

# RELATÓRIO

## Resultados Preliminares

**Processo de degradação de lodo e recuperação de ambiente  
lagunar através de biorremediação/bioestimulação  
na Lagoa de Piratininga**

**Processo SISNATE<sup>®</sup> (Reg. IBAMA nº 7549/14-54)**

**Prefeitura Municipal de Niterói/RJ**

**SECRETARIA MUNICIPAL DE OBRAS E INFRAESTRUTURA**

**Unidade de Gestão do Programa Região Oceânica Sustentável**

Equipe SISNATE<sup>®</sup>:

Aginaldo Mendonça de Limas – (48)99186-3076

Arnaldo Mendonça de Limas – (48)99137-9197

Homero Costa Júnior – (21)99375-7823

CONTRATO	ETEC	REL. Nº	LOCAL/DATA
SMO/UGP/CAF nº 006/2021	Encomenda Tecnológica	nº 006/2022 vs. 004	Niterói, 01/11/2022

## 1. INTRODUÇÃO

A equipe SISNATE<sup>®</sup> seguindo o Plano de Trabalho do Contrato SMO/UGP/CAF nº 006/2021 da Encomenda Tecnológica do Processo de degradação de lodo e recuperação de ambiente lagunar através de biorremediação/bioestimulação na Lagoa de Piratininga, tem consolidado a cada amostragem os dados laboratoriais para demonstrar os resultados aferidos e planejar as ações necessárias conforme tendências apontadas na qualidade da água e do sedimento.

Importante salientar que o objetivo proposto sempre foi a diminuição da camada de lodo orgânico visando melhorar a qualidade do ambiente lagunar, e para isso, além do experimento são necessárias ações de interrupção da contribuição de dejetos *in natura* e conscientização da população ribeirinha (questões que conforme a equipe do PRO Sustentável fazem parte do planejamento de ações a serem implementadas através de outros projetos).

A batimetria é a ciência do mensuramento da profundidade das massas de água (oceanos, mares, lagos etc.) para determinação da topografia do seu leito, sendo que existem técnicas e equipamentos diferentes para sua aferição. Para realizar essa atividade, é muito comum a utilização de tecnologias de eco, como os sonares, utilizadas por animais como golfinhos e baleias para se localizarem sem a necessidade de enxergar diretamente os obstáculos no seu trajeto. Assim, um som é emitido e, pelo tempo que ele demora para gerar um eco, é possível saber o quão próximo ou distante está um objeto, seu tamanho, formato, altura, etc.

Os mapas topográficos mostram elevações de terra acima do nível do mar e os mapas batimétricos mostram depressões de terra abaixo do nível do mar. As elevações topográficas e as depressões batimétricas são representadas com linhas de contorno. Uma linha de contorno é uma linha num mapa que representa uma linha imaginária correspondente no chão que tem a mesma elevação ou depressão ao longo de todo o seu comprimento (Tarbuck & Lutgens, 1999).

Então enquanto um mapa topográfico mostra curvas de níveis, que representam elevações de um ponto a outro, o mapa batimétrico faz algo “oposto” mostrando depressões. Ao invés de traçar elevações, a batimetria mostra o que não está preenchido, ou seja, a distância entre a superfície e o fundo em cada quadrante da área levantada. Por isso, esta aferição é considerada por nossa equipe a mais importante para determinar o sucesso do experimento em diminuir a camada de lodo orgânico, enquanto as análises do sedimento apenas demonstram o quanto poluído este está.

Como a contribuição de agentes poluidores existe há muito tempo, verificou-se pelas análises do sedimento que muitos compostos estão decantados na camada mais densa (essa camada é formada principalmente por parte inorgânica do solo submerso e tem sua coloração escura devido a poluição). Na medida que a parte orgânica vai diminuindo observamos que a análise do sedimento superficial (10cm) e subsuperficial (30cm) está sendo caracterizada por essa camada mais densa e inorgânica (Relatório Técnico 2ª Campanha Hydrosience).

É fundamental a continuidade e acompanhamento através das análises da qualidade da água e do sedimento não para subsidiar totalmente a decisão de continuar o experimento, mas especialmente para determinar ações de contenção na contribuição dos poluentes orgânicos. Além disso, por se tratar de um grande estuário natural com influência da maré e outros agentes intempéries quanto maior o tempo de observação do experimento nas diversas condições, melhores dados serão obtidos para analisar o comportamento do experimento naquilo que foi proposto que é a diminuição da camada de lodo orgânico.

## 2. METODOLOGIA

Os planos amostrais combinados com a equipe técnica da prefeitura seguem o planejamento do Plano de Trabalho e das reuniões realizadas conforme tabela 1 abaixo:

Descrição Ponto	Coordenadas	Aplicação	Tipo de Ponto
<b>Boia Central da Área (PC)</b>	<b>22°56'52.94799" S 43°05'11.79172" W</b>	<b>Biorremediador Bio Caixas</b>	<b>Amostragem</b>
Boia Ponto 1 (P1)	22°56'53.94819" S 43°05'11.08863" W	Biorremediador Bio Caixas	
<b>Boia Ponto 2 (P2)</b>	<b>22°56'53.39878" S 43°05'12.29986" W</b>	<b>Biorremediador Bio Caixas</b>	<b>Amostragem</b>
Boia Ponto 3 (P3)	22°56'53.94812" S 43°05'12.08688" W	Biorremediador Bio Caixas	
Boia Ponto 4 (P4)	22°56'52.94800" S 43°05'12.08683" W	Biorremediador Bio Caixas	
Boia Ponto 5 (P5)	22°56'53.94803" S 43°05'11.08655" W	Biorremediador Bio Caixas	
Boia Ponto 6 (B6)	22°56'52.94788" S 43°05'11.08647" W	Biorremediador Bio Caixas	
<b>Boia Ponto 7 (P7)</b>	<b>22°56'52.2384" S 43°05'11.81048" W</b>	<b>Biorremediador Bio Caixas</b>	<b>Amostragem</b>
Boia Ponto 8 (P8)	22°56'52.94782" S 43°05'12.08683" W	Biorremediador Bio Caixas	
Controle 1 (C1)	22°56'53.948088" S 43°05'09.086044" W		Controle
Controle 2 (C2)	22°56'53.947940" S 43°05'09.087085" W		Controle
Controle 3 (C3)	22°56'53.948291" S 43°05'12.086826" W		Controle

Tabela 1

Nossa área experimental fica próxima da costa sul da lagoa, apresenta uma área de 50x50 m (Figura – 1), na qual tem-se três pontos de monitoramento pela Hydrosience (P7, PC e P2) e um ponto de controle (C2) e internamente fazemos o acompanhamento do ponto central (PC).



Figura 1

Pela Prefeitura Municipal de Niterói de acordo com o Edital da ETEC ficou determinado amostragens antes, no meio e no final do experimento, sendo a primeira em março, depois em julho conforme resultados já apresentados em Relatório, para nossa avaliação interna, fizemos visita os pontos antes do experimento e amostragens a partir de julho mensalmente. Temos coletas efetuadas em fevereiro (04146-22 Rev. 1, 04147-22 Rev. 1), julho (17275-22, 17276-22 e 17498-22), agosto (19912-22, 19913-22 e 19914-22) e setembro, esta última ainda não recebemos os resultados do laboratório contratado (QualyLab) conforme dados registrados na Tabela 4 – análise de Água e Tabela 5 – Análise de sedimento e laudos citados anexos.

A última coleta pelo contrato está prevista para o mês de outubro. A conservação das amostras segue o rito estabelecido conforme Tabela 2 e 3, onde estão sumarizados os parâmetros monitorados com indicação da metodologia de referência aplicada. As análises foram realizadas de acordo com a metodologia de referência proposta pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23ª Ed. e por outros métodos padronizados.

Abaixo segue tabelas demonstrando os padrões de metodologia e conservação das amostras para água e sedimento:

METODOLOGIA E CONSERVAÇÃO DE AMOSTRAS PARA ÁGUA					
Parâmetro	Unidade	Volume (mL)	Preservante	Validade	Método de Referência
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	1000	H2SO4 até ph <2	28 dias	SMEWW, 23ª Ed – 4500-NH3 B e 4500-NH3 D
Carbono Orgânico Total	mg/L	200	4°C +- 2°C	7 dias	Farmacopeia Brasileira, 6ª edição
Coliformes Totais*	NMP/100mL	100	Tiosulfato de Sódio	24 horas	SMEWW, 23ª Ed – 9221-A
DBO	mg/L	1000	Apenas Refrigeração	48 horas	SMEWW, 23ª Ed – 5210-B
DQO	mg/L	100	H2SO4 até ph <2	14 dias	SMEWW, 23ª Ed – 5220-D
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	100	Tiosulfato de Sódio	24 horas	SMEWW, 23ª Ed – 9221-A
Fósforo Total - Fosfato	mg/L	100	H2SO4 até ph <2	28 dias	SMEWW, 23ª Ed – 4500-P B e 4500-P E
Fósforo Dissolvido Total	mg/L	100	H2SO4 até ph <2	28 dias	SMEWW, 23ª Ed – 4500-P B e 4500-P E
Nitrato	mg/L	100	Apenas Refrigeração	48 horas	SMEWW, 23ª Ed – 4500-NO3 E
Nitrito	mg/L	100	Apenas Refrigeração	48 horas	SMEWW, 23ª Ed – 4500-NO2 B
Sulfeto	mg/L	1000	Acetado de Zinco e NaOH	7 dias	SMEWW, 23ª Ed – 4500-S-2 e 4500-S2-F

Tabela 2

- Parâmetro não contemplado em nossas amostragens internas.

