

NOTA TÉCNICA

1. INTRODUÇÃO

Esta Nota Técnica trata do processo para contratação de tecnologias inovadoras para redução da camada de lodo a fim de que haja não só a redução da camada sedimentar como também aumento da coluna d'água e conseqüentemente melhoria das condições ambientais na Lagoa de Piratininga, Niterói-RJ, por meio de Encomenda Tecnológica (ETEC), no âmbito do PRO-Sustentável, Projeto da Prefeitura Municipal de Niterói.

2. HISTÓRICO DA LAGOA DE PIRATININGA

O Sistema Lagunar Itaipu-Piratininga desenvolveu-se em decorrência de flutuações holocênicas do nível do mar, ocorridas em torno de 7.000 anos A.P. (antes do presente). Tal fato foi confirmado através de datações pelo método C14 em sambaquis (Kneip *et al.*, 1981) e pela camada que marca a transgressão marinha nos testemunhos datados pelo mesmo método em Itaipu (Ireland, 1987). Este período geológico foi marcado por uma grande transgressão marinha que alagou a baixada litorânea, gerando depósitos sedimentares transgressivos. A posterior estabilização do nível do mar em torno dos 5.100 anos A.P. gerou o represamento das águas na retaguarda do cordão litorâneo, formando assim as lagoas costeiras da região.

Segundo estudo de Lejeune (De Oliveira, 1948) Piratininga apresentava uma superfície de 4,17 km², perímetro de 9.700 metros e o volume de cerca de 12 milhões de litros quando no nível máximo. A margem sul da lagoa tinha cerca de 3.000m, começando em um lido onde abria-se periodicamente um sangradouro comunicando a boca de sua barra com o oceano. A Lagoa de Piratininga já era rasa, sua profundidade média era de meio metro, até mesmo de 1,2 metros, havia um pequeno poço de 4 metros de fundura na Boca da Barra e outro cerca de 3,80m junto ao morro do Boqueirão.

A partir da abertura do canal de Camboatá, realizada em 1946 pelo Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS), ocorreu a ligação entre as lagoas de Piratininga e Itaipu, com objetivo de conter enchentes e, conseqüentemente, evitar doenças, nas quais os mosquitos são os vetores. Ainda, em 1979, houve a abertura em caráter permanente da barra da Lagoa de Itaipu, através da construção do Canal de Itaipu por meio de enrocamento. Com a abertura do canal, as águas que se juntavam na Lagoa de Piratininga na estação chuvosa possibilitando o aumento do seu nível, passaram a escoar para Itaipu através do Canal de Camboatá - uma vez que a primeira possuía um nível mais alto que a Lagoa de Itaipu -, fazendo assim com que o nível da Lagoa de Piratininga diminuísse e o de Itaipu aumentasse. Isto passou

a impedir o rompimento natural periódico da barra da Lagoa de Piratininga e a consequente renovação das águas no seu interior, fator importante para a regulação do ciclo biológico (Mendes, 2012; Silva, 1990).

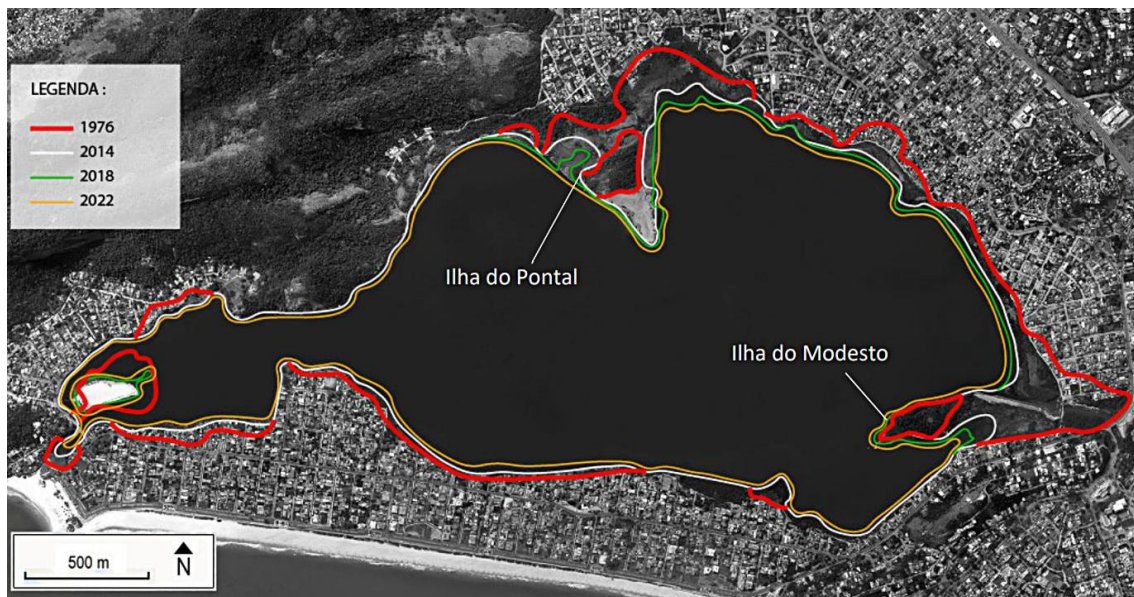


Figura 1 - Fonte: Elaborado por Phytorestore baseado em estudo realizado por FONTENELLE T.H. e CÔRREA W.B. – Universidade Federal Fluminense Rio de Janeiro “Impacto da urbanização no espelho d’água do sistema lagunar de Itaipu e de Piratininga Niterói (RJ), 2014

A partir de estudos através de fotointerpretação foi possível fazer importantes observações com relação à evolução morfológica da região em torno da Lagoa de Piratininga (Echebarrena, 2004). Em 1957 a lagoa apresentava-se com seus subambientes bem preservados, onde na parte sudeste podia ser observado um pequeno sistema eólico (dunas), hoje completamente impermeabilizado pela urbanização. Atualmente, na região onde se encontrava o referido sistema eólico, localizam-se a Avenida Acúrcio Torres e diversas ruas com moradias. A Lagoa de Piratininga, nessa época, apresentava três ilhas: a ilha do Modesto a leste, a ilha do Pontal a N-NW e na extremidade a oeste a Ilha do Tibau.



Figura 2 - Paisagem original (Fotos CCRON, 2016).

Com a construção da ponte Rio-Niterói, grandes mudanças ocorreram e a ocupação da chamada Região Oceânica de Niterói foi se intensificando. Com o excessivo adensamento nos bairros tradicionais do Município, principalmente Icaraí, o planejamento urbano da cidade tendeu a promover a evolução mais rápida das praias oceânicas, inclusive Piratininga. Dessa forma, a partir de 1975 Piratininga tornou-se a região onde mais se construía casas em Niterói (Silva, 1990).

Até o final dos anos 1990 a ocupação ainda era limitada a residências unifamiliares de pequeno porte, mas no início da década de 90, o aumento do padrão construtivo levou a um relevante aumento da população.

Silva aponta que, em 1990, os principais problemas do Bairro Piratininga eram devidos à falta de infraestrutura urbana, destacando-se a falta de abastecimento de água e de rede de coleta de esgoto, com casos de contaminação das águas do lençol freático e evidências de ligações de esgoto nas redes de água pluvial que desaguam na Lagoa de Piratininga, com a consequente contaminação das suas águas.

Até 1999, o gerenciamento dos serviços de água e esgoto do Município de Niterói ficava a cargo da CEDAE - Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro. A partir de novembro de 1999, os serviços de distribuição de água, coleta e tratamento de esgoto foram

assumidos pela concessionária Águas de Niterói. A chegada da água aduzida tornou a região mais atrativa e a quantidade de esgoto gerado mais significativa.

Atualmente, na Região Oceânica, há duas Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs): a ETE de Cambinhas e a ETE de Itaipu. A ETE de Cambinhas foi inaugurada em 2002 e localiza-se no bairro Cambinhas. Ela opera em nível terciário, sendo capaz de retirar os compostos a base de nitrogênio e fósforo. O receptor das águas provenientes do tratamento desta ETE é o Canal de Camboatá. Os bairros atendidos são: Piratininga, Cambinhas, Jacaré, Cafubá e Jardim Imbuí (Prefeitura de Niterói, 2018).

Apesar da chegada de infraestrutura urbana na área, ainda é evidente a poluição e o aporte de esgoto na Lagoa de Piratininga. Atualmente, está em execução o Projeto Se Liga, uma iniciativa realizada em conjunto pela Superintendência Regional da Baía de Guanabara do Instituto Estadual do Ambiente (INEA), pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Sustentabilidade (SMARHS) de Niterói e pela concessionária Águas de Niterói. Esta ação visa identificar os imóveis cujo sistema de esgoto está ligado ao sistema de drenagem pluvial, conscientizando e notificando os moradores para que eles se regularizem, podendo ser aplicada uma multa em caso de não regularização da situação (Prefeitura de Niterói, 2018).

