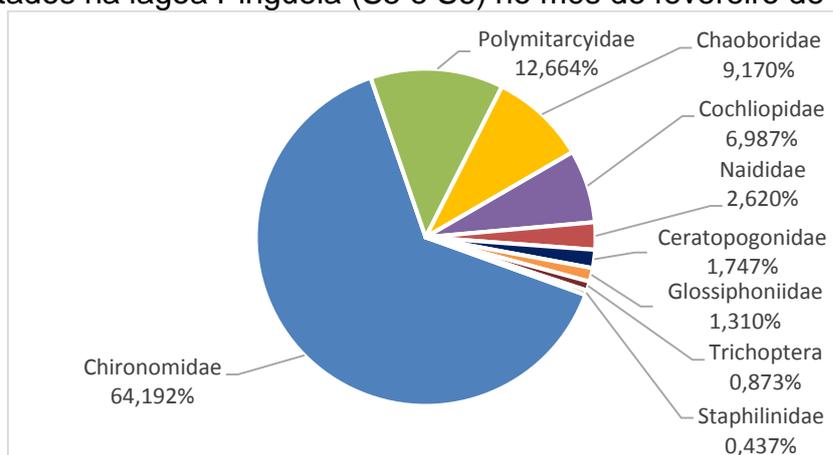
A família Chironomidae (Diptera) esteve bem representada nos meses de fevereiro e março. As larvas de Chironomidae são frequentemente o grupo de insetos mais abundante e diversificado nos mais variados tipos de ambientes aquáticos, incluindo algumas espécies que possuem um pigmento semelhante a hemoglobina na hemolinfa, no qual permite ocupar ambientes com baixa concentração de oxigênio dissolvido (ESTEVES, 2011).

Figura 25 - Abundância relativa das famílias de macroinvertebrados bentônicos associados ao sedimento da lagoa Pinguela, nas estações S5 e S6, nos meses de janeiro, fevereiro e março de 2015.



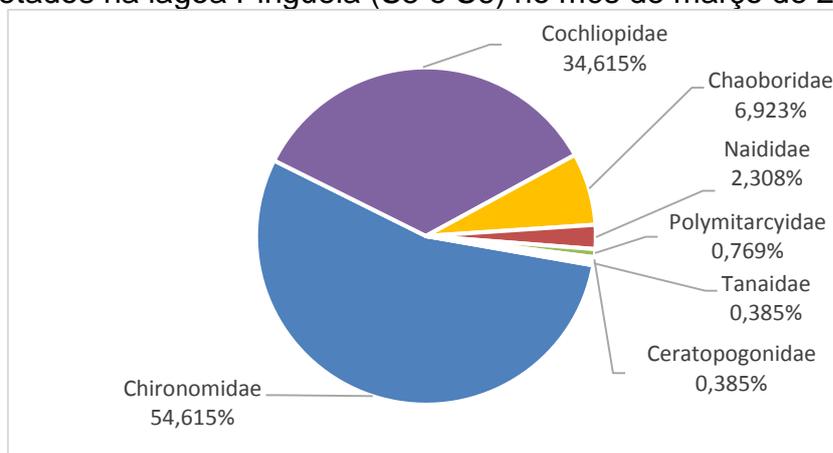
Fonte: Autor (2015)

Figura 26 - Abundância relativa da macrofauna de invertebrados bentônicos coletados na lagoa Pinguela (S5 e S6) no mês de fevereiro de 2015.



Fonte: Autor (2015)

Figura 27 - Abundância relativa da macrofauna de invertebrados bentônicos coletados na lagoa Pinguela (S5 e S6) no mês de março de 2015.



Fonte: Autor (2015)

3.2.3 ÍNDICE DE DOMINÂNCIA DE SWARTZ (SDI)

Com base nas abundâncias relativas, o Índice de Dominância de Swartz (número de táxons necessários para somar 75% das abundâncias) objetivou destacar o predomínio de alguns táxons, como pode ser observado nas tabelas 6 e 7.

Tabela 6 - Número de táxons dominantes utilizados para o Índice de Dominância de Swartz nas lagoas Marcelino (S1 e S2), lagoa Peixoto (S3 e S4) e Peixoto (S5 e S6) nos meses de janeiro, fevereiro e março de 2015.

| Meses | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 | S6 |
|-------------------------------|----|----|----|----|----|----|
| Índice de Swartz (jan) | 1 | 1 | 2 | 4 | 1 | 1 |
| Índice de Swartz (fev) | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Índice de Swartz (mar) | 1 | 1 | 3 | 2 | 2 | 2 |

Fonte: Autor (2015)

O Índice de Dominância de Swartz indicou a dominância de seis táxons diferentes ao longo deste estudo. Para as estações S1 e S2, lagoa Marcelino, é possível observar a dominância da família Sphaeriidae em todas as campanhas de coleta. Nas estações S5 e S6 na lagoa Pinguela, no mês de janeiro de 2015 também houve dominância de táxons Cochliopidae e Chironomidae, respectivamente. Na estação S4 (janeiro), foi onde observou-se o maior número de táxons para alcançar o somatório de 75% de abundância, nela estão incluídas as famílias Chironomidae (33,33%), Cochliopidae (25,49%), Naididae (13,72%) e Polymitarcydae (11,76%).

