

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL

LETÍCIA ARAUJO HERZER

ASPECTOS MORFOMÉTRICOS E DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA
LAGOA PEIXOTO, LITORAL NORTE DO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL

IMBÉ
2013

LETÍCIA ARAUJO HERZER

ASPECTOS MORFOMÉTRICOS E DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA
LAGOA PEIXOTO, LITORAL NORTE DO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas com ênfase em Gestão Ambiental Marinha e Costeira, na Universidade Federal do Rio Grande do Sul em convênio com a Universidade Estadual do Rio Grande do Sul.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Catarina da Silva Pedrozo

Co-orientador: Prof. Dr. Nelson Augusto Flores Machado

IMBÉ
2013

H582a Herzer, Leticia Araujo
Aspectos morfométricos e diagnóstico da qualidade da água da Lagoa Peixoto, litoral norte do Rio Grande do Sul, Brasil / Leticia Araujo Herzer. - 2013.
59 f.

Orientadora: Catarina da Silva Pedrozo.
Coorientador: Nelson Augusto Flores Machado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Biociências, Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Curso de Ciências Biológicas ênfase em Gestão Ambiental Marinha e Costeira, Imbé/Osório, BR-RS, 2013.

1. Qualidade da água. 2. Lagoas costeiras. 3. Rio Grande do Sul, Litoral Norte. 4. Morfometria de lagos. I. Pedrozo, Catarina da Silva, orient. II. Machado, Nelson Augusto Flores, coorient. III. Título.

Adaptado do Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

LETÍCIA ARAUJO HERZER

ASPECTOS MORFOMÉTRICOS E DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA
LAGOA PEIXOTO, LITORAL NORTE DO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas com ênfase em Gestão Ambiental Marinha e Costeira, na Universidade Federal do Rio Grande do Sul em convênio com a Universidade Estadual do Rio Grande do Sul.

Aprovada em: __/__/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a Norma Luíza Würdig (UFRGS)

Prof.^a Dr.^a Luciane Oliveira Crossetti (UFRGS)

Prof. Dr. Paulo Henrique Ott (UERGS)
Coordenador da atividade Trabalho de Conclusão
II - CBM

RESUMO

Dentre as informações necessárias para o bom planejamento e a gestão de recursos hídricos estão as referentes à caracterização morfométrica e à qualidade ambiental dos corpos d'água. Devido à pouca informação relacionada às lagoas costeiras do Litoral Norte do Rio Grande do Sul, este trabalho pretende caracterizar a Lagoa Peixoto através do levantamento de aspectos morfométricos e do diagnóstico da qualidade da água, procurando analisar a influência da morfometria na qualidade da água, avaliar os resultados das variáveis ambientais frente aos possíveis impactos antrópicos e à resolução CONAMA n° 357/2005, além de verificar a evolução dos parâmetros de qualidade da água ao longo do tempo, utilizando dados de trabalhos previamente realizados na Lagoa Peixoto. Este corpo hídrico mantém conexão com a Lagoa Marcelino, a qual recebe grande parte do esgoto *in natura* da cidade de Osório. Desta forma, a qualidade da água da lagoa em estudo pode ser afetada pela descarga deste tipo de efluente. Como base para a caracterização morfométrica foi elaborado o mapa batimétrico da Lagoa Peixoto, a partir do qual foram gerados dados de 26 descritores morfológicos. A análise da qualidade da água foi feita para 20 parâmetros ambientais. A caracterização morfométrica se mostrou importante na avaliação da qualidade da água da Lagoa Peixoto. A grande influência do vento na lagoa, em virtude de seu formato pouco irregular e de suas baixas profundidades, faz com que ela tenha uma maior suscetibilidade à eutrofização devido à ressuspensão de sedimentos e nutrientes. Grande parte dos resultados das análises químicas, físicas e biológicas permaneceu abaixo do limite máximo estabelecido pela resolução CONAMA n° 357/2005 para águas de Classe 1. No entanto, a análise temporal dos parâmetros demonstrou que houve perda de qualidade da água da lagoa em estudo ao longo do tempo. Os dados morfométricos e limnológicos gerados neste trabalho permitiram que muitas características da Lagoa Peixoto fossem conhecidas, servindo de subsídio para a tomada de decisões e para a previsão de impactos neste corpo hídrico e seu entorno.

Palavras-chave: Lagoa Peixoto. Caracterização morfométrica. Qualidade da água. Impacto antrópico.

ABSTRACT

Among the necessary information for proper planning and management of water resources are those related to the morphometric characterization and the environmental quality of water bodies. Due to the limited information related to coastal lagoons of the northern coast of Rio Grande do Sul, this work aims to characterize the Peixoto Lagoon through morphometric aspects survey and diagnosis of water quality, trying to analyze the influence of morphology on the quality of water, evaluate the results of the environmental variables in respect of potential human impacts and CONAMA Resolution n° 357/2005, and also check the evolution of the parameters of water quality over time, using data from studies previously conducted in the Peixoto Lagoon. This water body is connected to Marcelino Lagoon, which receives much of the raw sewage from Osório city. Thus, the water quality in Peixoto Lagoon can be affected by the discharge of such effluent. As a basis for morphometric characterization, a bathymetric map of Peixoto Lagoon was elaborated, from which 26 morphological descriptors data were generated. The water quality analysis was done for 20 environmental parameters. Morphometric characterization showed important in assessing the water quality of Peixoto Lagoon. The great influence of wind on the lagoon, because of its shape slightly irregular and its low depths, causes it a greater susceptibility to eutrophication due to resuspension of sediments and nutrients. Much of the results of chemical, physical and biological analysis remained below the limit established by CONAMA Resolution n° 357/2005 for Class 1 waters. However, temporal analysis of the parameters demonstrated that there was loss of water quality in this lagoon over time. Morphometric and limnological data generated in this study have allowed that many features of Peixoto Lagoon were known, serving as subsidy to decision-making and forecasting impacts of this water body and its surroundings.

Key words: Peixoto Lagoon. Morphometric characterization. Water quality. Human impact.

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 8 |
| 2 ÁREA DE ESTUDO | 11 |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS | 13 |
| 3.1 CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA..... | 13 |
| 3.1.1 Comprimento máximo (Lmax)..... | 14 |
| 3.1.2 Comprimento máximo efetivo (Le)..... | 15 |
| 3.1.3 <i>Fetch</i> efetivo (Lf)..... | 15 |
| 3.1.4 Largura máxima (Bmax) | 16 |
| 3.1.5 Largura máxima efetiva (Be)..... | 17 |
| 3.1.6 Largura média (Bmed)..... | 17 |
| 3.1.7 Profundidade máxima (Dmax) | 17 |
| 3.1.8 Profundidade média (Dmed) | 17 |
| 3.1.9 Profundidade mediana (D ₅₀)..... | 18 |
| 3.1.10 Profundidade dos quartis (D ₂₅ e D ₇₅) | 18 |
| 3.1.11 Profundidade relativa (Dr) | 18 |
| 3.1.12 Perímetro ou comprimento da linha de praia (L ₀) | 19 |
| 3.1.13 Área (a) | 19 |
| 3.1.14 Volume (v) | 19 |
| 3.1.15 Declive percentual (α_p) | 20 |
| 3.1.16 Declive médio (α_{pm})..... | 20 |
| 3.1.17 Desenvolvimento de praia (F)..... | 21 |
| 3.1.18 Rugosidade de fundo (R)..... | 21 |
| 3.1.19 Rugosidade de forma (Rf)..... | 22 |
| 3.1.20 Desenvolvimento de volume (Vd)..... | 22 |
| 3.1.21 Curva hipsográfica | 23 |
| 3.1.22 Curva hipsográfica de percentual..... | 23 |
| 3.1.23 Curva hipsográfica relativa | 23 |
| 3.1.24 Curva de volume | 23 |
| 3.1.25 Curva percentual de volume..... | 24 |
| 3.1.26 Curva relativa de volume..... | 24 |
| 3.2 ANÁLISE DOS PARÂMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS DA ÁGUA..... | 24 |

| | |
|--|-----------|
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 27 |
| 4.1 CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA LAGOA PEIXOTO..... | 27 |
| 4.2 ANÁLISE DOS PARÂMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS DA ÁGUA..... | 33 |
| 4.2.1 Temperatura | 34 |
| 4.2.2 Sólidos Totais | 35 |
| 4.2.3 Turbidez | 36 |
| 4.2.4 Transparência Secchi | 38 |
| 4.2.5 Clorofila <i>a</i> | 38 |
| 4.2.6 Oxigênio Dissolvido | 40 |
| 4.2.7 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO ₅) | 41 |
| 4.2.8 Demanda Química de Oxigênio (DQO) | 43 |
| 4.2.9 Potencial Hidrogeniônico (pH) | 44 |
| 4.2.10 Cloreto | 45 |
| 4.2.11 Dureza..... | 46 |
| 4.2.12 Nitrato, Nitrito, Nitrogênio Amoniacal e Nitrogênio Total | 47 |
| 4.2.13 Fósforo Total e Ortofosfato | 50 |
| 4.2.14 Sulfato | 52 |
| 4.2.15 Coliformes Totais e Fecais | 53 |
| 5 CONCLUSÃO..... | 55 |
| REFERÊNCIAS..... | 56 |

1 INTRODUÇÃO

De acordo com os fundamentos da Lei da Política Nacional de Recursos Hídricos nº 9433, de 08 de janeiro de 1997, a água é um bem de domínio público, sendo um recurso natural limitado e dotado de valor econômico, e a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas.

Dentre os usos da água em todo o mundo estão o abastecimento doméstico, a irrigação, a aquicultura, a geração de energia, a navegação e a harmonia paisagística. No entanto, a falta de medidas de planejamento e controle destes usos faz com que os recursos hídricos estejam vulneráveis a mudanças na qualidade de suas águas, alterando sua integridade (BRUSCHI *et al*, 1998).

Segundo Tundisi e Tundisi (2008), uma importante função da limnologia é proporcionar conhecimento para o correto manejo de sistemas aquáticos. Para o entendimento do comportamento dos fatores que afetam os parâmetros da qualidade da água, o conhecimento local e regional é essencial (GUASSELLI, 1997).

Como uma das ferramentas de qualificação dos recursos hídricos naturais no Brasil, a Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, além de dar outras providências. Segundo o artigo 4º desta resolução, as águas doces são classificadas em classe especial, classe 1, classe 2, classe 3 e classe 4. As águas de classe especial são destinadas: ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral. As águas de classe 1 podem ser destinadas: ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000; à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas. As águas de classe 2 podem ser destinadas: ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000; à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a

ter contato direto; à aquicultura e à atividade de pesca. As águas de classe 3 podem ser destinadas: ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; à pesca amadora; à recreação de contato secundário; e à dessedentação de animais. Já as águas de classe 4 podem ser destinadas à navegação e à harmonia paisagística.

Os ecossistemas lacustres lagunares do Rio Grande do Sul representam ambientes de grande importância econômica e científica (PEDROZO, 2000), mas a planície costeira do Estado vem sofrendo os efeitos da crescente urbanização (BRUSCHI *et al.*, 1998). A Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí é o principal manancial do Litoral Norte do Rio Grande do Sul e o sistema de drenagem de maior grandeza da região (MACHADO, 2000). No entanto, este sistema é impactado por diversas ações antrópicas, principalmente por despejos de esgotos domésticos, plantações de arroz e outras atividades agropastoris (PEDROZO, 2000). De acordo com o projeto de macrozoneamento costeiro do RS realizado pela FEPAM (1988), há grande necessidade de tratamento dos esgotos lançados na região e de estudos mais aprofundados na realização de planejamento em nível de microrregiões.

A geração incompleta de informações pelos estudos de sistemas ecológicos é comum por se desconsiderar os dados geológicos e geomorfológicos, tornando complicado o total entendimento de sua estrutura e forma de funcionamento (MACHADO, 2000).

A morfologia de um ambiente aquático exerce influência nas suas características limnológicas (WETZEL, 2001), afeta a estabilidade térmica da coluna d'água, a produtividade biológica, os processos de circulação e dispersão de organismos (PANOSSO *et al.*, 1995), os padrões de mistura da coluna de água (COLE, 1983), os processos de erosão, transporte e acumulação de sedimentos e nutrientes (PANOSSO *et al.*, 1998) e o consumo de oxigênio (SPERLING, 1999). Além disso, a análise dos dados morfométricos possibilita a avaliação da capacidade de assimilação de impactos decorrentes da entrada de efluentes, taxas de acumulação e padrões de dispersão de poluentes (SPERLING, 1999).

São escassos os estudos realizados a respeito da qualidade da água nas lagoas do litoral norte do Rio Grande do Sul. Entre eles destacam-se os trabalhos de Schwarzbald (1982), Schwarzbald e Schäfer (1984) e Schäfer (1985), que realizaram estudos sobre a tipificação ecológica de diversas lagoas costeiras do Estado. Outro trabalho importante é o de Schäfer (1990), parte do projeto de bases ecológicas para medidas de saneamento das lagoas Marcelino, Peixoto e Pinguela (WÜRDIG *et al.*, 1990), que avaliou o impacto ambiental destas lagoas com base em levantamentos físicos e químicos da água. Fonseca (1989), Fonseca (1991), Leite (1994), Leite e Fonseca (1995), Salomoni (1997) e Bruschi *et al.*

(1998) também deram importantes contribuições ao conhecimento limnológico das lagoas da região. O projeto “Zoneamento Ambiental da porção sul da Bacia do Rio Tramandaí: Sistema flúvio-lacustre” gerou trabalhos com muitas linhas de pesquisa, com destaque para as teses de doutorado de Pedrozo (2000), que avaliou a qualidade ambiental de diversas lagoas costeiras do litoral norte com ênfase na comunidade zooplancônica, e de Machado (2000), que utilizou a morfometria, a sedimentometria, a geoquímica dos sedimentos, além da qualidade da água para a definição de um zoneamento ambiental da região.

Segundo Braga *et al.* (2002), o planejamento e a gestão de recursos hídricos dependem de informações corretas referentes à demanda e à oferta de água, envolvendo o monitoramento de sua qualidade. A falta de informações aumenta a incerteza das decisões e dos resultados dos usos e impactos dos recursos hídricos. Desta forma, mais estudos na área são necessários para que as ações tomadas sejam eficientes na redução dos danos ao meio ambiente, atuais e futuros. Neste contexto, este trabalho pretende caracterizar a Lagoa Peixoto através do levantamento de aspectos morfométricos e do diagnóstico da qualidade da água. Os objetivos específicos são:

- analisar a influência da morfometria na qualidade da água;
- avaliar os resultados das variáveis ambientais frente aos possíveis impactos antrópicos e à resolução CONAMA n° 357/2005;
- verificar a evolução dos parâmetros de qualidade da água ao longo do tempo, utilizando dados de trabalhos previamente realizados na Lagoa Peixoto.

Desta forma, foi possível obter-se um levantamento de parâmetros ambientais como subsídio para a gestão ambiental da região e contribuir para a informação científica.

2 ÁREA DE ESTUDO

Segundo Schwarzbald (1982), a planície costeira do Rio Grande do Sul possui uma extensão de aproximadamente 640 km, com limite norte nos promontórios da cidade de Torres e limite sul na divisa com o Uruguai. Está situada entre os paralelos 29° 12' e 33° 48' de latitude sul e entre os meridianos 49° 40' e 53° 30' de longitude oeste. Esta região apresenta 37.000 km² ao todo, sendo 14.260 km² somente de superfícies de lagoas e lagunas, com destaque para as lagunas dos Patos e Mirim, cujas abrangências são de 9.280 km² e de 3.520 km², respectivamente. Além disso, esta área apresenta uma série de lagoas em sequência paralelas à linha da costa oceânica, envolvendo lagoas interiores e outras menores da região de Osório, que inclui a Lagoa Peixoto.

O clima da região é caracterizado como do tipo Cfa, pela classificação de Köppen, ou subtropical úmido, com chuvas distribuídas durante todos os períodos do ano (HASENACK; FERRARO, 1989). Ainda, esta área apresenta verões quentes e invernos frios, com vento predominante de nordeste, principal função de força ecológica na região.

A Lagoa Peixoto, objeto do presente estudo, está localizada na cidade de Osório, RS, e pertence à Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí. Faz parte do sistema lacustre Tramandaí e do subsistema ao Norte da Desembocadura de Tramandaí, formado pelas lagoas Itapeva, dos Quadros e conjunto de lagoas de Osório (SCHWARZBOLD; SCHÄFER, 1984). A Lagoa Peixoto está conectada, ao sul, à Lagoa Marcelino e, ao norte, através de um canal artificial, à Lagoa Pinguela (Figura 1).

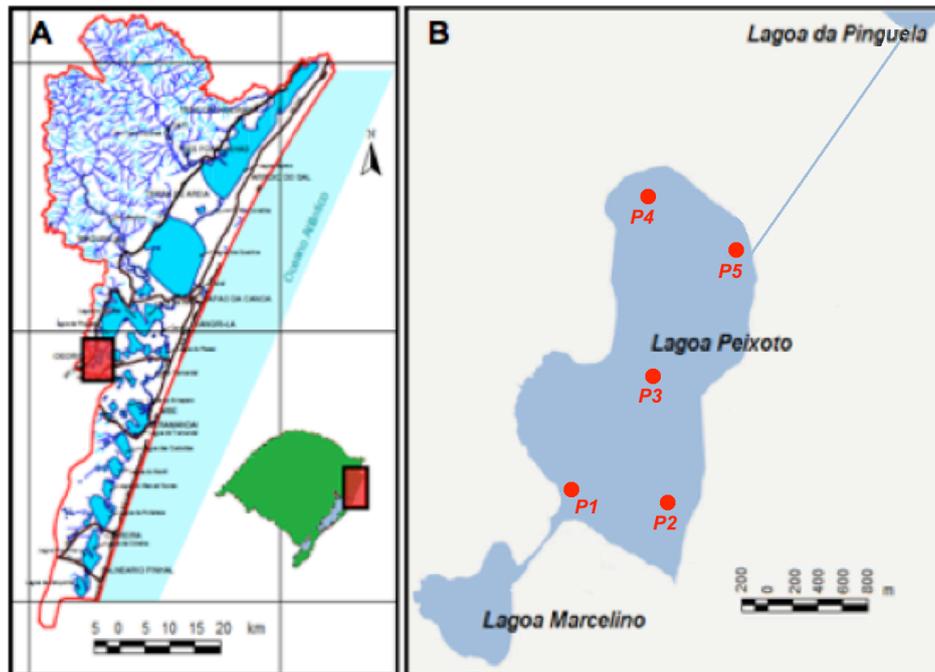


Figura 1 – Localização da Lagoa Peixoto no Rio Grande do Sul e dos pontos de coleta 1 (P1), 2 (P2), 3 (P3), 4 (P4) e 5 (P5).