Ainda visando à diminuição do aporte de carga orgânica na Lagoa de Piratininga, a Prefeitura do Município irá implantar na Lagoa de Piratininga um sistema de alagados construídos composto por bacias de sedimentação e jardins filtrantes. Com isso, se espera uma redução das contribuições de fósforo total, nitrato, demanda bioquímica de oxigênio e sólidos suspensos totais.

Os estudos para análise da condição ambiental do Sistema Perilagunar Piratininga - Itaipu, contratados pela Prefeitura de Niterói, mostraram também que a camada de lodo presente na Lagoa de Piratininga funciona como uma fonte interna de eutrofização, contribuindo para o aumento da poluição da coluna d'água da lagoa, sobretudo devido à sua baixa profundidade e ação dos ventos. O valor médio de fósforo identificado nas amostras de sedimento da lagoa foi de 247,74 mg Ptotal/kg. Ainda de acordo com os estudos, a quantidade de fósforo total disponível na primeira camada de sedimento (0 – 10 cm) da Lagoa de Piratininga, levando em consideração a área de 3.1 km² da lagoa, é de 6.566 kg/P. Esses valores são extremamente elevados e apresentam grande potencial para desencadear eventos de florações de algas.

2.1 Vegetação

No ano de 1981, observou-se uma redução drástica da cobertura vegetal original nas áreas adjacentes à lagoa e em toda sua orla, e o grande adensamento populacional. A área da restinga tornou-se totalmente tomada pela urbanização e a vegetação arbóreo-arbustiva começou a desaparecer, dando lugar à arbustiva (Echebarrena, 2004).

Já em 1993, pode ser vista a contínua redução de áreas verdes, onde a urbanização intensificou-se bastante inclusive na região do Tibau, onde também ocorreu uma ocupação de forma intensa. No local onde se encontrava o antigo canal que ligava a lagoa à prainha houve o desenvolvimento de uma vegetação arbustiva em solo arenoso. As ilhas do Modesto e Pontal, atualmente, se encontram ligadas ao continente e a ilha do Tibau, de 1957 a 1993, aumentou sua extensão de 75 metros para 320 metros (Echebarrena, 2004).

A Lagoa de Piratininga encontra-se quase totalmente desprovida de mata ciliar em uma área de urbanização extensiva. As intervenções antrópicas ao longo dos anos, com a ligação da Lagoa com o mar, acabaram por provocar a diminuição ainda mais do seu nível d'água (profundidade média de 0,6 metros) e do seu espelho d'água. Com a perda de espelho d'água, ao longo dos anos, suas margens foram ocupadas por núcleos urbanos informais e loteamentos, diminuindo assim sua área e aumentando sua degradação. Esta ocupação desordenada e irregular vem, também, impactando negativamente a fauna e a flora originais locais, principalmente quanto às formações vegetais nas margens das lagoas e dos rios.

O inventário florístico realizado na área em 2018 mostrou que mais de 80 % das espécies levantadas no entorno da Lagoa de Piratininga por meio de censo eram de origem exótica, cultivadas ou naturalizadas (Consórcio Parque Orla Piratininga, 2018).

De acordo com a população residente na orla da Lagoa de Piratininga, a vegetação no passado (há mais de 30 anos) era majoritariamente composta por taboas. Contudo, conforme a salinidade se alterou houve a inserção de espécies mais tolerantes à salinidade, especialmente o mangue branco (*Laguncularia racemosa*). Além disso, segundo a literatura, essa espécie de mangue é típica de ambientes em estágio inicial de sucessão, reforçando a alteração ambiental vigente na Lagoa de Piratininga (Consórcio Parque Orla Piratininga, 2018).

2.2 Sedimentos

Quanto à distribuição dos sedimentos da Lagoa de Piratininga, Echebarrena (2004) observou o predomínio de sedimentos finos (silte e argila) que vão desde silte argiloso a argila

síltica, sobre os sedimentos grossos. A areia é a fração dominante nas margens lagunares, enquanto a fração fina (silte + argila) parece ter sua distribuição associada à carga de sedimentos dos rios Jacaré, Arrozal e do córrego da Viração. No estudo supracitado, o silte representou 35,5% do sedimento superficial da Lagoa de Piratininga, principalmente nas proximidades dos rios Jacaré, Arrozal e córrego da Viração. A concentração da argila, em torno de 28,5 % aumentou em direção às partes centrais da lagoa. Em áreas onde a dinâmica é baixa, a matéria orgânica é conservada e acumulada. A taxa de sedimentação estabelecida por Resende (1995) foi na ordem de 0,13 cm/ano.

Estudos a fim de avaliar a espessura do lodo, contratados pela Prefeitura de Niterói, em 2018 demonstraram que há uma variação na espessura da camada de sedimentos finos de 0,2 m a 2,85 m na Lagoa de Piratininga, resultando em uma média de 1,61 m para o sistema (Figura 3). Em grande parte da região norte da lagoa, a resposta do levantamento indicou espessura de finos em torno de 2 m, e superior a isso nas porções central e sul do sistema. Somente nas áreas próximas ao túnel do Tibau, detectou-se uma espessura de finos menos expressiva, provavelmente devido à presença de areia oriunda do oceano e processos de dragagem realizados no passado (HydroScience, 2019). A figura a seguir apresenta a espessura da camada de lodo na Lagoa de Piratininga avaliada nos estudos. Estima-se que volume total de sedimentos finos na Lagoa de Piratininga seja de 5.467.376 m³:

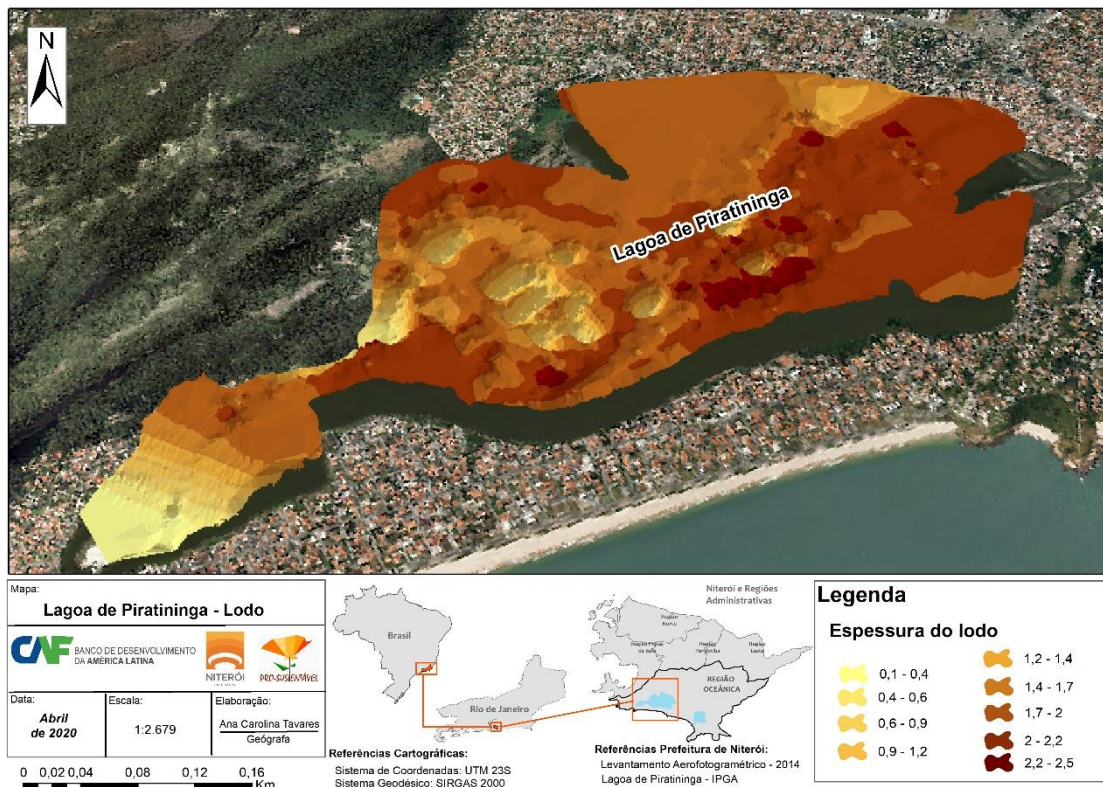


Figura 3: Mapa da espessura de lodo da Lagoa de Piratininga. Fonte: UGP-CAF, 2020.

