



Prefeitura Municipal de Niterói

Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Sustentabilidade

Rua Visconde de Sepetiba 987, 10º andar, CEP: 24.020-206 Niterói, RJ

Assunto: Encaminhamento do Plano de Trabalho do Projeto Biodragagem utilizando tecnologias MUDBALLS EM® e PULMÃO™

Prezado Sr. Secretário Rafael Robertson,

em atendimento à Secretaria de Meio Ambiente Recursos Hídricos Sustentabilidade, segue o Plano de Trabalho do projeto supra citado em anexo, sob responsabilidade técnica dos Professores Gilberto Tavares de Macedo Dias e Mirian Araujo Carlos Crapez, ambos da Universidade Federal Fluminense, com as informações relacionadas à Encomenda Tecnológica para o desenvolvimento de experimentos in situ de tecnologias inovadoras para remoção da camada de lodo da Lagoa de Piratininga, localizada no Município de Niterói, no âmbito do Programa Região Oceânica Sustentável – PRO Sustentável.

Gilberto Tavares de Macedo Dias
Universidade Federal Fluminense

Niterói, 15 de setembro de 2021

Sumário

1-INTRODUÇÃO	3
2-OBJETIVOS.....	4
2.1-OBJETIVO GERAL	4
2.2-OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
3-MATERIAIS E MÉTODOS	5
3.1-QUALIFICAÇÃO DA CAMADA DE LODO	5
3.2-INSTALAÇÃO DAS TECNOLOGIAS	5
3.3-ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DA COLUNA D'ÁGUA.....	5
3.4-ANÁLISES GEOQUÍMICAS	6
3.5-LOCAIS DE IMPLANTAÇÃO DOS EXPERIMENTOS	7
4-COMISSÃO DE FISCALIZAÇÃO (cláusula sétima do Contrato SMO/UGP/CAF nº 007/2021)	7
5-REFERÊNCIAS.....	8
6-ANEXO 1	10
Técnica para medição da altitude ortométrica do fundo lagunar	10
Detalhamento do Processamento dos Dados oriundos de receptores GNSS.....	12
Referências.....	15
7-CRONOGRAMA.....	17

1-INTRODUÇÃO

As lagoas de Piratininga e de Itaipu são ícones do sistema ambiental da Região Oceânica do município de Niterói, na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, estando posicionadas em um contexto geomorfológico de sistemas lagunares isolados por cordões litorâneos que se estendem pelo litoral fluminense até Cabo Frio, na região dos lagos do Estado. A bacia hidrográfica costeira associada a estes sistemas lagunares encontra-se fortemente pressionada pelo acelerado processo de urbanização das últimas décadas.

Os impactos sobre os sistemas lagunares de Itaipu e de Piratininga têm sido notáveis, principalmente através da implantação de sistemas de engenharia para estabilização hídrica desde os anos 1940 e de sucessivos aterros para ganho de áreas edificáveis. Além destes impactos diretos, as modificações em toda a bacia hidrográfica resultam em aumento da descarga sólida e da degradação da qualidade de água, ocasionando problemas de saúde pública e de assoreamento.

Assim, preocupado com a situação ambiental crítica da Laguna de Piratininga, o Município de Niterói, por intermédio da Unidade de Gestão do Programa Região Oceânica Sustentável da Secretaria de Planejamento, Orçamento e Modernização da Gestão, objetivando coletar o maior número de informações e propostas de possíveis interessados no desenvolvimento dos experimentos *in situ* objeto, elaborou o Termo de Referência da Encomenda Tecnológica (ETEC) para contratação e atuação na revitalização sustentável da lagoa.

De acordo com o Contrato SMO/UGP/CAF nº 007/2021 da Secretaria Municipal de Obras e Infraestrutura, Unidade de Gestão do Programa Região Oceânica Sustentável da Prefeitura Municipal de Niterói, *“tem por objeto a contratação de Encomenda Tecnológica (ETEC) para a prestação de serviços de pesquisa e inovação, para o desenvolvimento de experimentos, in situ, aplicando a tecnologia inovadora probiótica, que combina microorganismos benéficos, presentes no meio ambiente e altamente eficientes na degradação da matéria orgânica, como bactérias lácticas e leveduras, envolvendo risco tecnológico, para a redução da camada de lodo da Lagoa de Piratininga, localizada no Município de Niterói, na forma especificada e quantificada no Termo de Referência e no Projeto de Pesquisa e Desenvolvimento (PDTI), que integram o presente instrumento para todos os fins de Direito.”*

De acordo com o Termo de Referência da Encomenda Tecnológica (ETEC), item 6.1, “a descrição do regime de execução do objeto deverá observar as especificidades da presente encomenda tecnológica, que requer a apresentação de uma solução não disponível no mercado.”

Assim, de acordo com o exposto acima, a ETEC prevê serviços de pesquisa e inovação, através das metodologias contratadas, para a degradação da matéria orgânica do lodo sedimentado. Seguindo este escopo, implantaremos metodologias de caracterização/quantificação da matéria orgânica, que são utilizadas em publicações científicas e que enriquecerão sobremaneira este projeto, a saber, coprostanol e biopolímeros.

