



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgf>



Avaliação de qualidade de água superficial e intersticial: estudo de caso da enseada do saco da mangueira

Larissa Corrêa Santos¹, Roberto Martins da Silva Décio Júnior² e Idel Cristiana Bigliardi Milani³

¹ Mestranda em Recursos Hídricos, Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos, Centro de Desenvolvimento Tecnológico, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas - RS, CEP 96010-610, larissacsantos01@hotmail.com, <http://orcid.org/0000-0003-4525-0911> (autor correspondente);

² Mestre em Modelagem Matemática, Professor EBTT, Instituto Federal do Mato Grosso, Campus Avançado de Guarantã do Norte, Guarantã do Norte - MT, CEP: 78520-000, decio.junior@ifmt.edu.br, <http://orcid.org/0000-0002-2766-7396>;

³ Dra. em Oceanografia Física Química e Geológica, Professora Associada, Centro de Desenvolvimento Tecnológico, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas - RS, CEP: 96010-610, idel.milani@ufpel.edu.br, <http://orcid.org/0000-0002-1468-0356>.

Artigo recebido em 31/08/2022 e aceito em 19/09/2022.

RESUMO

A enseada do Saco da Mangueira, situada nas margens do município do Rio Grande - RS, vem sofrendo ao longo dos anos, processos de poluição e contaminação associados ao seu significativo papel em atividades pesqueiras, industriais, de lazer, entre outras. Com base no exposto, esse trabalho tem por objetivo avaliar a qualidade da água da enseada do Saco da Mangueira, e para isto construir um testemunhador de sedimento de fundo a fim de permitir a extração da água intersticial para avaliação da sua qualidade juntamente com as águas de superfície e fundo, através da sua classificação e enquadramento com base na Resolução do CONAMA Nº 357 de 2005, além da classificação eutrófica pelo Índice do Estado Trófico, como forma de auxílio no planejamento e gestão dos recursos hídricos deste ecossistema. Foi realizada uma campanha amostral no dia 13 de fevereiro de 2020 na qual foram coletadas amostras de água em 6 locais distribuídos ao longo da região de estudo, sob estas foram avaliados parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. Os resultados obtidos permitiram verificar que as águas do Saco da Mangueira encontram-se em condição ambiental da Classe 2 da Resolução do CONAMA 357/05, excetuando para coliformes em alguns locais. O Índice de Estado Trófico indicou que a enseada apresenta de baixa à intermediária quantidade de nutrientes, classificado de mesotrófico a oligotrófico. Deste modo, conclui-se que a enseada pode sofrer degradações associadas às diferentes fontes de entradas antrópicas, independente do seu enquadramento, o que reforça a necessidade de monitoramento contínuo da qualidade destas águas e uma gestão ambiental integrada.

Palavras-chave: amostrador de água intersticial, parâmetros físico-químicos e microbiológicos, resolução do conama nº 357 de 2005, estuário, Laguna dos Patos.

Construction of a testimony sampling for assessment of surface and interstitial water quality: case study of sacco da mangueira bay

ABSTRACT

The Saco da Mangueira bay, located on the banks of the municipality of Rio Grande - RS, has suffered over the years, processes of pollution and contamination associated with its significant role in fishing, industrial, leisure activities, among others. Based on the above, this work aims to evaluate the water quality of the Saco da Mangueira bay, and for this to build a bottom sediment sampler in order to allow the extraction of interstitial water to evaluate its quality together with the of surface and bottom, through its classification and framing based on CONAMA Resolution No. 357 of 2005, in addition to the eutrophic classification by the Trophic State Index, as a form of aid in the planning and management of the water resources of this ecosystem. A sampling campaign was carried out on February 13, 2020, in which water samples were collected at 6 locations distributed in the study region, under which physical, chemical and microbiological parameters were evaluated. The results obtained showed that the waters of Saco da Mangueira are in Class 2 environmental condition of CONAMA Resolution 357/05, except for coliforms in some places. The Trophic State Index indicated that the bay has a low to intermediate amount of nutrients, classified from mesotrophic to oligotrophic. Thus, it is concluded that the bay can suffer degradation associated with different sources of human inputs, regardless of its

framework, which reinforces the need for continuous monitoring of the quality of these waters and an integrated environmental management.

Keywords: interstitial water sampler, physicochemical and microbiological parameters, resolution of conama nº 357 of 2005, estuary, Laguna dos Patos.

Introdução

Os recursos hídricos são fontes de grande importância para a vida humana, animal e vegetal, uma vez que, a água é um elemento indispensável para a sobrevivência e existência dos mesmos, além destes, possui um papel importante no desenvolvimento social e econômico (Proshad et al., 2020; Rodrigues e Leal, 2021). A maioria destes ecossistemas estão cercados por ocupações urbanas, industriais, agrícolas, portuárias e navais (Souza *et al.*, 2021), considerados como ambientes altamente vulneráveis (Islam et al., 2021; Islam et al., 2022) devido a gradativa contaminação, causada pelo excessivo descarte e lançamento de resíduos sólidos, esgotos domésticos e industriais, além da percolação de agrotóxicos e resíduos das atividades agrícolas e agropecuárias (Dos Santos et al., 2018; Leal et al., 2019; Da Silveira et al., 2021).

A degradação ambiental ocorre devido aos diferentes e frequentes usos que geram poluição e/ou contaminação dos corpos hídricos. A Lei nº 6.938/1981 dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Em seu artigo 3º, inciso III, a poluição é definida como a degradação da qualidade ambiental que direta ou indiretamente prejudica a saúde; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições sanitárias do meio ambiente (BRASIL, 1981). Reportado por diferentes estudos de qualidade de água superficial e subterrânea, em distintas regiões brasileiras (Cardoso e Almeida, 2022; Nogueira et al., 2022; Pompêo e Moschini-Carlos, 2022).

Neste contexto, tem-se o município de Rio Grande - RS cercado por diferentes corpos hídricos importantes no âmbito econômico e ecológico para a região, sendo um destes a enseada do Saco da Mangueira que dá suporte a economia do município, utilizada muitas vezes como único e exclusivo meio para as atividades pesqueiras. De acordo com Monteiro et al. (2005), a enseada do Saco da Mangueira está localizada no centro do município entre a comunidade que o compõe, juntamente com as indústrias de fertilizantes e o principal terminal de contêineres Tecon Rio Grande, responsável principal pela entrada e saída

de cargas do estado do Rio Grande do Sul, escoando majoritariamente, grãos de soja (Rodrigues e Ribeiro, 2022). Esta enseada destaca-se também como um criadouro de várias espécies e reduto de pesca artesanal (Souza et al., 2021) a qual em determinadas condições hidroclimatológicas recebe um pequeno aporte de águas estuarinas via Laguna dos Patos (Da Silva e Calliari, 2022), estuário este, significativamente influenciado pela ação dos ventos fluviais (Gonçalves et al., 2021), com propriedades intermediárias de água doce e salgada (Pinheiro, 2022) que potencializam a produtividade biológica nesse ecossistema.

Os estudos neste ecossistema tiveram início na década de 80, sem caráter de monitoramento (Baumgarten et al., 2010). Em sequência, uma análise da qualidade das águas estuarinas que margeiam o município de Rio Grande-RS realizada em 1995, verificou que a intrusão das águas da Laguna dos Patos na enseada do Saco da Mangueira ocasiona uma instabilidade salina, fazendo com que a circulação interna favoreça a oxigenação das águas. Além destes, foi identificada a ressuspensão dos sedimentos devido às forçantes do vento atuante e a proximidade da superfície com o leito do corpo hídrico (Baumgarten et al., 1995).

Ainda na década de 90, Baumgarten (1998) identificou uma alta contaminação orgânica na enseada do Saco da Mangueira, diretamente relacionada ao crescimento urbano e à expansão do polo industrial, partindo-se do pressuposto de que a qualidade química das águas receptoras poluentes com alta contaminação orgânica, são aqueles que ultrapassam os valores máximos de amônio e fosfato, parâmetros estes considerados como indicadores das condições de qualidade da água, em comparação aos índices considerados normais em corpos hídricos não contaminados.

Lago et al. (2005), em estudo do lançamento de efluentes na enseada, verificaram um aumento de efluentes domésticos nos sistemas de efluentes pluviais que por consequência ocasionam impacto à qualidade da água. Seguido deste, Fernandes et al. (2007), relataram que devido ao maior tempo de residência das águas do Saco da Mangueira, esta funciona na estocagem e,

na exportação de nutrientes para o eixo do estuário da Laguna dos Patos, indicaram também que os ventos da direção sul causam o decréscimo e ventos de nordeste causam a elevação do nível da água dentro da enseada, apontando para uma forte relação nos processos de entrada de poluentes e diluição dos mesmos.

Neste cenário, Braga (2010) executou uma avaliação de estudos realizados por diferentes autores sobre possíveis contaminações e fontes de poluição, e através destes, comprovou que o Sistema Ecológico do Saco da Mangueira está degradado devido uma série de impactos que o mesmo vem sofrendo, proveniente de ações antrópicas, como pelo despejo de efluentes do setor portuário e industrial, por resíduos sólidos e por esgoto doméstico. Indicado pelo mesmo como um ambiente de usos conflitantes pelos pescadores, pessoas em condições precárias de moradia, instituições públicas, indústrias e pela população em geral, comprometendo a fauna, a flora e a qualidade de vida da população, e favorecendo uma degradação de modo constante na enseada.

Percebe-se pelas buscas efetuadas na literatura poucos estudos ambientais neste ecossistema e dentre os já realizados, com bastante espaçamento no tempo e com poucas matrizes ambientais. Os estudos pré-existentes nesta enseada enfocam apenas na qualidade da água superficial (Baumgarten et al., 2021; Da Silva et al., 2021; Leal et al., 2019; Monteiro et al., 2005; Souza et al., 2021), com escassez de estudos focando na qualidade da água intersticial a qual é de grande relevância, devido ao fato de o sedimento de fundo ser o destino final dos poluentes aquáticos, tendo alto potencial de poluição.

Desta forma, o presente estudo tem como objetivo avaliar a qualidade da água superficial (superfície e fundo) e intersticial (contida no sedimento de fundo), sendo esta última a partir da construção de um testemunhador de sedimento de fundo que permitirá sua extração, da enseada do Saco da Mangueira, localizada no sul do estado do Rio Grande do Sul, como forma a auxiliar em sua gestão ambiental de acordo com a classificação e enquadramento da Resolução do CONAMA Nº 357 de 2005. Além destes, foi realizada a verificação da condição hidroquímica da qualidade da água através do sistema de classificação nomeado Índice do Estado Trófico, e respectiva verificação da condição do ecossistema de estudo em termos de nutrientes e poluentes aportados.