Em relação à sedimentação da Lagoa de Piratininga e conseqüentemente a diminuição da coluna d'água, Echebarrena (2004) através de comparação de mapas batimétricos mostrou que ocorreu uma suavização do fundo lagunar, resultado do assoreamento. Alguns pontos localizados na região do Tibau, em 1988, apresentam-se mais rasos se comparados com dados de mapas de profundidades de 1992 e 2001. Assim, para o sistema lagunar de Piratininga, com uma lâmina d'água bastante rasa, onde a profundidade varia entre 0,05 metros e 1,5 metros, estima-se que a lagoa se transforme em pântano em aproximadamente 50 anos.

Nos estudos para análise da condição ambiental do Sistema Perilagunar Piratininga - Itaipu, o estoque de nutrientes dos sedimentos das lagoas foi avaliado através da determinação das concentrações de nitrogênio total, fósforo total e carbono orgânico total, como mostrado nas imagens a seguir:

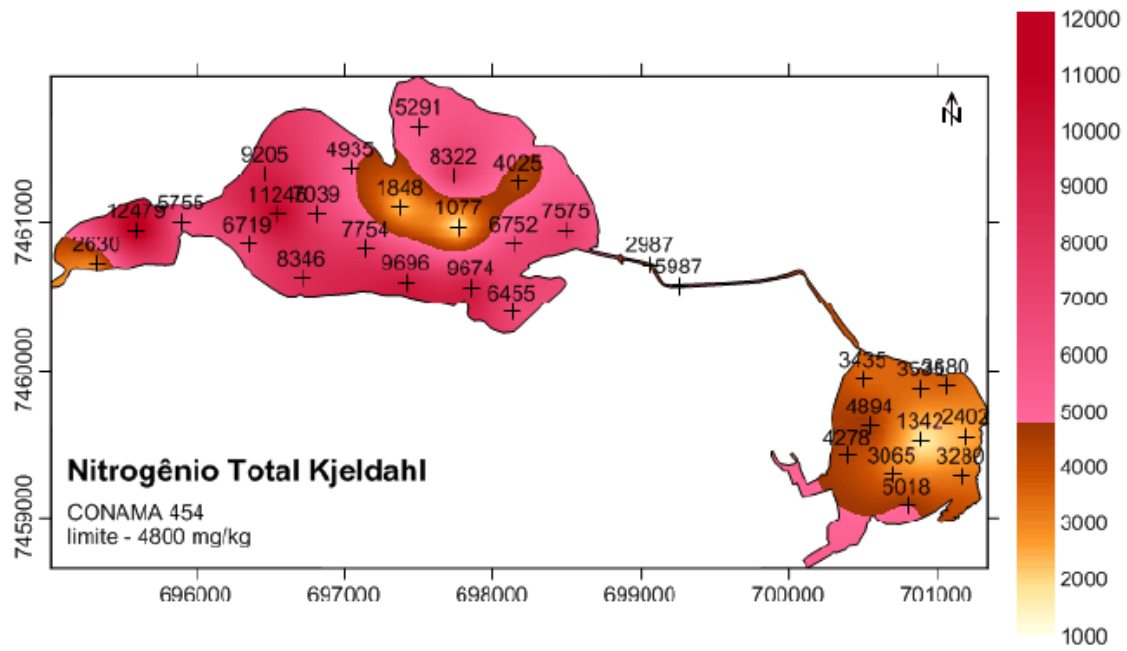


Figura 4 - Concentração de NTK nos sedimentos superficiais das lagoas. Fonte: Hidrosience, 2019.

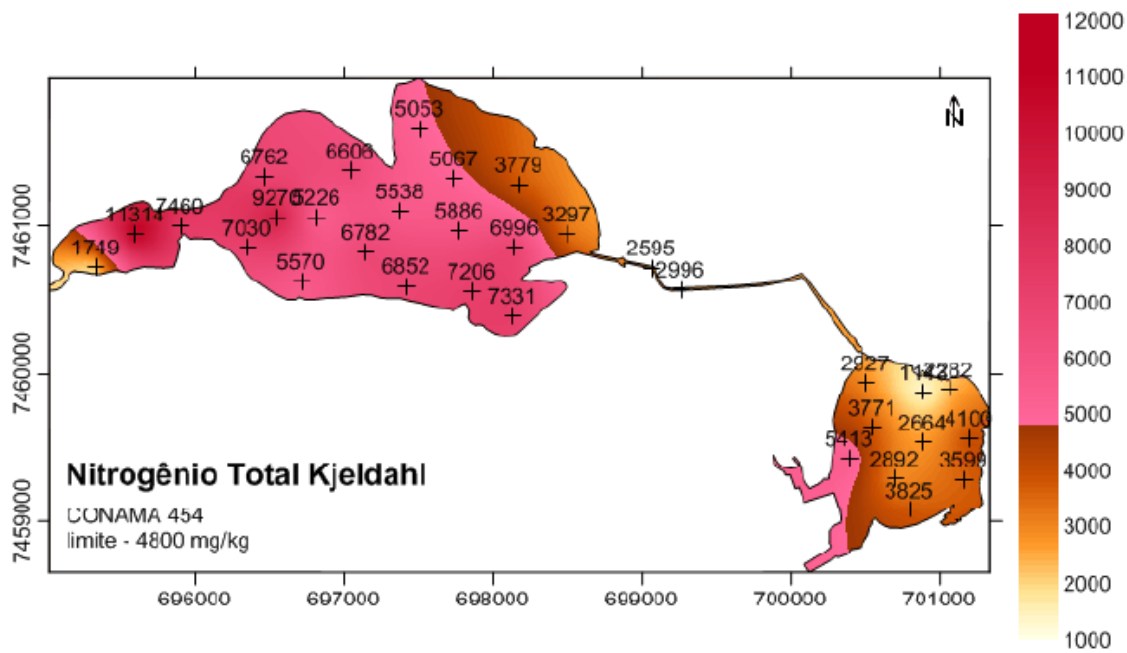


Figura 5 - Concentração de NTK nos sedimentos subsuperficiais das lagoas. Fonte: Hidrosience, 2019.

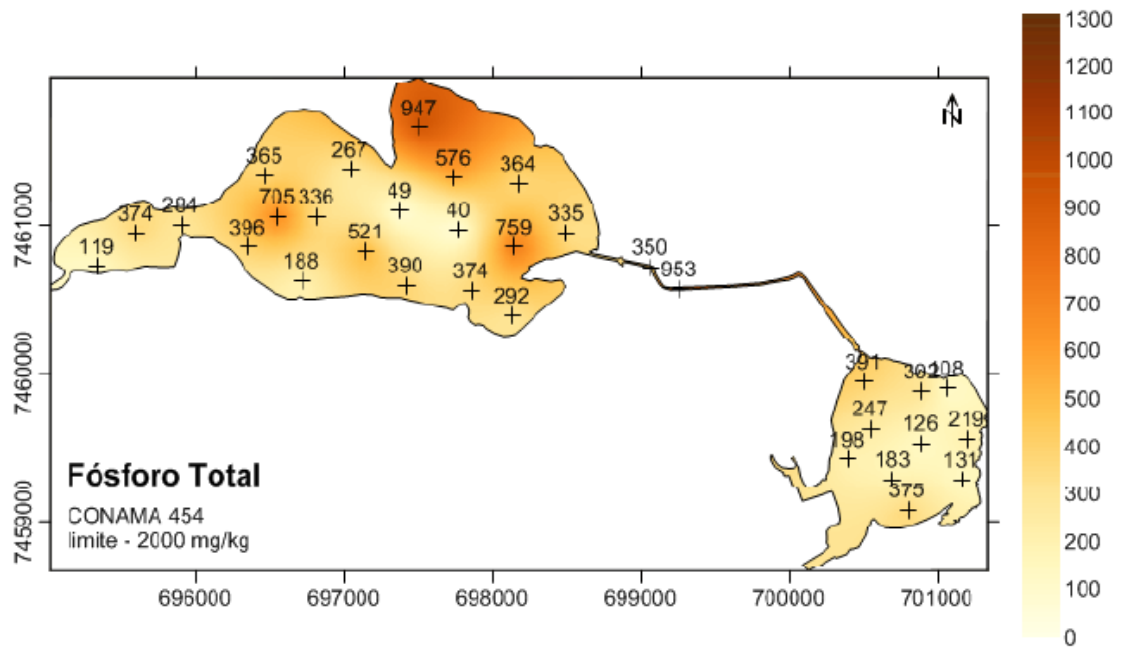


Figura 6 - Concentração de fósforo total nos sedimentos superficiais das lagoas. Fonte: Hidrosience, 2019.