Fonte: adaptado de: A) RIO GRANDE DO SUL, 2004. B) GOOGLE, 2012.

Sabe-se que a lagoa Marcelino recebe por canal uma sobrecarga de poluentes oriundos da cidade de Osório, constituída por despejos de resíduos domésticos e de drenagem superficial do município (SCHÄFER, 1990). Como este corpo hídrico mantém conexão permanente com a Lagoa Peixoto, estes despejos podem afetar a qualidade da água e a comunidade aquática da lagoa em estudo. Além disso, a Lagoa Peixoto é fonte de abastecimento de água para a cidade de Osório, com demanda de água de $0,07282 \text{ m}^3/\text{s}$ no inverno e de $0,07884 \text{ m}^3/\text{s}$ no verão (RIO GRANDE DO SUL, 2004).

Conforme Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí (2005), a água da lagoa Peixoto se enquadra na categoria Classe 1 da resolução CONAMA n° 357/2005.

De acordo com Schäfer (1988), o tipo morfológico desta lagoa está classificada como “2a”, que se caracteriza por ter pequena (menor que 10 km^2) área de superfície e profundidade rasa (menor que 3 m). Esta classificação está de acordo com os dados encontrados por Schwarzbold e Schäfer (1984) e por Machado (2000) para a Lagoa Peixoto. A área encontrada foi de $3,26 \text{ km}^2$ e a profundidade máxima de 2,5 metros no primeiro trabalho, mas ambas sofreram redução, verificada por Machado (2000), para $2,61 \text{ km}^2$ de área e 2,1 metros de profundidade.

3 MATERIAL E MÉTODOS

A caracterização da Lagoa Peixoto foi feita através do levantamento de aspectos morfométricos e do diagnóstico da qualidade da água. A coleta das amostras de água para posterior análise e a obtenção dos dados para a caracterização morfométrica da lagoa em estudo foram realizadas no dia 17 de dezembro de 2012.

3.1 CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA

Os mapas batimétricos são a base para a obtenção de diversos dados morfométricos relacionados à limnologia, à hidrologia e à sedimentologia (MACHADO, 2000). Desta forma, como base para a caracterização morfométrica, foi elaborado o mapa batimétrico da lagoa Peixoto. Para sua realização, foram obtidas as medidas de profundidade da lagoa em 46 pontos ao longo de transectos previamente estabelecidos, conforme indicado na Figura 2. Além destas medidas, foram utilizados dados batimétricos secundários da lagoa Peixoto (MACHADO, 2000) para um melhor mapeamento da mesma. Em cada ponto foram obtidos os valores da coordenada geográfica e da profundidade, através de um GPS Garmin e de cabo graduado, respectivamente. Em seguida, os pontos e as suas respectivas profundidades foram localizados espacialmente no mapa da lagoa, permitindo que as curvas de isovalores fossem traçadas e o mapa batimétrico gerado.

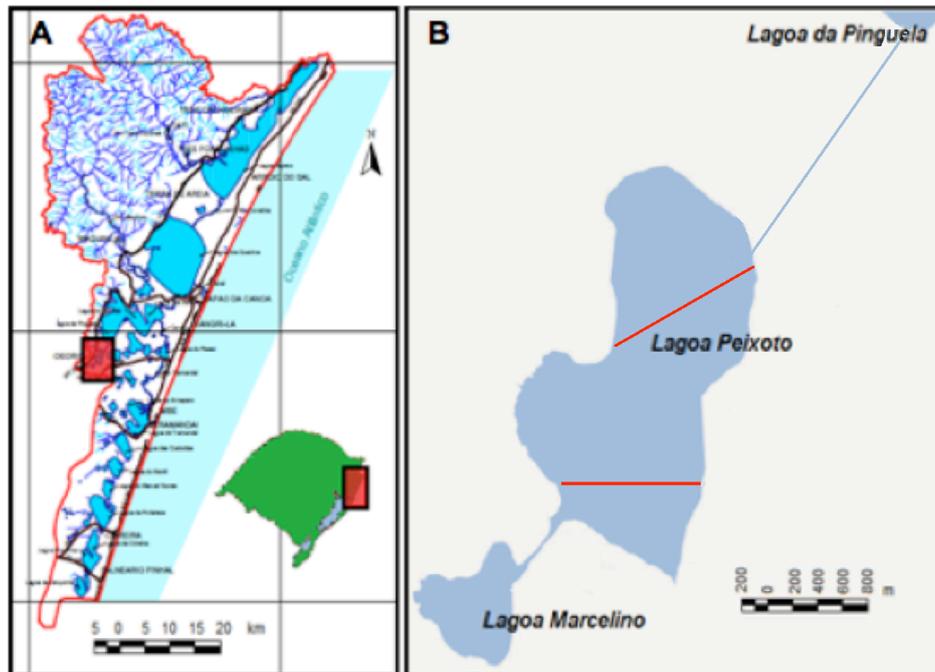


Figura 2. Localização dos transectos, em vermelho, onde foram feitas as medidas de profundidade da Lagoa Peixoto.

Fonte: adaptado de: A) RIO GRANDE DO SUL, 2004. B) GOOGLE, 2012.

Os descritores morfológicos obtidos e calculados para este corpo hídrico, utilizando como base o mapa batimétrico, são: comprimento máximo; comprimento máximo efetivo; *fetch* efetivo; largura máxima; largura máxima efetiva; largura média; profundidade máxima; profundidade média; profundidade mediana; profundidade dos quartis; profundidade relativa; perímetro; área; volume; declive percentual; declive médio; desenvolvimento de praia; rugosidade de fundo; rugosidade de forma; desenvolvimento de volume; curva hipsográfica; curva hipsográfica de percentual; curva hipsográfica relativa; curva de volume; curva percentual de volume e curva relativa de volume.

A definição e a forma de obtenção dos descritores morfológicos neste estudo estão de acordo com Håkanson (1981) e com o mesmo feito por Machado (2000).

3.1.1 Comprimento máximo (L_{max})

O comprimento máximo de uma lagoa consiste no comprimento da linha que liga os dois pontos mais distantes de uma linha de praia, expresso em quilômetros.

3.1.2 Comprimento máximo efetivo (Le)

O comprimento máximo efetivo é o comprimento da reta que liga os dois pontos mais distantes de uma linha de praia, sobre a qual o vento e as ondas podem atuar sem interrupções, como por ilhas ou pontais. Este descritor é expresso em quilômetros.

3.1.3 Fetch efetivo (Lf)

O *fetch* efetivo consiste em uma medida representativa de como o vento governa as ondas. Para o cálculo deste parâmetro são necessários o mapa da lagoa em estudo e uma transparência especial (Figura 3), caracterizada por apresentar um centro radial com suas diferentes direções marcadas por ângulos ($0^\circ, \pm 6^\circ, \pm 12^\circ, \pm 18^\circ, \pm 24^\circ, \pm 30^\circ, \pm 36^\circ$ e $\pm 42^\circ$).

No mapa da lagoa, um número suficiente de pontos é plotado para se obter uma boa representatividade do corpo hídrico. O *fetch* efetivo é calculado para cada um destes pontos, permitindo, posteriormente, a elaboração do mapa de *fetch* da lagoa. Primeiramente, o centro radial da transparência é posicionado no ponto a ser analisado e é orientado para a direção principal ou secundária do vento. Em seguida, a distância deste ponto até a terra ou ilha (x) é medida para cada um dos valores angulares de observação (γ_i) $0^\circ, \pm 6^\circ, \pm 12^\circ, \pm 18^\circ, \pm 24^\circ, \pm 30^\circ, \pm 36^\circ$ e $\pm 42^\circ$. Posteriormente, o valor de *fetch* efetivo é calculado a partir da seguinte fórmula:

$$L_f = \frac{\sum x_i \cdot \cos \gamma_i}{\sum \cos \gamma_i} \cdot S'$$

onde:

L_f = *fetch* efetivo, em km

$\sum \cos \gamma_i$ = constante 13,5

S' = constância de escala (0,2 para escala de 1:20.000)

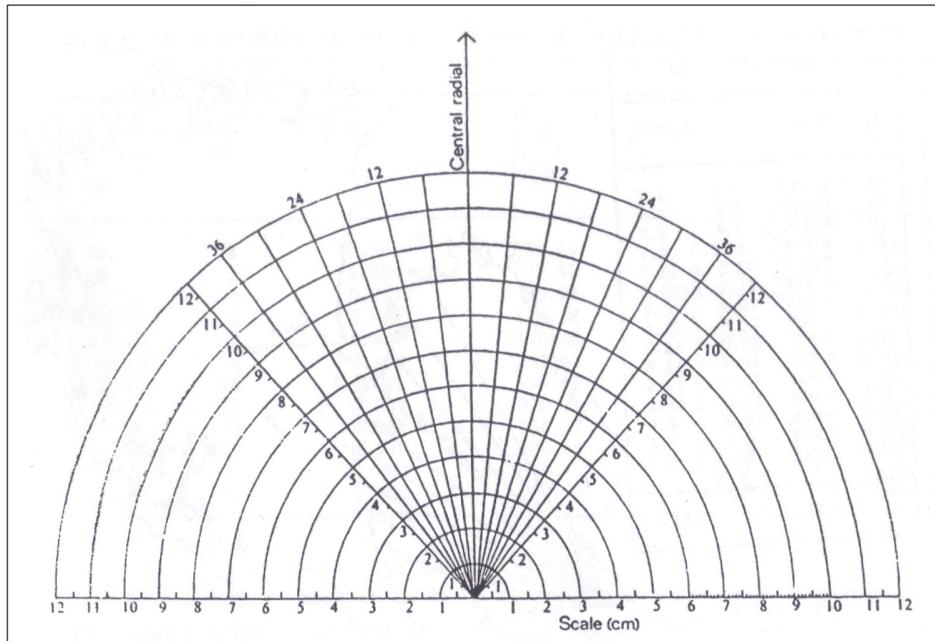


Figura 3 – Transparência especial utilizada para o cálculo dos valores de *fetch* efetivo.
Fonte: HÅKANSON, 1981.

Neste estudo, foram plotados 62 pontos no mapa da lagoa Peixoto, com 1 cm de distância entre eles, para a elaboração do mapa de *fetch* efetivo com escala de 1:20.000. O vento sul, secundário na região, foi o vento analisado, visto que o de nordeste, predominante na área, foi analisado por Machado (2000).

3.1.4 Largura máxima (Bmax)

A largura máxima é o comprimento, expresso em quilômetros, da reta perpendicular à linha de comprimento máximo e que une os dois pontos mais distantes da linha de praia, podendo cruzar ilhas.

3.1.5 Largura máxima efetiva (Be)

A largura máxima efetiva é o comprimento, expresso em quilômetros, da reta perpendicular à linha de comprimento máximo efetivo e que liga os dois pontos mais distantes da linha de praia, sem cruzar ilhas.

3.1.6 Largura média (Bmed)

A largura média é o valor da razão entre a área da lagoa, expressa em quilômetros quadrados, e o comprimento máximo, expresso em quilômetros.

3.1.7 Profundidade máxima (Dmax)

A profundidade máxima de uma lagoa, expressa em metros, é a maior profundidade medida no levantamento batimétrico.

3.1.8 Profundidade média (Dmed)

A profundidade média, expressa em metros, é o valor da razão entre o volume (V) e a área (a) da lagoa.

$$D_{med} = \frac{1000 \cdot V}{a}$$

3.1.9 Profundidade mediana (D_{50})

A profundidade mediana pode ser obtida através da curva hipsográfica de percentual da lagoa e consiste no valor da profundidade, em metros, em que se encontra 50% da área acumulada da lagoa.

3.1.10 Profundidade dos quartis (D_{25} e D_{75})

A profundidade dos quartis D_{25} e D_{75} é a profundidade, em metros, em que se encontra 25% e 75% da área acumulada da lagoa, respectivamente, obtida na curva hipsográfica de percentual.

3.1.11 Profundidade relativa (D_r)

A profundidade relativa, expressa em percentagem, é o valor da razão entre a profundidade máxima (D_{max}) e o diâmetro médio da lagoa, expressa pela fórmula:

$$D_r = \frac{D_{max} \cdot \sqrt{\pi}}{20 \cdot \sqrt{a}}$$

onde:

a = área do lago, em km^2

3.1.12 Perímetro ou comprimento da linha de praia (L_0)

O perímetro, expresso em quilômetros, é a medida do comprimento da linha de praia da lagoa.

3.1.13 Área (a)

A área, expressa em quilômetros quadrados, é a área em superfície de água da lagoa.

3.1.14 Volume (v)

O volume de uma lagoa, expresso em quilômetros cúbicos, pode ser encontrado através da fórmula de aproximação parabólica do volume para lagoas convexas ou da fórmula de aproximação linear do volume para lagoas côncavas. Como a lagoa Peixoto apresenta curva hipsográfica relativa côncava, a fórmula utilizada foi a seguinte:

$$V = \sum_{i=0}^n \frac{l_c}{2} (a_i + a_{i+1})$$

onde:

l_c = intervalo entre as linhas de contorno do mapa batimétrico, em metros

a_i = área total dentro da linha de contorno considerada, em km^2

3.1.15 Declive percentual (α_p)

O declive percentual é a declividade entre duas linhas de contorno no mapa batimétrico, determinado através da fórmula:

$$\alpha_p = \frac{(l_1 + l_2) \cdot l_c}{20 \cdot a''}$$

onde:

α_p = declive, em percentual

l_1 e l_2 = comprimento das duas linhas de contorno analisadas, em km

l_c = intervalo entre as linhas de contorno, em metros

a'' = diferença entre as áreas das linhas de contorno analisadas ($a'' = a_1 - a_2$), em km^2

3.1.16 Declive médio (α_{pm})

O declive médio é a declividade definida para toda a lagoa, encontrado através da fórmula:

$$\alpha_{pm} = \frac{\left(\frac{l_0}{2} + l_1 + l_2 + \dots + l_{n-1} + \frac{l_n}{2}\right) \cdot D_{max}}{10 \cdot n \cdot a}$$

onde:

α_{pm} = declive médio da lagoa, em %

D_{max} = profundidade máxima, em metros

l_0 = o comprimento da linha de praia, em km

$l_{1,2, \dots, n}$ = comprimento das linhas de contorno consideradas, em km

n = número de linhas de contorno

a = área do lago, em km^2

3.1.17 Desenvolvimento de praia (F)

O desenvolvimento de praia é definido pelo grau de irregularidade da linha de praia, relacionando o comprimento da linha de praia com o comprimento da circunferência de um círculo de área igual a da lagoa. Lagoas irregulares possuem um alto valor de F e uma bacia perfeita possui F igual a 1, encontrado através da fórmula:

$$F = \frac{l_0}{2 \cdot \sqrt{\pi \cdot a}}$$

onde:

F = desenvolvimento de praia, adimensional

l_0 = comprimento da linha de praia, em km

a = área do lago, em km².

3.1.18 Rugosidade de fundo (R)

A rugosidade de fundo consiste na medida do grau de irregularidade de fundo de uma lagoa, sendo definido um valor, adimensional, para todo o corpo hídrico.

$$R = \frac{0,165 \cdot (l_c + 2) \cdot \sum_{i=0}^n l_i}{D_{50} \cdot \sqrt{a}}$$

onde:

R = rugosidade de fundo

l_c = intervalo entre as linhas de contorno, em metros

l_i = comprimento da linha de contorno considerada, em km

D_{50} = profundidade mediana

a = área do lago, em km^2

3.1.19 Rugosidade de forma (Rf)

A rugosidade de forma é adimensional e definida através da fórmula:

$$Rf = \frac{0,165 \cdot (l_c + 2) \cdot \sum_{i=0}^n l_i}{a}$$

onde:

Rf = rugosidade de forma

l_c = intervalo entre as linhas de contorno, em metros

l_i = comprimento da linha de contorno considerada, em km

a = área do lago, em km^2

3.1.20 Desenvolvimento de volume (Vd)

O desenvolvimento de volume é a razão entre o volume da lagoa e o volume de um cone com área de base igual à área da lagoa e altura igual à profundidade máxima da lagoa.

$$Vd = \frac{a \cdot D_{med}}{\frac{1}{3} \cdot D_{max} \cdot a} = \frac{3 \cdot D_{med}}{D_{max}}$$

3.1.21 Curva hipsográfica

O gráfico da curva hipsográfica mostra a relação entre a profundidade e a área de uma lagoa. Os valores da variável profundidade são plotados na ordenada negativa e os valores da área são plotados na abcissa positiva.

3.1.22 Curva hipsográfica de percentual

A curva hipsográfica de percentual mostra a relação entre a profundidade e a área de uma lagoa. Os valores da variável profundidade são plotados na ordenada negativa e os valores em percentagem da área são plotados na abcissa positiva do gráfico.

3.1.23 Curva hipsográfica relativa

Na curva hipsográfica relativa, os valores de profundidade e de área são plotados em percentagem nos dois eixos do gráfico.

3.1.24 Curva de volume

A curva de volume mostra a relação entre a profundidade e o volume de uma lagoa. Os valores da variável profundidade são plotados na ordenada negativa e os valores de volume são plotados na abcissa positiva do gráfico.

3.1.25 Curva percentual de volume

A curva percentual de volume mostra a relação entre a profundidade e o volume de uma lagoa. Os valores de profundidade são plotados na ordenada negativa e os valores em percentagem de volume são plotados na abcissa positiva do gráfico.

3.1.26 Curva relativa de volume

Na curva relativa de volume, os valores em percentagem de profundidade e de volume são plotados nos dois eixos do gráfico.

3.2 ANÁLISE DOS PARÂMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS DA ÁGUA

Conforme indicado na Figura 1, a coleta de água foi feita em 5 pontos da lagoa. A escolha dos locais de coleta foi feita levando-se em conta a direção predominante do vento (NE), principal função de força ecológica na região, as margens, a região central do corpo hídrico e o local de conexão com a lagoa Marcelino, a qual recebe grande parte do esgoto *in natura* do município de Osório (Quadro 1).