Material e métodos

Área de estudo

O presente estudo foi realizado na enseada do Saco da Mangueira (Figura 1), uma lagoa rasa com profundidade média de 1 m (Baumgarten, 2010), localizada no município de Rio Grande, no estado do Rio Grande do Sul (Monteiro et al., 2005). É um ambiente semifechado ligado por um estreito canal mais profundo de 5 m (Baumgarten, 2010), ao estuário da Laguna dos Patos (Da Silva e Calliari, 2022), sendo este a principal fonte contribuinte para o abastecimento da enseada (Monteiro et al., 2005), que abrange uma área de aproximadamente 32 km², tendo 11km no seu eixo longitudinal e uma largura, variando entre 240 m (na sua desembocadura com a Laguna dos Patos) e 3,5 km (Braga, 2010; Leal et al., 2019).

Na enseada do Saco da Mangueira são realizadas diversas atividades, dentre elas, a pesca artesanal de camarão e peixes, como suporte a economia da cidade de Rio Grande. Este ecossistema abriga 17 sítios arqueológicos e é importante ao setor pesqueiro do município, por se tratar de um criadouro de várias espécies (Castello, 1985).

Encontra-se ao redor da enseada uma população de aproximadamente 212.881 habitantes, conforme a estimativa da população realizada pelo IBGE em 2021, a qual se mantém economicamente das atividades de pesca, agricultura, pecuária, do comércio e do turismo.

Campanha e rede amostral

Este estudo foi realizado no dia 13 de fevereiro de 2020, em um período de baixa pluviosidade. Nesta campanha amostral foram realizadas coletas de amostras de água superficial e de sedimento de fundo, para este último fez-se necessária a construção de um amostrador que permitisse a coleta do sedimento de fundo, de modo preservado, para posterior extração da água intersticial, em diferentes locais da enseada Saco da Mangueira, conforme distribuição apresentada na Figura 1. Os pontos amostrais foram definidos levando-se em consideração a representatividade da enseada, conforme descrição apresentada na Tabela 1.

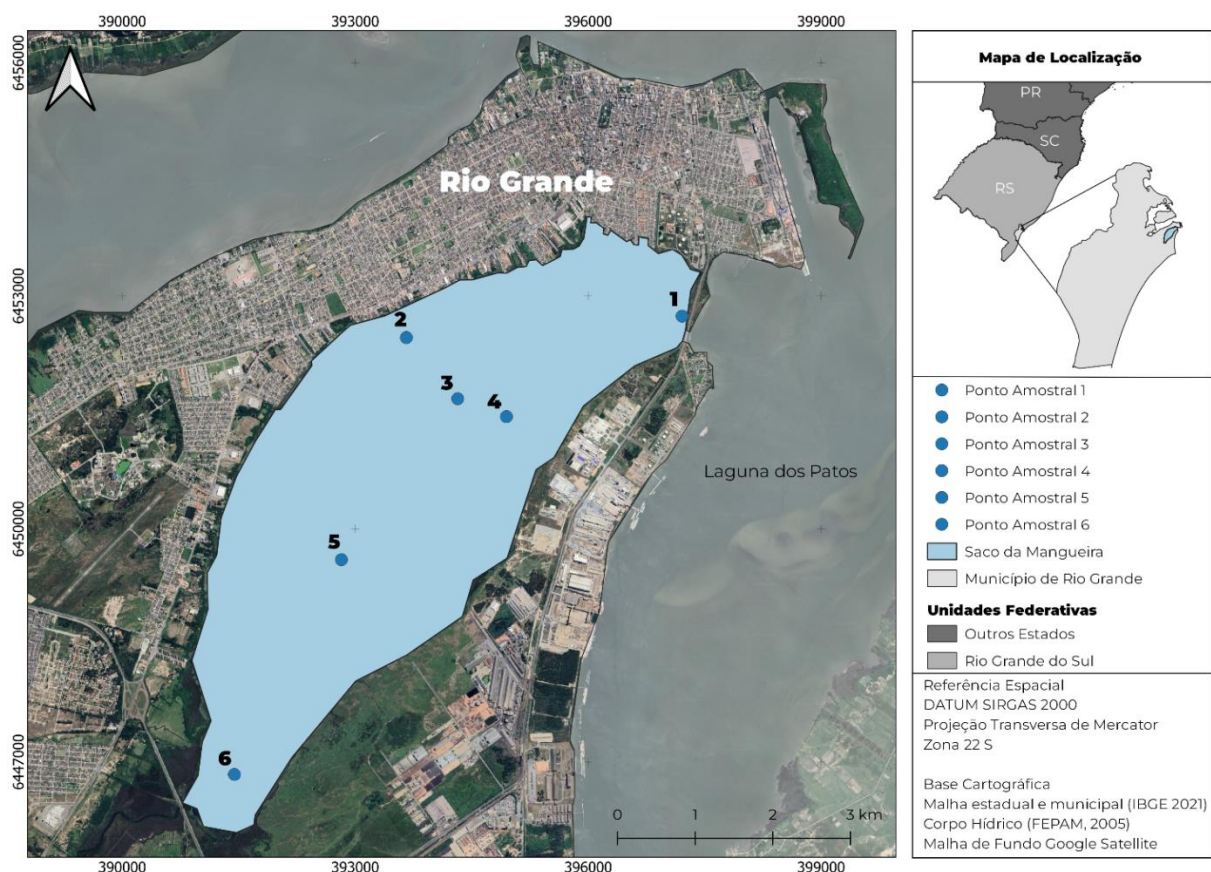


Figura 1. Mapa de localização da enseada do Saco da Mangueira e respectivos pontos amostrais.

Tabela 1 – Informações complementares dos pontos amostrais.

Pontos	Descrição	Prof.* (m)	Coordenadas (S)	Coordenadas (O)
P1	Embocadura do saco da mangueira com a Laguna dos Patos.	1,30	32°3'24,84"	52°5'20,02"
P2	Margem direita, zona de urbanização próxima a comunidades de pescadores e indústrias de cascas de arroz.	0,85	32°3'32,62"	52°7'35,49"
P3	¼ da extensão total da enseada.	1,20	32°3'58,38"	52°7'10,60"
P4	Margem esquerda, entre as indústrias de fertilizantes.	1,00	32°4'6,11"	52°6'46,74"
P5	Meio da enseada, aproximadamente a 5,5 km de extensão em relação a sua embocadura.	1,20	32°5'5,17"	52°8'8,55"
P6	Margem no final da enseada, compreendida sem urbanização e uma zona branca.	0,75	32°6'34,48"	52°9'2,23"

*Prof. - profundidade do fundo do corpo hídrico no ponto de amostragem.

O ponto 1, conforme descrição apresentada na Tabela 1, foi escolhido devido ter influência de processos de intrusão salina direta, e desta forma possuir características distintas dos demais pontos do ambiente em estudo. Já, os pontos 2 e 4 foram definidos devido as influências das indústrias e comunidade presente nas suas margens, representando influências antropogênicas locais. Os pontos 3 e 5 são pontos representativos do meio da enseada. E por último, o ponto 6 está situado em uma zona considerada “branca” por ter poucas influências diretas de impactos, sendo considerada uma zona de marisma, com aporte de águas continentais oriundas de arroios, mais distanciada de aportes antropogênicos na qual espera-se que haja poucas alterações das condições da água e pouca poluição ambiental.

Construção do testemunhador para amostragem de sedimento de fundo

Para efetiva construção do testemunhador de sedimento de fundo e consequente extração de água intersticial, foram realizados diferentes ensaios construtivos de equipamentos, com base em equipamentos disponibilizados no mercado e utilizado em outros estudos (Amorim, 2012; Dias, 2017; Matos, 2015; Soares, 2003) e realizados testes em ambiente similar ao Saco da Mangueira, sendo este o Canal São Gonçalo (Pelotas-RS) como forma a avaliar sua eficiência na etapa amostral perante as condições do ecossistema em estudo.

Amostragem de água superficial

As amostras de água superficial foram coletadas ao longo do perfil vertical em todos os pontos amostrais (Figura 1), sendo coletadas em subsuperfície (10 cm de profundidade) e fundo (30 cm do fundo) utilizando uma garrafa Van Dorn da marca Alfakit. Todas as amostras foram coletadas no sentido do fluxo hídrico mediante posicionamento padronizado da garrafa coletora, a qual foi ambientada antes das amostragens com a finalidade de diminuir interferentes, conforme prescrições de Brandão et al. (2011).

De forma concomitante à descida da garrafa coletora foi lançada sonda multiparamétrica da marca Horiba modelo U-5000 para determinação simultânea de diversos parâmetros *in situ*, como: pH, oxigênio dissolvido, turbidez, salinidade, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos e temperatura, calibrada previamente em laboratório com soluções próprias do fabricante (HORIBA, 2021).

As amostras, após coletadas, foram transferidas para frascos de polietileno de alta densidade (PEAD) de 500 mL, mantendo-se preservadas em gelo até serem conduzidas ao Laboratório de Hidroquímica do curso de Engenharia Hídrica da UFPel para caracterização física, química e microbiológica. Previamente às etapas de caracterização dos parâmetros, todas as amostras de água superficial e de fundo passaram por processo de filtração devido a significativa presença de sedimento em suspensão. Esta filtração foi realizada com papel filtro qualitativo com porosidade de 110 mm da marca UNIFIL.

A caracterização dos teores de amônia e nitrito foram realizadas conforme descrição do manual de instruções do equipamento Fotômetro de Bancada, modelo HI 83200 (HANNA, 2008), já os teores de fosfato foram definidos segundo descrições de Baumgarten et al. (2010). Para a determinação das concentrações de coliformes totais e coliformes termotolerantes seguiu-se as instruções descritas pelo fabricante do kit microbiológico utilizado neste estudo (ALFAKIT, 2022), durante a campanha amostral foram utilizados kits microbiológicos da marca Colipaper® para a coleta *in situ*, que foram preservadas até a condução ao Laboratório.

Amostragem de sedimento de fundo e extração de água intersticial

Para avaliação da qualidade da água intersticial foi realizada coleta de testemunhos sedimentares mediante o uso do amostrador de testemunho de tubo de PVC de 40 mm de diâmetro, por processo de sucção utilizando-se tubos individuais e conectores para cada ponto de amostragem de sedimento em testemunho. A coleta foi realizada nos mesmos pontos de amostragem de água superficial indicados no item acima, sendo os testemunhos armazenados para posterior extração da água intersticial e caracterização físico-química em laboratório.