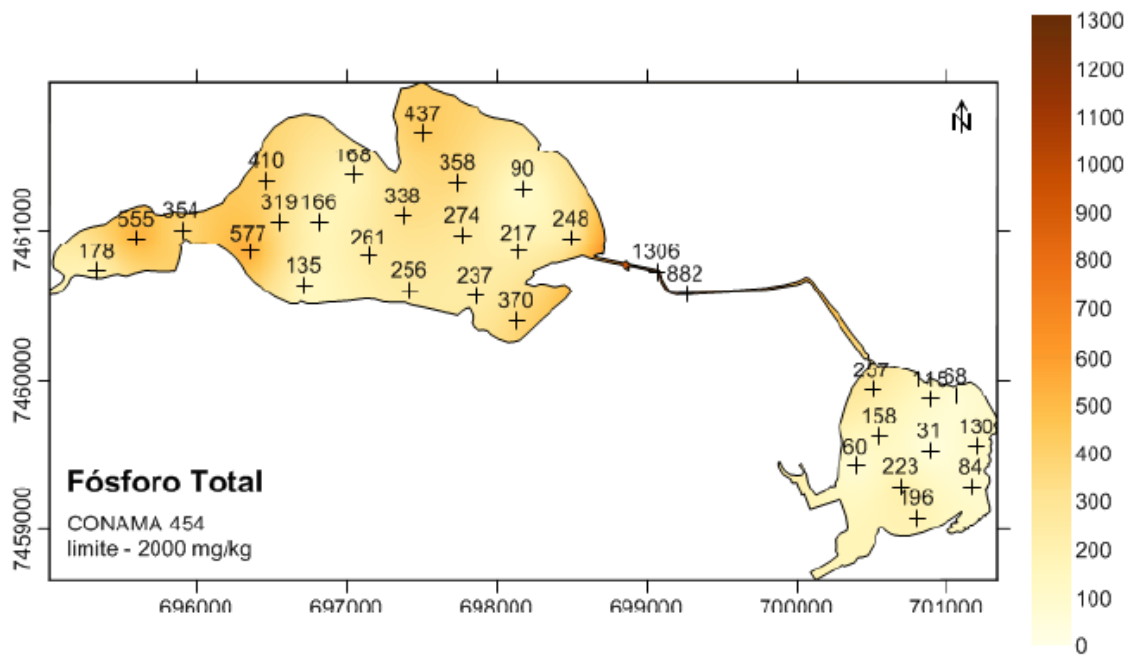


Figura 7 - Concentração de fósforo total nos sedimentos subsuperficiais das lagoas. Fonte: Hidrosience, 2019.

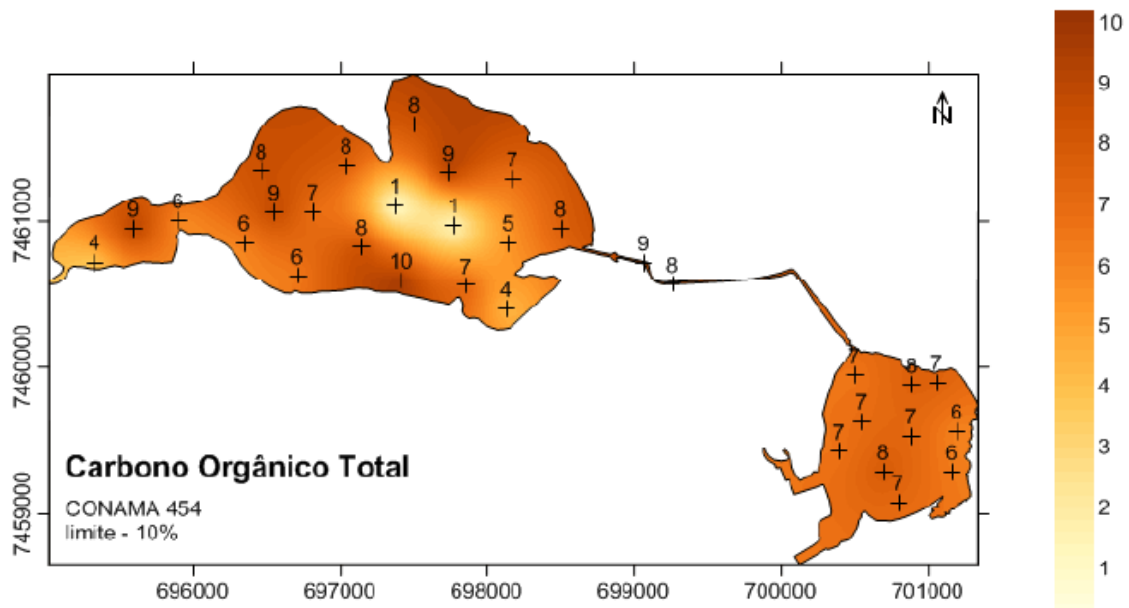


Figura 8 - Concentração de COT nos sedimentos superficiais das lagoas. Fonte: Hidrosience, 2019.

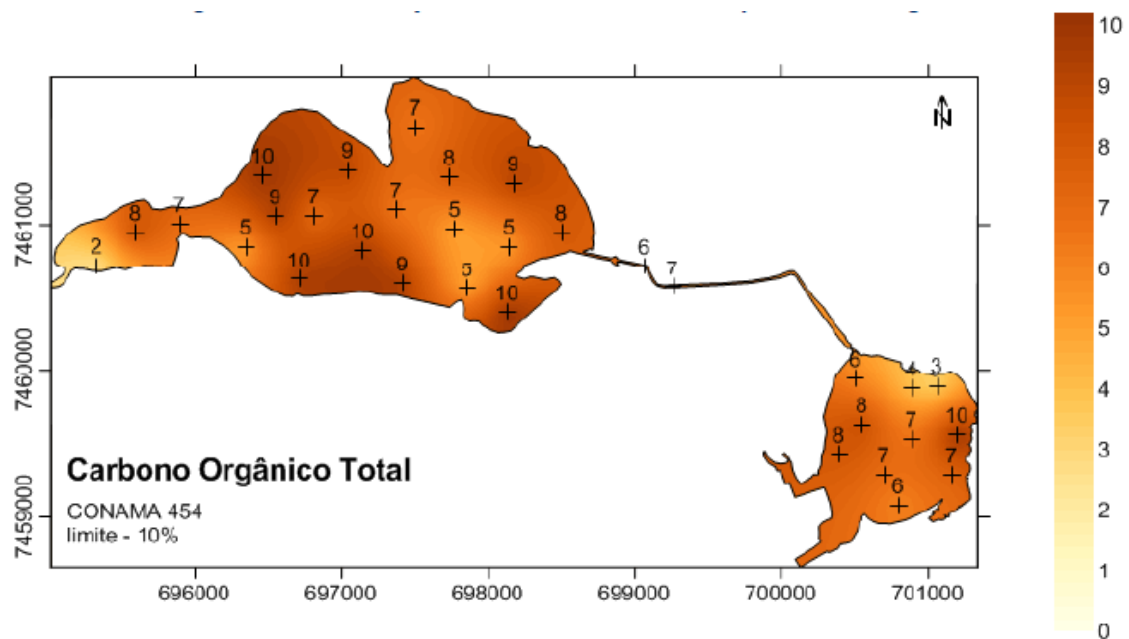


Figura 9 - Concentração de fósforo total nos sedimentos subsuperficiais das lagoas. Fonte: Hidrosience, 2019.

2.3 Matéria Orgânica

A distribuição da matéria orgânica relaciona-se com o padrão de circulação da água, com a topografia de fundo, com a composição granulométrica e com a taxa de produtividade orgânica (Fulfaro e Ponçano, 1976 e Tucker, 1991).

Outro grave problema que aflige as Lagoas diz respeito à poluição causada pela significativa carga de esgotos domésticos in natura, aportados principalmente pelos rios, acarretando na elevada degradação dos corpos hídricos por dejetos humanos provocando

assoreamento, que vem sendo agravado pelo carreamento de sedimentos decorrentes dos desmatamentos e da ineficiência dos sistemas de microdrenagem urbana.

A recuperação de corpos hídricos eutrofizados deve se dar no sentido de eliminar o excesso de energia através da redução da concentração de nutrientes e compostos orgânicos neles lançados. Para tanto, a primeira e indispensável medida é o controle das fontes geradoras de eutrofização artificial na bacia de drenagem. Para promover o retorno destes ecossistemas à condição ecológica próxima da original, ou criar-se um novo equilíbrio, deve-se promover o estabelecimento de um programa de pesquisa individualizado. Em muitos casos se torna necessária a combinação de mais de um método de recuperação para que a lagoa seja deseutrofizada.