METODOLOGIA E CONSERVAÇÃO DE AMOSTRAS PARA SEDIMENTO					
Parâmetro	Unidade	Volume (mL)	Preservante	Validade	Método de Referência
Carbono Orgânico Total	%	200	Refrigerar < 6°C	7 dias	Farmacopeia Brasileira, 6ª edição
Coliformes Totais	NMP/100mL	100	Tiosulfato de Sódio	24 horas	SMEWW 23ª Ed. 9223 B
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	100	Tiosulfato de Sódio	24 horas	SMEWW 23ª Ed. 9221 B
Fósforo Total	mg/Kg	100	H2SO4 até ph <2	28 dias	SMEWW 23ª Ed. 4500 P B e E
Sulfeto	mg/Kg	1000	Acetato de Zinco e NaOH	7 dias	SMEWW 23ª Ed. 4500-S-2 C e F
<i>Nitrogênio Kjeldahl Total *</i>	mg/Kg	1000	H2SO4 até ph <2	28 dias	SMEWW 23ª Ed. 4500-Norg C
Nitrogênio Total	Mg/Kg	1000	H2SO4 até ph <2	48 horas	SMEWW 23ª Ed. 4500 – N A
Teor de Umidade	%		Apenas refrigeração	2 dias	ASTM D2216-19
Matéria orgânica total	%	150	Apenas Refrigeração	24 horas	ABNT NBR 13600: 1996

Tabela 3

- Parâmetro não contemplado em nossas amostragens internas (utilizamos amostragem para Nitrogênio Amoniacal).

O laboratório responsável pela execução das análises e pelo fornecimento das frascarias e das fichas de identificação, com registro de todas as informações de campo (<http://www.qualylab.com.br/>) foi o mesmo, tanto para as coletas contratadas pela Hydrosience,

quanto por nossas amostragens internas. O material coletado é armazenado em caixas térmicas resfriadas com gelo e no final do período de coleta as amostras são entregues para análise, respeitando os prazos de validade e mantendo a confiabilidade dos resultados.

Para verificação da batimetria e avaliação da camada de lodo orgânico a Hydrosience faz a medição da altitude ortométrica do fundo lagunar a bordo de uma embarcação, utilizando um disco com corda que servirá para a determinação da profundidade, (no momento da medição), do topo da camada de lodo; a altimetria do topo da lama será definida precisamente utilizando Sistemas Globais de Navegação por Satélite (GNSS – Global Navigation Satellite System). Para realização das medições, são utilizados 2 receptores GNSS RTK de dupla frequência L1/L2, com precisão estática horizontal de 3 mm + 0,4 ppm, e vertical de 5 mm + 0,5 ppm, equipados com transmissores de comunicação para frequência de Rádio UHF entre base e rover, Bluetooth entre controladora e receptor, e Celular para função N-trip.

Em nossa avaliação interna da camada de lodo orgânico utilizamos a seguinte metodologia:

**a. Amostragem de sedimento:**

O pacote sedimentar no PC foi amostrado em duas profundidades distintas, superficial e na camada entre 10 e 30 cm de profundidade.

Para a amostragem superficial foi utilizado um Van Veen confeccionado em aço inox. Enquanto que para a amostragem da camada mais profunda, foi utilizado um testemunhador do tipo Corer Gravimétrico.



Figura 2 – Corer Gravimétrico – coleta sedimento



Figura 3 – Van Veen – Amostrador de sedimento

**b. Mensuração da profundidade local:**

Para auxiliar as medições também foi mensurado a profundidade local através de uma Sonda Ecobatimétrica portátil com resolução de 0,1m e intervalo amostral entre 0,7 e 30 m conforme Figura – 4 a seguir, e também uma análise complementar com a sonda da Figura – 5 para auxiliar na precisão dos dados.





Figura 4 - Sonda de profundidade digital Hondex



Figura 5 – Sonar auxiliar FF1198 Lucky

**Figura 4:** Sonda portátil de mão medidora de profundidade à prova d'água até uma profundidade de 150' (50m), esta sonda possui um transdutor embutido e mede profundidades em pés ou metros em uma faixa de 1,8' a 260' (0,6m a 79m). O transdutor envia pulsos de alta frequência para o fundo de um corpo de água onde esses pulsos são refletidos de volta e convertidos em pulsos elétricos que são amplificados e exibidos no LCD de fácil leitura. O LCD de sete dígitos é retro iluminado para uso noturno. (<https://www.forestry-suppliers.com/p/90100/Hondex%20Digital%20Depth%20Sounder>)

**Figura 5:** Sonar FF1198 Sounder Transdutor Sonar Portátil range de profundidade 0.6 100 m Pesca Ecobatímetro → Display: 2 polegada tn/anti-uv lcd - iluminação traseira: led branco - capacidade de profundidade: 328 pés (100m) - design impermeável: nível 4 (à prova de água) - **mostrar a profundidade da água**, localização dos peixes, **e grama inferior & rocha** - sensibilidade selecionável pelo usuário, unidades de profundidade e configuração de alarme de peixes e objetos - temperatura operacional: 14 °f a 122 °f (-10 °c a 50 °c)



Figura 6 - Sonda de profundidade digital Hondex em uso



Figura 7 - Sonar auxiliar FF1198 Lucky em uso.

**c. Mensuração da espessura da camada de lodo:**

Para a mensuração da espessura da camada de lodo também foi utilizado o testemunhador do tipo Corer Gravimétrico, com um tubo de acrílico transparente onde era possível identificar o pacote sedimentar compactado, a camada de lodo fluída e a coluna de água imediatamente acima, conforme apresentado na Figura – 8 a seguir.

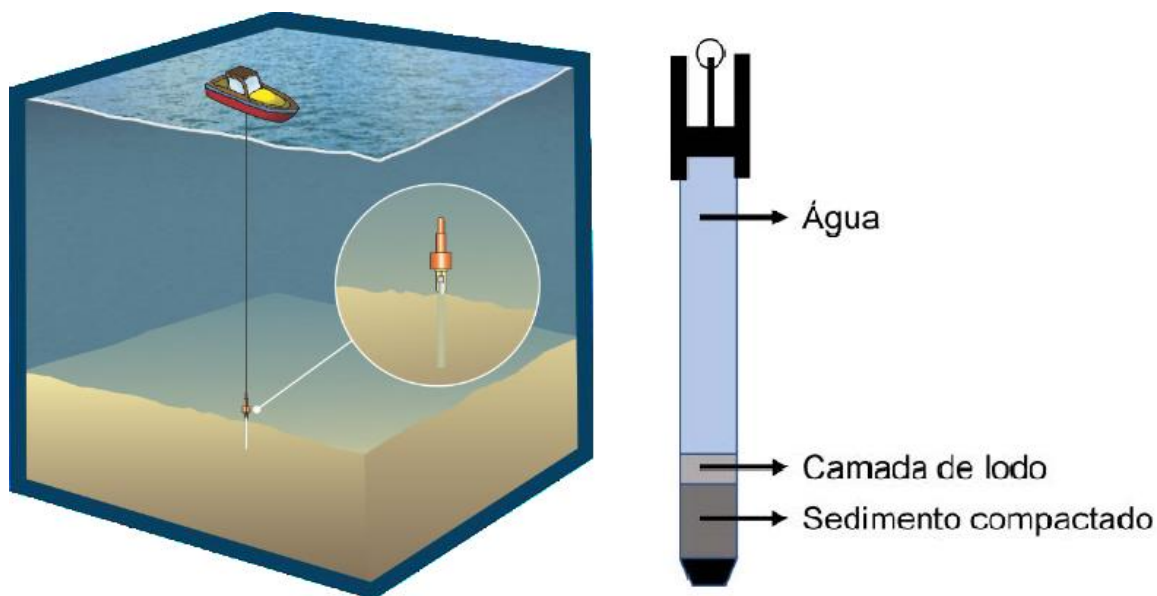


Figura 8

### 3. RESULTADOS

Neste tópico são apresentados e discutidos os resultados da primeira e segunda campanha de monitoramento de qualidade de água, da qualidade do sedimento e da altitude ortométrica da camada de lodo para os pontos pré-determinados para o monitoramento feitos pela Hydrosience e também faremos a apresentação dos resultados internos obtidos. Será realizada uma análise parcial comparando os resultados obtidos nas campanhas de monitoramento até aqui.

Os resultados obtidos na nossa campanha de fevereiro/2022 através dos Relatórios de ensaios nº 04146/22-A, 04146/22-B, 04147/22-A e 04147/22-B, da nossa campanha de julho/2022 os ensaios nº 17275-22, 17276-22 e 17498-22, da nossa campanha de agosto/2022 os ensaios nº 19912-22, 19913-22 e 19914-22, da campanha Hydrosience denominada T0 realizada em março/2022 conforme Relatórios de ensaios nº 05554/22-A Rev. 1, 05554/22-B Rev. 1, 05562/22-B e 05563/22-B, na campanha T1 os ensaios nº 16818\_22-AB, 16844\_22-B e 16845\_22-B, todos para o Ponto Central PC.

A Tabela 4 abaixo apresenta os resultados obtidos para a água coletada:

Parâmetro	Un	LQ	VMP	Nossa 11/02/2022	Hydros 09/03/2022	Nossa 05/07/2022	Hydros 05/07/2022	Nossa 03/08/2022
DBO	mg/L	0,7	5 mg/L	Obs. 1	24,6	6,70	5,30	5,90
DQO	mg/L	5,4	-	Obs. 1	Obs. 2	Obs. 3	Obs. 3	Obs. 3
Turbidez	NTU	0,02	100 UNT	21,9	49,6	3,60	62	22,30
Nitrato	mg/L	0,01	10 mg/L	<0,01	<0,01	0,13	0,14	0,15
Nitrito	mg/L	0,01	1 mg/L	0,03	<0,01	<0,01	0,10	0,04
Sulfeto Total	mg/L	0,002	0,002	Obs. 2	1,5	Obs. 2	0,30	7,60
Fósforo Dissolvido Total	mg/L	0,01	-	0,06	<0,01	0,20	0,14	0,23
Fósforo Total (Fosfatos)	mg/L	0,01	0,05 Al	0,11	0,06	0,23	0,20	0,29
Coliformes totais	NMP/100mL	1,8	-	Obs. 2	61	Obs. 2	61	Obs. 2
E coli	NMP/100mL	1,8	-	1300	36	20	18	<1,8
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	0,05	0,5	0,5	<0,05	1,20	0,80	2,30
Oxigênio Dissolvido <sup>4</sup>	mg/L	-	-	3,61	2,38	7,21	7,21	7,68
pH <sup>4</sup>	-	-	-	8,7	8,92	8,70	8,65	8,80
C O T	mg/L	0,5	5 mg/L	13,8	14,9	12,8	11,70	21,40

Tabela 4 – Água

\* LQ = Limite de Quantificação / \* VMP = Valor máximo permitido CONAMA 357/2005

\* Obs. 1 = Devido a alta concentração de Íon Cloreto analisada nesta amostra, os resultados para DBO e DQO não foram reportados pois a interferência deste íon pode ocasionar erros positivos nos resultados.