Segundo Schafer (1990), o efluente lançado na lagoa Marcelino pode ser caracterizado como uma mistura de esgoto doméstico e drenagem pluvial. Os impactos dos despejos urbanos se fazem sentir não só na lagoa receptora, mas também nas lagoas com as quais é conectada. Como a lagoa Peixoto é ligada à lagoa Marcelino através de um canal, o despejo de esgoto nesta última poderia influenciar a qualidade ambiental da lagoa em estudo.

| Pontos | Características |
|--------|---|
| 1 | Próximo ao canal de conexão com a Lagoa Marcelino, que recebe grande parte do esgoto <i>in natura</i> da cidade de Osório – RS. |
| 2 | Próximo a campings. |
| 3 | Região central do corpo hídrico. |
| 4 | Ocorrência de muitas macrófitas aquáticas. |
| 5 | Próximo a fazendas e a um canal artificial de ligação entre a Lagoa Peixoto e a Lagoa Pinguela. |

Quadro 1 – Características dos pontos amostrais.

Fonte: Autor, 2013.

Em campo, foram determinados os valores de profundidade da lagoa, transparência, temperatura e pH da água. Para a determinação da transparência foi utilizado um disco de Secchi branco de 30 cm de diâmetro, com fita métrica. Os valores de temperatura e pH da água foram encontrados através de potenciômetro eletrônico, já as profundidades foram obtidas através de cabo graduado associado ao GPS Garmin.

Os parâmetros ambientais analisados neste estudo e seus respectivos métodos de análise estão relacionados no Quadro 2. As análises das variáveis ambientais foram realizadas no laboratório de análises de água do Centro de Ecologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

| Descritor Ambiental | Método de análise | Bibliografia* |
|-----------------------------------|---|-------------------------------|
| Cloreto | Volumetria de precipitação | APHA, 2012 |
| Clorofila a | Espectrofotometria | Golterman <i>et al</i> , 1978 |
| Coliformes totais e <i>E.coli</i> | Substrato enzimático | APHA, 2012 |
| DBO ₅ | Método de Winkler | APHA, 2012 |
| DQO | Dicromatometria com refluxo aberto | APHA, 2012 |
| Dureza | Complexometria com EDTA | APHA, 2012 |
| Fósforo total | Absorciometria com redução do ácido ascórbico | APHA, 2012 |
| Nitrato | Nesslerização / Kjeldahl com Nesslerização | APHA, 2012 |
| Nitrito | Absorciometria da Sulfanilamida | APHA, 2012 |
| Nitrogênio amoniacal | | APHA, 2012 |
| Nitrogênio total | Kjeldahl/Nesslerização | APHA, 2012 |
| Ortofosfato | Absorciometria com redução do ácido ascórbico | APHA, 2012 |
| Oxigênio dissolvido | Método de Winkler | APHA, 2012 |
| Sólidos totais | Gravimetria- secagem à 105°C | APHA, 2012 |
| Sulfato | Turbidimetria | APHA, 2012 |
| Turbidez | Nefelometria | APHA, 2012 |

Quadro 2 – Parâmetros ambientais analisados neste estudo e seus respectivos métodos de análise.

*Nota: fonte citada para cada método de análise.

Em seguida, foi feita a análise das variáveis ambientais através dos resultados obtidos neste trabalho e de sua comparação com estudos prévios realizados na Lagoa Peixoto, com objetivo de avaliar a evolução da qualidade da água da mesma. Para a análise da variação temporal foram utilizados dados de março do ano de 1990 de Schäfer (1990), de janeiro de

1995 de Salomoni (1997) e de janeiro de 1997 de Pedrozo (2000). Gráficos foram gerados para cada parâmetro ambiental a fim de facilitar a interpretação da análise. As diferentes cores das colunas de cada gráfico representam cada um dos 5 pontos amostrados, sendo que cada cor está relacionada ao mesmo ponto de coleta nos estudos atual e anteriores.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O vento é a principal função de força ecológica na região de estudo. No momento da coleta das amostras de água da Lagoa Peixoto para análise, o vento Nordeste se mostrou predominante. Os resultados deste trabalho foram obtidos através da caracterização morfométrica e da análise da qualidade da água da lagoa em estudo.

4.1 CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA LAGOA PEIXOTO

A partir do mapa batimétrico resultante deste estudo (Figura 4), os dados morfométricos foram gerados e analisados (Tabelas 1 e 2).

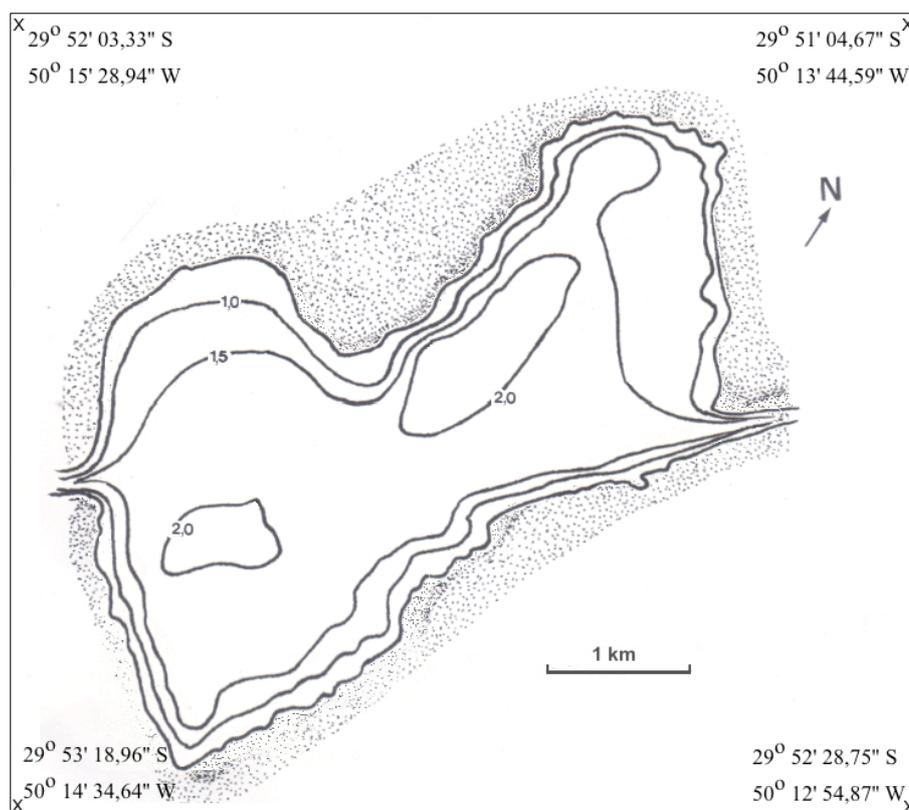


Figura 4 – Mapa Batimétrico da Lagoa Peixoto, com curvas isóbaras em metros.
Fonte: Autor, 2013.

Os resultados obtidos para os diferentes parâmetros morfométricos mostram que a lagoa Peixoto possui baixos valores de profundidade, perímetro de 8,4 km, área de 2,44 km² e volume total de 0,0035446 km³.

Tabela 1 – Profundidade (m), perímetro (km), área (km²), volume (km³) e declividade (%) resultantes das medidas das curvas de isovalores do levantamento batimétrico da Lagoa Peixoto.

| Profundidade (m) | Perímetro (km) | Área (km ²) | Volume (km ³) | Declividade (%) |
|------------------|----------------|-------------------------|---------------------------|-----------------|
| 0 | 8,4 | 2,44 | | |
| 1,0 | 7,4 | 2,05 | 0,0022428 | 2,01 |
| 1,5 | 7 | 1,45 | 0,0008728 | 0,60 |
| 2,0 | 2,8 | 0,23 | 0,0004177 | 0,20 |
| 2,1 | 0 | 0 | 0,0000113 | 0,06 |

Fonte: Autor, 2013.

Ao comparar o mapa batimétrico deste estudo com o feito por Machado (2000) foi possível perceber o aumento da área da curva de isovalor de 2,0 metros, que passou de 0,07 km² para 0,23 km². Além disso, a área da curva 1,5 também sofreu aumento, de 1,18 para 1,45 km², já as curvas 1,0 e zero tiveram suas áreas reduzidas, de 2,24 para 2,05 km² e de 2,61 para 2,44 km², respectivamente.

O relevo de fundo do corpo hídrico, evidenciado no mapa batimétrico, apresenta maior inclinação entre as curvas de isovalores zero e 1 metro (2,01%) e torna-se gradativamente mais suave até a profundidade máxima encontrada (2,10 metros). Esta característica poderia indicar um carreamento de material em direção preferencial ao fundo da lagoa.

Tabela 2. Resultados dos parâmetros morfométricos deste estudo e os encontrados por Machado (2000).

| Parâmetros | Resultado atual | Resultado de Machado (2000) |
|---------------------------|-----------------|-----------------------------|
| Dmax (m) | 2,10 | 2,10 |
| Dmed (m) | 1,45 | 1,38 |
| D ₅₀ (m) | 1,59 | 1,44 |
| D ₂₅ (m) | 1,84 | 1,74 |
| D ₇₅ (m) | 1,18 | 1,14 |
| Dr (%) | 0,12 | 0,12 |
| F | 1,52 | 1,83 |
| Lmax (Km) | 2,84 | 2,86 |
| Le (km) | 2,84 | 2,86 |
| Bmax (km) | 1,44 | 1,40 |
| Be (km) | 1,44 | 1,70 |
| Bmed (km) | 0,86 | 0,91 |
| Volume (km ³) | 0,0035446 | 0,0035954 |
| Desenvolvimento do volume | 2,07 | |
| Rugosidade de fundo | 3,71 | 4,76 |
| Rugosidade de forma | 3,78 | 3,78 |
| Declive Médio | 0,43 | 0,42 |

Fonte: Autor, 2013.

O pequeno volume de água e o reduzido valor de profundidade relativa (0,12%) torna a lagoa Peixoto mais sensível à ação do vento, elevando os valores de turbidez e as concentrações de oxigênio dissolvido e material em suspensão, o que afeta as comunidades aquáticas. De acordo com Sperling (1997), esta mistura pode ser considerada um aspecto positivo para o caso de ambientes que recebem influência de lançamentos de efluentes líquidos, como é o caso da Lagoa Peixoto.

O índice de desenvolvimento de praia (F) ilustra a relação entre o comprimento da linha de praia e o comprimento da circunferência de um círculo com área igual ao do lago. Uma bacia circular perfeita tem valor de F igual a 1, já bacias irregulares tem valores mais elevados de F ($F > 3,0$). Segundo Håkanson (1981), um lago com fundo irregular, ou alta rugosidade de fundo, também possui uma linha de praia irregular, evidenciando a alta correlação entre estes parâmetros. Além disso, este autor também afirma que corpos hídricos com altos valores de F tendem a apresentar comunidades litorâneas bem desenvolvidas, sendo menos vulneráveis à eutrofização. Desta forma, o valor de F de 1,52 e o valor 3,71 de rugosidade de fundo encontrados para a lagoa Peixoto mostram que esta se apresenta com fundo e linha de praia pouco irregulares. No entanto, o valor de F sofreu redução de 1,83, verificado por Machado (2000), para 1,52 na Lagoa Peixoto, indicando que a linha de praia passou a ser mais regular e a apresentar uma maior vulnerabilidade à eutrofização. Este parâmetro pode ser utilizado para avaliar o grau de diversidade dos ambientes, relacionando o perímetro de uma área com o índice de bordas.

O índice de desenvolvimento de volume representa a forma da bacia de acumulação. Assim, lagoas com valores deste índice próximos a 1 tendem a possuir bacias de forma cônica. Já lagoas com índice de desenvolvimento de volume próximo a 2, como é o caso da Lagoa Peixoto, apresentam formato côncavo de bacia. De acordo com Barbanti (1985), lagoas com este tipo de bacia são menos influenciadas pelos processos de erosão e sedimentação em relação a lagoas com forma do fundo convexo.

O mapa de *fetch* efetivo foi feito para o vento de direção Sul (Figura 5), secundário na região, com objetivo de se obter mais uma ferramenta de conhecimento sobre a Lagoa Peixoto, já que o mapa de *fetch* para o vento Nordeste (Figura 6), principal na região, é conhecido (MACHADO, 2000). O *fetch* representa a extensão da pista de lâmina d'água oferecida para a atuação do vento. Desta forma, valores mais altos indicam maior extensão de pista oferecida ao vento e, conseqüentemente, há maior turbulência nas camadas superficiais da água que transmitem a energia para as camadas mais profundas do corpo hídrico.

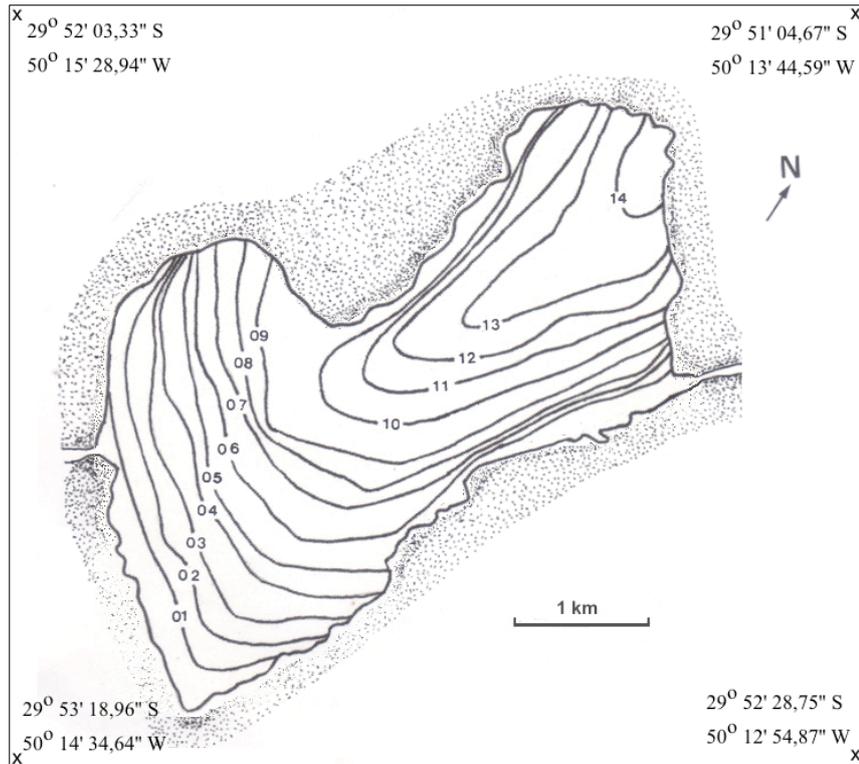


Figura 5 – Mapa de *fetch* efetivo da Lagoa Peixoto para o vento SUL, com curvas de isovalores em km.

Fonte: Autor, 2013.

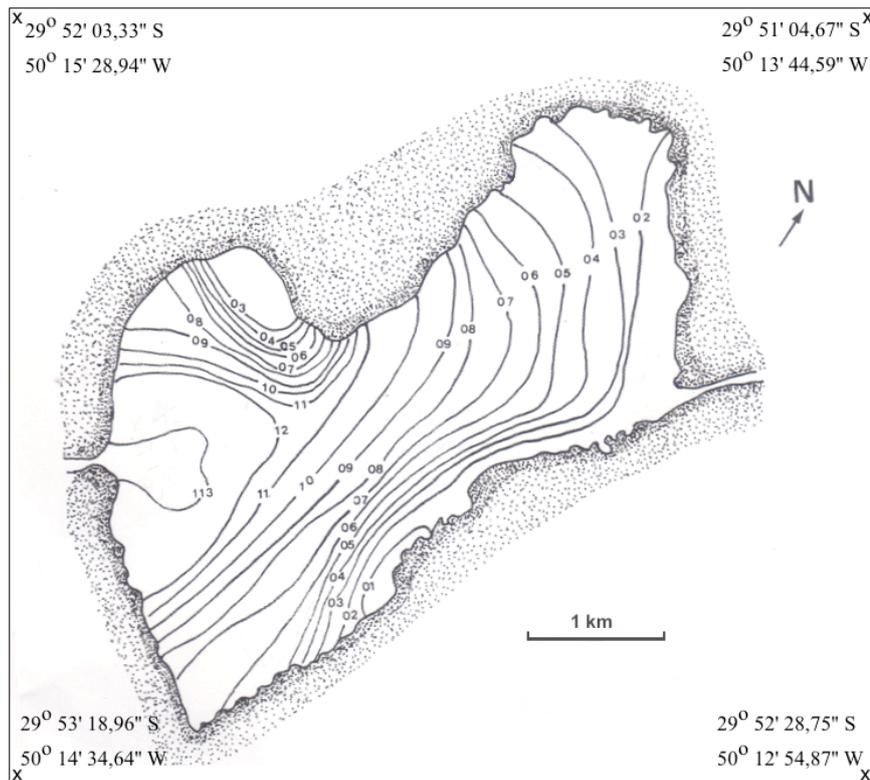


Figura 6 – Mapa de *fetch* efetivo da Lagoa Peixoto para o vento NE, com curvas de isovalores em km.

Fonte: Machado, 2000.

Através da análise dos dois mapas de *fetch* efetivo, é possível inferir que a região central da Lagoa Peixoto é sempre afetada por altos valores de *fetch*, já que tanto ao vento Nordeste como ao vento Sul são oferecidas grandes extensões de pista de lâmina d'água. Sendo assim, esta região sofre com mistura das massas de água com ambas as direções de vento, influenciando constantemente a qualidade da água e as comunidades aquáticas através da dispersão de nutrientes e sedimento, além do aumento de turbidez e homogeneização da temperatura.

Quando o vento predominante é o Nordeste, a região mais afetada da lagoa está na margem próxima ao canal de conexão com a Lagoa Marcelino, situação esta encontrada no momento em que foram coletadas as amostras de água para este estudo. Porém, quando o vento predominante é o Sul, a região mais afetada passa a ser a margem norte da lagoa.

As curvas descritivas para a Lagoa Peixoto estão apresentadas da Figura 7 à 12. Elas apresentam informações importantes no contexto espacial, permitindo que as relações entre as áreas e os volumes com as respectivas profundidades sejam conhecidas. Tais relações são essenciais para o conhecimento morfométrico de corpos hídricos.