Tabela 7 - Composição dos táxons que compõem o Índice de Dominância de Swartz nos locais de coleta nas lagoas Marcelino (S1 e S2), Peixoto (S3 e S4) e Pinguela (S5 e S6) nos meses de janeiro, fevereiro e março do verão de 2015.

| Local de coleta | Táxons utilizados para compor o índice de dominância de Swartz (jan) | Táxons utilizados para compor o índice de dominância de Swartz (fev) | Táxons utilizados para compor o índice de dominância de Swartz (mar) |
|-----------------|---|--|--|
| S1 | Sphaeriidae (97,69%) | Sphaeriidae (84,74%) | Sphaeriidae (99,37%) |
| S2 | Sphaeriidae (97,79%) | Sphaeriidae (96,96%) | Sphaeriidae (99,42%) |
| S3 | Cochliopidae (69,28%) Naididae (12,14%) | Cochliopidae (45,61%) Chironomidae (35,08%) | Polymitarcyidae (49,61%) Chironomidae (23,66%) Cochliopidae (12,21%) |
| S4 | Chironomidae (33,33%) Cochliopidae (25,49%) Naididae (13,72%) Polymitarcyidae (11,76%) | Chironomidae (58,06%) Naididae (27,41%) | Chironomidae (58,44%) Naididae (18,18%) |
| S5 | Cochliopidae (77,01%) | Chironomidae (55,64%) Polymitarcyidae (19,35%) | Chironomidae (57,97%) Cochliopidae (31,88%) |
| S6 | Chironomidae (80,95%) | Chironomidae (74,28%) Chaoboridae (15,23%) | Chironomidae (50,81%) Cochliopidae (37,70%) |

Fonte: Autor (2015)

3.2.4 ÍNDICES DE DIVERSIDADE

A riqueza de táxons é utilizada como medida de diversidade dentro de uma determinada amostra, dessa forma, um aumento na riqueza sugere que habitat disponibiliza recursos para sustentar a sobrevivência e o desenvolvimento de muitas espécies contribuindo para a saúde da comunidade (WATANABE, 2007).

A maior riqueza taxonômica, em números absolutos, foi observada nos sedimentos da lagoa Pinguela, totalizando 12 táxons, dentre estes não está computado a ocorrência de *Atlantoscia floridana* (Philosciidae) por se tratar de um táxon de hábito terrestre.

A menor riqueza absoluta foi verificada na lagoa Marcelino, com cinco táxons.

De acordo com a tabela 8, pode-se observar a variação no número de táxons nas três campanhas, os menores valores de riqueza de táxons foram sempre registrados na lagoa Marcelino. O mesmo foi verificado nos trabalhos de Freitas (2003) e Lima (2009).

A Equitabilidade de Pielou que em síntese indica se as diferentes espécies possuem abundância semelhantes ou divergentes, apresentou valores mais próximos de H'máximo na estação S4, em janeiro e nas estações S3 e S6 em março, conforme tabela 8.

Em relação à diversidade da comunidade o índice utilizado foi índice de Shannon- Wiener (1949), que incorpora tanto a riqueza quanto a equitabilidade. O maior valor encontrado no período foi de 1,67 em janeiro, na estação S4, nas demais estações os valores foram abaixo de 1,5.

Os valores para os índices de Shannon-Weaver (H') e índice de Equitabilidade de Pielou (J) tiveram comportamento semelhante ao longo deste estudo. Observou-se que menores valores foram registrados para a lagoa Marcelino. A mesma situação observou-se no trabalho realizado por Freitas (2003).

Tabela 8 - Resultados para a riqueza de táxons (S), índice de diversidade de Shannon-Weaver (H') e índice de equitabilidade de Pielou (J) das lagoas Marcelino (S1 e S2), lagoa Peixoto (S3 e S4) e Peixoto (S5 e S6) nos meses de janeiro, fevereiro e março de 2015.

| janeiro | | | | | | |
|-----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 | S6 |
| Taxa_S | 5 | 4 | 7 | 7 | 5 | 7 |
| Shannon_H' | 0,13 | 0,12 | 1,08 | 1,67 | 0,84 | 0,82 |
| Equitability_J | 0,08 | 0,09 | 0,55 | 0,86 | 0,52 | 0,42 |
| fevereiro | | | | | | |
| | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 | S6 |
| Taxa_S | 4 | 5 | 7 | 5 | 8 | 6 |
| Shannon_H' | 0,56 | 0,16 | 1,34 | 1,05 | 1,34 | 0,87 |
| Equitability_J | 0,41 | 0,10 | 0,69 | 0,65 | 0,65 | 0,49 |
| março | | | | | | |
| | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 | S6 |
| Taxa_S | 4 | 3 | 6 | 6 | 7 | 4 |
| Shannon_H' | 0,04 | 0,04 | 1,37 | 1,21 | 1,05 | 1,01 |
| Equitability_J | 0,03 | 0,04 | 0,77 | 0,67 | 0,54 | 0,73 |