\* Obs. 2 = Parâmetro não analisado na amostra, não estava contemplado no orçamento do solicitante.

\* Obs. 3 = Parâmetro não conclusivo devido a alta interferência de Cloreto.

<sup>4</sup> – Os parâmetros pH e OD quando da coleta em conjunto com a equipe Hydrosience foi feito *in loco* pela equipe desta acompanhada pela equipa da Prefeitura de Niterói, quando em nossas amostras foi o próprio laboratório contratado, no caso QalyLab, quem fez também *in loco* (Figura 9 e 10).



Figura 9 – Técnica do Laboratório QalyLab fazendo aferição do pH e OD



Figura 10 – Técnica do Laboratório QalyLab fazendo aferição do pH e OD



### 3.1 Considerações sobre as análises da água

#### 3.1.1 Carbono Orgânico Total:

Com relação as amostras e ensaios laboratoriais da água, alguns resultados demonstram evolução no processo de tratamento aplicado ao experimento. Demonstraremos abaixo através de gráficos esses parâmetros, por exemplo no Gráfico 1 temos a evolução positiva com relação ao resultado de diminuição do COT, tanto nas nossas amostragens, quanto nas amostras Hydrosience, a exceção da última que destoou e por isso está sendo questionado junto ao laboratório, sendo que também estamos esperando a próxima campanha para ver o comportamento que seguia uma tendência de baixa:

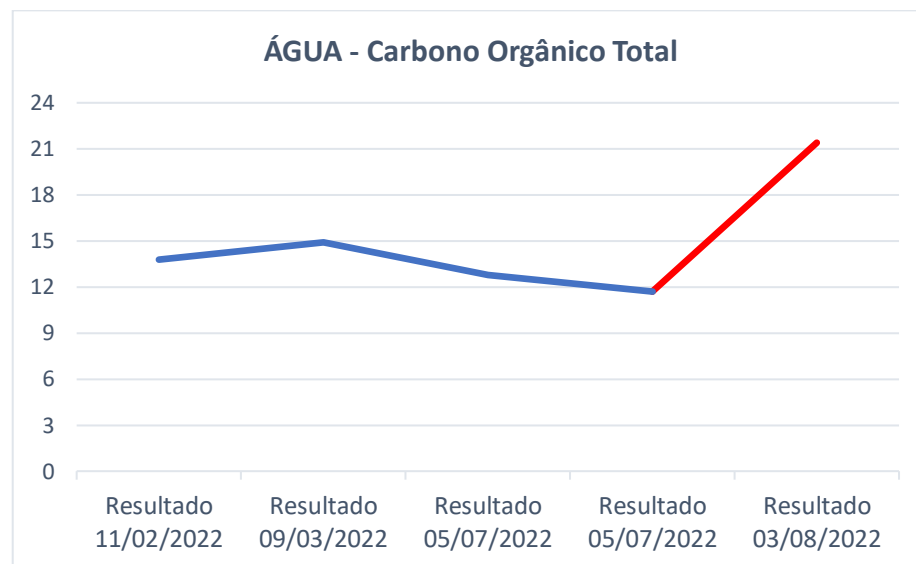


Gráfico 1 – COT – última amostra questionada ao laboratório

#### 3.1.2 DBO:

A estabilização ou decomposição biológica da matéria orgânica lançada ou presente na água envolve o consumo de oxigênio (molecular) dissolvido na água, nos processos metabólicos desses organismos biológicos aeróbicos. Em função do citado anteriormente, a redução da taxa de oxigênio dissolvido em um recurso hídrico pode indicar atividade bacteriana decompondo matéria orgânica.

A DBO<sub>5</sub>, é um teste padrão, realizado a uma temperatura constante e durante um período de incubação, também fixo de 5 dias. É medida pela diferença do OD antes e depois do período de incubação. Abaixo apresentamos o Gráfico 2 que mostra a diminuição constante deste parâmetro nas amostras de água analisadas:

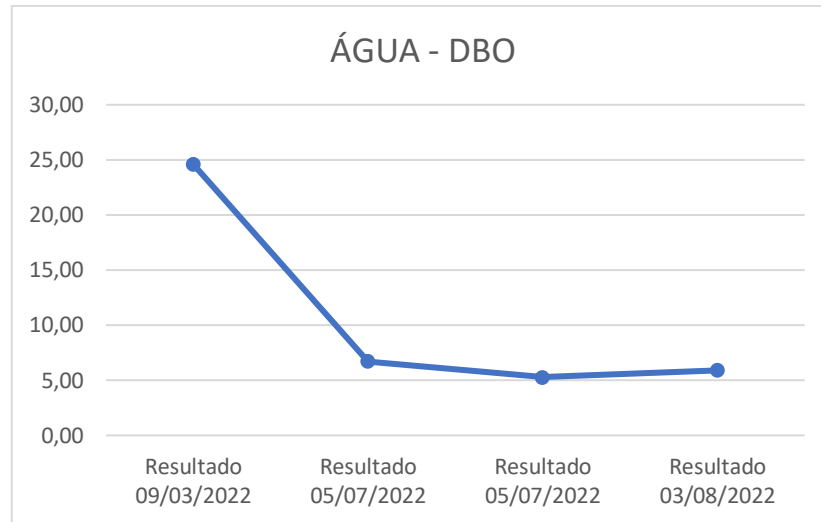


Gráfico 2 – DBO

### 3.1.3 E. COLI:

A *Escherichia coli* é uma bactéria na forma de bastonete, e anaeróbia facultativa. Seu habitat primário é o trato gastrointestinal de humanos e outros animais endotérmicos (“de sangue quente”). É considerada um indicador de qualidade de água e alimentos através da análise de coliformes fecais: nome dado a um grupo de bactérias que habita o intestino dos referidos animais.

Grande parte da população desse grupo é formada pela *Escherichia coli* e, dessa forma, sua presença sugere a possibilidade de haver, naquele local, micro-organismos intestinais capazes de provocar doenças. A diminuição na contagem desta bactéria demonstra efetividade no consumo de agentes poluidores no ambiente monitorado. O Gráfico 3 demonstra os valores apurados:

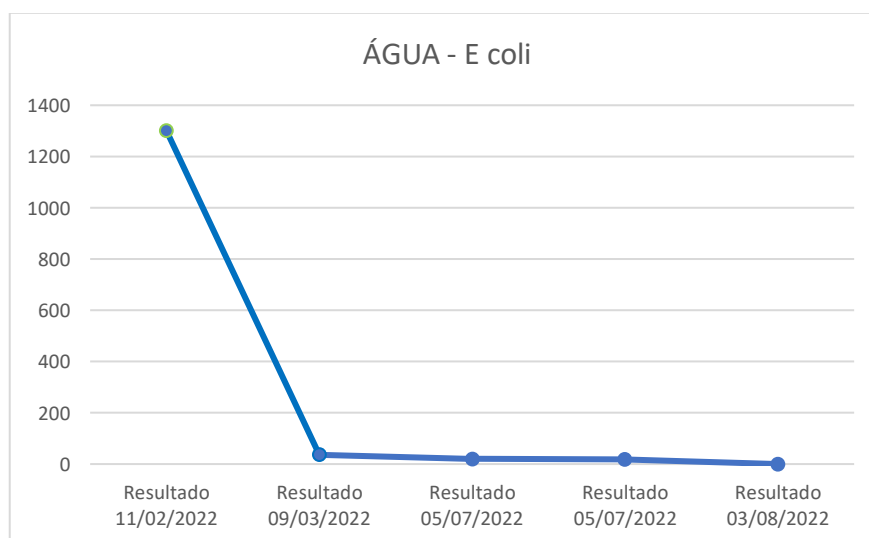


Gráfico 3 – E. Coli

### 3.1.4 Sulfeto:

A presença de Sulfeto (enxofre) caracterizada por odores desagradáveis no ambiente é também um ponto positivo a ser analisado, pois apresentou ótimos valores de redução, conforme demonstrado pelo Gráfico 4 até a análise de julho 2022, sendo que em nossa última coleta percebemos um aumento que destoou da linha de tendência.

Teremos mais dados para permitir uma melhor avaliação desse comportamento nas próximas amostragens:

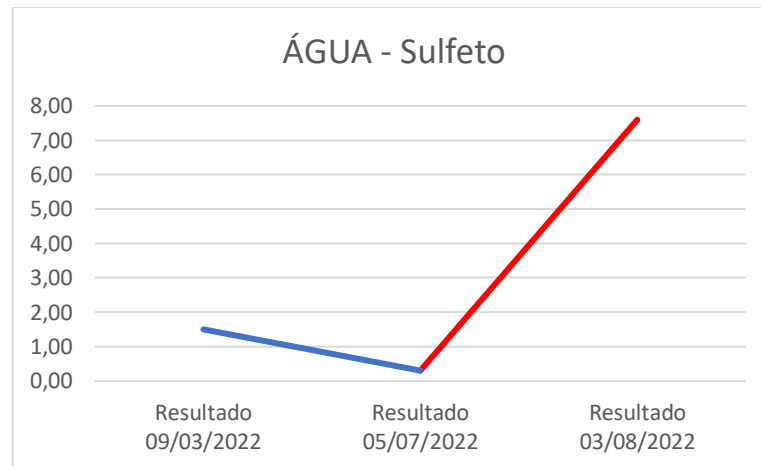


Gráfico 4 – Sulfeto

### 3.1.5 Nutrientes:

A eutrofização é o aumento da concentração de nutrientes, especialmente fósforo e nitrogênio, nos ecossistemas aquáticos, por isso é importante acompanhar esses indicadores em toda área da Lagoa de Piratininga, não somente nos limites dos experimentos. A área das BioCaixas SISNATE® fica mais ao meio do sistema lagunar com maior profundidade, por isso sofre interferência mais forte das correntes e movimentações da maré do que uma área de enseada que costuma ser mais rasa.