Inicialmente os testemunhos foram deixados em repouso na posição vertical (Figura 2a) por 3 dias para decantação natural do sedimento e consequente separação entre água intersticial e sedimento, como forma a facilitar a extração da água intersticial presente em cada testemunho sedimentar. Após este período foram realizadas extrações da água intersticial com o auxílio de uma seringa plástica de 60 mL (Figura 2b), seguida de etapa extração da amostra homogênea (Figura 2c) e centrifugação da solução

sedimento-água (Figura 2d) com o objetivo de retirar o máximo de água presente da amostra. A centrifugação foi realizada a uma rotação de 1500 rpm em uma centrífuga modelo 80-2 B e marca IKA durante um período de 10 minutos. Após foi realizada a etapa de filtração das amostras da água intersticial devido à grande presença de sedimento em suspensão, seguindo descrições apresentadas anteriormente para etapa de filtração de água superficial.



Figura 2. Metodologias aplicadas para extração de água intersticial: (a) etapa de decantação, (b) extração inicial de água, (c) retirada da amostra (água-sedimento) homogeneizada, (d) centrifugação das amostras homogeneas.

Devido a pequena quantidade de água extraída dos testemunhos sedimentares foi necessária a diluição das amostras de água (superficial, fundo e intersticial) em água Milli-Q em uma proporção de 1:10. A determinação dos parâmetros de condutividade elétrica, pH e turbidez foi realizada através da metodologia tradicional do condutivímetro, pHmetro e turbidímetro de bancada das marcas BEL modelo W120, QUIMIS modelo HI 208 e marca HANNA modelo T220, respectivamente. Os teores de amônia, nitrito e fosfato foram determinados utilizando a metodologia tradicional dos equipamentos citados anteriormente para as determinações dos parâmetros na água superficial.

Análise e interpretação de dados

Para avaliação das condições da qualidade da água superficial e intersticial do Saco da Mangueira foram construídas tabelas para comparação dos resultados encontrados, sendo que os teores dos parâmetros físicos e dos nutrientes dissolvidos nas amostras de águas superficiais e de fundo foram comparados com os limites estabelecidos na legislação vigente, segundo sua classificação de salinidade conforme apresentação dos limites na Tabela 2, sendo está a Resolução do CONAMA 357/2005 para águas superficiais. Na Tabela 3 são apresentados os limites adotados aos parâmetros de qualidade de água para corpos hídricos enquadrados na Classe II de águas salobras (BRASIL, 2005).

Tabela 2 – Definições adotadas para classificação de corpos hídricos de acordo com os teores de salinidade.

Salinidade	Classificação de enquadramento
Se = ou < a 0,5 ppt	Águas Doces
Se 0,5 > e < 30 ppt	Águas Salobras
Se = ou > a 30 ppt	Águas Salinas

Fonte: BRASIL, 2005.

Tabela 3 – Padrões de qualidade de água para corpos hídricos enquadrado na Classe 2 de águas salobras.

Parâmetro	Limite *
Nitrito (mg.L ⁻¹)	0,20
Oxigênio Dissolvido (mg.L ⁻¹)	4,0
pH	6,50 < pH < 8,50
Coliformes Termotolerantes (UFC.100 mL ⁻¹)	2500

* - Limite dos parâmetros de qualidade de água, segundo a Resolução do CONAMA 357/2005.

Fonte: BRASIL, 2005.

Quando não há limite indicado na legislação vigente para algum dos parâmetros avaliados, estes foram comparados entre si, permitindo uma avaliação espacial ou comparando com limites indicados na literatura para a mesma região ou região adjacente.

Também foi realizado o cálculo do Índice do Estado Trófico (IET), sendo calculado a partir dos teores de fosfato, uma vez que este contribui para a avaliação da qualidade da água classificando

os corpos hídricos diferentes graus de trofia, com relação ao enriquecimento de nutrientes e processos de eutrofização. A aplicação do IET pode ser feita mediante a determinação dos teores de fósforo total presente na água, conforme a Equação 1 (CETESB, 2014). A partir do seu resultado é possível inferir sobre o estado trófico dos corpos hídricos, sendo este o principal agente causador de eutrofização.

$$(PT) = \left(10 \times \left(6 - \left(\frac{(0,42 - (0,36 \times \ln PT))}{\ln 2} \right) \right) \right) - 20 \quad (1)$$

Em que:

PT = concentração de fósforo total medido na superfície da água, em $\mu\text{g.L}^{-1}$.

Segundo CETESB (2014), a classificação dos ambientes em termos dos Índices de Estado Trófico pode ser realizada segundo a classificação apresentada na Tabela 4.

Tabela 4 – Classificação do IET.

Categoria do Estado Trófico	Ponderação
Ultraoligotrófico	$IET \leq 47$
Oligotrófico	$47 < IET \leq 52$
Mesotrófico	$52 < IET \leq 59$
Eutrófico	$59 < IET \leq 63$
Supereutrófico	$63 < IET \leq 67$
Hipereutrófico	$IET > 67$

Fonte: CETESB, 2014.

Resultados

Testemunhador de sedimento para análise de água intersticial

Para definição e construção do equipamento a ser utilizado na amostragem da água intersticial do Saco da Mangueira foi necessária a realização de diferentes ensaios preliminares de amostradores de sedimentos, até o efetivo funcionamento na amostragem do sedimento de fundo. Para tanto, foram construídos três diferentes modelos de amostradores de sedimento de fundo durante o desenvolvimento do trabalho, e testados em caráter preliminar nas águas do Canal São Gonçalo.

O primeiro amostrador construído teve como princípio de funcionamento o processo de perfuração do tubo externo no fundo do corpo hídrico, seguido de um movimento contrário no

tubo interno para realização da sucção do sedimento do fundo para o interior do tubo, seguido do desarme de uma tampa, fixada por uma borracha junto ao tubo interno, o qual fecha conforme um mensageiro devido à força que a borracha exerce quando esticada. A amostragem realizada com este primeiro modelo de amostrador não foi a mais eficiente, devido à presença da borracha conectada à tampa e ao tubo interno, dificultando a perfuração do fundo do corpo hídrico, não permitindo coletar uma amostra significativa, devido à perda significativa da parcela da amostra no momento de retirada do amostrador para fora do corpo hídrico.

O segundo amostrador foi confeccionado visando a perfuração do fundo do corpo hídrico na diagonal, o que exige que seja exercida uma força significativa para conseguir realizar a perfuração, devido ao material utilizado na sua confecção ser consideravelmente delicado e dependendo da força exercida poderia vir a se romper durante a execução. No teste preliminar realizado em profundidades rasas, verificou-se que o modelo criado é possível de ser utilizado, realizando a perfuração do fundo, porém necessitando da aplicação de muita força o que dificulta a execução e a praticidade durante as amostragens.

O terceiro amostrador foi construído utilizando dois tubos de PVC, sendo o tubo externo com 1,60 m de comprimento e 40 mm de diâmetro, o tubo interno com 1,20 m de comprimento e 32 mm de diâmetro (Figura 3a). Cabe salientar que a extremidade do tubo interno que atinge o fundo foi vedada com silicone e borracha microporosa, no intuito de evitar introdução de água ou ar, que podem afetar o seu funcionamento. Para o tubo externo foram criados 6 tubos testemunhadores (permitindo a amostragem de seis lugares diferentes, como proposto no estudo) de 40 cm de comprimento e 40 mm de diâmetro que são conectados ao mesmo durante a execução nos pontos amostrais (Figura 3b). Tendo como princípio de funcionamento a sucção, realizada com movimentos opostos entre os dois tubos. No momento da amostragem, deve-se descer os dois tubos juntos, sendo que o tubo testemunhador já deve estar conectado ao tubo externo (Figura 3c). O tubo interno (menor diâmetro) deve descer dentro do tubo externo (maior diâmetro) para evitar a entrada da água da coluna d'água durante a descida do equipamento. Ao chegar ao fundo do corpo hídrico o tubo externo é friccionado para baixo com o objetivo de perfurar o fundo do corpo hídrico com o tubo testemunhador conectado e o tubo interno é

puxado para cima como forma a realizar a sucção. Cabe salientar que o ideal é realizar a perfuração do fundo do corpo hídrico com toda a extensão do tubo testemunhador onde se tem uma quantidade significativa de sedimento de fundo e consequentemente de água intersticial. Como forma a garantir que o tubo testemunhador seja totalmente introduzido no fundo, é inserida uma marcação no tubo interno a qual indica a profundidade de perfuração. No presente estudo esta foi de 40 cm, momento no qual os tubos devem ser retirados da água para a embarcação de forma conjunta. Conforme os tubos saem da água o tubo testemunhador é desconectado do tubo externo e é fechado em suas extremidades, sendo a inferior com uma tampa de PVC de 40 mm de diâmetro e a superior com sacos plásticos esticados e fita crepe.

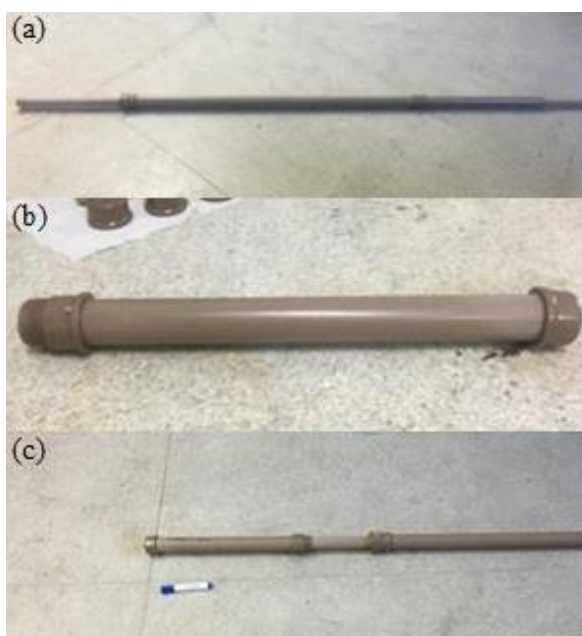


Figura 3 – Composições Amostrador: (a) amostrador por sucção de sedimento de fundo, (b) tubo testemunhador, (c) tubo testemunhador acoplado com o amostrador de sedimento de fundo.

Salienta-se que amostrador construído neste estudo teve um custo médio de R\$ 160,00 (cento e sessenta reais) quando confeccionado em janeiro de 2020, custo este, significativamente inferior aos amostradores de água intersticial disponíveis para aquisição no mercado, que variavam com valores entre R\$ 3.000,00 e R\$ 4.000,00 (três mil a quatro mil reais), segundo levantamento realizado nas empresas brasileiras em janeiro de 2020, apontando para uma significativa viabilidade econômica deste

equipamento artesanal, de fácil confecção e uso prático.

Qualidade da água superficial, de fundo e intersticial do Saco da Mangueira

Os resultados da caracterização físico-química e microbiológica das amostras coletadas nas águas de superfície (10 cm de profundidade), nas águas de fundo (30 cm do fundo de cada local avaliado) e nas águas intersticiais (ligadas ao sedimento de fundo) de cada um dos seis pontos amostrais avaliados neste estudo, serão apresentados e discutidos na sequência.