Fonte: Autor (2015)

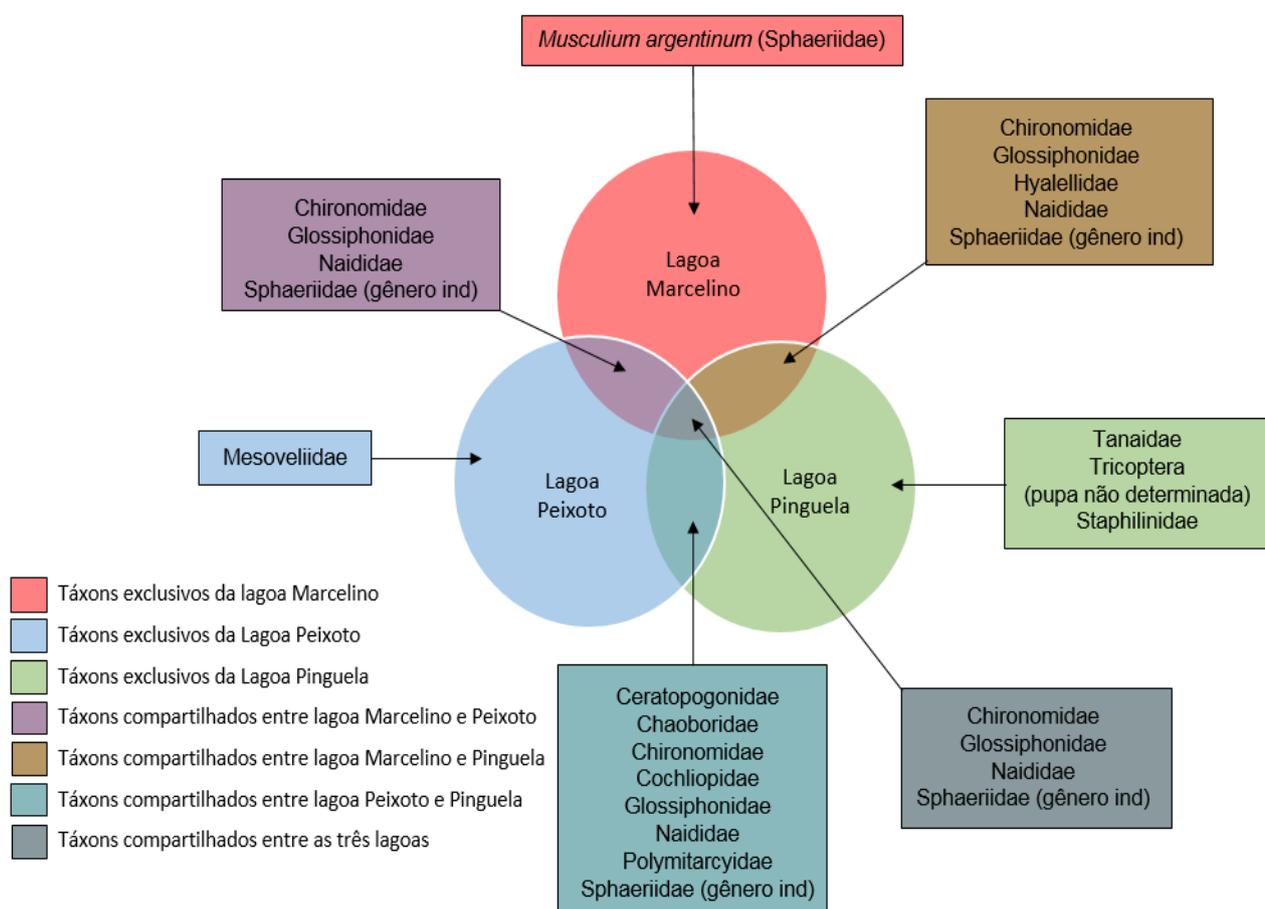
3.2.5 DIAGRAMA DE VENN

O diagrama de Venn (Figura 28), teve como objetivo demonstrar esquematicamente os táxons exclusivos e compartilhados entre as lagoas estudadas.

Ao todo, quatro famílias foram comuns às três lagoas Chironomidae, Glossiphoniidae, Naididae e Sphaeriidae.

Na lagoa Pinguela (S5), duas pupas de Trichoptera foram encontradas, ainda que sejam comumente encontradas em ambientes lóticos, algumas famílias desta ordem já foram registradas nas lagoas costeiras do litoral do Rio Grande do Sul, inclusive para as lagoas objeto deste estudo, tais como Leptoceriidae e Hydroptiliidae. No presente estudo estes dois organismos não foram identificados em nível de família devido às dificuldades taxonômicas e a ausência de chaves para pupas, permanecendo assim em nível de ordem.

Figura 28 - Diagrama de Venn demonstrando esquematicamente os táxons exclusivos e compartilhados no sistema formado pelas lagoas Marcelino, Peixoto e Pinguela, Osório, RS.