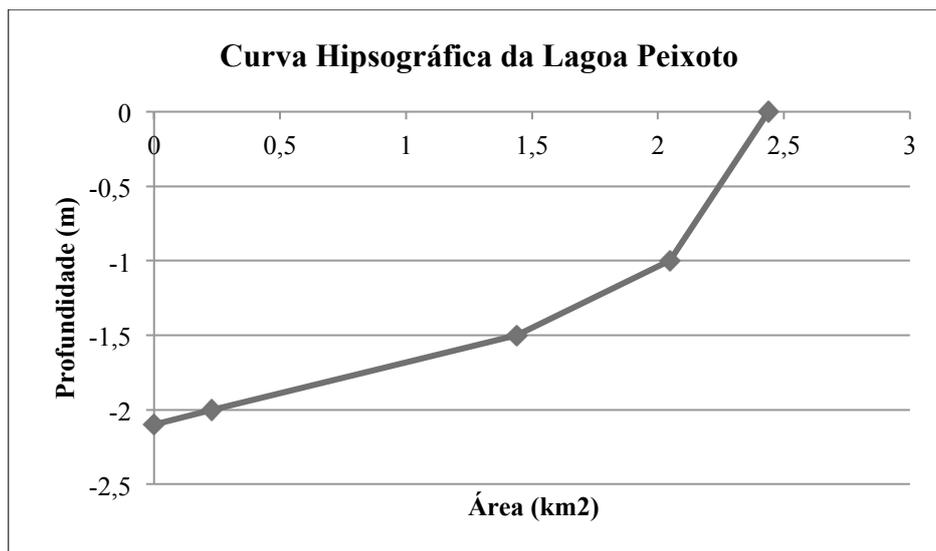


Figura 7 – Curva hipsográfica da Lagoa Peixoto.
Fonte: Autor, 2013.

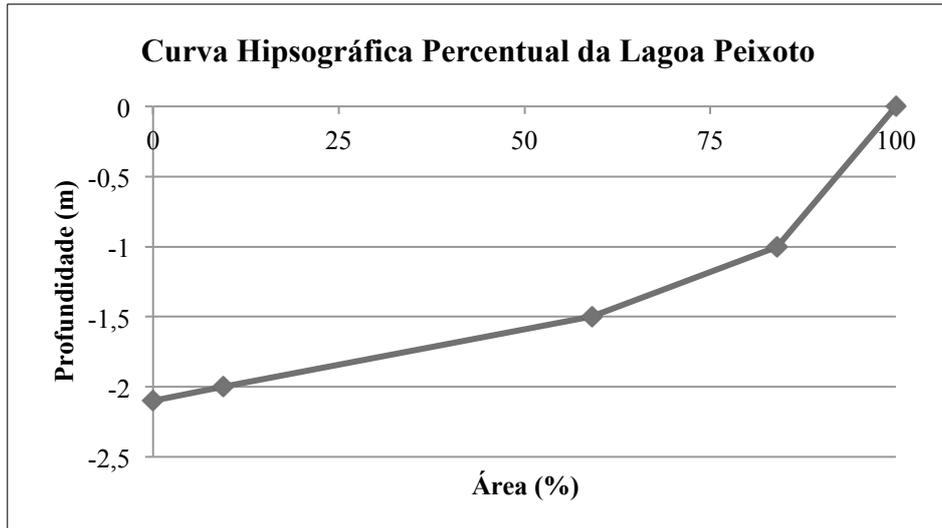


Figura 8 – Curva hipsográfica percentual da Lagoa Peixoto.
Fonte: Autor, 2013.

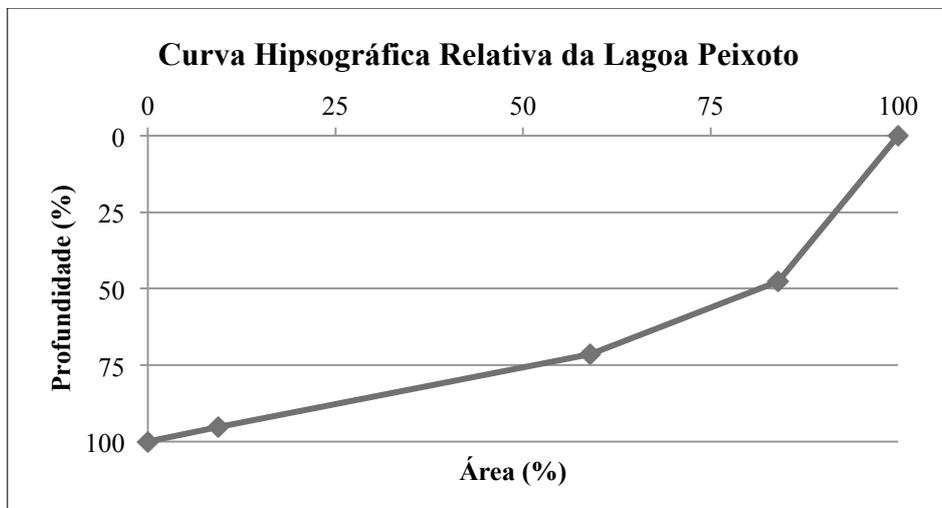


Figura 9 – Curva hipsográfica relativa da Lagoa Peixoto.
Fonte: Autor, 2013.

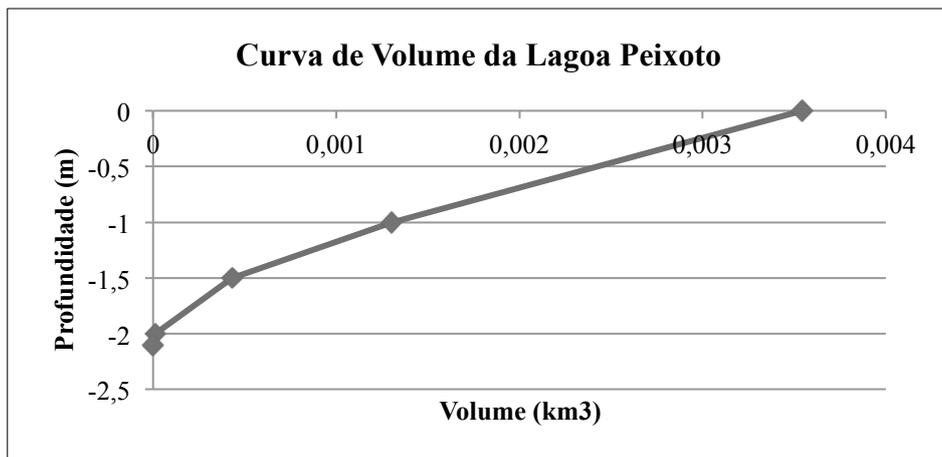


Figura 10 – Curva de volume da Lagoa Peixoto.
Fonte: Autor, 2013.

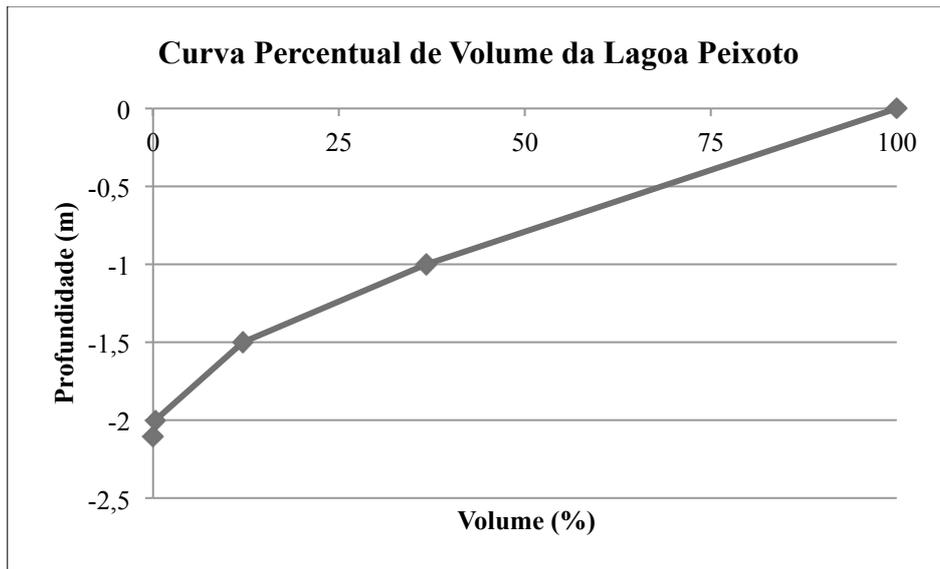


Figura 11 – Curva percentual de volume da Lagoa Peixoto.
Fonte: Autor, 2013.

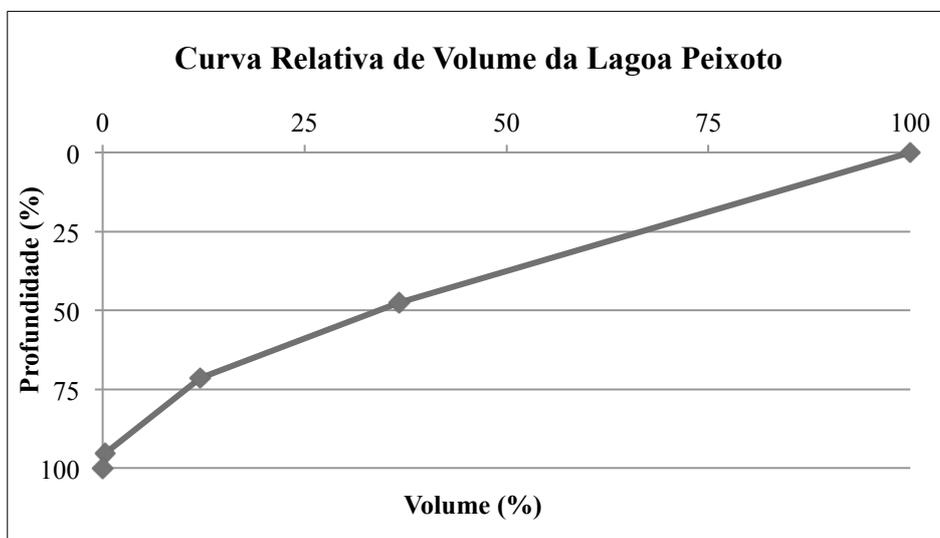


Figura 12 – Curva relativa de volume da Lagoa Peixoto.
Fonte: Autor, 2013.

4.2 ANÁLISE DOS PARÂMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS DA ÁGUA

Os resultados encontrados para os descritores ambientais analisados neste estudo estão relacionados na Tabela 3.

Tabela 3 – Resultados das análises dos parâmetros ambientais relativos à qualidade da água da Lagoa Peixoto em dezembro de 2012

| Análise | Ponto 1 | Ponto 2 | Ponto 3 | Ponto 4 | Ponto 5 |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|
| Temperatura da água (°C) | 28,0 | 27,2 | 27,5 | 28,9 | 28,1 |
| Sólidos Totais (mg/L) | 176 | 135 | 174 | 144 | 84 |
| Turbidez (NTU) | 53,6 | 46,1 | 53,3 | 40,8 | 52,7 |
| Transparência Secchi (m) | 0,21 | 0,20 | 0,21 | 0,20 | 0,2 |
| Clorofila <i>a</i> (µg/L) | 84,3 | 32,4 | 34,2 | 26,7 | 33,7 |
| Oxigênio Dissolvido (mg/L) | 14,0 | 7,0 | 6,4 | 9,0 | 9,0 |
| DBO ₅ (mg/L O ₂) | 11,4 | 4,6 | 4,1 | 5,2 | 6,6 |
| DQO (mg/L O ₂) | 83,2 | 58,4 | 61,2 | 56,8 | 65,2 |
| pH | 8,0 | 7,9 | 7,3 | 7,1 | 7,5 |
| Cloretos (mg/L) | 30,0 | 30,0 | 28,5 | 31,5 | 28,0 |
| Dureza (mg/L CaCO ₃) | 40 | 35 | 36 | 34 | 35 |
| Nitrato (mg/L) | 2,240 | 2,080 | 2,090 | 1,841 | 2,052 |
| Nitrito (mg/L) | 0,041 | 0,019 | 0,020 | 0,018 | 0,020 |
| Nitrogênio Amoniacal (mg/L) | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| Nitrogênio Total (mg/L) | 4,6 | 2,9 | 3,3 | 1,9 | 1,9 |
| Fósforo Total (mg/L) | 0,495 | 0,323 | 0,322 | 0,270 | 0,321 |
| Ortofosfato (mg/L) | 0,246 | 0,169 | 0,150 | 0,125 | 0,177 |
| Sulfato (mg/L) | 4,52 | 4,04 | 4,05 | 4,18 | 4,13 |
| Colifomes Totais (colônias/100 mL) | 33 | 5 | <1,8 | 2 | 170 |
| Coliformes Fecais (colônias/100 mL) | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | 160 |

Fonte: Autor, 2013.

4.2.1 Temperatura

Os valores de temperatura encontrados neste estudo e nos anteriores estão apresentados na Figura 13. No presente trabalho, a temperatura da água variou de 27,2°C a 28,9°C ao longo dos cinco pontos amostrados. Segundo Schwarzbold (1982), as lagoas do litoral do Rio Grande do Sul não apresentam estratificação térmica devido à constante circulação da massa de água gerada pelo vento, resultando em um regime de isoterma vertical. Desta forma, as baixas profundidades e os altos valores de *fetch* verificados para a Lagoa Peixoto permitem que o vento gere movimentação das massas de água, resultando na homogeneização da temperatura na coluna d'água.

A diferença dos valores de temperatura observada na análise temporal pode ter sido consequência da influência do horário e da condição meteorológica do dia das respectivas coletas.

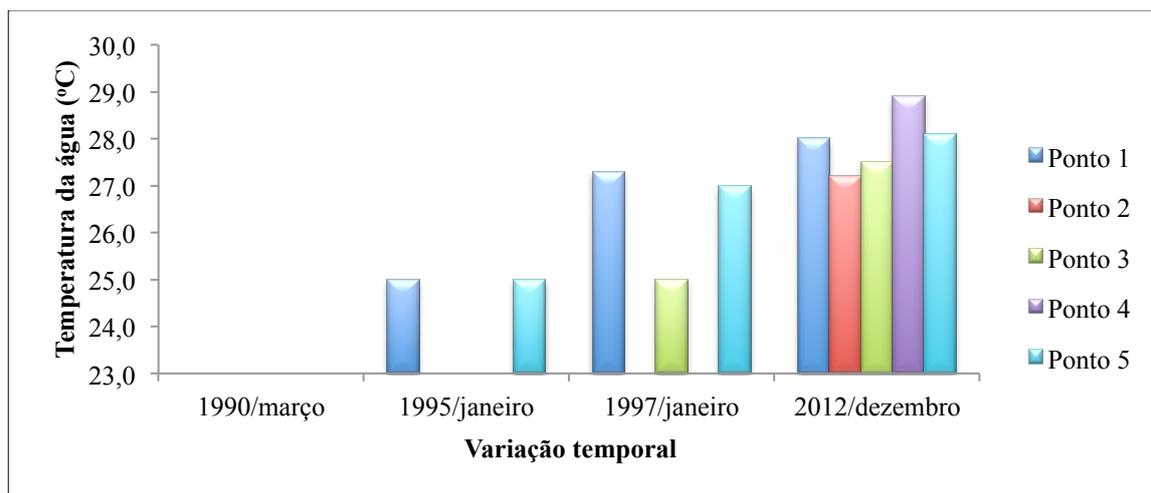


Figura 13 – Variação temporal e espacial dos valores de temperatura da água (°C) da Lagoa Peixoto. Fonte: dados de Salomoni (1997), Pedrozo (2000) e Autor (2013).

4.2.2 Sólidos Totais

A concentração de sólidos totais neste estudo sofreu grande variação. O menor valor foi encontrado no ponto 5, com 84 mg/L, e o maior valor foi verificado para o ponto 1, com 176 mg/L (Figura 14).

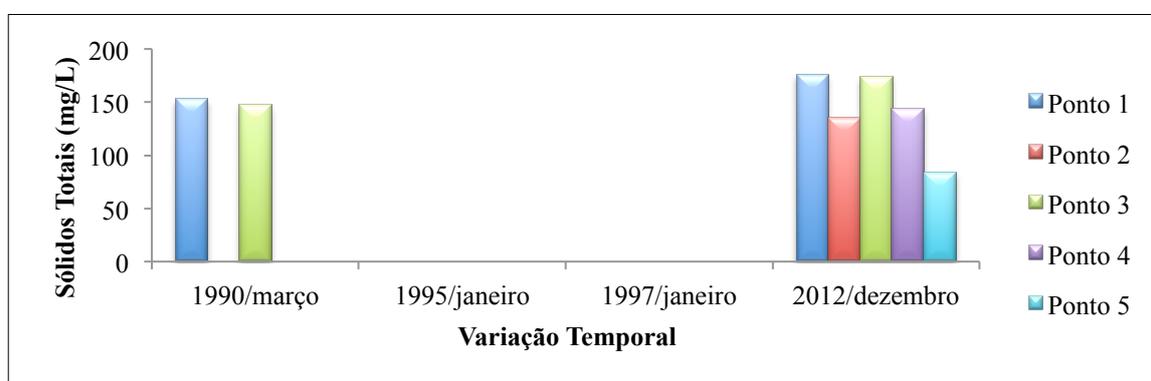


Figura 14 – Variação temporal e espacial dos valores de sólidos totais (mg/L) na Lagoa Peixoto. Fonte: dados de Schäfer (1990) e Autor (2013).