Os teores dos parâmetros físicos e dos nutrientes dissolvidos nas amostras de águas superficiais e de fundo serão comparados com os limites indicados na legislação vigente que é a Resolução do CONAMA nº 357/2005 para águas superficiais. Já as águas intersticiais não possuem legislação específica, deste modo, foi realizada comparação dos locais entre si.

Inicialmente serão abordados os resultados de salinidade das águas em superfície e de fundo (Tabela 5), a fim de verificar se este ambiente é considerado de águas doces, salobras ou salinas para o efetivo enquadramento dos parâmetros obtidos, conforme a Resolução do CONAMA nº 357/2005.

Tabela 5 – Concentrações de Salinidade no Saco da Mangueira.

Ponto	Profundidade	Salinidade (ppt)
1	Superfície	18,90
	Fundo	19,20

2	Superfície	20,10
	Fundo	18,93
3	Superfície	19,10
	Fundo	19,40
4	Superfície	18,60
	Fundo	18,60
5	Superfície	15,30
	Fundo	15,30
6	Superfície	19,20
	Fundo	19,30
Média Superfície (ppt)		18,53
Desvio Padrão Superfície (ppt)		1,66
Máximo Superfície (ppt)		20,10
Mínimo Superfície (ppt)		15,30
Média Fundo (ppt)		18,46
Desvio Padrão Fundo (ppt)		1,57
Máximo Fundo (ppt)		19,40
Mínimo Fundo (ppt)		15,30

Ao observar os teores de salinidade nos seis pontos avaliados (Tabela 5) em superfície e fundo, os teores médios da salinidade das águas de superfície apresentaram-se de $18,53 \pm 1,66$ ppt e das águas de fundo foram de $18,46 \pm 1,57$ ppt, sendo os teores máximos, em superfície de 20,1 ppt no ponto 2 e 19,40 ppt, no fundo, no ponto 3 e os teores mínimos de 15,30 ppt no ponto 5 em ambas as profundidades, permitindo classificá-lo como um ambiente de águas salobras, cujo limite varia de 0,5 a 30,0 ppt, tanto para as águas de superfície quanto de fundo. Estes teores elevados de salinidade favorecem os processos autodepuradores do ambiente, minimizando os impactos dos possíveis poluentes presentes. Percebe-se que a distribuição da salinidade ao longo da profundidade e dos diferentes pontos amostrais é bastante homogênea, com entrada de massa de água salina, provavelmente associada a intrusão de águas provenientes do Oceano Atlântico que adentram via Laguna dos Patos, devido as ações do vento.

Lago et al. (2005) em estudo realizado na enseada do Saco da Mangueira obteve salinidade de 15 ppt na zona de embocadura com a Laguna dos Patos, seguido deste, Monteiro et al. (2005) através da aplicação de cálculos com uma série temporal obteve valor de salinidade de 10 ppt. No ano de 2010, Baumgarten classificou a enseada como classe 2 de águas salobras, devido à suas características de uso e de salinidade variando de 1

a 20 ppt, corroborando com a classificação indicada no presente estudo.

A seguir serão apresentados os parâmetros obtidos das amostras de água superficial (Tabela 7) e águas de fundo (Tabela 8).

A quantificação dos nutrientes dissolvidos amônia, nitrito e fosfato nas águas é de grande relevância para avaliar os potenciais de desenvolvimento de organismos aquáticos e de toxicidade à vida aquática. Ao observarmos os teores individuais das concentrações de amônia dissolvida nas amostras superficiais e de fundo do Saco da Mangueira (Tabela 7, Tabela 8) nos diferentes locais avaliados, percebe-se variações nos teores nos diferentes pontos amostrais.

As médias e respectivos desvios padrões das concentrações dos teores de amônia dissolvida, para as amostras de superfície e fundo do Saco da Mangueira, são respectivamente de $0,30 \pm 0,15$ mg.L⁻¹ e $0,51 \pm 0,18$ mg.L⁻¹, sendo as concentrações máximas de 0,55 mg.L⁻¹ no ponto 4 e 0,75 mg.L⁻¹ no ponto 3, e as concentrações mínimas de 0,15 mg.L⁻¹ no ponto 6 e 0,32 mg.L⁻¹ no ponto 4, respectivamente para ambas as profundidades.

Ao observarmos a distribuição dos teores de amônia nas amostras coletadas no Saco da Mangueira para superfície e fundo (Tabela 7, Tabela 8), percebe-se que de modo geral as águas de fundo possuem teores mais elevados de amônia, quando comparados aos teores das amostras superficiais nos mesmos locais, provavelmente associada aos menores teores de oxigênio de fundo acarretando a elevação das formas reduzidas do nitrogênio que é o caso da amônia. Exceção pode ser observada para os pontos 1 e 4 nos quais os teores de amônia são mais elevados na superfície, quando comparados ao fundo, podendo estar associada a processos de oxidação, remobilização ou entradas diferenciadas. O ponto 4 situa-se próximo à zona industrial de fertilizantes de Rio Grande, podendo aportar nutrientes nitrogenados para este local elevando suas concentrações nas águas superficiais da região. Já, os teores mais elevados nas águas superficiais do ponto 1 podem estar associados a entrada de água proveniente da Laguna dos Patos advinda da região do polo industrial de fertilizantes. Estudos realizados por Lago et al. (2005) indicaram teores de amônia no Saco de Mangueira como sendo de $0,04 \pm 0,05$ mg.L⁻¹, também apontando para uma situação não alarmante para poluição associada a este elemento, corroborando com os resultados apresentados neste estudo.

As concentrações de fosfato das amostras de superfície e fundo (Tabela 7, Tabela 8), apresentaram média e desvio padrão, de $0,04 \pm 0,01$ mg.L^{-1} e $0,03 \pm 0,01$ mg.L^{-1} , respectivamente. Sendo as concentrações máximas em superfície de $0,05$ mg.L^{-1} nos pontos 4 e 6 e no fundo de $0,04$ mg.L^{-1} nos pontos 1 e 3. Já as concentrações mínimas foram de $0,03$ e $0,01$ mg.L^{-1} no ponto 5 para ambas as profundidades. Percebe-se que as águas superficiais possuem teores mais elevados de fosfato em relação ao fundo, possivelmente associados a resíduos industriais de fertilizantes. Exceção para o ponto 1, situado próximo à desembocadura da Laguna dos Patos com a enseada do Saco da Mangueira, no qual o teor de fosfato no fundo é superior ao encontrado na superfície, possivelmente associado a processos de decomposição de matéria orgânica e/ou revolvimento do fundo. Já, os teores mais elevados nas águas superficiais nos demais pontos podem estar associados à entrada de água proveniente da Laguna dos Patos, aos efluentes das indústrias de fertilizantes, assim como às fontes antrópicas de atividades agrícolas e descartes de esgotos domésticos.

Segundo Lago et al. (2005) foram encontrados altos teores de fosfato, provavelmente devido as emissões aéreas e hídricas das indústrias de fertilizantes e processamento de grãos vegetais e óleos, situadas às margens do Saco da Mangueira, além da decomposição de matéria orgânica (Baumgarten, 2010). Devido os teores de fósforo total não terem sido analisados, foram utilizadas as concentrações de fosfato para o cálculo do Índice do Estado Trófico. Para tanto, fez-se a conversão dos teores de fosfato para a unidade de microgramas por litro na superfície, sendo obtido o valor de IET nos diferentes pontos (Tabela 6), classificado como mesotrófico nos pontos 1, 2, 3, 4 e 6 apresentando $52 < \text{IET} \leq 59$, indicando de acordo com a ANA (2022) que os pontos se encontram com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis, e o ponto 5 como oligotrófico apresentando $47 < \text{IET} \leq 52$, com baixa produtividade (Lamparelli, 2004; CETESB, 2007; ANA, 2022).

Tabela 6 – Classificação de trofia para os diferentes pontos amostrais superficiais do Saco da Mangueira.

Ponto	IET	Classificação
1	52,73	Mesotrófico
2	53,17	Mesotrófico
3	53,57	Mesotrófico
4	54,30	Mesotrófico
5	50,80	Oligotrófico
6	54,30	Mesotrófico

A partir da distribuição dos teores de nitrito apresentados nas Tabelas 7 e 8 as águas de superfície e de fundo, apresentaram médias e desvios padrões iguais, tanto para superfície quanto para fundo, sendo estas de $0,008 \pm 0,004$ mg.L^{-1} . O teor mínimo das águas superficiais foi de $0,00$ mg.L^{-1} para o ponto 2 em superfície e para o ponto 6 no fundo, sendo os teores máximos de $0,01$ mg.L^{-1} nos outros pontos amostrais em ambas as profundidades, com exceção do ponto 1 em superfície qual apresentou teor de $0,006$ mg.L^{-1} .

Quando avaliados os teores ao longo de toda a coluna d'água, observa-se teores mais elevados de nitrito no fundo quando comparados aos teores das amostras de superfície nos mesmos locais, podendo estar associados à liberação de contaminantes para a coluna d'água, recentemente. No ponto 6, o teor de nitrito detectado foi mais elevado na superfície, possivelmente devido ao descarte de efluentes domésticos e industriais em caráter recente, procedente de material orgânico vegetal ou animal, sem ter sofrido processo de oxidação, estando na sua forma reduzida.

Segundo Souza (2015), a presença do nitrato na água utilizada para abastecimento público, pode causar efeitos adversos à saúde, considerado altamente tóxico. Vargas e Baumgarten (2011), em análises da água próxima a entrada do Saco da Mangueira, encontraram elevados teores de nitrito durante inverno, com média de $0,291 \pm 0,14$ mg.L^{-1} e durante o verão com média de $0,024 \pm 0,01$ mg.L^{-1} , este último, dentro do limite da legislação, decorrentes em ambas as estações de lançamentos de efluentes contaminados, corroborando com os teores encontrados neste estudo.

Tabela 7 – Concentrações e teores dos parâmetros de qualidade da água superficial no Saco da Mangueira.