Em avaliação no ano de 1998 a laguna de Piratininga foi considerada hipertrófica, e o seu grau de hipertrofismo foi relacionado com a fonte alóctone de nutrientes e com o alto tempo de residência das massas de água (MACH; LONGO. ABEPRO, 1998), já no estudo contratado pela prefeitura em 2018 verificou-se que os limites máximos de fósforo total para águas salinas de classe 1 e 2 que são 0,062 mg/L e 0,093 mg/L, respectivamente, e de 0,124 mg/L e 0,186 mg/L para águas salobras de classe 1 e 2, em simulação as concentrações de fósforo total da Lagoa de Piratininga ultrapassaram o limite de águas salobras classe 2 em todo o período simulado no estudo e nas amostras analisadas. (HYDROSCIENCE, 2020).

Segue os resultados durante o experimento com BioCaixas dos nutrientes fósforo e nitrogênio amoniacal:

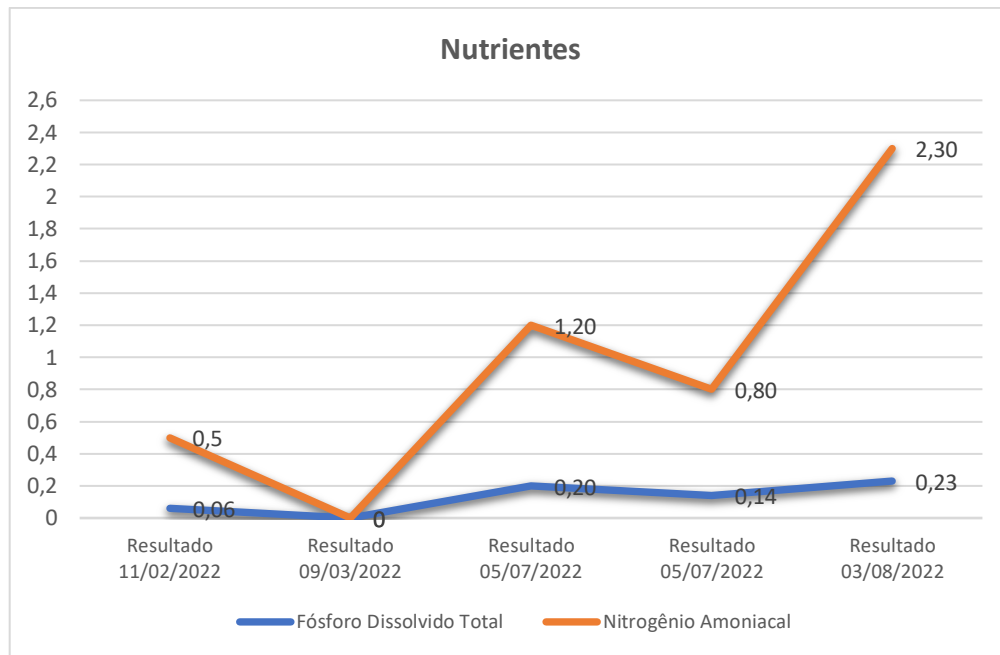


Gráfico 5 – N e P

O aumento temporário desses nutrientes está relacionado com a contribuição de esgotos sanitários e ainda com o acúmulo desses poluentes por vários anos sem qualquer intervenção ou controle, sendo que com a aplicação do experimento com as BioCaixas e o Biorremediador SISNATE®, ocorreu reação dos microrganismos para absorção e bioissorção dos metais pesados e compostos orgânicos presentes no meio.

Observa-se que o teor de nitrogênio amoniacal total teve sua concentração aumentada em resposta à decomposição da fração orgânica. As bactérias *Pseudomonas nitroreducens* e *Pseudomonas aeruginosa* do biorremediador SISNATE® são microrganismos desnitrificantes (HEYLEN et al., 2006), responsáveis pela redução do nitrato a  $N_2$  (CASTELLANO-HINOJOSA et al., 2017), um gás que é posteriormente liberado.

Como microrganismos já estão presentes naturalmente em esgotos e ambientes contaminados com estes, a dosagem contínua do biorremediador no experimento garante a dominância das bactérias desejáveis que farão com o passar do tempo se obter um equilíbrio biótico estabilizando e deixando em níveis aceitáveis esses parâmetros. Este equilíbrio já aparece quando verificamos que a concentração de Nitrito e Nitrato aumentaram conforme dados da Tabela 4, primeiro passo para o equilíbrio proposto.

### 3.1.6 Dados físico-químicos

Entre os dados físico químicos medidos in situ (OD, temperatura, pH, salinidade, turbidez e condutividade) podemos destacar como importante a questão do pH e Oxigênio Dissolvido, o primeiro afeta diretamente todos os parâmetros conforme seu valor mais ácido ou alcalino, e o segundo demonstra o quanto o ambiente melhora em oxigenação (propiciando ambiente com melhor qualidade de vida aos seres vivos aquáticos). Embora partes mais rasas de lagos tendem a ter uma maior disponibilidade de oxigênio dissolvido (VENTURINI, J., 2015), nossas amostras mostraram que após a aplicação do Biorremediador houve significativo aumento neste parâmetro.



### 3.1.6.1 Oxigênio Dissolvido:

Abaixo vamos apresentar através do Gráfico 6 os resultados levantados do parâmetro OD (Oxigênio Dissolvido) enfatizando que as duas primeiras análises foram feitas antes do início do experimento:



Gráfico 6 - OD

### 3.1.6.2 Salinidade e Condutividade:

A salinidade em todas as análises esteve dentro do esperado para águas salobras na faixa entre 19,4 e 21,05 ppt, sendo classificada com água salobra toda água com salinidade superior a 0,5 partes por mil e inferior a 30 partes por mil. Esta água tem aparência turva e possui grande quantidade de substâncias dissolvidas. É encontrada facilmente em regiões de mangue, e não pode ser consumida pelo ser humano.

Quanto a condutividade, que em um corpo hídrico indica a capacidade da água de transmitir a corrente elétrica em função de substâncias dissolvidas, como íons de ferro, manganês, potássio, cloro, cálcio, magnésio, etc. (LIBÂNIO, 2010) não teve nenhum valor que chamasse atenção antes e até o momento, ficando sua variação na casa dos 31,7 e 33,6 mS/cm.

### 3.1.6.3 pH:

E possível observar que valores de pH não apresentaram uma variação significativa entre as campanhas, com valores um pouco acima da faixa estabelecida para as classes 1 e 2 da normatização do CONAMA 357/2002, mas bem próximo do limite, estes valores estiveram entre 8,65 e 8,92.

### 3.1.6.4 Turbidez:

Fisicamente, a turbidez de determinado fluido é o parâmetro que medirá o espalhamento da luz decorrente da presença de partículas em suspensão ou coloidais. Ou seja, quanto maior a concentração de materiais em suspensão em um fluido – como a água da Lagoa de Piratininga, maior será sua turbidez porque o espalhamento da luz será maior e, portanto, a água será mais turva.

A turbidez afeta organismos diretamente dependentes da luz, como plantas aquáticas, porque limita sua capacidade de realizar a fotossíntese. Isso, por sua vez, afeta outros organismos que dependem dessas plantas para obter alimento e oxigênio.

Devemos considerar a turbidez da água em conexão com outros fatores para entender melhor suas causas e consequências. Por exemplo, altos níveis de turbidez podem identificar problemas com a erosão da costa ou instalações de processamento de esgoto que não estão funcionando adequadamente, ou ainda pior, o lançamento *in natura* de esgotos e outros tipos de contaminantes.

A variação desse parâmetro também costuma ocorrer dependendo do horário e clima em que foi aferido, assim nos primeiros horários da manhã e nos últimos horários da tarde pode acontecer em ambientes poluídos maior concentração de materiais em suspensão, já no decorrer do dia com o sol, podem decantar formando camadas de lodos orgânicos superficiais (objeto do experimento – diminuição destes lodos orgânicos).

O Gráfico 7 demonstra os valores aferidos para a Turbidez, mesmo com variação entre uma amostra e outra, os índices estiveram abaixo do limite estipulado de 100 UNT (Unidades Nefelométricas de Turbidez):

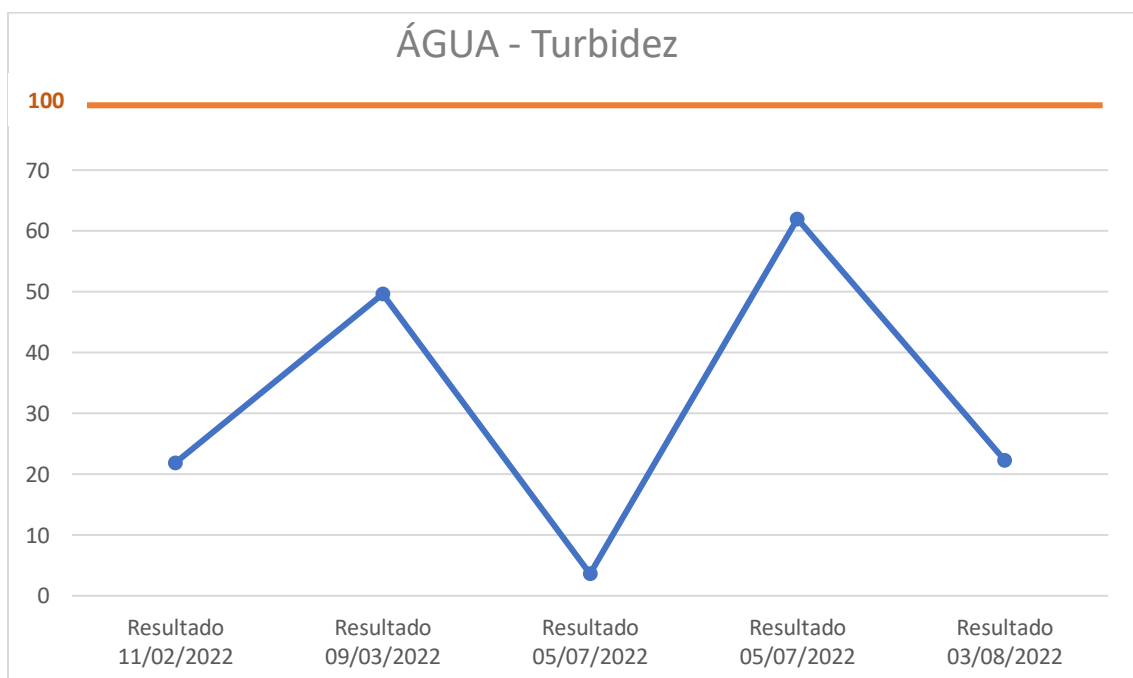


Gráfico 7 – turbidez água

### 3.2 Considerações sobre as análises de sedimento

Passamos agora a verificação dos parâmetros de sedimentos na camada de 0 a 10 cm e também na camada até 30 cm, demonstrados na Tabela 5:

Parâmetro	Un	LQ	VMP	Nossa 11/02/2022	Hydros 10/03/2022	Nossa 05/07/2022	Hydros 06/07/2022	Nossa 03/08/2022
Teor Matéria Orgânica 0,30m	%	0,01	Obs. 1	8	5,5	7,34	6,75	4,32
Teor Matéria Orgânica 0,10m	%	0,01	Obs. 1	Obs. 2	6,91	8,25	11,30	9,45
Carbono Orgânico Total 0,30m	%	0,01	Obs. 1	7	7,305	4,26	3,92	2,51
Carbono Orgânico Total 0,10m	%	0,01	Obs. 1	Obs. 2	6,68	4,79	6,55	5,48
Teor de Sólidos 0,30m	%	0,01	Obs. 1	Obs. 2	32,12	Obs. 2	39,07	Obs. 3
Teor de Sólidos 0,10m	%	0,01	Obs. 1	Obs. 2	19,4	Obs. 2	29,24	Obs. 3
Teor de umidade 0,30m	%	0,01	Obs. 1	Obs. 2	67,88	Obs. 2	60,93	55,44
Teor de umidade 0,10m	%	0,01	Obs. 1	Obs. 2	80,6	Obs. 2	70,76	71,58
Fósforo total (fosfatos) 0,30m	mg/kg	1,32	Obs. 1	<1,32	<1,32	159	241	107
Fósforo total (fosfatos) 0,10m	mg/kg	1,32	Obs. 1	Obs. 2	<1,32	258	432	306
Sulfeto (enxofre) 0,30m	mg/kg	4	Obs. 1	Obs. 2	42,25	Obs. 2	1,97	1
Sulfeto (enxofre) 0,10m	mg/kg	4	Obs. 1	Obs. 2	>4	Obs. 2	7,82	15
Nitrogênio Amoniacal 0,30m	mg/kg	0,05	Obs. 1	91,5	Obs. 2	15,14	Obs. 2	4,05
Nitrogênio Amoniacal 0,10m	mg/kg	0,05	Obs. 1	Obs. 2	Obs. 2	22,08	Obs. 2	9,85
Nitrato 0,30cm	mg/kg	80	Obs. 1	<80,0	Obs. 3	<0,5	Obs. 3	<0,5
Nitrato 0,10cm	mg/kg	80	Obs. 1	Obs. 2	Obs. 3	<0,5	Obs. 3	<0,5
Nitrito 0,30cm	mg/kg	1	Obs. 1	>1,0	Obs. 3	<0,5	Obs. 3	<0,5
Nitrito 0,10cm	mg/kg	1	Obs. 1	Obs. 2	Obs. 3	<0,5	Obs. 3	<0,5

Tabela 5 – Sedimento

\* LQ = Limite de Quantificação;

\* VMP = Valor máximo permitido;

\* Obs. 1 = Não especificado;

\* Obs. 2 = Amostra não realizada, não estava contemplado no orçamento do solicitante;

\* Obs. 3 = Parâmetro não analisado na amostra, não estava contemplado no orçamento do solicitante.

Nossa análise de 03/08/2022 para sedimento teve registro do parâmetro sólidos totais de maneira indevida pelo laboratório, pois em nenhum momento estava no pedido que fizemos, por isso não é considerado, há que se observar que não existe lógica neste parâmetro quando analisado sedimento. Não faz parte também do nosso plano de trabalho apresentado e aprovado pela equipe da Prefeitura de Niterói-RJ análises no sedimento de coliformes totais, E. coli, N kjeldahl, chumbo, cobre e zinco, por isso em nossas análises não contemplamos esses parâmetros.

#### 3.2.1 Carbono Orgânico Total:

Este é um dos principais parâmetros de sedimento para verificação de agentes poluidores que compõem camadas de lodos orgânicos (SALIOT, 2002), quando esses índices estão elevados, notadamente há presença de nutrientes advindos de agentes contribuidores na amostra examinada. Quando em algum tipo de intervenção se nota a diminuição deste parâmetro, temos uma possível degradação das camadas orgânicas. Abaixo o Gráfico 8 apresenta a evolução negativa nas amostras durante o experimento na camada de 0,30m:

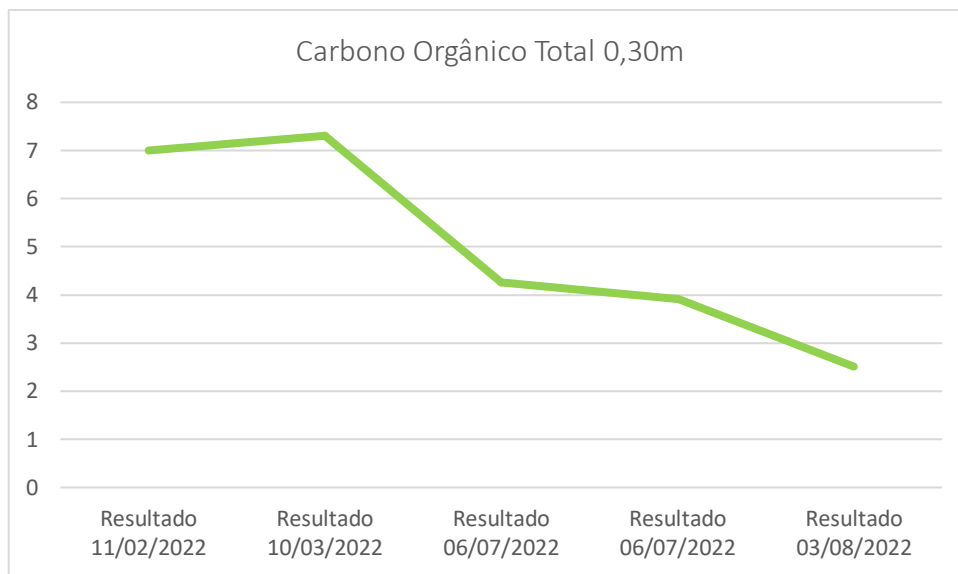


Gráfico 8

### Teor de matéria orgânica:

Nas amostras analisadas percebeu-se também a diminuição deste parâmetro na camada de sedimento 0,30m conforme Gráfico 9 abaixo:

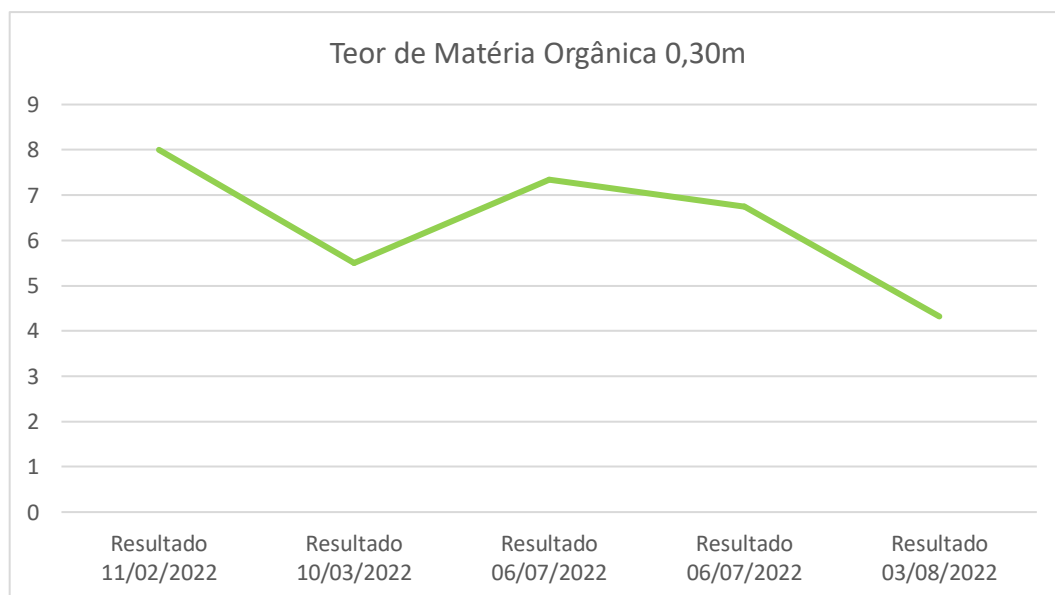


Gráfico 9

### 3.2.2 Nitrogênio amoniacal:

Com relação aos nutrientes presentes nas amostras de sedimento, observou-se promissora a ação do experimento, nas amostras de Nitrogênio Amoniacal obteve-se uma redução de 96% na camada 0,30m, este é mais um fator a contribuir para continuidade do projeto, mesmo diante da contribuição de dejetos *in natura* ainda acontecendo no ambiente, além de nossa área ser maior e estar quase no meio da Lagoa sujeita as correntes e arrasto de componentes poluidores até a área do



experimento, faz com que tenhamos convicção que o trabalho está no caminho certo conforme demonstrado no Gráfico 10:

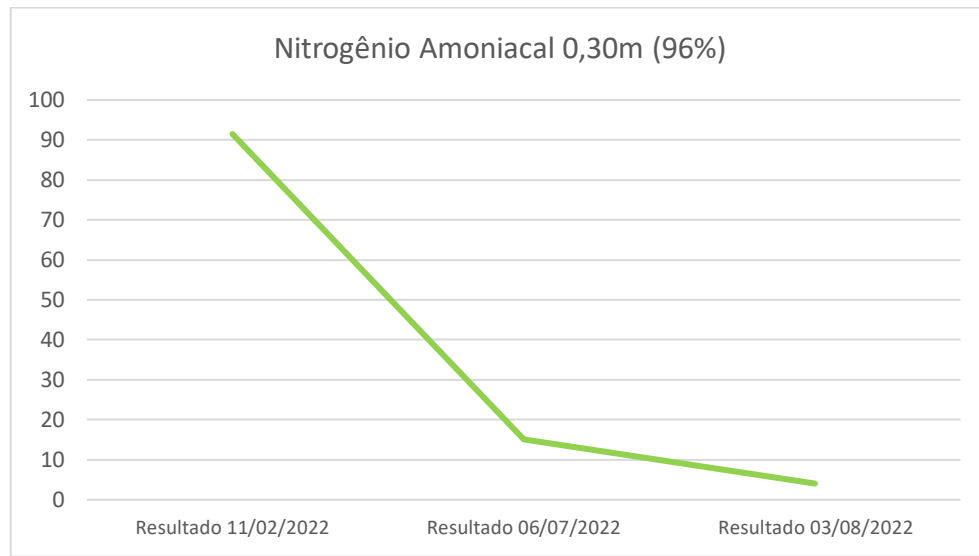


Gráfico 10

### 3.2.3 Sulfeto (enxofre):

A presença de sulfeto é caracterizada por odor desagradável e acaba se tornando o fator mais enfatizado em ambientes contaminados com dejetos orgânicos visto ser perceptível pelos usuários do ambiente, assim acaba também sendo o primeiro ponto que reflete se a intervenção está melhorando ou não o ambiente. Desde o início da aplicação do sistema de BioCaixa e Biorremediador SISNATE® a população ribeirinha, os pescadores e moradores do entorno afirmavam que havia diminuído os odores na área do experimento, isto se comprova através dos laudos conforme Gráfico 11 que aponta uma redução de 95%:

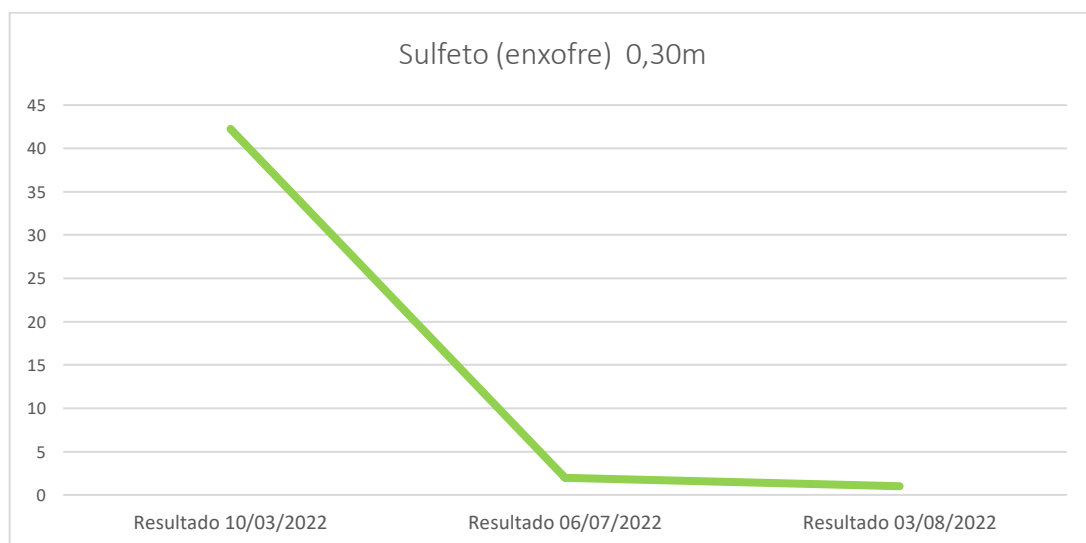


Gráfico 11

### 3.2.4 Nitrato e Nitrito:

Desde o início do experimento, tanto a leitura do testemunho do T0, quanto as demais nesses parâmetros, mantiveram-se sempre abaixo do índice permitido e do limite de quantificação (LQ). Os valores sempre foram <0,5, por isso não há necessidade de expor graficamente.

### 3.2.5 Fósforo:

Os nutrientes como nitrogênio, fósforo e potássio, presentes no solo são arrastados para os rios pela erosão e, com frequência, depositam-se no fundo dos reservatórios. Nesse processo, a interferência humana é um agente catalisador importante, ao destruir a vegetação natural ou usar técnicas agrícolas inadequadas, expondo o solo à ação das enxurradas (Esteves & Panosso, 2011; Tundisi & Matsumura-Tundisi, 2008). A dinâmica do fósforo está intimamente ligada aos sedimentos límnicos. A mobilidade e a biodisponibilidade das diferentes formas de fósforo em lagos são influenciados pela biogeoquímica do sistema água-sedimento (Dapeng et al., 2011).

A poluição por sedimentos apresenta duas dimensões principais, uma física e outra química. A dimensão física se caracteriza pela perda da camada superficial do solo e degradação das terras, pela desagregação das partículas e pela erosão laminar, que conduzem a níveis excessivos de turbidez nos receptores de água e aos impactos ecológico e físico, devido à deposição em rios, lagos e reservatórios. A dimensão química está relacionada com a fração silte e argila (fração < 63µm) sendo a principal portadora dos compostos químicos adsorvidos, em especial fósforo, pesticidas clorados e grandes parte de metais, transportados pelos sedimentos dentro do sistema aquático (Christophoridis & Fytianos, 2006; Dapeng et al., 2011).

Como nas amostras de água, no sedimento a presença de fósforo demonstra o arraste de contribuição orgânica que vai se decompondo e se acumulando no fundo da laguna, e a medida em que vai se eliminando a camada de lodo orgânico superficial (lodo mole e flutuante), as amostras do testemunho de sedimento acabam buscando materiais mais densos que estão acumulados por bom tempo no fundo da lagoa de Piratininga. Desta forma explica-se o índice elevado nas amostras conforme representação no Gráfico 12, os pontos em verde são nossas amostras e em azul Hydrosience:

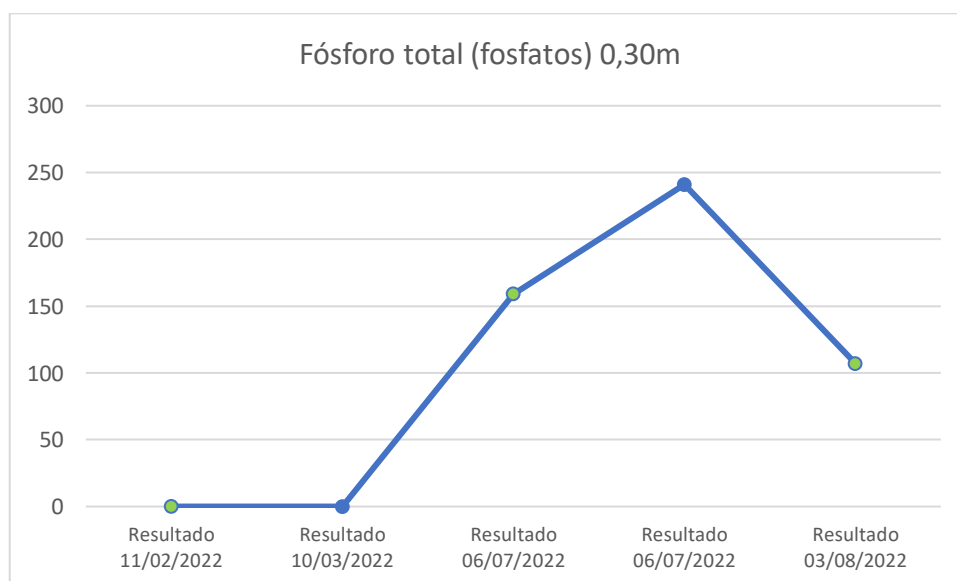


Gráfico 12

#### 4. BATIMETRIA

A área determinada para aplicação do experimento foi georreferenciada e feita a medição da altitude ortométrica pela Hydrosience, no T0 e T1, sendo a primeira antes da aplicação do sistema de BioCaixa e do Biorremediador SISNATE®. Para melhor acompanhamento fizemos internamente a contratação de empresa especializada neste serviço, também com dois acompanhamentos batimétricos em 03/08/2022 e 09/09/2022 através dos Relatórios nº SP 843/2022 C e SP 846/2022 C disponíveis nos anexos deste Relatório.

4.1 A espessura da camada de lodo foi mensurada em quatro estações amostrais (PC, P2, P7 e C2) conforme coordenadas apresentadas na tabela a seguir e dispostas na Figura – 11. A coleta de água e sedimento foi realizada apenas na estação de amostragem denominada de PC.

ESTAÇÃO	LATITUDE	LONGITUDE
PC	7460659,38	696183,42
P2	7460640,83	696173,15
P7	7460976,34	696187,54
C2	7460956,74	696111,75

Tabela – 6: Coordenadas das estações amostradas.

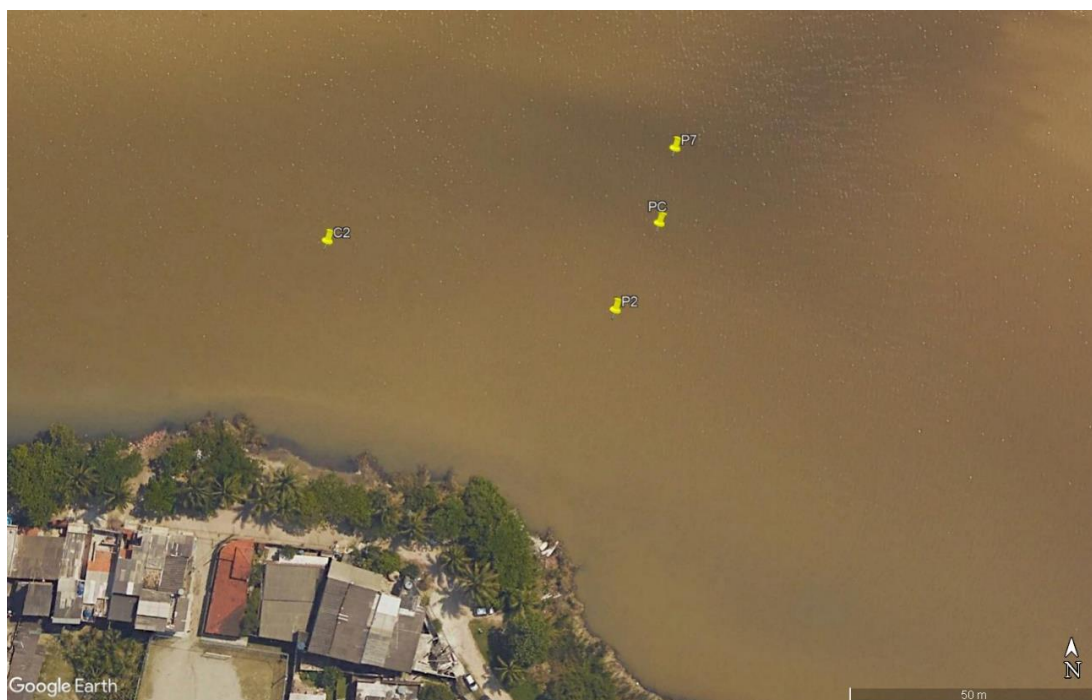


Figura – 11: Localização das estações amostradas

A espessura da camada de lodo variou de 2,0 cm na estação C2 à 8,0 cm na estação PC. Já a altura da lâmina d'água no momento da amostragem variaram entre < 70 cm na estação PC à 90 cm na estação P2 conforme (SP 843/2022 C) da nossa primeira campanha, enquanto na nossa segunda campanha variou de 2cm na estação C2 à 6cm na estação PC (SP 846/2022 C).