Os sólidos totais são constituídos de sais dissolvidos e de substâncias particuladas em suspensão. O aporte de esgotos domésticos aumenta a concentração destas substâncias nos corpos hídricos. Contudo, as características morfológicas das lagoas de Osório e o efeito dos ventos diminuem o valor indicativo desta variável (SCHÄFER, 1990). Desta forma, o alto

valor de sólidos totais encontrado no ponto 1 pode ser justificado pelo contínuo despejo de esgoto na Lagoa Marcelino, que tem seus efeitos sentidos na lagoa Peixoto a partir deste ponto. Conforme aumenta a distância da Lagoa Marcelino, é possível verificar uma diminuição da concentração de sólidos totais na lagoa em estudo (176 mg/L no ponto 1, 174 mg/L no ponto 3 e 84 mg/L no ponto 5), indicando a capacidade de depuração da Lagoa Peixoto e a influência que o lançamento de esgoto tem neste corpo hídrico. No entanto, este comportamento de redução da concentração de sólidos também pode ser explicado pelos valores de *fetch* para o vento Nordeste da lagoa em estudo. A margem próxima ao canal de conexão com a Lagoa Marcelino é a região mais afetada pelo vento NE, gerando, conseqüentemente, uma maior ressuspensão de sedimentos nesta área, o que explicaria o alto valor de sólidos totais para este local. À medida que se distancia da Lagoa Marcelino, as áreas são menos afetadas pelo vento NE, ocasionando uma ressuspensão de sedimentos menos intensa, justificando a diminuição gradativa da concentração de sólidos totais nesta região

O leve aumento dos valores de sólidos totais observado nos pontos 1 e 3, ao comparar este trabalho com o feito por Schäfer (1990), pode ser decorrente tanto do constante aporte de esgoto na lagoa Marcelino como pela variação natural deste parâmetro causada pelos efeitos dos ventos.

O valor máximo encontrado de sólidos totais foi de 176 mg.L^{-1} , se enquadrando dentro da classificação de águas de classe I da resolução CONAMA n° 357/2005, na qual o valor máximo de sólidos totais para a classe é de 500 mg.L^{-1} .

4.2.3 Turbidez

Conforme a Figura 15, a turbidez neste corpo hídrico variou de 40,80 NTU a 53,60 NTU, nos pontos 4 e 1, respectivamente.

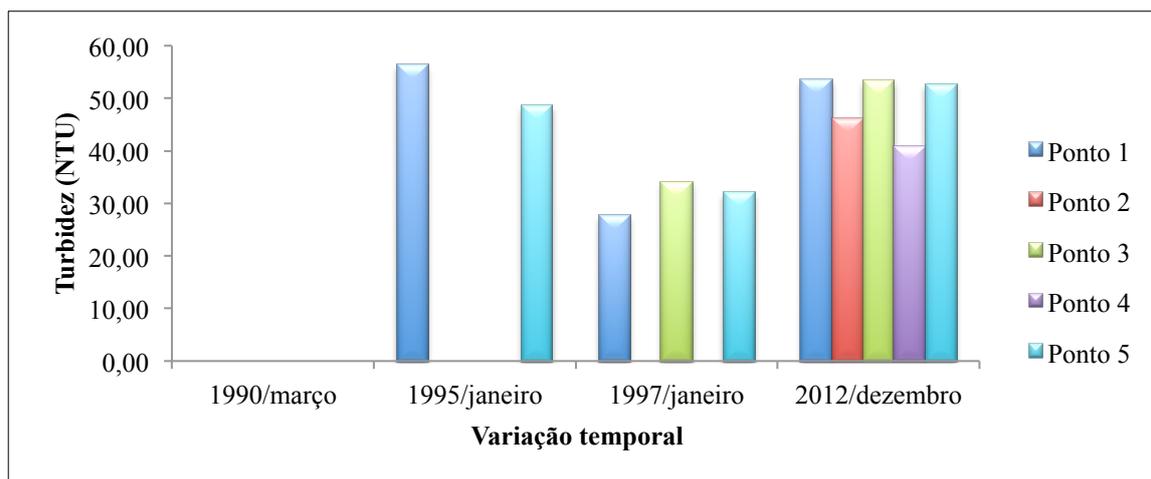


Figura 15 – Variação temporal e espacial dos valores de turbidez (NTU) na Lagoa Peixoto.
Fonte: dados de Salomoni (1997), Pedrozo (2000) e Autor (2013).

Segundo Esteves (2011), os principais fatores responsáveis pela turbidez da água são as partículas suspensas, como bactérias, fitoplâncton, detritos orgânicos e inorgânicos, e em menor proporção os compostos dissolvidos.

O vento é um importante fator para a determinação das condições limnológicas das lagoas costeiras e causa a ressuspensão de sedimentos e de nutrientes para a coluna d'água, resultando em altos valores de turbidez (PEDROZO, 2000). Além disso, ao provocar a circulação e a mistura das massas de água, o vento também promove a oxidação das camadas mais próximas do fundo e torna a temperatura homogênea ao longo da coluna d'água.

Os maiores valores de turbidez, observados nos pontos 1 (53,60 NTU) e 3 (53,30 NTU), podem ser explicados pelo alto valor de *fetch* efetivo nessas áreas, já que a ressuspensão de sedimentos e nutrientes ocorre com maior intensidade pela influência do vento nestes pontos associado às baixas profundidades.

Os valores de turbidez encontrados nos estudos feitos na lagoa Peixoto dependem principalmente do vento, principal função de força ecológica da região. Desta forma, a variação temporal da turbidez está relacionada com a variação da velocidade, direção e pista oferecida de vento na região, não estando relacionada necessariamente com a evolução do grau de eutrofização da lagoa em questão.

Todos os valores de turbidez encontrados se enquadram na categoria águas de classe II da resolução CONAMA n° 357/2005, com valor máximo estabelecido para a classe de 100 NTU.

4.2.4 Transparência Secchi

Os valores encontrados de transparência Secchi foram muito similares em todos os pontos amostrados na lagoa Peixoto (Figura 16).

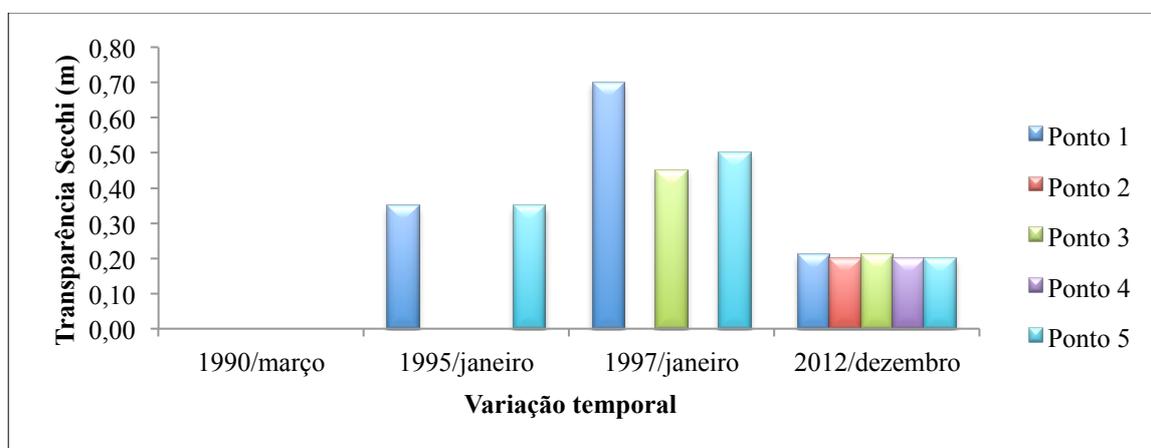


Figura 16 – Variação temporal e espacial dos valores de transparência Secchi (m) na Lagoa Peixoto. Fonte: dados de Salomoni (1997), Pedrozo (2000) e Autor (2013).

De acordo com Esteves (2011), a transparência da água pode ser considerada o oposto da turbidez sob o ponto de vista ótico. Como os resultados de turbidez foram elevados nos locais amostrados, a concentração de material ressuspenso na coluna d'água poderia explicar os baixos valores de transparência encontrados.

A baixa transparência observada neste estudo comparada ao resultados de estudos anteriores deve-se principalmente à variação da ação do vento, situação já explicada para o fator turbidez.

4.2.5 Clorofila *a*

Os valores de clorofila *a* encontrados variaram de 26,70 µg/L, no ponto 4, até 84,30 µg/L, no ponto 1 (Figura 17).

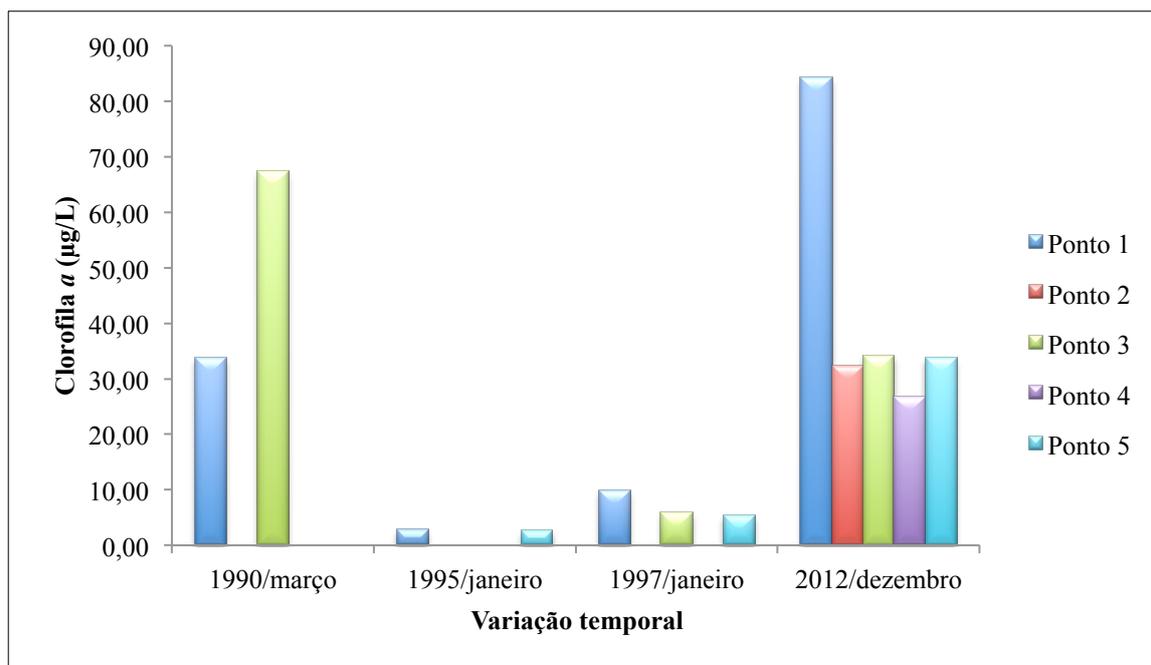


Figura 17 – Variação temporal e espacial das concentrações de clorofila *a* ($\mu\text{g/L}$) na Lagoa Peixoto. Fonte: dados de Schäfer (1990), Salomoni (1997), Pedrozo (2000) e Autor (2013).

Segundo Schäfer (1990), minerais nutritivos para as algas, principalmente compostos de nitrogênio e de fósforo, são produzidos através da decomposição bacteriana de substâncias biodegradáveis. Assim, quando há poluição orgânica influenciando um corpo hídrico, há muito nutriente disponível, gerando um crescimento maciço do fitoplâncton, detectado por elevados valores de oxigênio dissolvido e de clorofila *a* na água.

Este processo pode ser verificado para a Lagoa Peixoto, através do alto valor de clorofila *a* ($84,30 \mu\text{g/L}$) observado no ponto 1, local próximo ao canal de conexão com a Lagoa Marcelino, a qual recebe grande parte do esgoto *in natura* da cidade de Osório. A alta concentração de oxigênio dissolvido ($14,00 \text{ mg/L}$) no mesmo ponto dá suporte a este processo, já que ocorre a elevação da taxa de fotossíntese pelo aumento da concentração de clorofila *a* (Figura 18).

De acordo com a resolução CONAMA n° 357/2005, os valores máximos permitidos de clorofila *a* são $10 \mu\text{g/L}$, $30 \mu\text{g/L}$ e $60 \mu\text{g/L}$ para águas de classes I, II e III, respectivamente. Nenhum valor encontrado se classifica dentro de águas de classe I e somente o valor de clorofila *a* encontrado no ponto 4 se enquadra na categoria de águas de classe II. Os valores de clorofila dos pontos 2, 3 e 5 se enquadram como águas de classe III, já o encontrado no ponto 1 ($84,30 \mu\text{g/L}$) está acima dos limites estabelecidos.

A partir da Figura 17, observa-se a elevação da concentração de clorofila *a* ao longo do tempo neste corpo hídrico, podendo esta ser uma evidência do esgotamento da capacidade suporte da lagoa Peixoto.

4.2.6 Oxigênio Dissolvido

Segundo Schäfer (1990), a fotossíntese e os processos de difusão com a atmosfera representam a parte positiva no balanço de oxigênio dissolvido em um lago. Já a parte negativa envolve os processos do consumo pelas comunidades animais e dos decompositores de matéria orgânica.

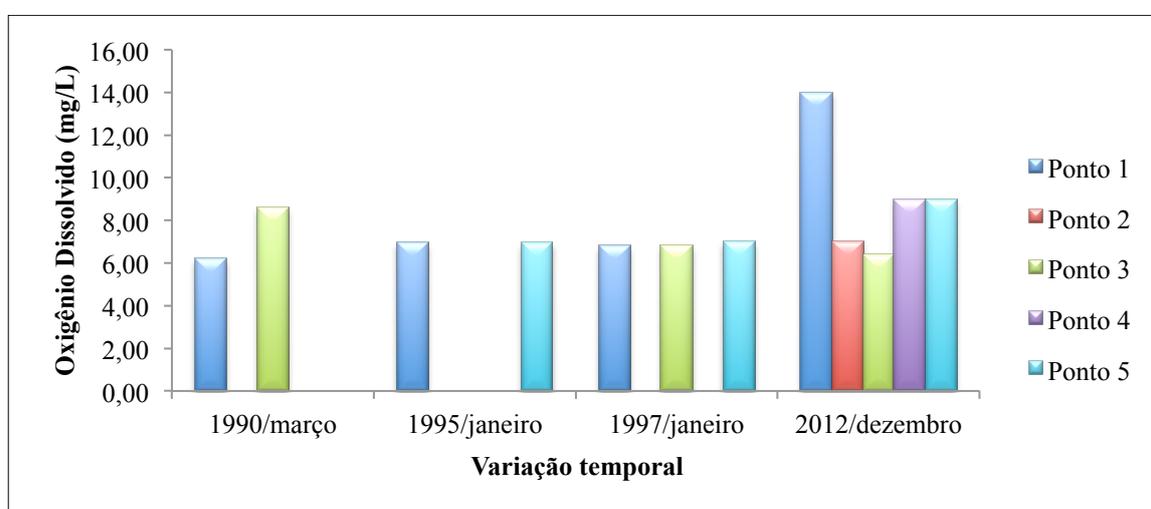


Figura 18 – Variação temporal e espacial das concentrações de oxigênio dissolvido (mg/L) na Lagoa Peixoto. Fonte: dados de Schäfer (1990), Salomoni (1997), Pedrozo (2000) e Autor (2013).

A concentração de oxigênio dissolvido sofreu grande variação entre os pontos amostrados (Figura 18). No ponto 3 foi encontrado o menor valor (6,40 mg/L) e no ponto 1, próximo ao canal de conexão com a Lagoa Marcelino, foi encontrado o maior valor (14,00 mg/L). Esta variação da concentração de oxigênio dissolvido entre os pontos amostrados segue relativamente a mesma variação observada para os valores encontrados de clorofila *a*.

De acordo com o mesmo autor citado acima, corpos hídricos com forte circulação das massas d'água às vezes não apresentam uma diminuição acentuada da concentração de oxigênio dissolvido. Desta forma, a diminuição desta concentração decorrente da decomposição da matéria orgânica – neste caso, o despejo de esgoto – é mascarada pela

recomposição de oxigênio oriundo da atmosfera, fato este que pode ser sustentado pelo alto valor de *fetch* efetivo localizado no ponto 1 para vento de Nordeste. Além disso, a grande quantidade de nutrientes vindos do despejo de esgoto permitiu que se desenvolvesse uma grande biomassa de fitoplâncton, detectado pelos altos valores de clorofila *a*. Desta forma, os elevados valores de oxigênio dissolvido detectados também podem ter sido consequência da fotossíntese realizada por estes organismos.

O aumento da concentração de oxigênio dissolvido na Lagoa Peixoto observado ao longo do tempo pode ter decorrido do contínuo lançamento de esgoto na Lagoa Marcelino. A variação temporal deste parâmetro possivelmente pode estar relacionada com o impacto à capacidade de suporte do sistema devido ao recebimento contínuo de esgoto doméstico sem tratamento, oriundo da cidade de Osório. Os altos índices observados de clorofila *a* e de oxigênio dissolvido dão base a esta teoria.

Todos os valores de oxigênio dissolvido encontrados nos 5 pontos amostrais se enquadram na categoria de águas de classe I da resolução CONAMA n° 357/2005, que estabelece um mínimo de 6 mg/L de O₂ para a categoria.

4.2.7 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅)

A DBO₅ de uma água é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável. Os maiores aumentos de DBO num corpo d'água são provocados por despejos de origem predominantemente orgânica. Um elevado valor da DBO pode indicar um incremento da microflora presente e interferir no equilíbrio da vida aquática, além de produzir sabores e odores desagradáveis (CETESB, 2001).

Os valores de DBO encontrados no corpo hídrico em estudo variaram de 4,10 a 11,40 mg/L de O₂ nos pontos 3 e 1, respectivamente (Figura 19).