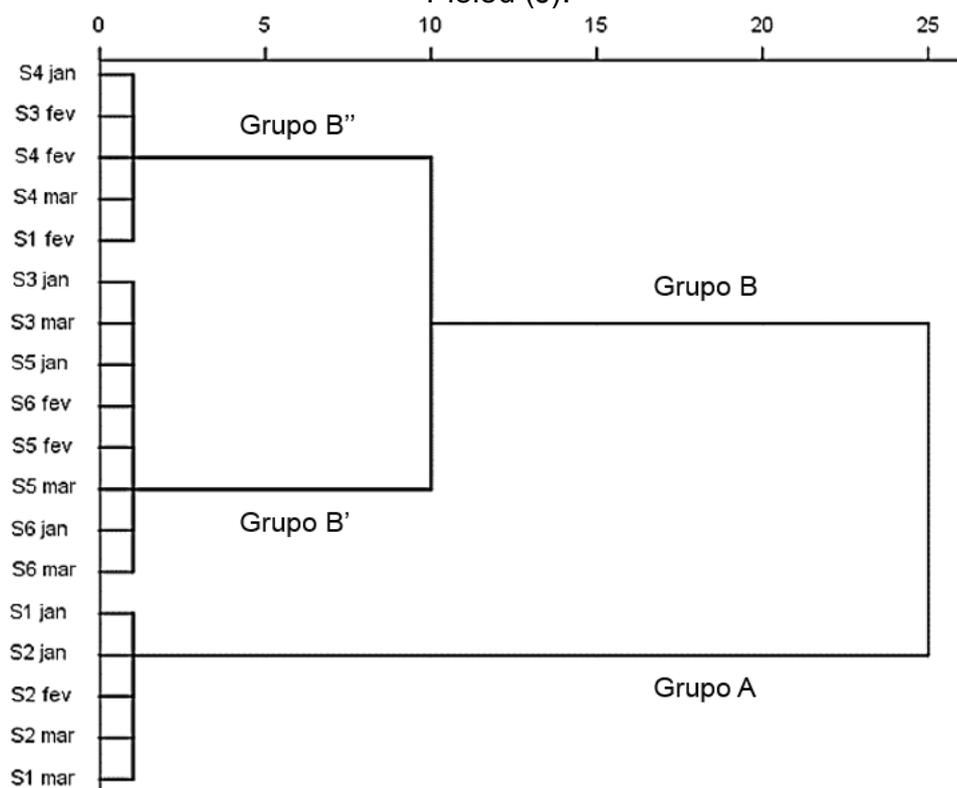


Fonte: Autor (2015)

3.2.6 ANÁLISE DE AGRUPAMENTO E CORRELAÇÃO

A figura 28 apresenta o dendrograma oriundo da análise de agrupamento através do método de Ward, realizada entre as estações amostrais para os meses de janeiro, fevereiro e março de 2015, através dos valores logaritmizados de temperatura da água (Temp), condutividade elétrica (CE), matéria orgânica do sedimento (MOsed), densidades dos macroinvertebrados bentônicos (Densid), riqueza de táxons (S), de diversidade, calculada pelo Índice de Shannon-Weaver (H') e de equitabilidade, pelo Índice de Pielou (J).

Figura 29 - Dendrograma da análise de agrupamento por similaridade utilizando o método de Ward, considerando os valores de temperatura da água (Temp), condutividade elétrica (CE), matéria orgânica do sedimento (MOsed), densidades dos macroinvertebrados bentônicos (Densid), riqueza de táxons (S), valores calculados para o Índice de Shannon-Weaver (H') e índice de equitabilidade de Pielou (J).



Fonte: SPSS (2015)

A análise de agrupamento evidencia a existência de dois grupos principais que foram denominados de grupo A e grupo B, este último, por sua vez foi subdividido em B' e B''.

O grupo A reuniu praticamente todas as estações localizadas na lagoa Marcelino, salvo a estação S1fev, que foi agrupada no grupo B''. As estações

amostrais deste grupo registraram condutividade elétrica alta e moderada quantidade de matéria orgânica no sedimento, quando comparado com os demais grupos. Quanto a estrutura da comunidade de macroinvertebrados apresentou um padrão marcado por elevada densidade de indivíduos, baixa riqueza de táxons, com dominância de apenas uma família, e por consequência, apresentou os menores valores para os índices de Shannon-Weaver e de Equitabilidade de Pielou.

O grupo B' está representado pelas estações da lagoa Pinguela e as estações S3jan e S3mar da Lagoa Peixoto. As estações amostrais deste grupo registraram os menores valores de condutividade elétrica e pH e matéria orgânica no sedimento baixa, quando comparado com as médias dos outros dois grupos. Este grupo registrou a maior riqueza taxonômica.

O grupo B'' reuniu cinco estações, S3fev, S4jan, S4fev, S4mar e S1fev. Observa-se neste grupo os menores valores de densidade de indivíduos e os maiores valores para os índices de diversidade de Shannon-Weaver e de equitabilidade de Pielou. Neste grupo inseriu-se a estação S1fev, provavelmente devido à baixa densidade de organismos, se comparada aos valores encontrados nas demais amostras das estações da lagoa Marcelino.