Parâmetro	Pontos						Máx.	Mín.	Méd.	Desv. Pad.
	1	2	3	4	5	6				

Amônia (mg.L ⁻¹)	0,37	0,34	0,18	0,55	0,21	0,15	0,55	0,15	0,30	0,15
Nitrito (mg.L ⁻¹)	0,006	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,008	0,004
Fosfato (mg.L ⁻¹)	0,04	0,04	0,04	0,05	0,03	0,05	0,05	0,03	0,04	-
Condutividade Elétrica (mS.cm ⁻¹)	30,40	32,20	30,80	30,10	25,20	30,90	32,20	25,20	29,93	2,43
Cor Aparente (PCU)	335	309	496	766	650	230	766	230	464,33	210,83
Cor Verdadeira (PCU)	86	39	45	55	40	49	86	39	52,33	17,52
Oxigênio Dissolvido (mg.L ⁻¹)	8,42	8,05	7,47	7,74	8,60	9,59	9,59	7,47	8,31	0,75
pH	8,01	8,24	8,08	8,03	8,27	8,32	8,32	8,01	8,16	0,13
Sólidos Totais Dissolvidos (g.L ⁻¹)	18,60	19,60	18,80	18,40	15,60	18,80	19,60	15,60	18,30	1,38
Temperatura (°C)	24,03	23,85	24,23	25,77	24,78	25,70	25,77	23,85	24,73	0,84
Turbidez (NTU)	85,10	90,20	144,00	195,00	169,00	65,60	195,00	65,60	124,82	52,02
Coliformes Termotolerantes (UFC.100mL ⁻¹)	2020	4040	2980	5820	2240	1320	5820	1320	3070	1634,96
Coliformes Totais (UFC.100mL ⁻¹)	2840	5870	3840	6240	2760	1840	6240	1840	3898,33	1790,36

Máx. – concentrações e teores máximos encontrados; Mín. – concentrações e teores mínimos encontrados; Méd. – concentrações e teores médios encontrados; Desv. Pad. – desvio padrão das concentrações e teores encontrados.

Tabela 8 – Concentrações e teores dos parâmetros de qualidade da água de fundo no Saco da Mangueira.

Parâmetro	Pontos						Máx.	Mín.	Méd.	Desv. Pad.
	1	2	3	4	5	6				
Amônia (mg.L ⁻¹)	0,33	0,53	0,75	0,32	0,43	0,67	0,75	0,32	0,51	0,18
Nitrito (mg.L ⁻¹)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,008	0,004
Fosfato (mg.L ⁻¹)	0,04	0,03	0,04	0,01	0,01	0,01	0,04	0,01	0,03	-
Condutividade Elétrica (mS.cm ⁻¹)	31,00	27,60	31,30	30,10	25,10	31,10	31,3	13,3	29,37	2,50
Cor Aparente (PCU)	327	316	650	852	676	197	852	197	503,00	258,04
Cor Verdadeira (PCU)	61	59	61	61	57	51	61	51	58,33	3,93
Oxigênio Dissolvido (mg.L ⁻¹)	7,41	*	6,97	6,51	7,30	9,12	9,12	6,51	7,46	0,99
pH	8,10	6,38	8,11	8,10	8,34	8,43	8,43	6,38	7,91	0,76
Sólidos Totais Dissolvidos (g.L ⁻¹)	18,90	13,82	19,10	18,40	15,60	19,00	19,10	15,60	17,47	2,22
Temperatura (°C)	24,16	*	24,23	25,77	24,79	25,68	25,77	24,16	24,93	0,77
Turbidez (NTU)	81,90	44,60	169,00	206,00	178,00	68,00	206,00	68,00	124,58	67,64
Coliformes Termotolerantes (UFC.100mL ⁻¹)	1960	3760	2740	5040	2020	1240	5040	1240	2793,33	1392,13
Coliformes Totais (UFC.100mL ⁻¹)	2520	5020	3020	5480	2540	1760	5480	1760	3390	1503,21

Máx. – concentrações e teores máximos encontrados; Mín. – concentrações e teores mínimos encontrados; Méd. – concentrações e teores médios encontrados; Desv. Pad. – desvio padrão das concentrações e teores encontrados.

Os teores dos coliformes termotolerantes médios e desvio padrão foram de 3070±1634,96 UFC.100 mL⁻¹ e 2793,33±1392,13 UFC.100 mL⁻¹, respectivamente, resultando em águas de superfície com teores mais elevados de coliformes

termotolerantes com máximos de 5820 e 5040 UFC.100 mL⁻¹ no ponto 4 em superfície e fundo, respectivamente, provavelmente associados a uma contaminação fecal recente e de eventual presença de organismos patogênicos, além destes, nos

pontos 2, 3 e 4, os teores de coliformes termotolerantes excederam o limite de enquadramento estabelecido pela CONAMA 357/2005, indicando entradas antrópicas associadas a estes locais, possivelmente advindos da comunidade localizada as margens do ponto 2, às indústrias de fertilizantes de Rio Grande localizadas as margens do ponto 4 e a influência de ambas as margens no ponto 3, localizado no centro de ambos os pontos citados. Os demais pontos estiveram dentro dos limites estabelecidos pela legislação vigente, sendo os teores mínimos encontrados de 1320 e 1240 UFC.100 mL⁻¹ para o ponto 6 respectivos da superfície e do fundo.

Já, os teores de coliformes totais, quais não possuem limite aceitável estabelecido pela legislação, apresentaram contagem dos coliformes bem próximos entre si. As médias e os desvios padrões foram de 3898,33±1790,36 UFC.100 mL⁻¹ e 3390,00±1503,21 UFC.100 mL⁻¹, respectivamente. Percebe-se que as águas de superfície possuem teores mais elevados quando comparados com os teores de fundo, sendo as máximas encontradas de 6240 e 5480 UFC.100 mL⁻¹ para a superfície e fundo, provavelmente associados a contaminação de esgotos domésticos em todos os locais do estudo, tendo comportamento semelhante aos coliformes termotolerantes mencionados anteriormente. Vale destacar que os teores mínimos encontrados foram de 1840 e 1760 UFC.100 mL⁻¹ para superfície e fundo, respectivamente.

De acordo com Vargas e Baumgarten (2011), em análises da água próxima a entrada do Saco da Mangueira, estes encontraram elevados teores de coliformes totais e *Escherichia Coli* durante o verão com média de 170000±78102,4 UFC.100mL⁻¹ e 67800±58984,74 UFC.100mL⁻¹, respectivamente, decorrentes das maiores temperaturas e insolação elevada que aumentam a proliferação dessas bactérias, sugerindo o lançamento de resíduos fecais recentes, corroborando com os teores encontrados neste estudo. Cabe salientar que o estudo atual detectou teores de coliformes muito inferiores quando comparados a este estudo de Vargas e Baumgarten (2011), indicando que pode ser de menor intrusão de poluentes ou de condições térmicas e hidrológicas distintas.

De acordo com as concentrações apresentadas de condutividade elétrica das amostras superficiais e de fundo, observa-se teores similares nos diferentes pontos de amostragem,

exceto no ponto 2, o qual apresenta maior diferença de concentração entre as profundidades amostrais, além disto, nas águas superficiais há uma escala crescente de concentração nos pontos 2, 4 e 5, diferentemente dos pontos 1, 3 e 6 que apresentaram maior concentração nas águas de fundo. Observando a média e o desvio padrão dos teores de condutividade elétrica para as amostras de superfície e fundo do Saco da Mangueira, de 29,93±2,43 mS.cm⁻¹ e 29,37±2,50 mS.cm⁻¹, respectivamente, sendo as concentrações máximas encontradas de 32,2 mS.cm⁻¹ no ponto 2 em superfície e 31,3 mS.cm⁻¹ no ponto 3 de fundo, e as mínimas de 25,2 mS.cm⁻¹ no ponto 5 em superfície e 13,3 mS.cm⁻¹ no ponto 2 de fundo. Percebe-se que de modo geral as águas de superfície possuem teores mais baixos quando comparados com os teores de fundo, exceto no ponto 2 onde o teor de condutividade elétrica da superfície está mais elevado quando comparado ao teor de fundo, provavelmente associados a uma maior concentração iônica, podendo dar-se devido a processos de intrusão salina advindo da Laguna dos Patos, sendo o comportamento da condutividade elétrica bem semelhante ao comportamento da salinidade nos pontos amostrais, devido ao aporte de esgoto sanitário neste ponto.

Para o parâmetro de cor aparente (Tabela 7, Tabela 8) nos diferentes locais avaliados, observa-se que as águas de fundo possuem teores mais elevados quando comparados aos teores das amostras superficiais nos mesmos locais, provavelmente associada a uma maior quantidade de material em suspensão no fundo, quando comparado com a superfície, exceção nos pontos 1 e 6 nos quais os teores de cor aparente são mais elevados na superfície, quando comparados ao fundo, podendo estar associado a revolvimento do fundo e ressuspensão de material. Neste tem-se média e desvio padrão de 464,33±210,83 PCU e 503,00±258,04 PCU, para as águas superficiais e de fundo, respectivamente. O ponto 4, em ambas as profundidades, apresentou teores elevados, sendo os teores máximos encontrados de 766 PCU em superfície e 852 PCU no fundo, e os teores mínimos encontrados de 230 PCU em superfície e 197 PCU no fundo, ambos para o ponto 6. Como não há um limite estabelecido pela legislação vigente, as concentrações encontradas não apontam problemática direta associada a este.

Já, para a cor verdadeira, assim como para a cor aparente, observa-se teores mais elevados no fundo quando comparados aos teores superficiais,

provavelmente associados a uma maior quantidade de material dissolvido fino, presente na camada em questão. Exceto no ponto 1, onde os teores de cor verdadeira foram maiores na superfície, isto pode se dar pela presença de substâncias minerais e orgânicas dissolvidas, provenientes dos processos da decomposição de organismos terrestres e aquáticos que foram ressuspensas do fundo para a superfície. As médias e respectivos desvios padrões das concentrações dos teores de cor verdadeira para as amostras de superfície e fundo do Saco da Mangueira, foram de $52,33 \pm 17,52$ PCU e $58,33 \pm 3,93$ PCU, respectivamente, com máxima de 86 PCU no ponto 1 em superfície e 61 PCU nos pontos 1, 3 e 4 no fundo, e mínimas de 39 PCU no ponto 2 em superfície e 51 PCU no ponto 6 no fundo. De modo geral, no ponto 4 os teores apresentam-se em concentrações mais elevadas em ambas as profundidades, comparado aos outros pontos de amostragem, possivelmente devido a estar localizado próximo às indústrias de fertilizantes existentes no município Rio Grande.

Segundo a ANA (2013) o oxigênio dissolvido é um dos mais importantes parâmetros para a dinâmica e a caracterização dos corpos hídricos, tendo como fontes a atmosfera, a interface atmosfera-água e a fotossíntese, responsáveis pela produção e liberação de oxigênio pelos organismos e plantas, além de ser um indicativo de contaminação por matéria orgânica quando em níveis reduzidos. Ao observarmos suas concentrações apresentadas nas Tabelas 7 e 8, percebe-se que os teores nos diferentes pontos estão bem próximos entre si, exceto no fundo do ponto 2, no qual não foi possível sua determinação devido a erro inesperado no equipamento durante a campanha amostral neste ponto.