O presente documento vem apresentar o Plano de Trabalho referente ao escopo solicitado pelo supracitado Termo de Referência e Contrato SMO/UGP/CAF nº 007/2021.

2-OBJETIVOS

2.1-OBJETIVO GERAL

- ✓ reduzir a camada de lodo da lagoa de Piratininga pelo processo de biodragagem, utilizando MUDBALLS EM® e PULMÃO™

2.2-OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ caracterizar, na camada superficial, o tipo de lodo sedimentado, para determinar os locais de implantação dos experimentos;
- ✓ correlacionar os teores de coprostanol (esterol de origem fecal), com a poluição antropogênica do sedimento da Lagoa de Piratininga;
- ✓ definir área para implantação dos experimentos *in situ* com MUDBALLS EM® e PULMÃO™
- ✓ monitorar a camada de lodo nos experimentos e área controle adjacente, a fim de determinar o rendimento dos experimentos *in situ*;
- ✓ quantificar parâmetros físico-químicos da coluna d'água nos experimentos e área controle, a fim de verificar a influência dos experimentos *in situ* na coluna d'água;

- ✓ quantificar biopolímeros no lodo sedimentado nos experimentos e área controle, a fim de determinar o rendimento dos experimentos *in situ*;
- ✓ quantificar matéria orgânica e carbono orgânico total no lodo sedimentado nos experimentos e área controle, a fim de determinar o rendimento dos experimentos *in situ*;

3-MATERIAIS E MÉTODOS

3.1-QUALIFICAÇÃO DA CAMADA DE LODO

Para caracterização da camada superficial de lodo e definição das áreas testes na lagoa de Piratininga será utilizado um testemunhador manual (*push core*). Vinte amostras serão feitas com embarcação apropriada, para atingir áreas rasas adjacentes às margens da lagoa.

Após a instalação dos experimentos MUDBALLS EM1® e PULMÃO™, a camada de lodo destes locais será mensurada mensalmente a altitude ortométrica da superfície da camada de lodo (Anexo 1) até o penúltimo mês do contrato, bem como a de uma área adjacente, denominada controle. Serão realizadas dez medições em cada experimento e dez nas áreas controle adjacentes

3.2-INSTALAÇÃO DAS TECNOLOGIAS

Serão escolhidas duas áreas, com aproximadamente 20m x 20m, para realização dos testes. Na primeira área serão aplicadas unicamente as MUDBALLS EM1® e na segunda área serão realizados testes conjuntos de MUDBALLS EM1® e PULMÃO™.

Será aplicado 1 *mudball* / m². Na área escolhida para o experimento com o PULMÃO™ será instalado um equipamento com capacidade de 1m³/min, com mangueiras, bomba de ar tipo radial e flutuador.

3.3-ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DA COLUNA D'ÁGUA

As análises físico-químicas da coluna d'água não estão diretamente ligadas ao objeto do contrato, que é a diminuição da camada do lodo sedimentado na Lagoa de Piratininga. Como a literatura científica indica interação de processos físico-químicos entre o sedimento e a coluna d'água, coletaremos mensalmente amostras de água nas áreas dos experimentos e em uma área controle adjacente. O objetivo é monitorar se os experimentos no lodo sedimentado irão influenciar a coluna d'água. Neste contexto, amostras de água serão coletadas mensalmente no centro das áreas dos experimentos com mudballs EM1® e com mudballs EM1® + PULMÃO™ e da área adjacente aos experimentos (denominada área controle), perfazendo um total de 3 amostras/mês. Serão feitas análises de oxigênio dissolvido, pH, salinidade, condutividade e turbidimetria, além de contagem microbiana, medição de nitratos, nitritos, fosfatos, fósforo total, DBO e/ou DQO.

3.4-ANÁLISES GEOQUÍMICAS

Durante a caracterização do lodo sedimentado (item 3.1), dez (10) amostras serão coletadas para quantificação do coprostanol, (5 β (H)-coletan-3 β -ol), que é um traçador molecular de contaminação fecal. Este é um indicador de matéria orgânica antropogênica, que deverá ser consumida durante os experimentos *in situ*. A análise será realizada seguindo o protocolo definido por Carreira et al. (2001).

A susceptibilidade da matéria orgânica à degradação microbiana é definida como sua “degradabilidade” e os termos “refratário” e “lábil” são usados para descrever as diferenças relativas neste processo. A matéria orgânica, de origem antropogênica, traz para o meio ambiente matéria orgânica lábil, denominada biopolímeros. Mas, a entrada contínua destas substâncias no sistema aquático acarreta, inicialmente, consumo de oxigênio para a sua degradabilidade. Com o esgotamento do oxigênio, os processos de degradação da matéria orgânica passarão a ser anaeróbicos, com sérias consequências ambientais. A associação do microorganismos do EM1® com o PULMÃO™ favorecerá a degradação dos biopolímeros do lodo sedimentado e fornecerá o monitoramento da eficiência do processo.