A análise de correlação de Pearson (Figura 9) colaborou para uma melhor interpretação dos resultados.

Tabela 9 - Coeficiente de correlação de Pearson considerando os valores de temperatura da água (Temp), condutividade elétrica (CE), matéria orgânica do sedimento (MOsed), densidades dos macroinvertebrados bentônicos (Densid), riqueza de táxons (S), valores calculados para o Índice de Shannon-Weaver (H') e índice de equitabilidade de Pielou (J).

| Pearson Correlation | | | | | | | | |
|---------------------|--------|---------|----------|--------|----------|---------|---------|---|
| | Temp | pH | CE | MOsed | Densid | S | H' | J |
| Temp | 1 | | | | | | | |
| pH | 0,143 | 1 | | | | | | |
| CE | 0,003 | 0,607** | 1 | | | | | |
| Mosed | -0,050 | 0,663** | 0,765** | 1 | | | | |
| Densid | 0,110 | 0,335 | 0,719** | 0,399 | 1 | | | |
| S | 0,114 | -0,141 | -0,596** | -0,299 | -0,595 | 1 | | |
| H' | -0,018 | -0,303 | -0,746** | -0,418 | -0,888** | 0,747** | 1 | |
| J | -0,034 | -0,304 | -0,736** | -0,433 | -0,890** | 0,634** | 0,985** | 1 |

**($p < 0,01$)

Fonte: Autor (2015)

A variável condutividade elétrica (CE) esteve correlacionada positivamente com a densidade dos macroinvertebrados bentônicos e a variável matéria orgânica do sedimento (MOsed). Estas duas fortes correlações podem estar relacionadas à descarga de despejos domésticos na lagoa Marcelino, oriundos da cidade de Osório, ricos em matéria orgânica e sólidos dissolvidos. Tais condições, aliadas a um sedimento de menor granulometria, como observado por Machado (2000), favorece populações com maior tolerância a estas variáveis ambientais. Por outro lado, a condutividade elétrica correlaciona-se fortemente de forma negativa com os índices de Shannon-Weaver (-0,736) e de equitabilidade de Pielou (-0,746).

As fortes correlações negativas existentes se deram entre a densidade dos macroinvertebrados bentônicos (Densid) e os valores dos índices de equitabilidade de Pielou (J) e de Shannon-Weaver (H'), com -0,890 e -0,888 respectivamente. Tal situação é esperada, devido principalmente às elevadas densidades de organismos família Sphaeriidae presentes na Lagoa Marcelino (estações do grupo A, da análise de agrupamento). Também foi registrado uma correlação negativa moderada, de -0,595, entre a densidade dos macroinvertebrados bentônicos e a riqueza de táxons (S).

3.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo buscou reavaliar as condições de qualidade ambiental do sistema de lagoas Marcelino, Peixoto, Pinguela, trazendo dados mais recentes sobre a estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos, comparando a situação atual com os dados pretéritos, observando dentro do possível as mesmas estações de coleta.

Würdig *et al.* (1990) com base na macrofauna caracterizaram três ambientes neste sistema. O primeiro, correspondendo à área que recebe mais diretamente os efluentes de Osório, caracterizado por abundância e diversidade baixas e a presença de 1 a 4 táxons, em 4 campanhas de coleta. O segundo, compreendendo a zona central da lagoa Marcelino, o canal de ligação com a lagoa Peixoto e a parte central desta, registrou 3 a 7 táxons. Chamava atenção as constantes florações de algas. O terceiro ambiente, formado pelo restante da lagoa Peixoto e a Pinguela apresentava 5 a 9 táxons e diversidade mais alta em relação aos outros dois ambientes. Considerando informações de química e física do sedimento e água os

autores classificaram a lagoa Marcelino como extremamente a moderadamente poluída, a Peixoto, fracamente poluída a moderadamente sobrecarregada e a Pinguela fracamente sobrecarregada.

Freitas (2003) comenta que a simplificada estrutura da comunidade macrobentônica encontrada nas estações S1 e S2 (Marcelino) e S3 (Peixoto) foram influenciadas por condições ambientais registradas no gradiente de influência antropogênica. Os resultados obtidos evidenciaram um gradiente decrescente de densidade dos organismos e um gradiente crescente nos índices de diversidade, riqueza e equitabilidade da lagoa Marcelino no sentido da lagoa Pinguela. É salientado a grande densidade de *Musculium argentinum* na lagoa Marcelino.

O relatório gerado em 2007, decorrente do convênio entre Prefeitura Municipal de Osório e a Fundação de Apoio da UFRGS –FAURGS apresentou um novo diagnóstico ambiental das lagoas Marcelino e Peixoto, registrando como famílias mais abundantes na lagoa Marcelino, Tubificidae (Oligochaeta), Chironomidae (Diptera) e Sphaeridae (Bivalvia). Na lagoa Peixoto, Cochliopidae, Corbiculidae, Tubificidae e Glossiphonidae, demonstrando novamente um gradiente de condições ambientais de influência antropogênica.