Nesse sentido, a Prefeitura Municipal de Niterói vem desenvolvendo, através do Programa Região Oceânica Sustentável (PRO-Sustentável), diversos projetos com a finalidade de estancar e reverter o processo de degradação ambiental da Região Oceânica (RO) por meio da requalificação e restauração ecológica de áreas degradadas, mitigação e adaptação frente às mudanças climáticas, melhoria da mobilidade urbana, diminuição da insalubridade em bairros locais e do aumento do bem-estar da população local, com a implantação de infraestrutura urbana, ambiental e viária adequadas. O Programa é composto de 4 (quatro) componentes: (1) Urbanização; (2) Infraestrutura; (3) Sustentabilidade Ambiental; (4) Monitoramento e Avaliação.

Componente 1 - URBANIZAÇÃO

Este componente reúne os projetos voltados para a urbanização de áreas residenciais degradadas e daquelas com grande potencial para a prática de esportes e atividades de lazer por parte de habitantes locais e visitantes, bem como para a proteção dos ecossistemas lagunares com a valorização do patrimônio ambiental do Município. Neste componente encontram-se o Parque Orla Piratininga, o Sistema Cicloviário da Região Oceânica de Niterói e a Requalificação Urbana da área de influência da Transoceânica-BRT.

Componente 2 - INFRAESTRUTURA

Este componente inclui as ações de infraestrutura e objetivam proporcionar maior conforto urbano com a recuperação de áreas residenciais degradadas, onde são comuns as valas retentoras de águas poluídas causadas pela obstrução da drenagem, bem como as vias com caixas de rolamento irregulares, dimensões insuficientes e representando fontes de poluição do ar pela emissão de material particulado devido ao trânsito de veículos. Além disso, tal componente inclui a implantação de um corredor viário, com o intuito de reduzir os tempos de

viagem concorrendo para reduzir o lançamento de poluentes no ar. Neste componente encontram-se o corredor Transoceânica-BRT, a macrodrenagem da Fazendinha, ambos já implantados e em funcionamento, e a pavimentação e qualificação de vias de bairros da Região Oceânica de Niterói, parcialmente implantados.

Componente 3 – SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL

Este componente visa à consolidação de uma gestão pública sistêmica, em que, tendo como foco a bacia hidrográfica como base territorial, busca-se compreender a complexidade de cada sistema ambiental e desenvolver as ações para a sua recuperação e proteção a partir das reivindicações dos habitantes locais, desde a concepção inicial, e envolvendo todos os setores administrativos competentes da Prefeitura Municipal. Com base nestas premissas, que estão calcadas nas Políticas Nacionais de Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Saneamento, que mencionam a bacia hidrográfica como a melhor unidade de planejamento, este componente tem como objetivo desenvolver estudos técnico-científicos e realizar obras e atividades necessárias para recuperar e proteger os sistemas ambientais impactados negativamente, tanto pela histórica ocupação inadequada como pelo uso não criterioso dos recursos ambientais. Ao mesmo tempo, a finalidade é estimular o uso de tecnologias verdes nas moradias e fortalecer a atuação do Comitê Gestor das Lagoas de Itaipu e Piratininga - CLIP, integrante do Comitê Gestor da Baía de Guanabara, por meio da mobilização e organização dos Grupos gestores de cada uma das bacias contribuintes às Lagoas.

Neste componente encontram-se a renaturalização da Bacia do Rio Jacaré, a construção de um Centro de Referência em Sustentabilidade Ambiental, composto por uma Unidade do Médico de Família e um Centro de Pesquisas, o Plano de Gestão Ambiental da Região Oceânica e projetos de ecoturismo e gestão de praias compreendendo em melhorias da infraestrutura do Parque da Cidade e do acesso à Praia de Itaipu, implantação de postos guarda-vidas e estudos e projetos para estabilização da Praia de Piratininga.

Componente 4 – MONITORAMENTO E AVALIAÇÃO

Este componente financia a gestão do Programa, bem como as atividades administrativas necessárias à sua implementação e acompanhamento.

Como descrito acima, uma das obras do Programa foi a construção da TransOceânica, uma via composta do Túnel Charitas-Cafubá, que diminui a distância e o tempo de trajeto entre a Região Oceânica e o centro da cidade, e de um corredor de Bus with High Level of Service (BHLS) que atravessa toda a Região Oceânica. Com a diminuição do tempo de trajeto e a

melhoria do serviço de transporte público esperados, a região se torna mais atrativa a moradores e turistas, o que provavelmente voltará a acelerar seu crescimento. Com isso em vista, o PRO-Sustentável busca trazer um pacote de projetos de requalificação da área urbana e proteção dos recursos naturais da região frente ao desenvolvimento iminente.

Conforme supramencionado, inserido no componente Urbanização, prevê-se a construção do Parque Orla Piratininga que contempla o projeto de infraestrutura verde incluindo a implantação dos chamados sistemas de alagados construídos, compostos por bacias de sedimentação e jardins filtrantes compostos de diferentes filtros com plantas nativas regionais projetados para remediar a poluição recebida através da ação natural, bem como vertedouros para garantir a segurança do sistema em caso de chuvas intensas. O projeto de infraestrutura verde do Parque Orla Piratininga contempla a implantação de alagados construídos para o tratamento da água das três principais bacias hidrográficas que desaguam na Lagoa de Piratininga: Bacia do Rio Cafubá, Bacia do Rio Arrozal e Bacia do Rio Jacaré.

Dentre os projetos inseridos na componente de Sustentabilidade Ambiental, estão os projetos de Renaturalização da Bacia do Rio Jacaré e Estudos da Condição Ambiental do Sistema Lagunar e Proposição de ações para melhoria da dinâmica ambiental e hídrica do Sistema, ambos em andamento. O primeiro tem como objetivo a recuperação dos indicadores ecológicos desta bacia, incluindo as condições de vazão, a recuperação da flora e da fauna, bem como a retomada da relação de proximidade entre os habitantes locais e o Rio Jacaré.

Os Estudos Ambientais do Sistema Lagunar vêm sendo realizados desde julho de 2018 por empresa contratada através de processo licitatório, com objetivo de avaliar o estado das lagoas e realizar simulações a partir de modelagens a fim de subsidiar ações para recuperação ambiental do Sistema de forma a atender aos usos múltiplos das lagoas desejados pelos moradores locais e demais usuários do ecossistema. Todos os resultados das campanhas realizadas, assim como todos os produtos entregues pela empresa estão disponibilizados no site do PRO-Sustentável (<http://www.prosustentavel.niteroi.rj.gov.br/>) para consulta.

3. LOCALIZAÇÃO

A Lagoa de Piratininga, localizada no bairro de Piratininga, município de Niterói – RJ, compreende uma área de espelho d'água de 2,87km², com profundidade média de 0,50m (HydroScience, 2019). Apresenta, atualmente, três ilhas: a do Pontal (ao norte), a do Modesto (a

leste) e junto da área onde anteriormente ocorria a ligação temporária com o mar, está a ilha do Tibau:

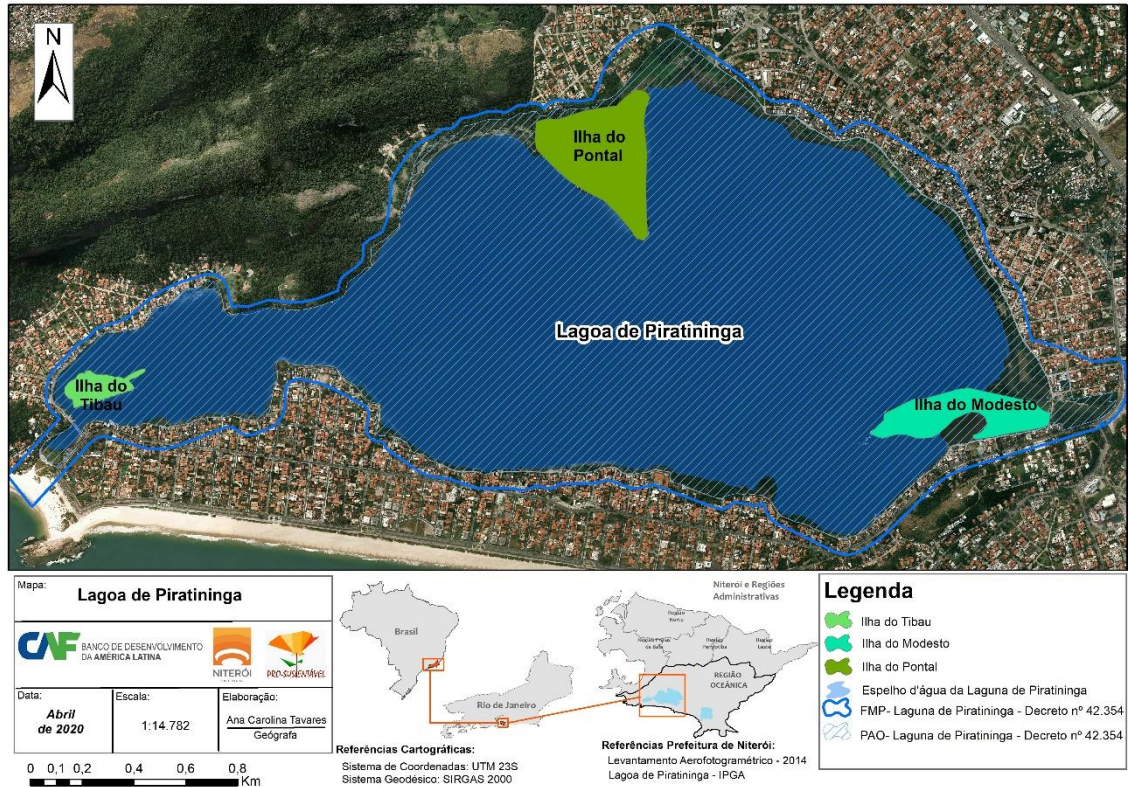


Figura 10: Mapa de Localização da Lagoa de Piratininga.