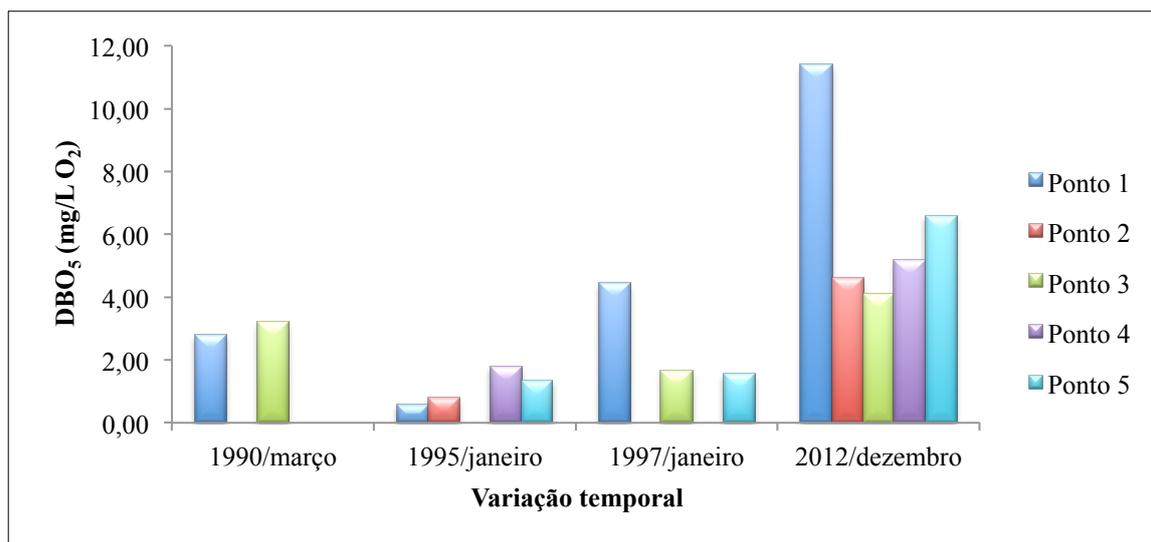


Figura 19 – Variação temporal e espacial dos valores de DBO_5 (mg/L O_2) na Lagoa Peixoto.
Fonte: dados de Schäfer (1990), Salomoni (1997), Pedrozo (2000) e Autor (2013).

Devido à influência na lagoa Peixoto do lançamento de esgoto da cidade de Osório, muita matéria orgânica está disponível para decomposição microbiana, fazendo com que a taxa da DBO se eleve consideravelmente. Este fato pode ser observado pelo resultado obtido no ponto 1, local próximo ao canal de conexão com a lagoa Marcelino e com maior valor de DBO, atingindo o valor extremo de 11,40 mg/L de O_2 .

É notável o aumento da taxa de DBO ao longo do tempo na lagoa Peixoto. O valor máximo de DBO encontrado nos estudos anteriores foi de 4,44 mg/L de O_2 , em 1997 por Pedrozo (2000), no ponto 1. Este resultado é equivalente aos menores valores encontrados nos pontos 2 (4,60 mg/L O_2) e 3 (4,10 mg/L O_2) para o presente estudo. Estes dados corroboram a ideia de que a causa deste aumento é o contínuo despejo de esgoto na lagoa adjacente, cujo contato com a Lagoa Peixoto se dá através de um canal que encontra primeiramente o ponto 1 deste estudo. Assim, o acúmulo de matéria orgânica no sistema lacustre faz com que ocorra o consequente aumento da taxa de DBO para sua decomposição, situação extrema observada no ponto 1, onde ocorre a entrada de material proveniente da lagoa Marcelino.

Os valores de DBO encontrados nos pontos 2 e 3 estão dentro do valor máximo estabelecido para águas de classe II (até 5 mg/L de O_2). Os valores observados nos pontos 4 e 5 se enquadram na categoria de águas de classe III (até 10 mg/L de O_2). Já o valor de DBO 11,40 mg/L de O_2 encontrado no ponto 1 ultrapassa os limites estabelecidos na resolução CONAMA nº 357/2005.

4.2.8 Demanda Química de Oxigênio (DQO)

A DQO é a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica de uma amostra por meio de um agente químico. Este parâmetro é muito útil quando utilizado conjuntamente com a DBO para observar a biodegradabilidade de despejos (CETESB, 2001). Segundo Pedrozo (2000), geralmente há uma estreita correlação entre a quantidade de substâncias orgânicas oxidáveis e a porção biodegradável dessas substâncias em esgotos cloacais.

Neste estudo, os valores de DQO variaram bastante entre os pontos amostrados (Figura 20). O menor valor foi verificado para o ponto 4 com 56,80 mg/L O₂ e o maior valor constatado foi 83,20 mg/L O₂ para o ponto 1.

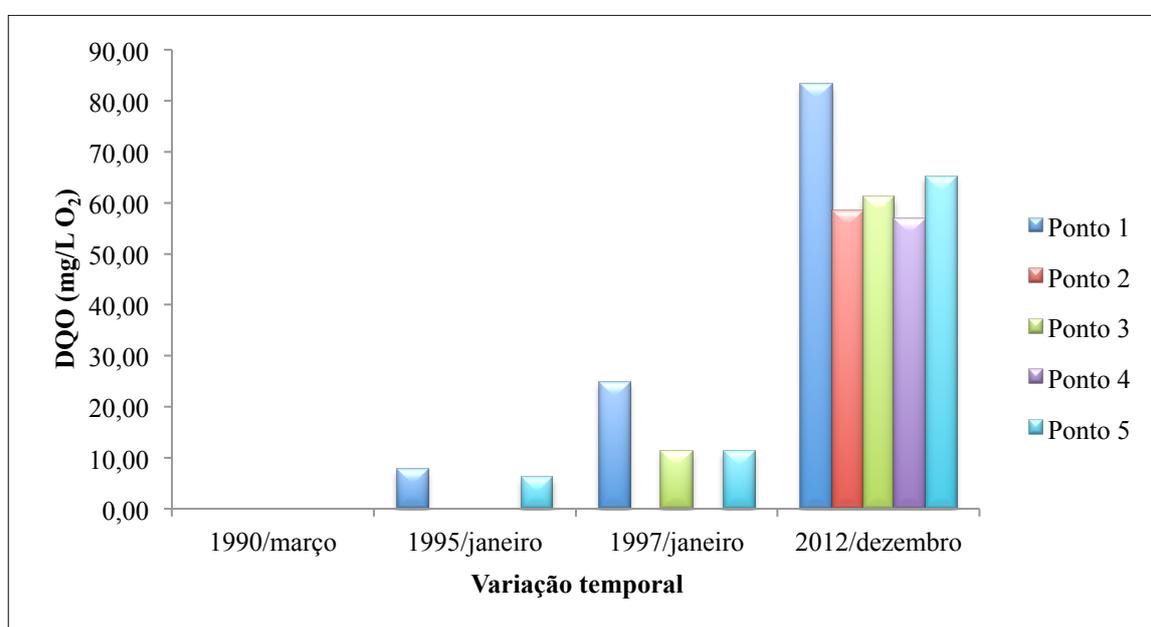


Figura 20 – Variação temporal e espacial dos valores de DQO (mg/L O₂) na Lagoa Peixoto.
Fonte: dados de Salomoni (1997), Pedrozo (2000) e Autor (2013).

Ao se comparar os resultados de DBO com os de DQO, é possível verificar que ambos possuem aproximadamente o mesmo comportamento de variação entre os pontos. De acordo com CETESB (2001), como na DBO mede-se apenas a fração biodegradável, quanto mais este valor se aproximar da DQO, mais biodegradável será o efluente. Contudo, é possível constatar que a concentração da fração biodegradável é muito menor do que a fração oxidável total presente na amostra, indicando que o esgoto e quaisquer outras substâncias lançadas e que afetam a lagoa Peixoto não são apenas de origem doméstica.

O ponto 1 apresenta os maiores valores detectados para os dois parâmetros em todos os trabalhos feitos na lagoa, por estar próximo ao canal de conexão com a lagoa Marcelino Ramos. Os demais pontos possuem valores mais baixos de DQO quando comparados ao ponto 1, mas ainda assim são muito mais elevados do que o máximo registrado desde 1995. Mais uma vez é demonstrado o impacto causado por efluentes lançados no sistema lacustre, representando o esgotamento da capacidade suporte da lagoa em estudo.

4.2.9 Potencial Hidrogeniônico (pH)

Neste estudo, os valores de pH encontrados variaram de 7,1, no ponto 4, até 8,0, no ponto 1 (Figura 21).

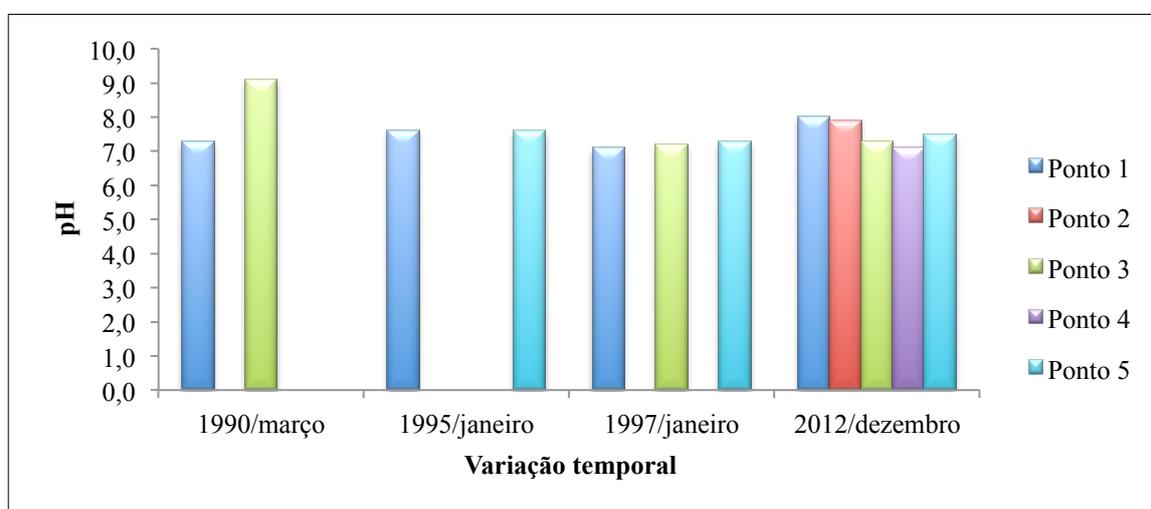


Figura 21 – Variação temporal e espacial dos valores de pH na Lagoa Peixoto.
Fonte: dados de Schäfer (1990), Salomoni (1997), Pedrozo (2000) e Autor (2013).

O pH é um parâmetro que influencia diretamente os ecossistemas aquáticos, com efeitos diversos sobre a fisiologia dos organismos. Normalmente, a condição de neutralidade de pH é a mais propícia para a formação de um ecossistema mais diversificado (CETESB, 2001). A resolução CONAMA n° 357 de 2005 define que os valores de pH da água para a proteção da vida aquática devem estar entre 6,0 e 9,0. Desta forma, todos os valores de pH encontrados neste estudo estão dentro do intervalo estabelecido, indicando boa qualidade ambiental da Lagoa Peixoto para este parâmetro.

Todos os resultados de pH obtidos em estudos anteriores na lagoa estão dentro do padrão estabelecido na resolução CONAMA n° 357/2005, exceto o valor de pH 9,1 encontrado no ponto 3 em março de 1990. Segundo Tundisi (2008), o CO_2 e o HCO_3^- são removidos da água pelo processo fotossintético, resultando no aumento dos valores de pH pelo deslocamento da reação para o sistema carbonato. Portanto, este valor elevado pode ter sido consequência da alta atividade fotossintética, indicada pelos grandes valores de clorofila *a* para este mesmo ponto em 1990.

4.2.10 Cloreto

A concentração de cloreto entre os pontos neste estudo variou pouco, desde 28,0 mg/L no ponto 5 até 31,5 mg/L no ponto 4 (Figura 22).

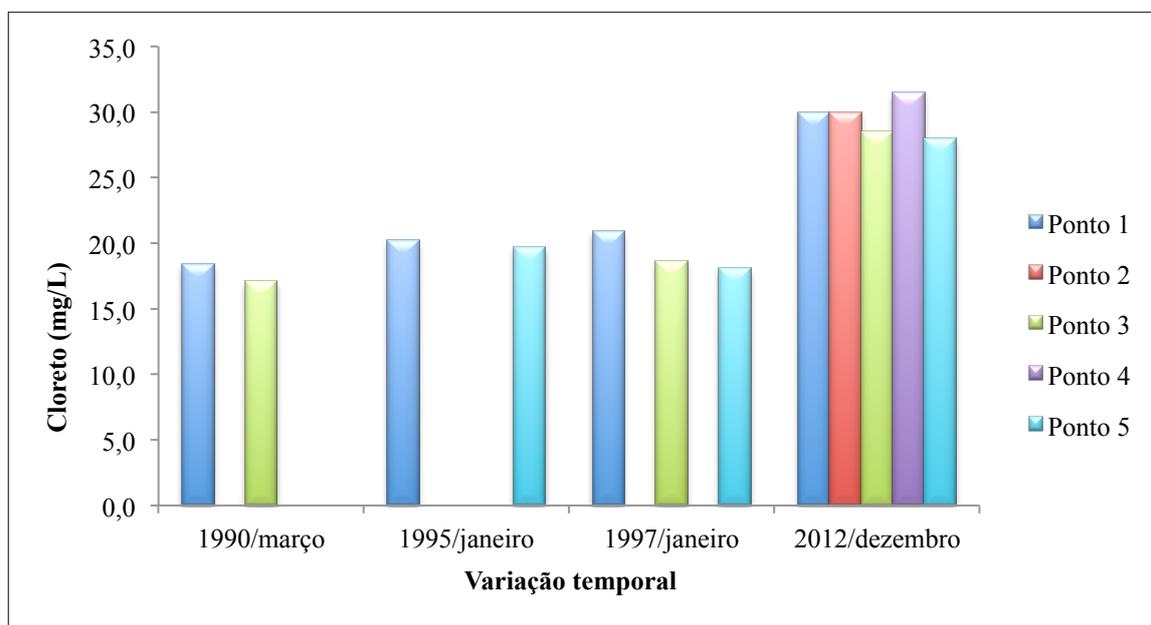


Figura 22 – Variação temporal e espacial das concentrações de cloreto (mg/L) na Lagoa Peixoto. Fonte: dados de Schäfer (1990), Salomoni (1997), Pedrozo (2000) e Autor (2013).

De acordo com Wetzel (2001), lagos próximos a regiões marítimas recebem frequentemente significativa entrada de cloretos através de transporte atmosférico a partir do mar. Além disso, fontes poluentes de cloreto podem alterar as concentrações naturais deste íon. Segundo Schäfer (1990), os esgostos domésticos contêm diferentes tipos de sais oriundos de processos de higiene pessoal, lavagem de roupa e louça, além dos compostos orgânicos. O

uso de sal na alimentação leva ao aumento de diferentes compostos nos esgotos domésticos, como cloretos e substâncias que aumentam a dureza da água. Portanto, estes fatores podem explicar os valores de cloreto encontrados neste trabalho.

Como a Lagoa Peixoto está conectada à Lagoa Marcelino, o esgoto despejado nesta última acaba por influenciar o corpo hídrico em estudo. O aumento da concentração de cloreto na lagoa verificado através dos estudos anteriores pode ter ocorrido devido ao constante despejo de esgoto ao longo do tempo, indicando o impacto à capacidade de suporte do sistema.

Todos os valores de cloreto observados neste estudo se enquadram na categoria de águas de classe I da resolução CONAMA nº 357/2005, que estabelece um máximo de 250 mg/L de cloreto para o corpo hídrico.

4.2.11 Dureza

Os valores de dureza neste estudo variaram de 34,00 a 40,00 mg/L CaCO₃ (Figura 23).

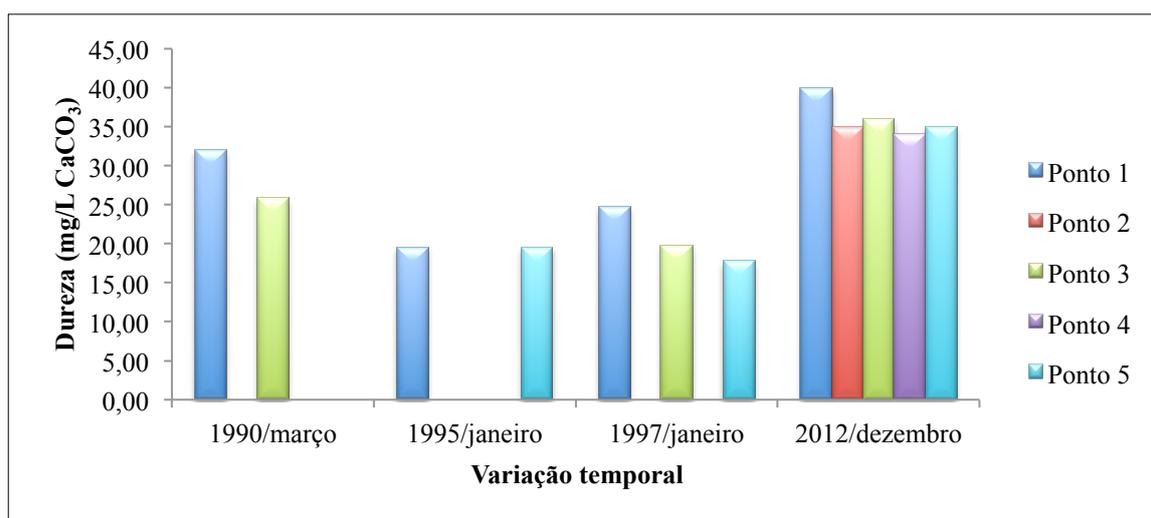


Figura 23 – Variação temporal e espacial dos valores de dureza (mg/L CaCO₃) na Lagoa Peixoto. Fonte: dados de Schäfer (1990), Salomoni (1997), Pedrozo (2000) e Autor (2013).

Segundo Schäfer (1990), a dureza consiste na presença de diferentes metais alcalinos e alcalinos terrosos, principalmente sob a forma de carbonatos e sulfatos, e muitos compostos presentes nos esgotos domésticos aumentam a dureza da água. Desta forma, o maior valor de

dureza verificado para o ponto 1 deste estudo pode refletir os efeitos da entrada de esgoto na Lagoa Marcelino, ponto este próximo à conexão com esta lagoa.

Entre os anos de 1990 e 1997, a dureza neste corpo hídrico variou de 17,80 a 32,00 mg/L CaCO_3 , valores estes que não alcançaram o mínimo verificado para o estudo atual. O fato acima citado também poderia explicar o aumento deste parâmetro ao longo do tempo na Lagoa Peixoto, já que o contínuo lançamento de esgoto na Lagoa Marcelino acaba por afetar a lagoa em estudo.