Lima (2009), mencionou que a lagoa Marcelino, comparada a outras duas lagoas estudadas, Peixoto e Caconde, apresentou a macrofauna mais pobre em número de táxons, apenas 4, e analisando outras variáveis classificou esta lagoa como eutrófica.

Os dados encontrados no presente trabalho se assemelham aos dos demais anteriormente realizados (WÜRDIG *et al.*, 1990; FREITAS, 2003; WÜRDIG *et al.*, 2007) embora as coletas tenham sido realizadas apenas no verão de 2015. Comparando as mesmas estações de coleta da lagoa Marcelino, S1 e S2, com Freitas (2003) observa-se que no verão houve uma diminuição da riqueza de táxons, de 12 para 5. Em ambas pesquisas verificou-se a dominância de Sphaeridae, mas com um aumento de 89,10% para 97,8% de abundância relativa desta família, indicando agravamento das condições ambientais no sistema.

4 CONCLUSÃO

O presente estudo, além de constatar a elevada densidade de uma única espécie, *Musculium argentinum* na lagoa Marcelino, já anteriormente registrada, evidenciou uma redução na riqueza de táxons e baixos índices de diversidade e equitabilidade.

A elevada abundância de Sphaeriidae, representada pela espécie *Musculium argentinum* na lagoa Marcelino e confirmada pelo índice de dominância de Swartz, demonstra que a estrutura trófica da macrofauna encontrada nesta lagoa é predominantemente formada por organismos filtradores.

Na lagoa Peixoto, os grupos predominantes com 91,68% (Cochliopidae> Chironomidae> Polymitarciidae> Naididae) representam uma estrutura trófica mais diversificada, fato também observado na lagoa Pinguela. Ainda em relação aos moluscos, salienta-se a ausência de Corbiculidae, família muito bem representada nos sedimentos de fundo deste sistema hídrico, em estudos anteriores.

Destaca-se a importância da continuidade deste tipo de estudo nas lagoas Marcelino, Peixoto e Pinguela em função destas lagoas serem ligadas por canais e terras úmidas aos demais corpos d'água da Bacia do Rio Tramandaí. Esta situação pode tornar-se ainda mais preocupante, se não forem adotadas com urgência medidas saneadoras no sistema.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, S.E. **Chemical analysis of ecological materials**. 2. ed, London: Blackwell Scientific Publications, 1989. p. 368
- ALMEIDA-CAON, J. E. M. **Moluscos límnicos associados à *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms-Laubach. Em lagoas da planície costeira do Rio Grande do Sul, e ocorrência de cercaria pleurolofocerca (Trematoda: Digenea: Opisthochoioidea) em *Heleobia parchappei* (Orbigny, 1835) (Prosobranchia: Hydrobiidae), lagoa Pinguela, Osório, Rio Grande do Sul, Brasil**. 2000. 93 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.
- ALMEIDA-CAON, J. E. M. de; VEITENHEIMER-MENDES, I. L.; AGUILAR-NUNES, J; SILVA, M. C. P. da. Gastrópodes límnicos e sua importância na saúde humana, animal e ambiental na planície costeira do Rio Grande do Sul. In: WÜRDIG, N. L. (Org.); FREITAS, S. M. de, **Ecossistemas e biodiversidade do Litoral Norte do RS**. Porto Alegre. Editora Nova Prova, 2009. p.158-179.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20.ed., Washington, APHA. 1998 p.1162.
- BRINKHURST, R. O.; MARCHESI M. R. **Guia para la identificación de oligoquetos acuáticos continentales de sud y centroamérica**. 2.ed. Santa Fé, Argentina. Colección Climaxnº6, 1992.
- BRUSCHI Jr., W., SALOMONI, S.E., FERMINO, F.S., PEDROZO, C.S., SCHWARZBOLD, A. & PERET, A.C., Aplicação de um índice de qualidade de águas para lagoas costeiras, RS, afetadas por despejos urbanos. **Biociências**, Porto Alegre, v. 6, n.1, 1998. p. 55-66.
- BUCKUP, L.; BOND-BUCKUP, G. **Os crustáceos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1999. p. 503.
- CUMMINS, K. W. Trophic Relations of Aquatic Insects. **Annual Review of Entomology**, v. 18, p. 183-206. 1973
- COIMBRA, H. S.; SCHUCH, L. F. D.; MULLER, G. Carolina Lambrech GONÇALVES, C. L.; OYARZABAL, M. E. B.; PRESTES, L. de S.; MEIRELES, M. C. A. Research of trematodes digenetics from *Heleobia* spp. (Mollusca: Hydrobiidae) in area of occurrence of equine monocytic ehrlichiosis, in Rio Grande do Sul, Brazil. **Arquivos do Instituto Biológico**. São Paulo, v. 80. 2013. p. 266-272 Disponível em:

<<http://www.scielo.br/pdf/aib/v80n3/02.pdf>> Acesso em: 02 de nov. 2015.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Protocolo para o biomonitoramento com as comunidades bentônicas de rios e reservatórios do estado de São Paulo**. São Paulo, CETESB, 2012. Disponível em <<http://laboratorios.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/47/2015/01/protocolo-biomonitoramento-2012.pdf>> Acesso em: 02 de nov. 2014.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo: Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem**. São Paulo, CETESB, 2009. p.44. Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/aguasinteriores/wpcontent/uploads/sites/32/2013/11/variaveis.pdf>> Acesso em: 02 de set. 2015.