Abaixo vamos apresentar tabela compilada das aferições com as reduções registradas na camada de lodo (Tabela 7):

ESTAÇÃO	COLUNA D'ÁGUA cm		ESPESSURA DA CAMADA DE LODO cm	
	03/08/2022	09/09/2022	03/08/2022	09/09/2022
PC	<70,00	62,00	8,00	6,00
P2	90,00	62,00	7,00	5,30
P7	<70,00	68,00	4,50	4,20
C2	80,00	60,00	2,00	2,00

Tabela – 7

Diante desses resultados apresentamos no Gráfico 13 a diminuição da camada de lodo ocorrida entre agosto e setembro de 2022 conforme laudos da SEA PROJECTS anexos:

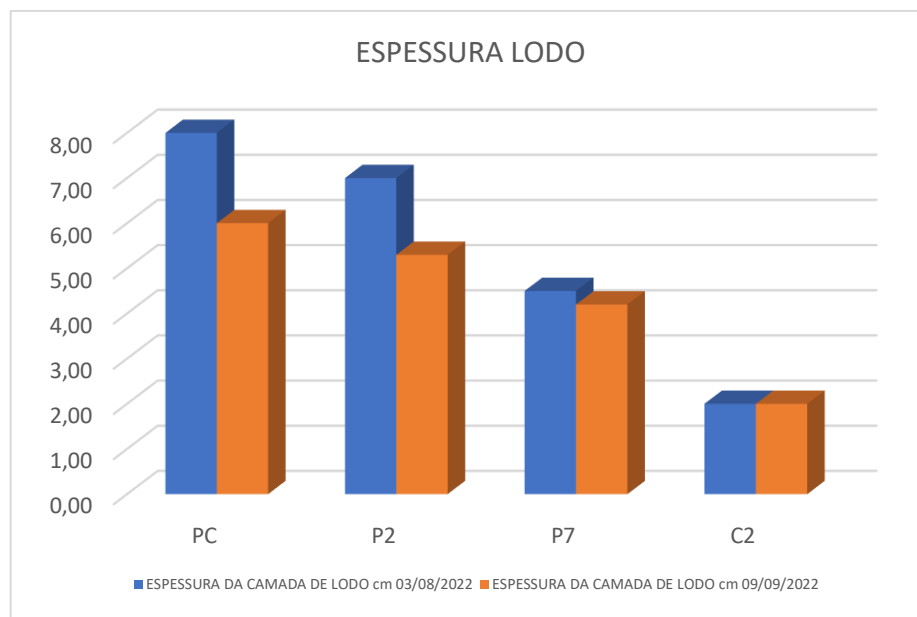


Gráfico 13

Não temos dados de antes do início do experimento, pois só conseguimos contratar uma empresa para esse serviço a partir de agosto, mas com esta metodologia de eco batimetria fica evidenciado a redução da camada de lodo orgânico. As aferições feitas pela Hydrosience também evidenciaram redução conforme Gráfico 14, mas mostram que houve alteração no relevo total do fundo da lagoa, incluindo os pontos de controle, enquanto nossos dados não mostraram qualquer alteração no ponto de controle analisado.

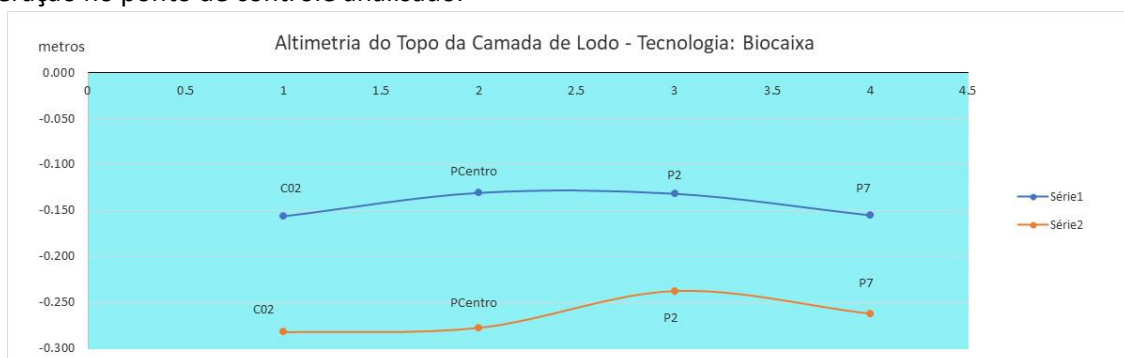


Gráfico 14

As reduções da aferição da altimetria da área experimental que está sendo aplicada a tecnologia biocaixas está apresentada na Tabela 8 produzida pelo Relatório da Hydrosience. A



linha em azul apresenta os valores monitorados na campanha pré-experimento e a linha em laranja apresenta os valores medidos na primeira campanha pós-início. Os pontos PC, P2 e P7 estão situados na área do experimento, o ponto C02 representa o controle. Os pontos variaram da seguinte forma: PC: -14,7 cm, P2: -10,6 cm e P7: -107 cm. Os pontos de controle variaram da seguinte forma: C02: -12,6 cm.

Tecnologia	Ponto	Norte (UTM)	Leste (UTM)	Altitude 1ª Campanha (m)	Altitude 2ª Campanha (m)	Diferença (mm)
Biocaixa	PC	7460969.586	696186.442	-0.131	-0.278	(-) 147 mm
Biocaixa	P2	7460951.288	696170.608	-0.132	-0.238	(-) 106 mm
Biocaixa	P7	7460983.548	696189.336	-0.155	-0.262	(-) 107 mm
Controle	C02	7460966.060	696115.412	-0.156	-0.282	(-) 126 mm

Tabela 8 – Batimetria Hydrosience

As aferições batimétricas feitas pela equipe da Hydrosience e pela empresa SEA Projects foram realizadas em cada ponto georreferenciado em Plano de trabalho aprovado pela Prefeitura Municipal de Niterói, sendo que em cada um deles foram fixadas estacas (Figura 12) e em nossa área também identificamos cada ponto com boias sinalizadoras. O registro dos dados brutos da altimetria realizado pela Hydrosccience não é fornecido para nossa equipe e nossos dados estão registrados nos relatórios anexos fornecidos pela SEA Projects.



Figura 12 – Pontos com boias e Estacas Área SISNATE®

Os dados demonstram que está havendo redução da camada de lodo independente da metodologia utilizada, considerando que planejamos batimetrias mensais até o final do experimento poderemos demonstrar pelos resultados que é importante continuar com o experimento para conforme tendência, obtermos resultados mais consistentes e que proporcionem um ambiente com menos degradação e mais capacidade de vida para todo ecossistema lagunar.

## 5. CRONOGRAMA FÍSICO E FINANCEIRO

Conforme planejamento seguimos com a aplicação do biorremediador SISNATE®, sendo efetuado nos meses de junho, julho e agosto a aplicação do Biorremediador através da inserção automática por bomba dosadora na proporção de 35 L/semana por ponto totalizando 1260 Litros por mês.

Foi contratada a empresa SEA PROJECTS para aferição da Batimetria mensalmente a partir do mês de agosto conforme descrito no Item 4 deste Relatório. Assim dar-se por cumprida a obrigação prevista na Planilha do Cronograma Físico/Financeiro Etapa 3 do mês 3.

Nesta fase também cumprimos os meses 4 e 5 do cronograma físico/orçamentário nas etapas 6 e 7 e para emissão da Nota a etapa 9 (Despesas fiscais). Também foi apresentado Relatório Parcial (Rel 006 de 22/09/2022) onde apresentamos a Equipe Pró-Sustentável e ao Prefeito Municipal os resultados parciais obtidos e as perspectivas futuras. Assim, incluímos o Item Relatório da Etapa 9 para liberação do empenho e pagamento.

Diante do apresentado, o valor para esta medição soma um total de R\$ 61.050,00 (sessenta e um mil e cinquenta reais) restando os outros itens marcados em verde na planilha do cronograma físico/financeiro para a medição final.

Abaixo apresentamos a Tabela 9 com o cronograma físico/financeiro destacando os serviços executados e recebidos, e os executados nesta etapa aguardando autorização para emissão da Nota fiscal e posterior recebimento.