4.2.12 Nitrato, Nitrito, Nitrogênio Amoniacal e Nitrogênio Total

Neste estudo, os valores encontrados para nitrato variaram de 1,841 até 2,240 mg/L NO_3 nos pontos 4 e 1, respectivamente (Figura 24). Para nitrito, os resultados sofreram variação de 0,018 a 0,041 mg/L, com menor valor encontrado no ponto 4 e maior no ponto 1 (Figura 25). O mesmo resultado de nitrogênio amoniacal foi verificado para os pontos 2, 3, 4 e 5 (0,2 mg/L) e o valor mais alto, de 0,3 mg/L, foi encontrado no ponto 1 (Figura 26). O menor valor de nitrogênio total foi de 1,90 mg/L observado nos pontos 4 e 5, já o maior valor foi de 4,60 mg/L, verificado no ponto 1 (Figura 27).

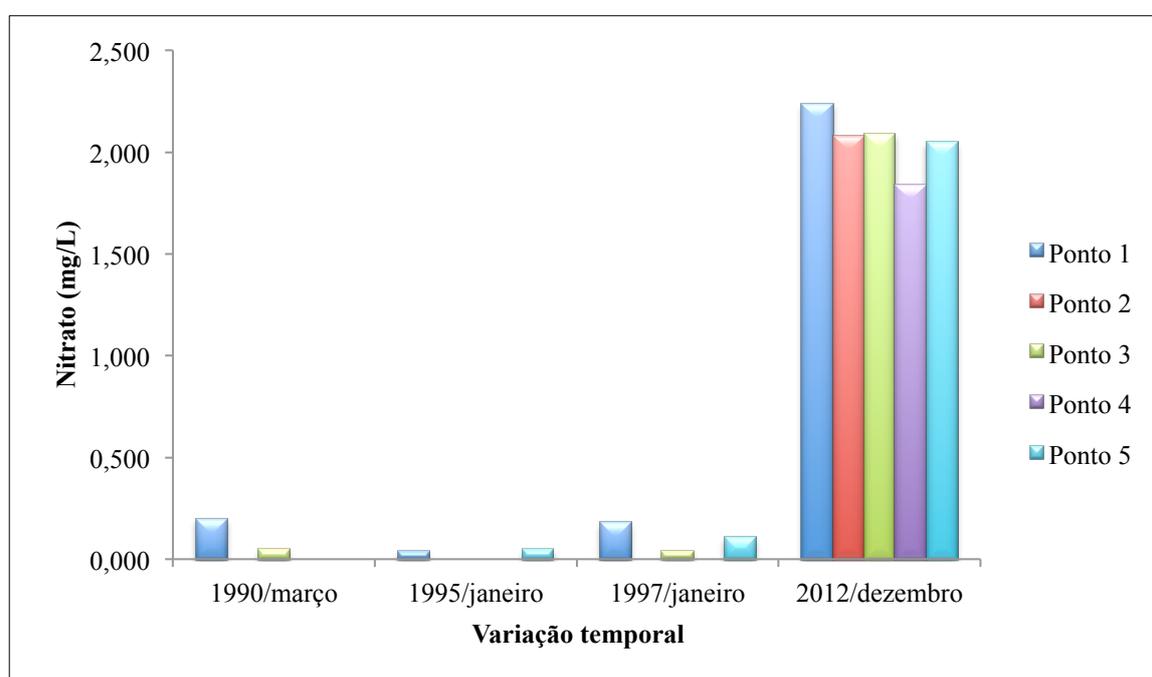


Figura 24 – Variação temporal e espacial das concentrações de nitrato (mg/L) na Lagoa Peixoto. Fonte: dados de Schäfer (1990), Salomoni (1997), Pedrozo (2000) e Autor (2013).

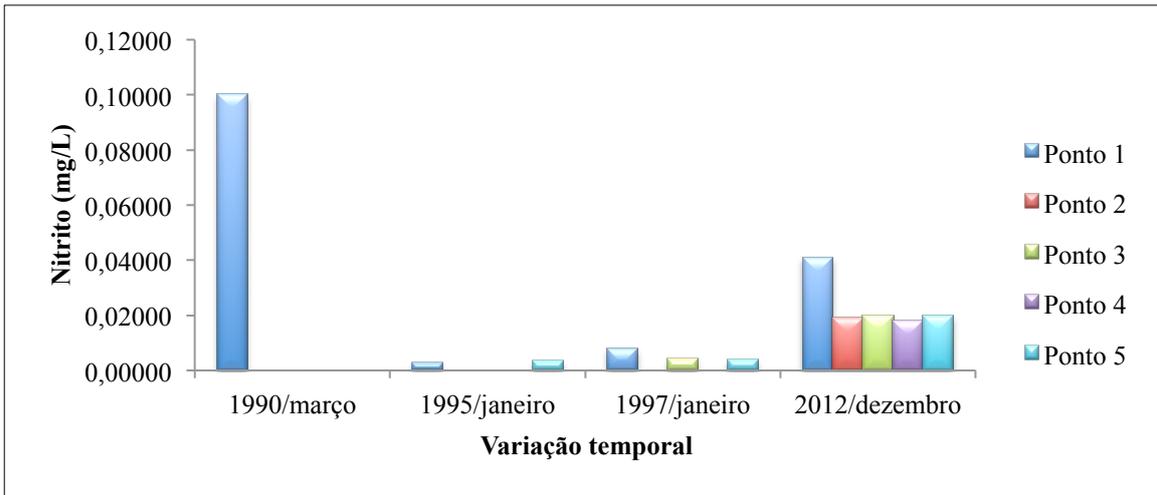


Figura 25 – Variação temporal e espacial das concentrações de nitrito (mg/L) na Lagoa Peixoto. Fonte: dados de Schäfer (1990), Salomoni (1997), Pedrozo (2000) e Autor (2013).

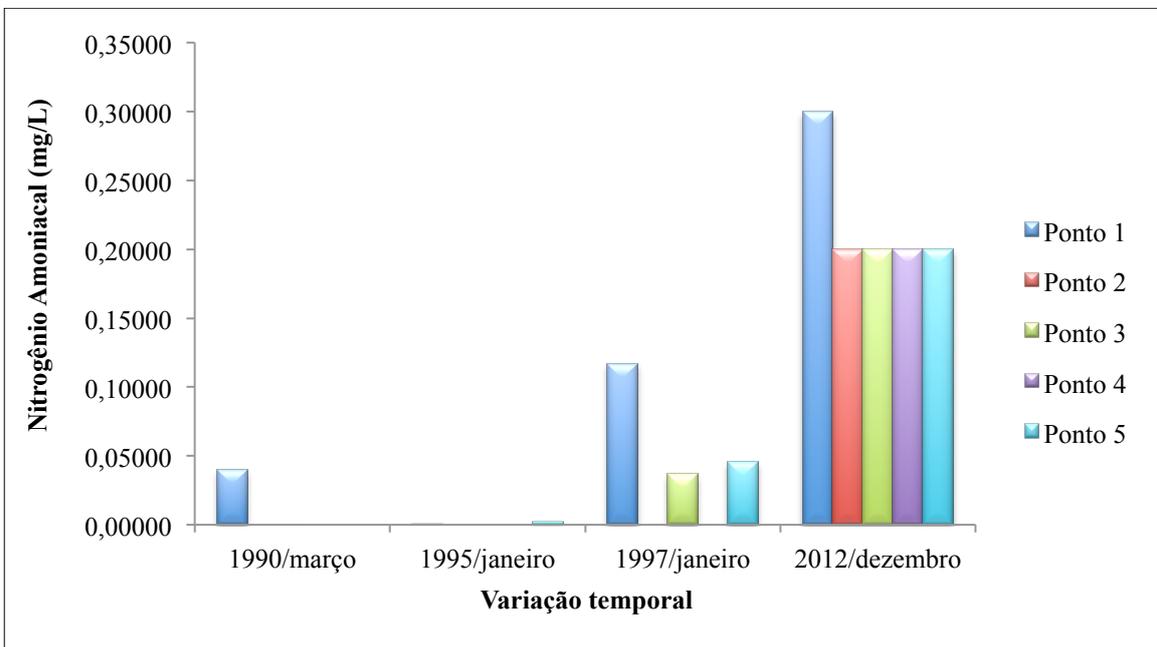


Figura 26 – Variação temporal e espacial das concentrações de nitrogênio amoniacal (mg/L) na Lagoa Peixoto.

Fonte: dados de Schäfer (1990), Salomoni (1997), Pedrozo (2000) e Autor (2013).

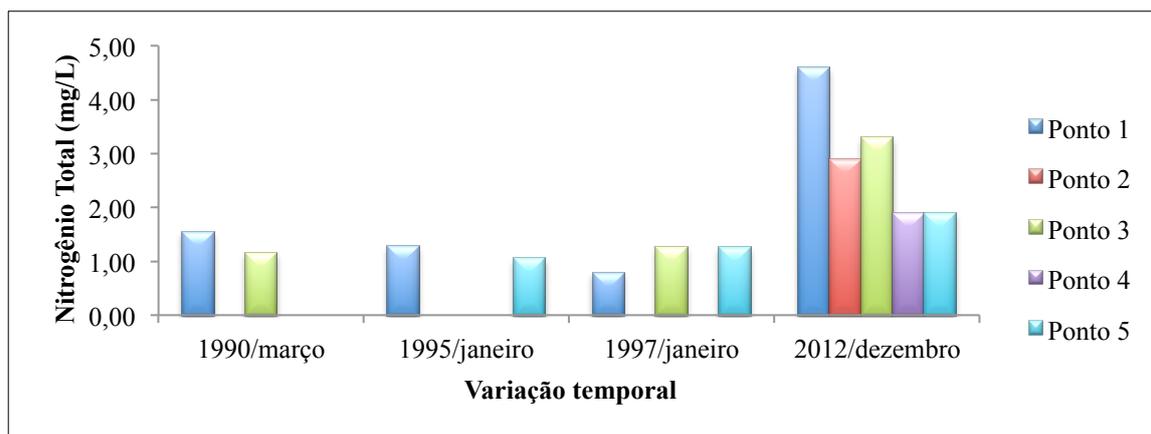


Figura 27 – Variação temporal e espacial das concentrações de nitrogênio total (mg/L) na Lagoa Peixoto.

Fonte: dados de Schäfer (1990), Salomoni (1997), Pedrozo (2000) e Autor (2013).

As principais fontes de nitrogênio para os corpos hídricos são a fixação biológica de nitrogênio, as chuvas, o aporte orgânico e inorgânico de origem alóctone, além do aporte de efluentes domésticos e industriais não tratado ou parcialmente tratado nos corpos d'água (ESTEVES, 2011). Segundo Schäfer (1990), o parâmetro nitrogênio total indica a quantidade de compostos de nitrogênio orgânico e inorgânico presentes na água. Dentre os parâmetros que este último grupo envolve estão o nitrato, o nitrito e o nitrogênio amoniacal.

Como o ponto 1 é próximo ao canal de conexão com a Lagoa Marcelino e esta recebe grande parte do esgoto da cidade de Osório, é justificável que os resultados dos parâmetros de nitrogênio neste ponto tenham sido mais elevados quando comparados aos outros pontos.

A entrada de esgoto na Lagoa Marcelino acaba por afetar a variação da concentração de nitrato ao longo do tempo na Lagoa Peixoto. Segundo Tundisi (2008), o nitrato inorgânico é bastante solúvel e abundante em águas que recebem grandes concentrações de nitrogênio através de descarga de esgoto doméstico ou de atividade agrícola. Desta forma, a influência do constante despejo de esgoto é notável através do grande aumento da concentração deste parâmetro ao comparar este estudo com os trabalhos de Schäfer (1990), Salomoni (1997) e Pedrozo (2000).

De acordo com Esteves (2011), as menores concentrações de nitrito ocorrem em condições aeróbicas e as maiores concentrações em anaerobiose. Esta substância se torna tóxica para peixes em concentrações acima de 0,2 mg/L (SCHÄFER, 1990). No entanto, a lagoa em estudo não sofre com anoxia e todos os resultados observados para nitrito estão bem abaixo desta concentração considerada tóxica. Neste estudo, os valores verificados para os pontos amostrais foram maiores do que os observados em 1995 e 1997. Porém, a

concentração de nitrito no ponto 1 em março de 1990 foi mais alta do que os resultados de todos os estudos.

O nitrogênio amoniacal se apresenta nas formas de amônia não-ionizada e de íon amônio e suas proporções na água dependem do pH, da temperatura, e da salinidade do ambiente. Valores elevados de amônio são encontrados em locais próximos a efluentes urbanos e em ambientes com baixos valores de oxigênio, pois há uma intensa mineralização anaeróbica da matéria orgânica (PEREIRA, 2004-A). Embora tenha ocorrido um grande aumento na concentração de nitrogênio amoniacal desde o ano de 1990, a Lagoa Peixoto não mostrou sinais de diminuição dos valores de oxigênio, mas sim de aumento.

Os níveis de nitrogênio total estão diretamente relacionados à quantidade de substâncias orgânicas na água que entram no sistema através dos esgotos cloacais (SCHÄFER, 1990). Desta forma, através da análise da variação temporal deste parâmetro na lagoa é possível inferir que o aumento do teor de nitrogênio total no sistema se deve ao constante despejo de esgoto na lagoa Marcelino.

Apesar de suas concentrações terem aumentado ao longo do tempo na Lagoa Peixoto, todos os valores de nitrato, nitrito e nitrogênio amoniacal observados nos pontos amostrais estão abaixo dos limites estabelecidos pela resolução CONAMA 357/2005 para águas de classe I, indicando a boa qualidade ambiental da lagoa Peixoto para estes parâmetros.

4.2.13 Fósforo Total e Ortofosfato

Neste estudo, a menor concentração de fósforo total foi encontrada no ponto 4, com 0,270 mg/L, e a maior no ponto 1, com 0,495 mg/L (Figura 28). O mesmo ocorreu com o ortofosfato, cujos resultados encontrados foram 0,125 mg/L para o ponto 4 e 0,246 mg/L para o ponto 1 (Figura 29).

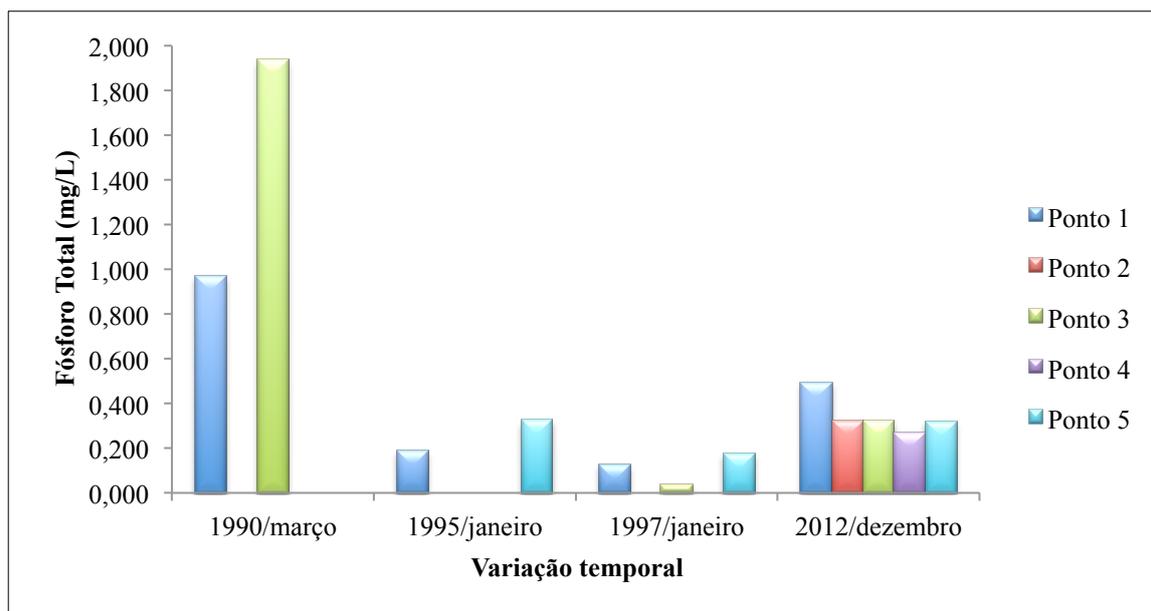


Figura 28 – Variação temporal e espacial das concentrações de fósforo total (mg/L) na Lagoa Peixoto. Fonte: dados de Schäfer (1990), Salomoni (1997), Pedrozo (2000) e Autor (2013).

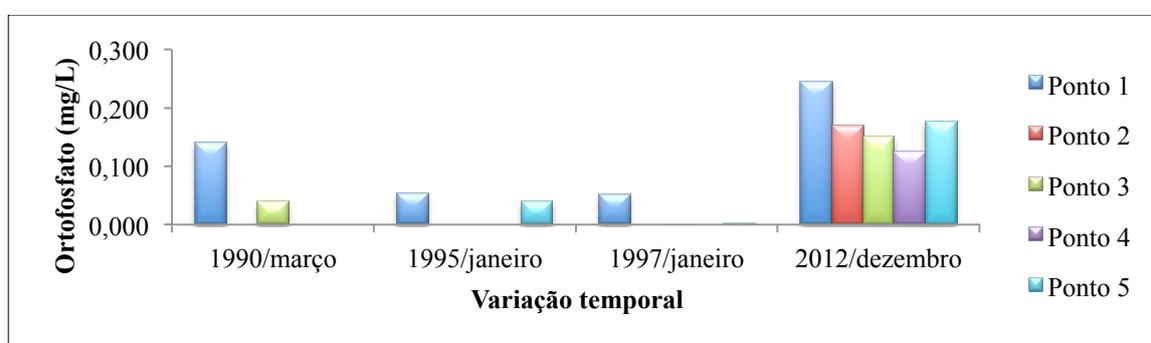


Figura 29 – Variação temporal e espacial das concentrações de ortofosfato (mg/L) na Lagoa Peixoto. Fonte: dados de Schäfer (1990), Salomoni (1997), Pedrozo (2000) e Autor (2013).

De acordo com Esteves (2011), o fósforo total pode ser utilizado como estimativa do estado trófico dos corpos de água e o ortofosfato é a principal forma de fosfato assimilada por vegetais aquáticos, microalgas e bactérias.

As elevadas concentrações tanto de fósforo total como de ortofosfato verificadas no ponto 1 deste estudo se justificam pelo aporte de esgoto recebido pela lagoa Marcelino, afetando secundariamente a Lagoa Peixoto. Segundo Pereira (2004-A), o despejo de efluentes ricos em fosfatos em um curso d'água com disponibilidade suficiente de nitrogênio pode estimular o crescimento de micro e macroorganismos fotossintetizantes, podendo ocasionar florações e posterior redução da biodiversidade.