DARRIGAN, G. A. **Distribución de tree species del género Heleobia Simpson, 1865 (Gastropoda, Hydrobiidae) en el litoral argentino del Rio de La Plata y arroyos afluentes**. Porto Alegre, v. 78, p. 3-8, Série Zoologia, 1995.

ESTEVES, F. de A. **Fundamentos de Limnologia**. 3. Ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. p. 790.

FERRARO, L. W.; HASENACK, H. Clima. In: WÜRDIG, N. L. (Org.); FREITAS, S. M. de, **Ecosistemas e biodiversidade do Litoral Norte do RS**. Porto Alegre. Editora Nova Prova, 2009. p. 26-31.

FLORES-LOPES, F.; CETRA, M.; MALABARBA, L. R. Utilização de índices ecológicos em assembleia de peixes como instrumento de avaliação da degradação ambiental em programas de monitoramento. **Biota Neotrópica**, Campinas, v. 10, n. 4, 2010. p. 183-193.

FREITAS, S. M. F. de. **Distribuição espaço-temporal da comunidade de macroinvertebrados bentônicos associados ao sedimento, e uso na interpretação da qualidade das águas das lagoas Marcelino, Peixoto e Pinguela, lagoas costeiras da bacia do rio Tramandaí, Osório, Rio Grande do Sul**. 2003. 169 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) Instituto de Biociências - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ ROESSLER. **Estação de Monitoramento da Qualidade da Água: água superficial: Lagoa Marcelino Ramos**. 2006. Disponível em:

<http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/dados_ponto_gerco.asp?cod=189&data=08/03/2006>. Acesso em: 16 de ago. de 2015.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ ROESSLER. **Estação de Monitoramento da Qualidade da Água**: água superficial: Lagoa Marcelino Ramos. 2011. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/dados_ponto_gerco.asp?cod=189&data=26/01/2011>. Acesso em: 16 de ago. de 2015.

GOULART, M.; CALLISTO, M. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista da FAPAM**, n.1, 2003. Disponível em:

<<http://www.santoangelo.uri.br/~briseidy/P%F3s%20Licenciamento%20Ambiental/biindicadores%2019.10.2010.pdf>> Acesso em 4 de out. de 2014.

HAUER, R. F.; RESH, V. H. Macroinvertebrates. In: HAUER, R. F.; LAMBERTI, G. A. **Methods in stream ecology**. 2. ed. San Diego: Editora Academic, 2006. p. 435-464.

KNIE, J. L. W.; LOPES, E. W. B. Importância dos biotestes para análise ambiental. In: _____. **Testes ecotoxicológicos**: métodos, técnicas e aplicações. Florianópolis: FATMA, 2004. p. 14-82.

LIMA, F. B., **Macroinvertebrados bioindicadores em lagoas costeiras no Rio Grande do Sul**. 2009. 102 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) - Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2009.

MACHADO, N. A. F. **Análise multiescalonada e diagnóstico ambiental aplicado ao Litoral Norte da Planície Costeira do Rio Grande do Sul, Brasil. Utilização da morfometria, sedimentometria, geoquímica dos sedimentos, física e química da água das lagoas costeiras**. 2000. 330 f. tese (Doutorado em Ecologia) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. 2000.

MANSUR, M. C. D.; SANTOS, C. P.; PEREIRA, D.; PAZ, I. C. P.; ZURITA, M. L. L.; RODRIGUEZ, M. T. R.; NEHRKE, M. V.; BERGONCI, P. E. A. **Moluscos límnicos invasores no Brasil: biologia, prevenção, controle**. Porto Alegre: Redes editora. 2012, p. 412.

MCCAFFERTY, W. P. **Aquatic Entomology: The Fisherman's and Ecologist's Illustrated Guide To Insects And Their Relatives**. Jones and Bartlett Publishers, INC., Boston, 1981. p. 448.

MUGNAI, R.; NESSIMIAN, J. L.; BAPTISTA, D. F. **Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do Estado do Rio de Janeiro: para atividades técnicas, de ensino e treinamento em programas de avaliação da qualidade ecológica dos ecossistemas lóticos**. 1. ed. Rio de Janeiro: Technical Books, 2010. p. 275.

PEDROZZO, C. S. **Avaliação da qualidade ambiental das lagoas da Planície Costeira do rio grande do Sul com ênfase na comunidade zooplantônica**. 2000. 241 f. tese (Doutorado em Ecologia e Recursos naturais) - Centro de Ciências Biológicas e da Saúde - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. 2000.