4. PARÂMETROS MÍNIMOS ACEITÁVEIS

Os interessados deverão apresentar proposta técnica, redigida em língua portuguesa, datada e assinada pelo titular ou representante legal de forma identificável (sobre carimbo ou equivalente), contendo endereço e telefone, constando de:

1) IDENTIFICAÇÃO DO INTERESSADO:

Nome da Solução:

| | |
|-------------------------------------|--|
| Interessado: | |
| CNPJ ou CPF: | |
| Endereço: | |
| Endereço postal (CEP): | |
| Responsável pelas equipes técnicas: | |
| Representante legal: | |
| Nº de telefone fixo (com DDD): | |
| Nº de celular (com DDD): | |
| Endereço eletrônico (e-mail): | |
| Sítio Internet (home page): | |

2) APREA

2) APRESENTAÇÃO DO INTERESSADO

Deverá ser feita uma apresentação rápida sobre a pessoa/instituição/empresa interessada no processo de ETEC.

3) APRESENTAÇÃO DAS TECNOLOGIAS PROPOSTAS

Deverá ser feita uma apresentação rápida sobre a especificação detalhada da tecnologia proposta, descrevendo a capacidade técnica para o desenvolvimento e execução da solução, contendo apresentação de seus parâmetros técnicos e do estágio de desenvolvimento da tecnologia, com indicação de TRL.

4) CONHECIMENTO DO PROBLEMA

Deverá ser feita descrição sobre a caracterização do problema, contendo conhecimento da área de abrangência e dos desafios para implantação dos testes para redução da camada de lodo da Lagoa de Piratininga. Para tal, estão disponibilizados no site do PRO Sustentável (<http://www.prosustentavel.niteroi.rj.gov.br/>) estudos prévios, contratados pela Prefeitura Municipal de Niterói, que deverão servir de embasamento teórico. Poderão ser utilizadas outras fontes de bibliografia.

5) OBJETIVO

Deverá ser feita descrição, de maneira objetiva, sobre quais são os objetivos pretendidos com a implementação da tecnologia proposta e seus impactos.

6) METODOLOGIA

Deverá ser feita uma abordagem com especificação da tecnologia, método e/ou sistemas a serem desenvolvidos na Lagoa de Piratininga para eventual execução do objeto da ETEC (Encomenda Tecnológica) caso venha a ser contratada, assim como equipamentos, materiais e produtos a serem utilizados e prospecção de resultados (razão entre a camada degradada e tempo e melhoria da qualidade da água) e suas respectivas formas de manutenção).

As soluções propostas de redução da camada de lodo deverão demonstrar viabilidade do desenvolvimento e de execução da solução. Apresentando fluxograma das atividades, planilha orçamentária com custo estimado de cada fase

com a especificação de cada recurso, contendo ainda, apresentação de proposta de remuneração para desenvolvimento e execução da solução tecnológica apresentada.

As etapas necessárias para testes experimentais *in situ*, deverão ser descritas detalhadamente, através de estruturas como micro e/ou mesocosmos, indicando, ainda, o tamanho da área necessária para implantação do experimento. Não serão aceitas propostas para testes *in vitro*.

7) CRONOGRAMA DE ATIVIDADES

Deverá ser elaborado um cronograma de execução das atividades que serão desenvolvidas dentro de um período proposto, detalhando o prazo de execução.

| | ETAPAS | DURAÇÃO | RESPONSÁVEL | OBSERVAÇÃO |
|--------------------|--------|---------|-------------|------------|
| ATIVIDADE 1 | | | | |
| ATIVIDADE 2 | | | | |
| ATIVIDADE 3 | | | | |
| | | | | |

Obs: O prazo de execução da tecnologia proposta deverá ser projetado para ser realizado no período de 180 (cento e oitenta) dias.

8) EQUIPE ENVOLVIDA

Deverá ser feita descrição sobre a equipe de profissionais envolvida, contendo: relação nominal dos profissionais de nível superior que comporão a equipe técnica, a qualificação de cada um deles, bem como a indicação expressa da atribuição de cada um na empresa/instituição interessada.

A pessoa/empresa/instituição poderá agregar outro aspecto (materiais adicionais) não identificado nos documentos de referência e que sejam determinantes para o processo de desenvolvimento e execução da solução apresentada como imagens, vídeos, áudios e peças gráficas (tabelas, infográficos etc.) que ilustrem a sua iniciativa.

5. DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA

As Encomendas Tecnológicas – ETECs são tipos especiais de compras públicas diretas voltadas para encontrar a solução para determinado problema, por meio de desenvolvimento tecnológico que ainda não tenha solução disponível no mercado (Barbosa & Rauen, 2019, p. 15). Estão previstas no art. 20 da Lei 10.973/2004 e no art. 24, inciso XXXI da Lei 8.666/1993 e foram regulamentadas, no âmbito do Município de Niterói, na Seção V do Decreto nº 13.397/2019.

Um dos pressupostos da ETEC é a inexistência, no mercado, de solução para o problema específico que o Órgão Público visa solucionar com a contratação. Este requisito é importante, pois a ETEC deve ser utilizada somente em último caso.

Para tanto, a doutrina (Barbosa & Rauen, 2019, pp. 20-28) recomenda que a escolha pela utilização da ETEC perpassa pela análise do conceito de TRL, ferramenta de gestão tecnológica comumente utilizada no mundo da gestão tecnológica, que classifica a(s) tecnologia(s) necessária(s) ao desenvolvimento de determinada solução em função de seu nível de maturidade, guardando relação direta com seu nível de risco tecnológico, possuindo nove níveis de maturidade tecnológica.

A escala dos níveis de maturidade tecnológica, escala TRL - do inglês *Technology Readiness Levels*, abordadas no subitem 4.1, é uma metodologia desenvolvida por Stan Sadin, pesquisador da Agência Espacial Norte Americana (National Aeronautics and Space Administration – Nasa), no final da década de 70, para auxiliar na compreensão e melhor gerir a maturidade das tecnologias planejadas para uso em futuras missões. Na década de 80, o conceito começou a ser difundido amplamente e atualmente é um consagrado critério utilizado na tomada de decisões na gestão de tecnologias, estabelecendo graus evolutivos de maturidade de uma tecnologia.

Por definição, os TRL's consistem num sistema de medição sistemática que auxilia as avaliações da maturidade de uma tecnologia em particular e a comparação de maturidade entre diferentes tipos de tecnologia.

Inicialmente, traziam uma métrica de 7 níveis relacionados à fase de desenvolvimento, com características breves para definição de cada nível. A metodologia foi aperfeiçoada e modificada ao longo dos anos seguintes, e foram adicionados dois níveis à escala original.

5.1 NÍVEIS DE MATURIDADE

Segundo a NBR ISO 16290:2015, os níveis de maturidade podem ser definidos conforme apresentado a seguir:

TRL 1 – Princípios básicos observados e relatados

Neste nível estamos falando de atividades de pesquisa científica, do tipo acadêmica. Possíveis aplicações da tecnologia ainda estão no estágio inicial, sem definições conceituais.

TRL 2 – Conceito e/ou aplicação da tecnologia formulados

No TRL 2 são definidos os princípios básicos estudados no TRL 1 e as aplicações conceituais são mencionadas de forma consistente, porém não necessariamente comprovada.

TRL 3 – Prova de conceito analítica e experimental de características e/ou funções críticas

O TRL 3 envolve a prova de conceito, através de modelagem, simulação e experimentação. Os estudos analíticos e laboratoriais são essenciais para a validação do conceito. Após estas atividades a tecnologia avança para o próximo nível.