As concentrações médias de oxigênio dissolvido detectadas nas águas do Saco da Mangueira foram de $8,31 \pm 0,75$ mg.L⁻¹ e $7,46 \pm 0,99$ mg.L⁻¹ para superfície e fundo, respectivamente. Com máximas concentrações de 9,59 e 9,12 mg.L⁻¹ no ponto 6 para ambas as profundidades e mínimas de 7,47 mg.L⁻¹ no ponto 3 em superfície e 6,51 mg.L⁻¹ no ponto 4 no fundo. Nos diferentes pontos, observa-se que os teores encontram-se dentro dos valores de enquadramento e acima do limite mínimo de 4 mg.L⁻¹ recomendado pela legislação vigente da CONAMA 357/2005, além deste observam-se teores mais elevados nas águas superficiais, com provável associação do contato direto com a atmosfera. De acordo com Baumgarten et al. (1995), a enseada do Saco da

Mangueira encontra-se frequentemente com a oxigenação sub-saturada, possivelmente associada a direção do vento que estava da Laguna dos Patos para o Saco da Mangueira durante o estudo em questão.

O pH é outro parâmetro com grande importância para avaliação de qualidade de água devido à sua influência na distribuição das formas livre e ionizada de diferentes compostos químicos (Leal, 2022), assim como nos processos biológicos e nas trocas iônicas ocorrentes nos ecossistemas aquáticos, tendo um efeito indireto que acaba contribuindo com a precipitação de elementos químicos tóxicos (ANA, 2013). Observa-se que apenas na profundidade de fundo no ponto 2, os teores encontraram-se levemente abaixo do limite inferior de enquadramento estabelecido pela CONAMA 357/2005. Porém, salienta-se que este ponto em específico teve o parâmetro de pH determinado em laboratório devido ao erro ocorrido no equipamento durante a amostragem, podendo este ser o motivo da discrepância ocorrente. Os demais estiveram dentro dos limites estabelecidos, não apontando nenhuma problemática direta associada a este parâmetro, com médias e desvios padrões de $8,16 \pm 0,13$ e $7,91 \pm 0,76$, para água de superfície e de fundo, respectivamente. Possuindo de modo geral teores ligeiramente mais elevados de pH nas águas de fundo, com máxima de 8,43 para o ponto 6 e mínimo de 6,38 no ponto 4, provavelmente associada a uma certa abundância de resíduos industriais ou domésticos (Leal, 2022) já decantados. Exceção à condição básica pode ser observada no ponto 2, situado próximo a comunidade, no qual o teor de pH é mais elevado na superfície quando comparado ao fundo, podendo estar associada a poluição atmosférica que tem contato direto com a superfície, devendo ser melhor investigado ao longo do tempo, sendo encontrado para superfície pH máximo de 8,32 no ponto 6 e mínima de 8,01 no ponto 1. Estudos realizados por Lago et al. (2005) indicaram teores elevados de pH no Saco de Mangueira, variando de 7,67 a 8,50, também apontando para uma condição de basicidade, corroborando com os resultados apresentados no presente estudo.

Observando os teores de sólidos totais dissolvidos nas amostras de superfície e fundo (Tabela 7, Tabela 8), qual apresentaram teores médios para as amostras de superfície e fundo do Saco da Mangueira, respectivamente de $18,30 \pm 1,38$ g.L⁻¹ e $17,47 \pm 2,23$ g.L⁻¹, sendo a

máxima de 19,6 e 19,1 g.L⁻¹ para os pontos 2 em superfície e 3 no fundo, e mínimas de 15,6 g.L⁻¹ para o ponto 5 em ambas as profundidades. Analisando os teores ao longo da coluna d'água pode-se inferir que, de modo geral, estes encontram-se próximos entre si, havendo quase uma igualdade em sua totalidade nas concentrações presentes no fundo com relação à superfície, exceto no ponto 2 onde o teor de sólidos totais dissolvidos da superfície está mais elevado quando comparado ao teor de fundo, provavelmente associado a despejos contínuos de contaminantes no cursos de água, como o esgoto *in natura*, advindo da comunidade localizada próximo ao local em estudo, uma vez que, este parâmetro possui correlação direta com processos de decomposição de material em suspensão, que produzem formas dissolvidas (Queiroz et al., 2019).

De acordo com ANA (2013), a temperatura é um dos principais parâmetros a ser avaliado ambientalmente, quanto a qualidade de água, pois este pode indicar alterações em todos os outros parâmetros químicos da água, resultante da radiação solar incidente na água, influenciando nas atividades biológicas e no crescimento de organismos. Conforme apresentado nas Tabelas 7 e 8, os teores encontram-se praticamente constantes e com grande proximidade entre si, havendo uma pequena diferença entre as concentrações presentes no fundo com relação a superfície, devido à pouca profundidade do ecossistema, tornando as águas pouco estratificadas termicamente. Os teores apresentam média e desvio padrão de 24,73±0,84 °C e 24,93±0,77 °C, para as águas superficiais e de fundo, respectivamente, com máximas de 25,77 °C no ponto 4 em ambas as profundidades e temperaturas mínimas de 23,85 °C no ponto 2 em superfície e 24,16 °C no ponto 1 no fundo. De acordo com Lago *et al.* (2005), em época similar ao presente estudo no mesmo ambiente, foram encontrados valores de temperatura média de 17±1,73 °C, teor abaixo do encontrado no presente estudo que foi realizado em 2020, porém o estudo realizado em 2005 já comprovou que a enseada sofre ao longo do tempo com o lançamento de efluentes sem tratamento, apesar desta estar sob proteção legal municipal e estadual, corroborando com os dados encontrados neste estudo. E as variações de temperatura podem estar associadas a diversos fatores, como o clima, entradas antrópicas, alterações naturais do ecossistema, profundidade diária entre outros, porém não

apresentando nenhuma problemática associada a este parâmetro.

Por fim, em relação à turbidez nas amostras superficiais e de fundo do Saco da Mangueira (Tabela 7, Tabela 8), estas apresentam concentrações médias e respectivos desvios padrões de 124,82±52,02 NTU e 124,58±67,64 NTU, com turbidez máxima de 195 e 206 NTU, para o ponto 4 e mínima de 65,6 e 68 NTU no ponto 6, respectivamente, na superfície e no fundo. Em um estudo realizado por Baumgarten et al. (2005), foi encontrado para o parâmetro de turbidez, em amostras do Saco da Mangueira, uma média de 20,33±2,08 NTU, valor consideravelmente abaixo dos encontrados neste estudo, sendo que os autores indicaram que a enseada estava eutrofizada, apresentando uma poluição visual a intensificação do problema de depósito de detritos orgânicos de origem antrópica, que corroboram com os teores encontrados. Possuindo teores mais elevados de turbidez nas águas de fundo quando comparados às superficiais, provavelmente associada a presença de material fino em suspensão (Picolotto et al., 2021) na água do fundo, quando comparado com a superfície, além dos processos de ressuspensão de fundo. Exceção pode ser observada para os pontos 1 e 2, nos quais os teores de turbidez são mais elevados na superfície quando comparados ao fundo, possivelmente devido a lançamentos de esgotos *in natura* advindos da comunidade localizada próxima do ponto 2 e a entrada de água proveniente da Laguna dos Patos, advinda da região do polo industrial de fertilizantes no ponto 1.

Para as águas intersticiais, cujos resultados serão discutidos a seguir, salienta-se que os parâmetros de salinidade, coliformes totais, coliformes termotolerantes, cor aparente, cor verdadeira, oxigênio dissolvido, sólidos totais dissolvidos e temperatura não foram analisados, devido aos objetivos do estudo e a impossibilidade de medição com o equipamento utilizado *in situ*. Os parâmetros analisados nas mesmas, são apresentados na Tabela 9 a seguir.

O teor de amônia dissolvida na água intersticial apresentou-se mais elevado no ponto 2 com 20,40 mg.L⁻¹ e o mínimo de 2,60 mg.L⁻¹ no ponto 4, sendo que os teores elevados apontam para uma acumulação/deposição ao longo do tempo, de forma recorrente e talvez até contínua. Como neste local há a presença de comunidade próxima e com lançamento de esgotos *in natura*, estes podem estar relacionados aos teores elevados de amônia na água intersticial. Este quando comparado com os

teores da água de fundo, apresenta uma concentração 40 vezes mais elevada deste elemento, indicando alerta para o local, caso haja eventos extremos, como ventos extremos ou processos de dragagem que possam vir a liberar

para a coluna de água teores elevados de amônia os quais podem ser altamente tóxicos para os organismos aquáticos.

Tabela 6 – Concentrações e respectivos dados estatísticos dos parâmetros de qualidade da água intersticial no Saco da Mangueira.

Parâmetro	Pontos						Máx.	Mín.	Méd.	Desv. Pad.
	1	2	3	4	5	6				
Amônia (mg.L ⁻¹)	5,60	20,40	6,50	2,60	2,80	11,40	20,40	2,60	8,22	6,77
Nitrito (mg.L ⁻¹)	0,10	0,12	0,03	0,06	0,06	0,06	0,012	0,03	0,0717	0,0325
Fosfato (mg.L ⁻¹)	0,16	3,40	0,52	0,17	0,16	1,77	3,40	0,16	1,03	-
Condutividade Elétrica (mS.cm ⁻¹)	21,30	18,82	19,62	21,30	17,66	16,26	21,30	16,26	19,16	2,01
pH	6,74	8,43	7,77	7,70	7,49	7,83	8,43	6,74	7,66	0,55
Turbidez (NTU)	2,41	3,14	1,50	0,80	0,84	3,70	3,70	0,80	2,07	1,21

Máx. – concentrações e teores máximos encontrados; Mín. – concentrações e teores mínimos encontrados; Méd. – concentrações e teores médios encontrados; Desv. Pad. – desvio padrão das concentrações e teores encontrados.

O fosfato para a água intersticial apresentou teor mais elevado no ponto 2 com 3,40 mg.L⁻¹ e o mínimo de 0,16 mg.L⁻¹ nos pontos 1 e 5, uma vez que, os teores elevados apontam para uma deposição ao longo do tempo, de forma contínua, conforme já foi mencionado anteriormente para o teor de amônia, apresentando uma concentração 100 vezes maior deste elemento quando comparado com os teores de fundo para o mesmo ponto, indicando alerta para o local com a presença de ventos extremos ou processos de dragagem, qual acarretam a liberação de toxinas devido aos altos teores de fosfato que serão liberados para a coluna d'água.