PEREDO, S.; JARA-SEGUEL, P.; PARADA, E.; VON BRAND, E.; Gonadal Organization and Gametogenesis in *Musculium argentinum* (Veneroidea: Sphaeriidae) from a Population in Southern Chile. **Journal of Shellfish Research**. p. 989-993, 2010.

RIO GRANDE DO SUL, Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SEMA), Departamento de Recursos Hídricos (DRH), Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM), Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí. **Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí**. Porto Alegre, 2005. Disponível em: <http://www.comitetramandai.com.br/files/plano_bacia_hidrografica_rio_tramandai.pdf> Acesso em: 02 de nov. de 2015

ROSENBERG, D. M.; RESH, V. H. **Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates**. New York: Chapman & Hall, 1993. p. 504.

RUPPERT, E. E.; BARNES, R. **Zoologia dos invertebrados**. São Paulo: Roca, 1996. p. 1125.

SCHÄFER, A. E. Avaliação do Impacto ambiental nas lagoas Marcelino Ramos, Peixoto e Pinguela, baseada em levantamentos físico e químicos da água. In: WÜRDIG, N. L. (Org.). **Bases ecológicas para medidas de saneamento das lagoas Marcelino Ramos, Peixoto e Pinguela, município de Osório, RS**. Porto Alegre: CECLIMAR, UFRGS, 1990. p.1-36. Relatório não publicado.

SCHWARZBOLD, A.; SCHÄFER, A. E. Gênese e morfologia das lagoas costeiras do Rio Grande do Sul – Brasil. **Amazoniana**, Kiel, v.9, n.1, 1984, p. 87-104.

SWARTZ, R. C.; SHULTZ, D. W.; DISTWORTH, G.R.; DEBEN W. A.; COLE, F. A. **Sediment toxicity contamination and macrobenthic communities near a large**

estage outfall In: Validation and predictability of Laboratory Methods for Assessing the fate and effect of contaminants in Aquatic Ecosystems.

American Society for testing and materials. Philadelphia: 1985, p.152-175.

TUNDISI, J.G.; TUNDISI, T. M. **Limnologia**. São Paulo. Oficina de textos, 2008. p. 632.

WATANABE, H. M. **Bases para a aplicação de índices biológicos no biomonitoramento de ambiente lóticos – comunidade bentônica**. São Paulo, 2007. 165 f. tese (Doutorado em Ecologia) – Universidade de São Paulo, 2007.

WILKE, T.; DAVIS G. M.; FALNIOWSKI, F.; GIUSTI, M; SZAROWSKA, M. Molecular systematics of Hydrobiidae (Mollusca: Gastropoda: Rissooidea): testing monophyly and phylogenetic relationships. **Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia**, 2001.

WÜRDIG, N.L. *et al.* **Diagnóstico ambiental das lagoas Marcelino e Peixoto, Litoral Norte do RS**. Osório, 2007. Relatório técnico não publicado.

WÜRDIG, N. L. *et al.* **Bases ecológicas para medidas de saneamento das lagoas Marcelino Ramos, Peixoto e Pinguela, município de Osório, RS**. Porto Alegre; CECLIMAR, UFRGS, 1990. p.147. Relatório Técnico não publicado.

WÜRDIG, N. L.; FREITAS, S. M. de (Org.). **Ecossistemas e biodiversidade do Litoral Norte do RS**. Porto Alegre. Editora Nova Prova, 2009. p.287.

APÊNDICE

Apêndice 1 - Táxons encontrados nas lagoas Marcelino, Peixoto e Pinguela, amostrados no verão de 2015, em três campanhas de coleta realizadas em janeiro, fevereiro e março.

| Táxons | |
|--------------------------|---|
| FILO MOLLUSCA | |
| Classe GASTROPODA | COCHLIOPIDAE <i>Heleobia</i> Simpson, 1865 |
| Classe BIVALVIA | SPHAERIIDAE |
| FILO ANNELIDA | |
| Classe OLIGOCHAETA | NAIDIDAE <i>Limnodrilus</i> Claparède, 1862 |
| Classe HIRUDINEA | GLOSSIPHONIIDAE |
| FILO ARTHROPODA | |
| Subfilo HEXAPODA | |
| Classe INSECTA | STAPHILINIDAE |
| Ordem COLEOPTERA | CHIRONOMIDAE CERATOPOGONIDAE CHAOBORIDAE |
| Ordem DIPTERA | POLYMITARCYIDAE |
| Ordem EPHEMEROPTERA | MESOVELIIDAE |
| Ordem HEMIPTERA | NÃO DETERMINADA (PUPA) |
| Ordem TRICHOPTERA | TANAIDAE <i>Synelobus stanfordi</i> Richardson, 1901 |
| Subfilo CRUSTACEA | |
| Classe MALACOSTRACA | HYALELLIDAE |
| Ordem TANAIDACEA | PHILOSCIIDAE <i>Atlantoscia floridana</i> Van Name, 1940 |
| Ordem AMPHIPODA | |
| Ordem ISOPODA | |

Fonte: Autor (2015)