TRL 4 – Verificação funcional de componente e/ou subsistema em ambiente laboratorial

No TRL 4 a tecnologia ainda se encontra na fase de prova de conceito, sendo necessário neste nível a construção de um protótipo em estágio inicial para análise da funcionalidade de todos os componentes envolvidos, porém, ainda não representa o desempenho do sistema final por estar no ambiente laboratorial.

TRL 5 – Verificação da função crítica do componente e/ou subsistema em ambiente relevante

Ao demonstrar as funções do elemento estudado em ambiente relevante, mas ainda em escala piloto, atingiu-se o TRL 5. Neste nível há uma definição preliminar dos requisitos de desempenho do elemento e o projeto preliminar, pois testes mais detalhados são realizados. Uma incerteza está relacionada à funcionalidade do elemento após o aumento de escala.

TRL 6 – Demonstração do modelo de protótipo de sistema/subsistema em ambiente relevante

A tecnologia encontra-se no TRL 6 quando o desempenho geral do modelo proposto está demonstrado. Neste estágio, a tecnologia está pronta para a realização dos testes finais, visando a aplicação final e comercialização.

TRL 7 – Demonstração do protótipo de sistema/subsistema em ambiente operacional

Neste nível são realizados ensaios com o protótipo, porém em ambiente operacional, utilizando os parâmetros reais, para análise da integração da tecnologia no sistema operacional. Neste estágio, há desenvolvimentos para a resolução de problemas de desempenho da tecnologia.

TRL 8 – Sistema real desenvolvido e aprovado

O elemento é integrado no sistema final e está pronto para operar.

TRL 9 – Sistema real desenvolvido e aprovado através de operações bem-sucedidas

O TRL 9 é alcançado quando o elemento está integrado no sistema final e operando.

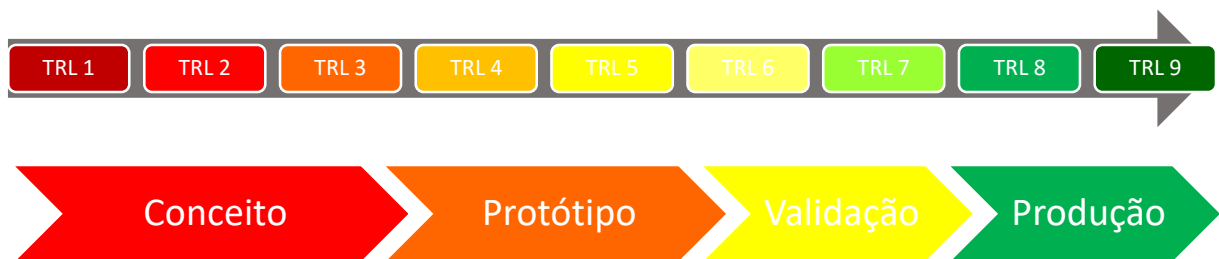


Figura 11: Detalhamento das etapas de maturidade tecnológica. Fonte: Adaptado de NASA.

De modo geral, pode-se definir a metodologia TRL em: ideação (TRL 1), concepção (TRL 2), prova de conceito de função crítica (TRL 3), otimização (TRL 4), prototipagem (TRL 5) e escalonamento (TRL 6), demonstração em ambiente de produção (TRL 7), produção (TRL 8), produção continuada (TRL 9). Vê-se, assim, que escala TRL engloba as várias fases de um programa de PD&I, conforme exposto na Figura 11 acima.

O caminho para a determinação de um nível TRL específico é mostrado na Figura 12.



REPENSAR O POSICIONAMENTO A RESPEITO DESTA

Figura 12: Fluxo de determinação do TRL. Fonte: Adaptado de NASA.

Considerando que a legislação vigente exige que para a realização de uma ETEC haja risco tecnológico envolvido, a realização de uma ETEC só se justifica nos casos em que as soluções tecnológicas atinjam até o TRL 7, já que as tecnologias identificadas como TRLs 8 e 9, não existe mais o risco tecnológico, uma vez que a solução já está pronta para entrar em operação.

A ETEC, que será objeto desse edital, terá por objetivo atingir o TRL 8, mas não partirá de uma tecnologia já classificada como TRL 8.

6. ANÁLISE DA NECESSIDADE DA CONTRATAÇÃO E LEVANTAMENTO DE MERCADO POTENCIAL

Os sedimentos antrópicos acompanhados de matéria orgânica e metais pesados reduzem mais aceleradamente ao longo do tempo a lâmina d'água lagunar. Tudo isso influi na continuidade da sobrevivência das lagoas e das espécies vivas que ali habitam, de origem animal e vegetal, em função da redução na capacidade de troca de águas e de oxigenação do meio líquido (Lerner, 2000).

A dragagem é uma solução tradicional aplicada nos corpos hídricos que necessitam de acesso a portos, navegação, desobstrução da drenagem, circulação de águas, entre outras. Trata-se de um dos trabalhos de engenharia que causam modificações locais marcantes, sendo importante a finalidade a que se destina tal empreendimento, as características da área a ser dragada, a forma de disposição do material dragado, além do equipamento apropriado a cada trabalho específico. De forma geral, a dragagem pode ter as seguintes finalidades:

- Manutenção – a fim de manter uma lâmina d'água mínima num corpo hídrico.
- Ambiental – para remoção de sedimentos poluídos.
- Implantação – com a finalidade executiva de canais e obras afins.
- Mineração – para coleta de areia, cascalho, argila, metais preciosos e etc.

Há diversos impactos gerados pela atividade de dragagem. Um dos impactos ambientais durante a sua execução é a turbidez causada em função do método de dragagem e do material a ser removido. Isto ocorre devido ao revolvimento do sedimento, que parte volta ao fundo do corpo hídrico e parte fica em suspensão na água. Esse aumento de sólidos na coluna d'água pode afetar a vida subaquática, podendo causar desequilíbrio no sistema e disponibilização de material contaminado. Ainda, outros componentes não desejáveis ao meio lagunar como odores, ruídos e fumaça devido aos trabalhos de dragagem devem ser previstos, para que não incorram em malefícios ambientais-

Outro impacto causado pela dragagem é quanto à disposição do material dragado, que depende do estado da contaminação do material e do local de disposição, se em corpo hídrico ou em terra. Para disposição de sedimentos contaminados, pode-se colocá-los em áreas

emersas, áreas degradadas, no fundo de corpos hídricos ou cavas abertas, em aterros sanitários e outros locais que tenham permissibilidade técnica de aceitação deste tipo de material.

O local de disposição deve ser o mais próximo possível da área a ser dragada ou, então, o menos dispendioso, tendo em vista os efeitos do lançamento desse material junto a corpos hídricos e de águas subterrâneas, a finalidade da área após a disposição, as interferências causadas no habitat natural, a influência no escoamento das águas superficiais, os estudos de redução do fluxo de contaminantes por percolação através da redução do gradiente hidráulico ou da inversão do mesmo, etc.

Com efeito, a grande dificuldade das dragagens reside na identificação de locais ambientalmente adequados para a destinação do material dragado, principalmente em áreas densamente urbanizadas, como é a Região Oceânica de Niterói. A opção de dragagem de sedimentos da Lagoa de Piratininga, passa justamente pela dificuldade na identificação desses locais devido à alta densidade demográfica da Região, sendo desfavorável inclusive no que se refere ao transporte do material em longas distâncias que, por ser extremamente fino, exigiria equipamento apropriado para o seu transporte nestas áreas densamente urbanizadas. Acrescente-se, ainda, o fato de que a dragagem convencional com a utilização de equipamentos pesados, com dragas do tipo hidráulica ou de sucção, acarretam impactos ambientais negativos consideráveis à biota do corpo d'água por causas óbvias que vão além da turbidez da água.

O Projeto do Parque Orla Piratininga - POP contempla a implantação de bacias de sedimentação e jardins filtrantes para reduzir o aporte de matéria orgânica à Lagoa. No entanto, se faz necessário promover ações alternativas para reduzir a camada de sedimentos existente hoje na Lagoa, para a melhoria da qualidade da água e, conseqüentemente, para aumento da riqueza da biota, conservação da paisagem, entre outras. A matéria orgânica está inserida, em geral, no meio sedimentar de forma decomposta quando de origem vegetal ou animal, ou então de origem antrópica (como gordura e restos de animais lançados em rios por abatedouros). A matéria orgânica pode estar presente no solo como partícula de qualquer tamanho, podendo ser visível a olho nu ou de dimensão coloidal, como moléculas orgânicas nas superfícies argilosas, ou ainda entre camadas lamelares dos silicatos (Grim, 1968, em Borma, 1995). Pode ser resultado de transformação de outros resíduos orgânicos por meio de processos físicos, químicos e/ou biológicos. A matéria orgânica tem como característica a facilidade de agregar aos elementos finos do solo. Quanto maior a presença de matéria orgânica no solo, maior sua plasticidade, pois a capacidade de absorção de água é aumentada.