Os teores de nitrito apresentaram-se mais elevados nos pontos 1 e 2 com teores de 0,10 e 0,12 mg.L⁻¹, respectivamente, sendo o último teor máximo encontrado, apontando possivelmente para uma acumulação de emissões de forma contínua, diferentemente do ponto 3 que apresentou o teor mínimo de 0,03 mg.L⁻¹ quando comparado aos outros pontos amostrais. No local do ponto 1 há influência direta da Laguna dos Patos e de ações antrópicas de pescadores por estar na região de desembocadura. No ponto 2 há a presença de comunidade próxima a margem e lançamento de esgotos *in natura*, estes podendo estar relacionados aos teores elevados de nitrito na água intersticial. De modo geral os teores foram satisfatórios com teores 2 vezes menor que o limite

permitido para águas superficiais de acordo com a Resolução 357 do CONAMA que é de 0,2 mg.L⁻¹, não indicando alerta para o local quando analisado isoladamente.

Os teores de condutividade elétrica apresentaram comportamento de diminuição gradual da superfície até a água intersticial, não apontando uma preocupação quando avaliado isoladamente. Já o pH para a água intersticial foi encontrado com maior elevação no ponto 2 com 8,43, o que indica uma diversidade de comportamento neste local, apontando para uma deposição de elementos básicos de forma contínua. Salienta-se que os teores de pH na água intersticial encontram-se dentro do limite permitido para águas superficiais, de acordo com a Resolução 357 do CONAMA que varia de 6,50 < pH < 8,5, indicando a necessidade de atenção e um monitoramento contínuo deste parâmetro como forma a evitar uma situação alarmante de desequilíbrio do meio aquático e geração de toxinas associada a este parâmetro, mesmo encontrando-se dentro dos limites da legislação.

Analisando os teores de turbidez encontrados nas águas intersticiais, estes são inferiores aos das águas superficiais e de fundo, onde a máxima foi de 3,70 NTU no ponto 6 e mínimo foi de 0,8 NTU no ponto 4, o que já era esperado, devido ao fato das altas reações de adsorção e ligações iônicas das águas intersticiais

às partículas de sedimento de fundo. De modo geral, os teores se mantiveram constantes e com concentrações significativamente menores com relação às outras profundidades, apontando para pouca presença de material fino presente na água intersticial, não indicando nenhum alerta para o local, caso haja eventos extremos como ventos de alta magnitude ou processos de dragagem que possam vir a liberar para a coluna de água elementos que elevem a turbidez, já que estes são baixos e não apresentam alto potencial de liberação de toxinas.

Discussão

Os resultados indicam que as águas superficiais, quando comparadas às águas de fundo do Saco da Mangueira, estão mais enriquecidas em coliformes termotolerantes, coliformes totais, fosfato e oxigênio dissolvido, indicando contaminação por esgoto (Costa et al., 2021), apresentando também a partir do IET, classificado em sua grande maioria como mesotrófico, caracterizaram eutrofização mediana (nem elevada, nem baixa) pelo elemento fósforo (Feruck et al., 2021), resultando um ambiente com variação de baixa à intermediária produtividade e proliferação da flora aquática (Rodrigues et al., 2021). Já as águas de fundo do Saco da Mangueira apresentaram teores mais elevados de cor aparente, cor verdadeira (exceto no ponto 1), turbidez (exceto no ponto 2), amônia (exceto nos pontos 1 e 4) e pH (exceto no ponto 2).

Referente às águas intersticiais, ou seja, aquelas agregadas ao sedimento de fundo do Saco da Mangueira, há uma tendência de que estas estejam mais concentradas em nutrientes quanto em poluentes, quando comparadas às águas superficiais e de fundo, localizadas diretamente acima. Este comportamento foi claramente evidenciado para amônia, fosfato e nitrito, tendo teores bastante elevados no ponto 2 para estes três nutrientes e para amônia e fosfato além do ponto 2 também para o ponto 6, possivelmente atrelado ao processo de degradação da matéria orgânica depositada no fundo no ambiente (Evangelista, 2021; Frascareli, 2021). Porém estão menos concentradas em condutividade elétrica do que as águas de fundo imediatamente acima destas. Já as águas intersticiais são mais ácidas que as águas de fundo. Exceção foi detectada para amostra de água intersticial do ponto 2, a qual possui águas com características mais básicas que as águas de fundo desse ambiente.

Conclusões

O presente estudo apresentou um equipamento de baixo custo para coleta de testemunhos sedimentares do fundo do Saco da Mangueira, adequado para as quantidades desejadas de amostra e sem interferências da água superficial, permitindo coletar uma amostra representativa do mesmo. Este equipamento poderá também ser utilizado para amostragens de sedimento e consequente avaliação da qualidade das águas intersticiais de outros corpos hídricos da região, ampliando o conhecimento científico com foco em qualidade ambiental de recursos hídricos.

A enseada do Saco da Mangueira apresenta características espaciais variáveis, conforme indicado neste estudo e ao comparar com estudos pretéritos percebe-se haver uma variação temporal da qualidade. Através da comparação dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos com a resolução do CONAMA 357/05, observa-se que o único parâmetro que se encontra acima dos limites permitidos na maioria dos pontos amostrais, é o de coliforme termotolerante, indicando a poluição deste curso d'água em relação a este parâmetro. Desta forma pode se concluir que a enseada do Saco da Mangueira não está apropriadamente enquadrada na Classe 2 da resolução CONAMA 357/05 e assim seus usos estão limitados, como por exemplo, para recreação de contato primário e abastecimento para o consumo humano, sendo necessário tratamento convencional ou avançado para seu uso.

Os resultados do Índice do Estado Trófico indicaram que a enseada do Saco da Mangueira, na campanha amostral realizada, encontra-se caracterizada como oligotrófica a mesotrófica, não indicando alto potencial de eutrofização. Porém, estes níveis baixos à intermediários apontam para a presença de entradas antrópicas, provavelmente de efluentes domésticos e industriais, que devem ser monitoradas e aplicadas medidas de redução ou eliminação das mesmas.

O estudo indicou que a qualidade da enseada do Saco da Mangueira ainda não é alarmante para os parâmetros avaliados, porém existe a presença de compostos poluentes, que acaba reduzindo a qualidade dos seus usos e muitas vezes restringindo-os. Faz-se necessária a implantação de uma gestão ambiental integrada, entre os diferentes usuários diretos ou indiretos, como a comunidade, indústrias, universidades, prefeitura e órgãos públicos e privados como forma

a estabelecerem medidas mitigadoras e/ou compensatórias, como forma de minimização da poluição deste ecossistema, assim como a implantação de um programa de monitoramento contínuo que permita subsidiar a gestão do mesmo.

Espera-se que este estudo possa auxiliar em trabalhos futuros, que visem a realização de uma gestão, monitoramento e aplicação de medidas de remediação ambiental, assim como a realização de um programa de conscientização da população sobre a importância da enseada do Saco da Mangueira, como forma de garantir a qualidade ambiental deste corpo hídrico.

Agradecimentos

À Agência de Desenvolvimento da Bacia Hidrográfica da Lagoa Mirim-São Gonçalo pelo empréstimo da embarcação utilizada durante a campanha amostral.

Ao Laboratório de Hidroquímica do curso de Engenharia Hídrica da Universidade Federal de Pelotas pelas análises dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos.

Referências

- ANA. Agência Nacional Das Águas, 2013. Monitoramento de Qualidade da Água em Rios e Reservatórios – Unidade 3: Variáveis e parâmetros de qualidade de água em rios e reservatórios. Disponível: <https://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/handle/ana/2227>. Acesso: fev. 2022.
- ANA. Agência Nacional Das Águas, 2022. Portal da Qualidade das Águas: Indicadores de Qualidade da Água – Índice do Estado Trófico. Disponível: <http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-estado-trofico.aspx>. Acesso: fev. 2022.
- ALFAKIT. Alfakit Ltda, 2022. Colipaper. Florianópolis.
- Amorim, N. S., 2012. Processos de diagênese de metais na água intersticial de sedimento marinho da região de Cabo Frio, RJ. Dissertação (Mestrado). Niterói. Universidade Federal Fluminense.
- Baumgarten, M. G. Z., 2010. A eutrofização das águas de uma enseada do estuário da Lagoa dos Patos (RS) protegida pela legislação ambiental. Porto Alegre: Revista da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler / FEPAM 3, 34-42.
- Baumgarten, M. G. Z.; Aguiar, V. F.; Gonçalves, V.; Da Costa, J. D., 2021. Uma estratégia otimizada para diagnosticar a qualidade das águas da enseada estuarina Saco da Mangueira (Rio Grande/RS), que recebe aportes antrópicos. FEPAM em Revista 14, 17-32.
- Baumgarten, M. G. Z.; Niencheski, L. F. H.; Kuroshima, K. N., 1995. Qualidade das águas estuarinas que margeiam o município do Rio Grande (RS-Brasil): nutrientes e detergente dissolvidos. Atlântica 17, 17-34.
- Baumgarten, M. G. Z.; NIENCHESKI, L. F. H.; TRÁPAGA, R., 1998. Avaliação da qualidade hidroquímica da área portuária da cidade do Rio Grande (RS). Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande.
- Baumgarten, M. G. Z., Wallner-Kersanach, M., Niencheski, L. F. H., 2010. Manual de Análises em Oceanografia Química, 2 ed. Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande.
- Braga, P. L. S., 2010. O custo social à saúde humana do saneamento inadequado: análise do sistema ecológico do Saco da Mangueira, no município de Rio Grande/RS. Dissertação (Mestrado). Porto Alegre. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Brandão, C. J.; Botelho, M. J. C.; Sato, M. I. Z.; Lamparelli, M. C., 2011. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. CETESB/ANA. São Paulo/Brasília.
- BRASIL, 1981. Lei nº 6.938, de 31 de agosto.
- BRASIL, 2005. Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente nº 357.
- Cardoso, N. M. A.; Almeida, R. F. B. A., 2022. Degradação ambiental e qualidade da água de rios urbanos: o caso dos cospo d'água de Paraíso do Tocantins, TO, Brasil. Revista Sítio Novo 6, 28-47.
- Castello, J. P., 1985. La Ecología de Los Consumidores Del Estuario de Lagoa dos Patos, Brasil. In: Arancibia, A. Y. Fish Community Ecology In Estuaries And Coastal Lagoons: Towards An Ecosystem Integration. Universidad Nacional Autónoma de México, México, pp. 383-406.
- CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2014. Relatório de Qualidade das Águas Superficiais: Apêndice C – Índices de Qualidade das Águas. Disponível: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios/>. Acesso: fev. 2022.
- CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2007. Relatório de Qualidade das Águas