CRONOGRAMA FÍSICO / FINANCEIRO						
ITEM/MÊS	ENTRADA CONTRATO	2	3	4	5	6
Etapa 1 Definição da área da Lagoa Mobilização	R\$ 28.000,00					
Etapa 2 Zoneamento da área						
Etapa 3 Aferição de Batimetria	R\$ 4.950,00		R\$ 4.950,00			R\$ 4.950,00
Etapa 4 Caracterização da área do P&D						
Etapa 5 Escolha dos Pontos da Biorremediação/Ancoragem	R\$ 18.000,00					
Etapa 6 Aplicação da Tecnologia //biocaixas/Biorremediador	R\$ 31.450,00	R\$ 15.500,00	R\$ 17.500,00	R\$ 15.500,00	R\$ 15.500,00	R\$ 5.260,00
Etapa 7 Monitoramento		R\$ 1.800,00	R\$ 1.800,00	R\$ 1.800,00	R\$ 1.800,00	R\$ 2.800,00
Etapa 8 Desmobilização						R\$ 22.000,00
Etapa 9 /// Despesas fiscais	R\$ 27.600,00	R\$ 5.750,00	R\$ 8.050,00	R\$ 5.750,00	R\$ 5.750,00	R\$ 11.854,61
Relatório Final / Remuneração da empresa	R\$ 10.000,00	R\$ 1.950,00	R\$ 2.700,00	R\$ 1.950,00	R\$ 1.950,00	R\$ 4.677,20
	R\$ 120.000,00	R\$ 25.000,00	R\$ 35.000,00	R\$ 25.000,00	R\$ 25.000,00	R\$ 51.541,81
						R\$ 281.541,81

Tabela 9 – Cronograma Físico/Financeiro

\* Serviço executado e recebido;

\* Serviço executado aguardando autorização para faturamento;

Conforme demonstrado na Tabela 9, esta etapa dos serviços contemplou os meses 4 e 5 e aplicamos as dosagens do Biorremediador com seu devido monitoramento conforme quadro de fotos abaixo:



Figura – 13: Preparação Equipe Laboratório para a Coleta

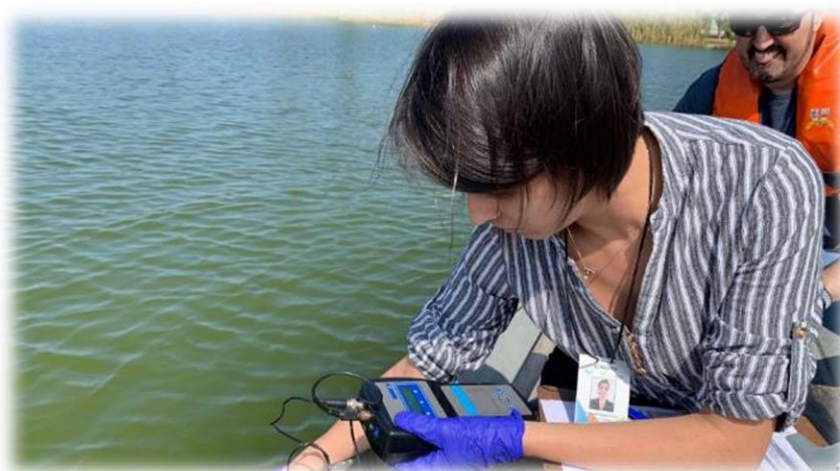


Figura – 14: Aferições *in loco*

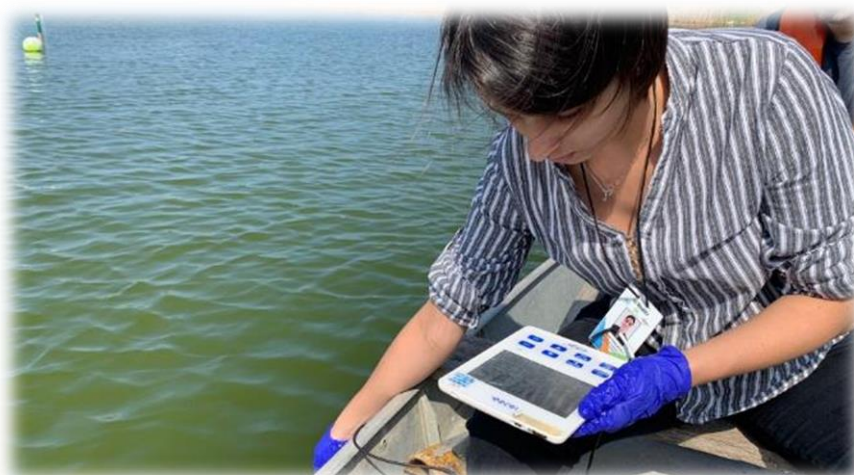


Figura – 15: Aferições *in loco*





Figura – 16: coleta



Figura – 17: Coleta



Figura – 18: Armazenamento Coleta – foi adicionado Gelo





Figura – 19: SEA Projects - Batimetria



Figura – 20: Coleta Sedimento

## 6. CONCLUSÃO

O experimento com as Biocaixas e o Biorremediador SISNATE® tem demonstrado capacidade de melhorar a qualidade do meio lagunar de Piratininga, assim como toda tecnologia, o tempo ajuda a determinar intervenções necessárias para dar mais celeridade e consistência nos resultados.

Como em praticamente todos os parâmetros houve significativas melhoras, apresentando uma tendência positiva quantos aos futuros ensaios, pode-se afirmar que a expectativa é promissora quanto ao objetivo proposto desde o início da contratação da Encomenda Tecnológica (ETEC - SMO/UGP/CAF nº 006/2021) que é fundamentalmente a redução da camada de lodo orgânico com melhora do ambiente lagunar de Piratininga.

O Plano de Trabalho tem sido obedecido e seguido os padrões determinados em contrato, sendo que para melhor visualização dos resultados nossa empresa contratou até o final do experimento batimetrias mensais usando a metodologia de ecobatímetro, além de solicitar ensaios mensais da água e do sedimento.

  
Eng<sup>a</sup> Química: Karine de Lima  
CRQ/SC - 13303691 - 13<sup>a</sup> Região



Agnaldo Mendonça de Lima  
CRBio 95654/03-D



**SI CONSTRUÇÕES E CONSULTORIA EIRELI**

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, J. DE F. A.; VIANA, M.; LIBÂNIO, M. Avaliação do desempenho de estações de tratamento de água operadas por companhia estadual de saneamento e autarquias municipais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23., 2005, Campo Grande. Anais...Rio de Janeiro, ABES, 2005.
- BUCAS, G.; SALIOT, A. Sea transport of animal and vegetable oils and its environmental consequences. Marine pollution bulletin, v. 44, n. 12, p. 1388-1396, 2002. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X0200303X>
- BURNS, N. et al. Protocol for monitoring trophic levels of New Zealand lakes and reservoirs. Lakes Consulting. 130p. 2000.
- CASTELLANO-HINOJOSA, A.; CORREA-GALEOTE, D.; CARRILLO, P.; BEDMAR, E. J.; MEDINA-SÁNCHEZ, J. M. Denitrification and Biodiversity of Denitrifiers in a High-Mountain Mediterranean Lake. **Frontiers in Microbiology**, v. 8, 6 out. 2017.
- CHISTOPHORIDIS, C.; FYTIANOS, K. (2006). Conditions affecting the release of phosphorus from surface lake sediments. J. Environ. Qual. (35), 1181–1192. DAPENG, L.; YONG, H.; CHENGXIN, F.; YAN, Y. (2011). Contributions of phosphorus on sedimentary phosphorus bioavailability under sediment resuspension conditions. Chemical Engineering Journal (168), 1049–1054.
- ESTEVES, F.A.; PANOSSO, R. (2011). Fósforo, in Fundamentos de Limnologia. Org. por ESTEVES, F.A. 3 ed. Rio de Janeiro – RJ: Editora Interciência. pp. 259–281.
- HEYLEN, K.; VANPARYS, B.; WITTEBOLLE, L.; VERSTRAETE, W.; BOON, N.; DE VOS, P. Cultivation of Denitrifying Bacteria: Optimization of Isolation Conditions and Diversity Study. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 72, n. 4, p. 2637–2643, abr. 2006.
- HYDROSCIENCE. Modelagem de qualidade de água do sistema lagunar Piratininga-Itaipu fase II: Simulação de cenários com vistas as ações de recuperação. PRO-SUSTENTÁVEL 2020. Disponível em: [http://www.prosustentavel.niteroi.rj.gov.br/wp-content/uploads/2020/06/RE\\_WAQ\\_Cenarios\\_Futuros\\_v3.pdf](http://www.prosustentavel.niteroi.rj.gov.br/wp-content/uploads/2020/06/RE_WAQ_Cenarios_Futuros_v3.pdf).
- LIBÂNIO, M. Fundamentos de qualidade e tratamento de água. Campinas: Átomo, 2010.
- MACH, JOSIANI S. O.; LONGO, ORLANDO C. Considerações sobre a gestão ambiental – impacto da construção civil: um estudo de caso do sistema lagunar Piratininga-Itaipú. Nitéroí, ABEPRO, 1998. Disponível em: [https://abepro.org.br/biblioteca/enegep1998\\_art209.pdf](https://abepro.org.br/biblioteca/enegep1998_art209.pdf).
- VENTURINI, J. Dissertação de Mestrado/PPGOAm-UFES (2015). Disponível em: [https://repositorio.ufes.br/bitstream/10/9144/1/tese\\_9241\\_Disserta%C3%A7%C3%A3o\\_J%C3%A9ssica%20Venturini.pdf](https://repositorio.ufes.br/bitstream/10/9144/1/tese_9241_Disserta%C3%A7%C3%A3o_J%C3%A9ssica%20Venturini.pdf).
- Tarback, E.J., and Lutgens, F.K., 1999, EARTH An Introduction to Physical Geology (6th ed.): Prentice Hall, Inc., Upper Saddle River, New Jersey, p. 450-452.
- TUNDISI, J.G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. (2008). Limnologia. São Paulo: Oficina de Textos, 632 p.

## 8. ANEXOS

Relatório de Ensaio nº 04146/22-A Rev.1

Relatório de Ensaio nº 04146/22-B Rev.1

Relatório de Ensaio nº 04147/22-A Rev.1

Relatório de Ensaio nº 04147/22-B Rev.1

Relatório de Ensaio nº 05562/22-B

Relatório de Ensaio nº 05554/22-A Rev. 1

Relatório de Ensaio nº 05554/22-B Rev. 1

Relatório de Ensaio nº 17275-22

Relatório de ensaio nº 17276-22

Relatório de Ensaio nº 17498-22

Relatório de Ensaio nº 19912-22

Relatório de Ensaio nº 19913-22

Relatório de Ensaio nº 19914-22

Relatório Batimétrico nº SP 843/2022 C

Relatório Batimétrico nº SP 846/2022 C