A retenção aquosa na matéria orgânica é fator relevante, pois a demora na liberação de água provoca aumento no tempo de adensamento do solo. E nesta condição, a compressibilidade do solo também aumenta, tendo em vista o volume maior de água a liberar pelo efeito de esforços contínuos de sobrecarga. Além disso, a reatividade química e biológica do solo ficam alteradas em função da quantidade e grau de decomposição da matéria orgânica, pois tais fatores provocam variações nas propriedades reativas.

As tecnologias para descontaminação podem ser químicas, térmicas e biológicas. A descontaminação por processos químicos pode ser realizada por meio de oxidação dos contaminantes orgânicos ou por meio de extração dos contaminantes orgânicos e/ou inorgânicos, com uso de soluções de extração como ácidos, bases, detergentes, solventes orgânicos e outros em função do elemento a ser removido (Murphy, Brouwer & Babin, 1994). A remoção de contaminantes orgânicos de um sedimento por meio de extração com solventes deve ser previamente analisada através do conhecimento das propriedades físico-químicas da combinação dos dois elementos (solo e contaminante).

A descontaminação por processos térmicos é usual em materiais orgânicos ou pouco orgânicos, sendo o mais usual a queima em fornos especiais ou por meio do uso de raios infravermelhos. São muito dispendiosos devido ao elevado consumo energético (Conboy, Kenna, Leithner et. al., 1994), além de apresentar o risco de emissão de CO₂ para a atmosfera.

A descontaminação por processos biológicos é, em geral, realizada por microorganismos atuando em contaminantes orgânicos. Um dos métodos é a intensificação do processo biológico por meio da multiplicação de microorganismos com recursos auxiliares como a oxigenação e adição de nutrientes. Para maior eficiência, pode haver a necessidade de se otimizar a temperatura e o pH do meio para o processo alcançar o seu objetivo (Trevors & Elsas, 1997).

Tratamentos realizados por meio de biorremediação resultam numa alteração biológica ou biodegradação de contaminantes no solo. A biodegradação, na maior parte dos poluentes orgânicos, ocorre mais rapidamente sob condições aeróbicas (na presença de oxigênio) do que nas condições anaeróbicas, quando a velocidade de degradação é, em geral, mais lenta.

A dificuldade de aplicação de tecnologias de descontaminação e remoção da camada de lodo na Lagoa de Piratininga se dá, sobretudo, devido à espessa camada de lodo existente, à baixa lâmina d'água da lagoa, à sua extensão e aos impactos ambientais possíveis devidos à aplicação da tecnologia.

Além disso, a Lagoa de Piratininga apresenta características ambientais particulares, com variação de parâmetros ambientais ao longo do ano devido às variações de temperatura, aos períodos de seca e de chuvas, às variações da maré, aos ventos (sobretudo em razão da sua baixa lâmina d'água), o que pode impactar diretamente na eficácia da alternativa de descontaminação e remoção de camada de lodo.

Com vistas a atender a uma necessidade tecnológica do Programa Região Oceânica Sustentável e também adquirir experiência na utilização do procedimento da encomenda tecnológica como instrumento de estímulo ao desenvolvimento do setor ambiental, propõe-se a contratação, por meio do instrumento de ETEC de uma tecnologia para remoção da camada de lodo da Lagoa de Piratininga, no município de Niterói – RJ.

O objetivo central da contratação da encomenda tecnológica é contratar tecnologias para reduzir o teor de matéria orgânica contida no sedimento de maneira que possa inclusive facilitar uma possível disposição do material a ser retirado posteriormente.

Nesse contexto, entende-se por redução da camada de lodo a degradação da matéria orgânica associada ao material mineral sedimentar. No entanto, serão aceitas tanto as técnicas que propõem a degradação da matéria orgânica por meios químicos e biológicos quanto aquelas que propuserem a solução do problema através de técnicas de remoção por meio físico, desde que detalhando quanto à viabilidade de remoção do material, ao aproveitamento do material retirado em outras cadeias produtivas, sua disposição e etc., não sendo aceita a opção apenas da simples remoção do sedimento. O processo de seleção do objeto da ETEC partiu de Estudos Preliminares (anexos à Nota Técnica) com vistas a apresentar o problema, identificando as áreas com maiores camadas de lodo onde deverão ser implementados os testes pilotos.

7. CONCLUSÃO

Devido à espessa camada de lodo encontrada em grande parte da Lagoa de Piratininga, com um volume total estimado de 5.467.376 m³ de sedimentos finos a serem removidos, viu-se a necessidade de contratação de tecnologias inovadoras alternativas para remoção da camada de lodo, uma vez que a dragagem mecânica, disponível no mercado, é uma solução extremamente custosa, inviável para ser contratado pelo Município neste momento, sendo especialmente agravada pela falta de locais próximos para secagem e disposição desse material, considerando também, que para secagem em locais distantes do ponto de extração, demandar-se-ia um tipo especial de transporte e de equipamentos..

8. BIBLIOGRAFIA

BARBOSA, C.M.M; RAUEN, A.T. *encomendas tecnológicas no brasil: Guia Geral de Boas Práticas*. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA, Brasília. 2019.

BORMA, L.S. Estudo sobre a mobilidade de metais pesados em solos argilosos, 2º Seminário para exame de qualificação acadêmica para candidatura ao doutorado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 1995.

CONBOY, D.J., KENNA, B. T. LEITHNER, J. et al., “Pilot-scale Demonstrations of Thermal Desorption for the Treatment of Contaminated River Sediment”, in Proc. Of Second International Conference and Exhibition on Dredging and Dredged Material Placement, Vol. I, pp. 474-483, Orlando, Florida, USA, Novembro 1994.

CONSÓRCIO PARQUE ORLA PIRATININGA. Projeto Básico, Executivo e Estudos Multidisciplinares, para a implantação do Parque Orla Piratininga: Inventário Florístico. Prefeitura de Niterói. Niterói-RJ, 2018.

DE OLIVEIRA, L. P. H. Estudo Hidrobiológico das lagoas de Piratininga e Itaipú. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, tomo 46 (4), p. 674-718, 1948.

ECHEBARRENA, R. C. Evolução Batimétrica e Sedimentológica das Lagoas de Itaipu e Piratininga – Niterói / Rio de Janeiro. Monografia de final de curso: UFRJ/IGEO/DG, Curso de Graduação em Geologia, 51p, 2004.

GRIM, R.E., “Clay Mineralogy”, McGraw-Hill Book Company, N. York, USA, 1968.

HIDROSCIENCE. Relatório da qualidade ambiental atual do sistema lagunar – análise integrada. Prefeitura de Niterói. Niterói-RJ, 2019.

HIDROSCIENCE. Relatório de Batimetria das lagoas de Piratininga e Itaipu. Prefeitura de Niterói. Niterói-RJ, 2019.

IRELAND, S. The Holocene Sedimentary History of The Coastal Lagoons of Rio de Janeiro State, Brazil. In: M.J. Tooley and I. Shennan (Ed) Sea Level Changes Chap. 20 The Institute of British Geographers. Special Publication Series. Basil Blackwell, 1987.

KNEIP, L. M. Histórico das Pesquisas. In: L.M. Kneip, L.Palestrini, F.L. de Souza Cunha (eds.): Pesquisas Arqueológicas no Litoral de Itaipu, Niterói, RJ. Editora Gráfica Luna Ltda. Pp. 51-56, 1981.

LERNER, H. M. Tratamento biológico de lodo de dragagem para aproveitamento como aterro. Tese de Mestrado, Programa de pós-graduação de engenharia – COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2000.

MENDES, S. Projeto Parque Ecológico Lagoa de Piratininga. Fernanda Salles Arquitetura. 99p, 2012.

MURPHY, T., BROUWER, H., BABIN, J. “In Situ Sediment Treatment of Dofasco Boatship, Hamilton Harbour”, in Proc. Of Second International Conference and Exhibition on Dredging and Dredged Material Placement, Vol. II, pp. 1071-1080, Orlando, Florida, USA, Novembro 1994.

PREFEITURA DE NITERÓI. Projeto Conceitual: Parque Orla Piratininga. Vol I. Niterói-RJ, 2018.

RESENDE, M.DA C.C.M. Processos Sedimentares Naturais e Antrópicos na Laguna de Piratininga – Niterói, RJ. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. 109p, 1995.

SILVA, M. L. Processo de ocupação de Piratininga: suas causas e consequências. Monografia de Conclusão de Curso, Instituto de Geociência/UFF. Niterói-RJ, 1990.

TREVORS, J.T., ELSAS, J.D. “Microbial Interactions in Soil”, in Modern Soil Microbiology, Ed. Marcel Dekker, pp. 215-204, USA, 1997.