- Interiores no Estado de São Paulo: 2006, CETESB, São Paulo.
- Costa, K. A.; Col, A. D.; Ventura, A. C. T.; Gummy, M.N.; Weinert, P. L.; Scheffer, E. W. de O., 2021. Inluência das atividades antrópicas sobre a qualidade da água em lagos urbanos: um estudo de caso. *Brazilian Journal of Development* [online] 7. Disponível: <https://doi.org/10.34117/bjdv7n2-569>. Acesso: set. 2022.
- Da Silva, S. C. C.; Calliari, L. J., 2022. Padrões sedimentológicos e morfológicos de uma enseada numa lagoa costeira micromaré: Lagoa dos Patos, sul do Brasil. *Pesquisa em Geociências* [online] 49. Disponível: <https://doi.org/10.22456/1807-9806.112719>. Acesso: jul. 2022.
- Da Silva, M. C.; Kirinus, E. de P.; Bendô, A. R. R.; Marques, W. C.; Vargas, M. M.; Leite, L. R.; Möller Júnior, O. O.; Pertille, J., 2021. Dynamic modeling of effluent dispersion on Mangueira bay – Patos Lagoon (Brazil). *Regional Studies in Marine Science* [online] 41. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2020.101544>. Acesso: set. 2022.
- Da Silveira, V. R.; Valentini, M. H. K.; Dos Santos, G. B.; Nadaleti, W. C.; Vieira, B. M., 2021. Assessment of the Water Quality of the Mirim Lagoon and the São Gonçalo Channel Through Qualitative Indices and Statistical Methods. *Water Air Soil Pollut* [online] 232. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11270-021-05160-w>. Acesso: fev. 2022.
- Dias, D. F., 2017. Processos Geoquímicos na Interface Sedimento-Água no Braço Riacho Fundo do Lago Paranoá – DF. Dissertação (Mestrado). Brasília. Universidade de Brasília, Brasília.
- Dos Santos, S. A.; Gastaldini, M. do C. C.; Pivetta, G. G.; Filho, O. S., 2018. Qualidade da água na bacia hidrográfica urbana Canela Tamandaí, Santa Maria/RS. *Sociedade & Natureza* [online] 30. Disponível em: <https://doi.org/10.14393/SN-v30n2-2018-2>. Acesso: fev. 2022.
- Evangelista, M. C. F., 2021. Distribuição de nutrientes na água intersticial de sedimentos marinhos da plataforma continental na zona de descarga do Rio de Contas e do Rio São Francisco. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado). Niterói. Universidade Federal Fluminense.
- Feruck, M. M.; Araldi-Favassa; Matthiensen, A., 2021. Estudo Quali-quantitativo da comunidade fitoplancônica do Rio Suruvi, Concórdia – SC. In: Matthiensen, A. (Org.), *Ações e Pesquisas em Recursos Hídricos na Bacia do Rio Jacutinga e Bacias Contíguas*. Editora UnC, Mafra, pp. 163-180.
- Fernandes, E. H. L.; Monteiro, I. O.; Moller Júnior, O., 2007. On the dynamics of Mangueira Bay – Patos Lagoon (Brazil). *Journal of Coastal Research* 47, 97-107.
- Frascareli, D., 2021. Heterogeneidade espacial e influência do uso e ocupação do solo nas características do sedimento superficial e água intersticial no reservatório de Itupararanga-SP. Tese (Doutorado). Sorocaba. Universidade Estadual Paulista.
- Gonçalves, T. R.; Trombetta, T. B.; Moller, O.; Marques, G. C., 2021. Análise hidromorfodinâmica do canal do estuário da Lagoa dos Patos: estudo de caso para 2011. In: De Paula, D. P.; De Oliveira, E. C.; Da Fonseca, L. C.; Rodrigues, M. A. C.; Albuquerque, M. da G.; Palma, M.; Pereira, S. D. (Eds.), *Sociedade, ambiente e tecnologia: Mar afora, costa adentro/ X Tomo da Rede BRASPOR*. Editora Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisas do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, pp. 131-144.
- HANNA. Hanna Instruments Portugal Ltda, 2008. Manual de Instruções: HI 83200 Fotômetro de Bancada Multiparâmetros para Laboratórios. São Paulo.
- HORIBA. Horiba Advanced Techno Co Ltda, 2021. Instruction Manual: Multi-parameter water quality Checker U-50 series. São Paulo.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2021. População estimada. Disponível: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rs/rio-grande.html>. Acesso: mar. 2022.
- Islam, M. S., Idris, A. M., Islam, A.R.M.T.; Ali, M. M.; Rakib, M. R. J., 2021. Hydrological distribution of physicochemical parameters and heavy metals in surface water and their ecotoxicological implications in the Bay of Bengal coast of Bangladesh. *Environmental Science and Pollution Research* [online] 28. Disponível: <https://doi.org/10.1007/s11356-021-15353-9>. Acesso: set. 2022.

- Islam, A. R. M. T.; Pal, S.C.; Chakraborty, R.; Idris, A. M.; Salam, R.; Islam, M. S.; Zahid, A.; Shahid, S.; Ismail, Z. B., 2022. A coupled novel framework for assessing vulnerability of water resources using hydrochemical analysis and data-driven models. *Journal of Cleaner Production* [online] 336. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130407>. Acesso: set. 2022.
- Lago, C. F.; Baumgarten, M. G. Z.; Milani, I. C. B.; Andrade, C. F. F., 2005. Identificação dos pontos de lançamentos de efluentes na enseada estuarina Saco da Mangueira e caracterização físicoquímica das águas receptoras. Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande.
- Lamparelli, M. C., 2004. Grau de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento. Tese (Doutorado). São Paulo. Universidade de São Paulo.
- Leal, M. D. V., 2022. Análise Da Qualidade Físico-Química Das Águas Do Rio Itapecuru Na Cidade De Codó-MA. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura). Codó. Universidade Federal do Maranhão.
- Leal, T. F.; Lopes, B. v.; Kirinus, E. de P.; Monteiro, C. B.; Da Silva, M. C.; Möller Júnior, O. O.; Oleinik, P. H.; Trombetta, T. B.; Marques, W. C., 2019. Forçantes Externas Dominantes Nos Processos Hidrodinâmicos Na Região Do Saco Da Mangueira Na Lagoa Dos Patos-RS. *Revista Mundi Engenharia Tecnologia e Gestão* [online] 4. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21575/25254782rmetg2019vol4n2787>. Acesso em: jun. 2022.
- Matos, C. R. L., 2015. Biogeoquímica de Águas Intersticiais e estimativa de fluxos de nutrientes na interface água-sedimento em áreas costeiras do estado do Rio de Janeiro. Dissertação (Mestrado). Niterói. Universidade Federal Fluminense.
- Monteiro, I. O.; Pearson, M. L.; Junior, O. O. M.; Fernandes, E. H. L., 2005. Hidrodinâmica do Saco da Mangueira: Mecanismos que controlam as trocas com o estuário da Lagoa dos Patos. *Atlântica* 27, 87-101.
- Nogueira, L. R.; Cassânego, M. B. B.; Droste, A., 2022. Temporal analysis of genotoxicity and environmental factors related to water quality of a watershed in South Brazil. *Ciência e Natura* [online] 44. Disponível: <https://doi.org/10.5902/2179460X70209>. Acesso: set. 2022.
- Picolotto, A.; Muhlen, M. V.; Herber, J., 2021. Avaliação Da Qualidade De Água Superficial Em Área Preservada E Em Área Urbana Através De Análises Físico-Químicas. *Revista Destaques Acadêmicos* [online] 13. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.22410/issn.2176-3070.v13i4a2021.2842>. Acesso: jun. 2022.
- Pinheiro, R. de A., 2022. Tecendo Olhares aos Processos Coevolutivos Estabelecidos pelas Famílias Agricultoras Guardiãs de Sementes e o Sistema Solo. Tese (Doutorado). Pelotas. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas.
- Pompêo, M.; Moschini-Carlos, V., 2022. Avaliação da degradação da qualidade da água do reservatório Carlos Botelho em Itirapina, São Paulo, Brasil, por meio de imagens do satélite Sentinel 2. *Engenharia Sanitária e Ambiental* [online] 27. Disponível: <https://doi.org/10.1590/S1413-415220210002>. Acesso: set. 2022.
- Proshad R.; Islam S.; Tusher T. R.; Zhang D.; Khadka S.; Gao J.; Kundu S., 2020. Appraisal of heavy metal toxicity in surface water with human health risk by a novel approach: a study on an urban river in vicinity to industrial areas of Bangladesh. *Toxin Reviews* [online] 40. Disponível: <https://doi.org/10.1080/15569543.2020.1780615>. Acesso: set. 2022.
- Queiroz, M. T. A.; De Lima, F. R. P.; Heleno, G.V.R.; Alvim, L.B.; Menezes, M.A. de B.C.; Fernandes, V. de O., 2019. Monitoramento Da Qualidade Da Água No Rio Piracicaba, Bacia Do Rio Doce, Minas Gerais, Brasil. *Iberoamerican Journal of Industrial Engineering* 11, 39-58.
- Rodrigues, A. L.; Leal, L. V. M., 2019. Outorga e Cobrança pelo uso dos Recursos Hídricos como instrumentos de Gestão da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba I. *Revista de Direito* [online] 11. Disponível: <https://doi.org/10.32361/20191116423>. Acesso: set. 2022.
- Rodrigues, F. P.; Ribeiro, J. N. do A., 2022. Análise da vulnerabilidade ambiental a acidentes por transporte rodoviário de produtos

perigosos: estudo de caso no Distrito Industrial do Rio Grande. *Revista Brasileira de Meio Ambiente* 10, 120-135.

Rodrigues, G. da C.; Flexa, L. N. A.; Sousa, C. C. D.; Saldanha, E. C.; Flexa, G. S.; Souza, A. C. G. S., 2021. Qualidade da água e índice de estado trófico em rio amazônico: o caso do rio Pará do Uruará. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais* [online] 12. Disponível: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.011.0018>. Acesso: set. 2022.

Soares, A., 2003. Qualidade da água e fluxos de nutrientes na interface sedimento-água nas represas do Rio Tietê. Dissertação (Mestrado). São Carlos. Universidade Federal de São Carlos.

Souza, M. F., 2015. Qualidade da Água do Canal São Gonçalo – RS/Brasil: uma Avaliação hidroquímica considerando seus usos múltiplos. Dissertação (Mestrado). Pelotas. Universidade Federal de Pelotas.

Souza, V. G.; Baumgarten, M. da G. Z.; Aguiar, V. F.; Almeida, L.; Pinheiro Júnior, E. M., 2021. Uma Estratégia Para A Identificação, Classificação E Caracterização De Locais De Lançamento De Efluentes Em Margens De Ambientes Hídricos. São Paulo. Associação dos Engenheiros da Sabesp.

Vargas, A. T.; Baumgarten, M. G. Z., 2011. Contribuição do deságue de um canaleta da rede pluvial de Rio Grande (RS) na contaminação do estuário da Lagoa dos Patos. *Revista da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler/ FEPAM* 5, 4-14.