Comparando os resultados deste trabalho com os encontrados por Schäfer (1990), Salomoni (1997) e Pedrozo (2000) é possível notar que as concentrações de ortofosfato foram

mais elevadas no estudo atual, já os maiores valores de fósforo total foram verificados por Schäfer (1990) em março de 1990.

Todos os valores de fósforo total observados nos pontos amostrais neste estudo estão muito acima do limite estabelecido para águas de classe III (0,05 mg/L P), não atingindo a devida qualidade ambiental para a proteção à vida aquática.

4.2.14 Sulfato

Os valores de sulfato encontrados neste estudo variaram pouco, desde 4,04 mg/L, no ponto 2, até 4,52 mg/L, no ponto 1 (Figura 30).

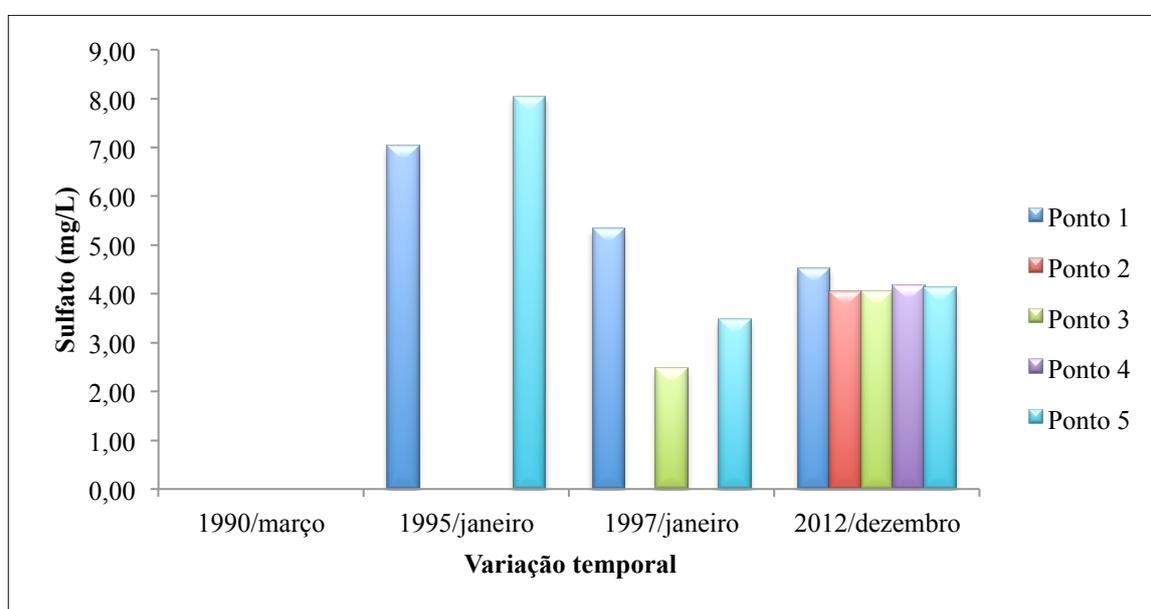


Figura 30 – Variação temporal e espacial das concentrações de sulfato (mg/L) na Lagoa Peixoto. Fonte: dados de Salomoni (1997), Pedrozo (2000) e Autor (2013).

A distribuição de sulfato em um corpo d'água pode ser fortemente influenciada pela formação geológica da bacia de drenagem do sistema hídrico ou pela proximidade com o mar, de acordo com Pereira (2004-A). Outro fator de influência deste íon envolve o estágio de evolução do sistema (ESTEVEZ, 2011). Segundo este mesmo autor, o sulfato é a forma predominante de enxofre em lagos que apresentam condições aeróbicas em toda a coluna d'água. As principais fontes antrópicas de sulfato nas águas superficiais são as descargas de esgotos domésticos e efluentes industriais (CETESB, 2001).

O resultado encontrado no ponto 1 é mais baixo do que os observados por Salomoni (1997) em janeiro de 1995 e por Pedrozo (2000) em janeiro de 1997 no mesmo ponto. Para o ponto 5, a concentração de sulfato verificada neste estudo foi ligeiramente maior do que o encontrado em 1997, mas foi mais baixo do que o observado em 1995. Esta tendência de diminuição na concentração de sulfato pode ter ocorrido devido à possível diminuição da proporção de compostos de enxofre no efluente despejado na Lagoa Marcelino.

Todos os valores de sulfato observados nos pontos amostrais estão abaixo do limite estabelecido para águas de classe I (250 mg/L SO₄) pela resolução CONAMA n° 357/2005, indicando boa qualidade ambiental para este parâmetro.

4.2.15 Coliformes Totais e Fecais

Neste estudo, a concentração de coliformes totais sofreu grande variação entre os pontos, desde 1 colônia/100 mL, no ponto 3, até 170 colônias/100 mL, no ponto 5 (Figura 31). Nos pontos 1, 2, 3 e 4 não foram detectados valores significativos de coliformes fecais, já para o ponto 5 foi verificado o valor de 160 colônias/100 mL (Figura 32).

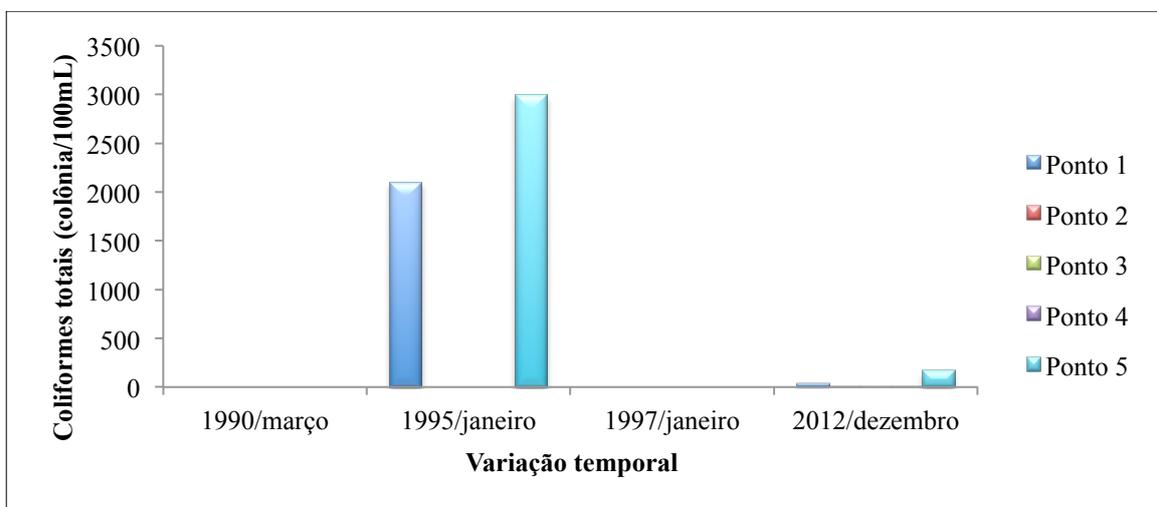


Figura 31 – Variação temporal e espacial dos valores de coliformes totais (colônias/100 mL) na Lagoa Peixoto.

Fonte: dados de Salomoni (1997) e Autor (2013).

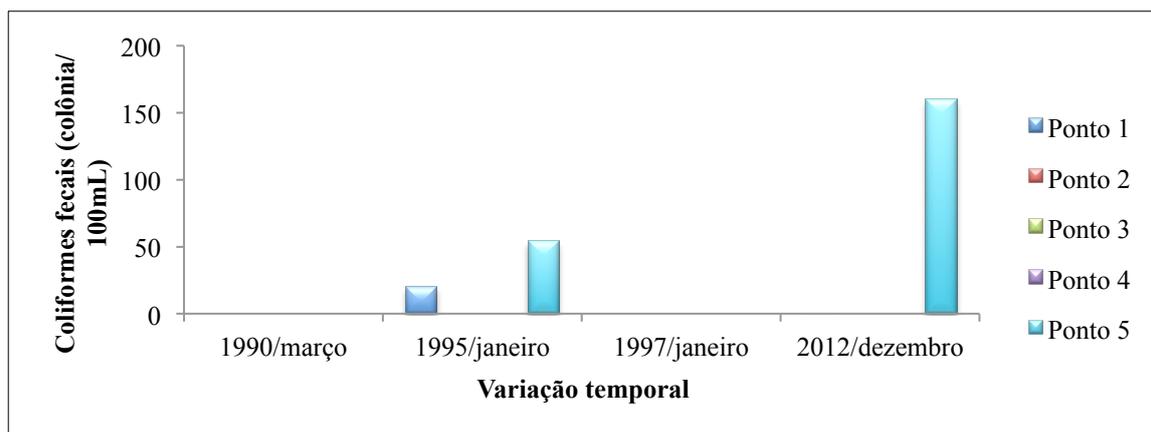


Figura 32 – Variação temporal e espacial dos valores de coliformes fecais (colônias/100 mL) na Lagoa Peixoto.

Fonte: dados de Salomoni (1997) e Autor (2013).

As bactérias do grupo coliforme são consideradas indicadores primários da contaminação fecal das águas. Coliformes fecais compreendem apenas uma porção do grupo coliformes totais e têm maior significância na avaliação da qualidade sanitária do ambiente (PEREIRA, 2004-A).

Os maiores valores de coliformes totais verificados nos pontos 5 e 1 neste estudo podem ser explicados pela influência da criação de gado próxima às margens da lagoa e do despejo de esgoto na Lagoa Marcelino, respectivamente. Houve uma grande diminuição da concentração desta variável nos pontos 1 e 5 da lagoa ao comparar estes resultados com os obtidos por Salomoni (1997).

A detecção de coliformes fecais apenas no ponto 5 pode ser decorrente do despejo de efluentes fecais resultantes da criação de gado próxima às margens da lagoa neste ponto. O aumento desta variável de 54 colônias/100 mL, em 1995, para 160 colônias/100 mL, em 2012, pode ser devido ao crescente despejo de efluentes fecais na lagoa, mas a quantidade amostral é insuficiente para poder se obter conclusões expressivas.

Apesar do aumento da concentração de coliformes fecais no ponto 5, todos os valores se encontram abaixo do limite estabelecido pela resolução CONAMA n° 357 de 2005 para águas de classe 1, indicando a boa qualidade deste parâmetro para a proteção das comunidades aquáticas.

5 CONCLUSÃO

A caracterização morfométrica se mostrou importante na avaliação da qualidade da água da Lagoa Peixoto. A interação entre parâmetros, como área, volume, profundidade, declividade, formato de bacia, índice de desenvolvimento de praia e *fetch* pode influenciar em diversas condições necessárias à vida aquática, desde o padrão de circulação das massas de água até a distribuição de nutrientes. A grande influência do vento na lagoa, em virtude de seu formato pouco irregular e de suas baixas profundidades, faz com que ela tenha uma maior suscetibilidade à eutrofização devido à ressuspensão de sedimentos e nutrientes.

Grande parte dos resultados das análises químicas, físicas e biológicas permaneceu abaixo do limite máximo estabelecido pela resolução CONAMA n° 357/2005 para águas de Classe 1, o que indicaria uma boa qualidade da água da lagoa em estudo. Porém, parâmetros de grande importância como fósforo total, DBO₅ e clorofila *a* apresentaram resultados equivalentes para águas de classes 2, 3 e 4, sendo que alguns até ultrapassaram todos os limites estabelecidos, indicando que a Lagoa Peixoto apresenta sinais de eutrofização. Além disso, a análise temporal dos parâmetros demonstrou que houve perda de qualidade da água da lagoa em estudo ao longo do tempo, decorrente da influência do contínuo despejo de esgoto *in natura* na Lagoa Marcelino.

Os dados morfométricos e limnológicos gerados neste estudo permitiram que muitas características da Lagoa Peixoto fossem conhecidas, servindo de subsídio para a tomada de decisões e para a previsão de impactos neste corpo hídrico e seu entorno.

REFERÊNCIAS

APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22nd ed. Washington: American Water Works Association, 2012.

BARBANTI, L. Some problems and new prospects on physical limnology: a review. **Mem. Inst. Ital. Idrobiol.**, Berkeley, v. 43, p. 1-32. 1985.

BRAGA, B.; PORTO, M.; TUCCI, C. E. M. Monitoramento de Quantidade e Qualidade das Águas. *In*: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas Doces do Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras Editora, p. 635-648, 2002.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000. **Diário Oficial da União**, 08 jan. 2001.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. **Diário Oficial da União**, 18 mar. 2005.

BRASIL. Lei nº 9433, de 08 de janeiro de 1997. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 09 jan. de 1997.

BRUSCHI JR, W *et al.* Aplicação de um índice de qualidade de águas para lagoas costeiras, RS, afetadas por despejos urbanos. **Biociências**, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p. 55-66. 1998.

CETESB. **Variáveis de qualidade das águas**. 2013. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/109-variaveis-de-qualidade-das-aguas>>. Acesso em: 05 jan. 2013.

COLE, G. **Textbook of limnology**. Toronto: C. V. Mosby Company, 1983.

COMITÊ DE GERENCIAMENTO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TRAMANDAÍ. **Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí**. Rio Grande do Sul, 2005. Disponível em: <http://www.comitetramandai.com.br/files/plano_bacia_hidrografica_rio_tramandai.pdf>. Acesso em: 05 jan. 2013.

ESTEVES, F. de A. **Fundamentos de limnologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.

FEPAM. **Proposta de enquadramento dos recursos hídricos do litoral norte**. Porto Alegre: FEPAM, 1988.

FONSECA, O.J.M. **Física e Química das águas de oito lagoas costeiras do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Centro de Ecologia/UFRGS, 1989. (Relatório técnico)

FONSECA, O.J.M. **Aspectos limnológicos da Lagoa Emboaba, Planície Costeira Setentrional do Rio Grande do Sul**: morfometria, hidroquímica e degradação de *Scirpus californicus* (C. A. Meyer) Steud. 1991. 247 f. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1991.

GOLTERMAN, H. L.; CLYMO, R. S.; OHNSTAD, M. A. M. **Methods for physical and chemical analysis of freshwater**. Oxford: Blackwell Scientific Pubs, 1978.

GOOGLE Maps. [**Lagoa do Peixoto, Osório – RS**]. 2012. Disponível através de: <<https://maps.google.com.br/>>. Acessado em: 30 de nov. de 2012.

GUASSELLI, L. A. Avaliação do comportamento espectral de lagoas do Litoral Norte do RS/Brasil, em relação a alguns parâmetros limnológicos. **Ágora**, Santa Cruz do Sul, v. 3, n. 2, p. 63-79. 1997.

HAKANSON, L. **A manual of lake morphometry**. Berlim: Springer-Verlag, 1981.

HASENACK, H., FERRARO, L. W. Considerações sobre o clima da região de Tramandaí, RS. **Pesquisas**, Porto Alegre, n. 22, p. 53-70. 1989.

LEITE, F. P. **Parâmetros ambientais e índices de qualidade da água como forma de avaliação ecológica da lagoa Caconde, Osório, RS**. 1994. 102 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1994.

LEITE, F. P.; FONSECA, O. J. M. Aplicação de índices de qualidade das águas na lagoa Caconde, Osório, RS. *In*: Marques, D. da M. (org.) **I seminário de qualidade de águas continentais no Mercosul**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1995 (publ. n. 2).

MACHADO, N. A. F. **Análise multi-escalonada 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. 2

v. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) – Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, 2000.

PANOSSO, R.F. *et al.* Morphological characteristics of an Amazon floodplain lake (Lake Batata, Pará State, Brazil). **Amazoniana**, Manaus, v. 8, n. 3-4, p. 245-258. 1995.

PANOSSO, R. F. *et al.* Morfometria das lagoas Imboassica, Cabiúnas, Comprida e Carapebus: implicações para o seu funcionamento e manejo. *In*: ESTEVES, F. A. **Ecologia das lagoas costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do Município de Macaé (RJ)**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1998.

PEDROZO, C.S. **Avaliação da qualidade ambiental das lagoas da Planície Costeira do Rio Grande do Sul com ênfase na comunidade zooplanctônica**. 2000. 241 f. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, 2000.

PEREIRA, R. S. Identificação e Caracterização das Fontes de Poluição em Sistemas Hídricos. **Revista Eletrônica de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 01, n. 01, p. 20-36, set. 2004-A.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria Estadual do Meio Ambiente. Departamento de Recursos Hídricos. **Caderno de trabalho do relatório temático A.3.**: 1ª etapa do plano da Bacia do Rio Tramandaí. Porto Alegre: Profill, 2004.

SALOMONI, S. E. **Aspectos da limnologia e poluição das lagoas costeiras Marcelino, Peixoto e Pinguela (Osório, RS)**: uma abordagem baseada no fitoplâncton. 1997. 133 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

SCHÄFER, A. Tipificação ecológica das lagoas costeiras do Rio Grande do Sul, Brasil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, São Paulo, v. 2, p. 29-55. 1985.

SCHÄFER, A. Avaliação do impacto ambiental nas lagoas Marcelino, Peixoto e Pinguela, baseada em levantamentos físicos e químicos. *In*: WÜRDIG, N.L. *et al.* (Coord.). **Bases ecológicas para medidas de saneamento das lagoas Marcelino, Peixoto e Pinguela, município de Osório, RS**. Porto Alegre: UFRGS – Centro de Estudos Costeiros, Limnológicos e Marinhos, 1990. (Relatório técnico)

SCHWARZBOLD, A. **Influência da morfologia no balanço de substâncias e na distribuição de macrófitos aquáticos nas lagoas costeiras do Rio Grande do Sul**. 1982. 95 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1982.

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

SPERLING, E. V. **Influência do parâmetro profundidade relativa na qualidade da água de lagos e represas**. Rio de Janeiro, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1997, p. 4.

SPERLING, E. V. **Morfologia de lagoas e represas**. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 1999.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

WETZEL, R.G. **Limnology: lake and river ecosystems**. 3. ed. San Diego: Academic Press, 2001.

WÜRDIG, N.L. *et al.* **Bases ecológicas para medidas de saneamento das lagoas Marcelino, Peixoto e Pinguela, município de Osório, RS**. Porto Alegre: UFRGS – Centro de Estudos Costeiros, Limnológicos e Marinhos, 1990. (Relatório técnico)