Todas as determinações analíticas serão feitas por espectrofotometria visível. Carboidratos (CHO) serão quantificados usando o mesmo princípio de Gerchacov & Hatcher (1972); a glicose é o padrão. Lipídios (LPD) serão extraídos com clorofórmio e metanol e analisados de acordo com Marsh & Weinstein (1966); a tripalmitina é o padrão. Proteínas (PRT) serão quantificadas de acordo com o método proposto por

Hartree (1972), para compensar a interferência do fenol; albumina bovina, fração V é o padrão.

As concentrações de CHO, PRT e LPD serão expressas em equivalente de carbono (mg C/g) usando os coeficientes de conversão 0,40, 0,49 e 0,75, respectivamente (Fabiano et al. 1995). A soma de equivalentes de carbono CHO, PRT e LPD constituiu o carbono biopolimérico e representa a quantidade de carbono biodisponível no sedimento.

Serão coletadas mensalmente para as análises de biopolímeros, 4 amostras de sedimento, duas nas áreas dos experimentos e duas nas áreas-controle adjacentes.

A matéria orgânica e o carbono orgânico total serão quantificados no lodo sedimentado segundo o protocolo de Carmo and Silva (2012). Serão coletadas mensalmente 10 amostras, distribuídas pelos dois experimentos e áreas adjacentes a estes.

3.5-LOCAIS DE IMPLANTAÇÃO DOS EXPERIMENTOS

Os locais para implantação dos experimentos serão definidos após avaliação da camada superficial de lodo na lagoa de Piratininga (item 3.1) com um testemunhador manual (*push core*).

4-COMISSÃO DE FISCALIZAÇÃO (cláusula sétima do Contrato SMO/UGP/CAF nº 007/2021)

No parágrafo primeiro do Contrato SMO/UGP/CAF nº 007/2021 lê-se que “a execução do contrato será acompanhada e fiscalizada por comissão de fiscalização de contrato...”

No parágrafo quarto Contrato SMO/UGP/CAF nº 007/2021 lê-se que “o objeto do contrato será recebido em tantas parcelas quantas forem ao do pagamento, na seguinte forma:

- a) provisoriamente, após parecer circunstanciado, que deverá ser elaborado pela COMISSÃO DE FISCALIZAÇÃO mencionada no parágrafo primeiro, no prazo de 48 (quarenta e oito) horas após a entrega do bem/produto;

b) *definitivamente, mediante parecer circunstanciado da comissão a que se refere o parágrafo primeiro, após decorrido o prazo de 10 (dez) dias, para observação e vistoria, que comprove o exato cumprimento das obrigações contratuais.*”

De acordo com o exposto acima e como integrantes de universidades, sistemas privilegiados para geração de novos conhecimentos e formação de recursos humanos, o nosso projeto propõe tecnologias de biodragagem que proporcionam a sustentabilidade ambiental e métodos de avaliação geoquímica inovadores para um contrato ETEC. Estes métodos são realizados rotineiramente em laboratórios de pesquisa e estão validados por publicações científicas em revistas com corpo editorial qualificado.

Um outro item que gostaríamos de considerar é que as análises físico-químicas de amostras de água fossem também realizadas em laboratório com intercalibração internacional, a fim de validar os resultados para publicações em revistas científicas com corpo editorial qualificado.

Considerando o exposto acima, solicitamos:

- 1) informações sobre a utilização de nossos resultados para elaborar o parecer circunstanciado pela Comissão de Fiscalização;
- 2) informações sobre coleta de amostras de água e lodo sedimentado pela Comissão de Fiscalização para também realizar as análises propostas no projeto, comparar com os nossos resultados e, finalmente, elaborar parecer circunstanciado;
- 3) em caso afirmativo no item 2, sugerimos que as amostras de água e de lodo sedimentado fossem coletadas conjuntamente (equipe técnica do projeto com Comissão de Fiscalização), a fim possibilitar a comparação dos resultados. Tendo em vista a dinâmica do meio ambiente, somente amostras coletadas no mesmo local e no mesmo horário poderão ser analisadas, discutidas e validadas como resultado de pesquisa científica.

5-REFERÊNCIAS

CARMO, D.L.; SILVA, C.A. 2012. Métodos de quantificação de carbono e matéria orgânica em resíduos orgânicos. R. Bras. Ciência Solo. 36, 1211-1220.

CARREIRA, R.; WAGENER, A.L.R.; FILEMAN, T.; READMAN, J.W. 2001. Distribuição de coprostanol (5 β (H)-colestano-3 β -OL) em sedimentos superficiais da Baía de

Guanabara: indicador da poluição recente por esgotos domésticos. *Quim. Nova.* 24, 37-42.

FABIANO, M., DANOVARO, R., FRASCHETTI, S. 1995. A three-year time series of elemental and biochemical composition of organic matter in subtidal sediments of the Ligurian Sea (northwestern Mediterranean). *Continental Shelf Research* 15, 1453–1469.

GERCHACOV, S.M., HATCHER, P.G. 1972. Improved technique for analysis of carbohydrates in sediment. *Limnologia Oceanography* 17, 938–943.

HARTREE, E.F. 1972. Determination of proteins: a modification of the Lowry method that gives a linear photometric response. *Analytical Biochemistry* 48, 422–427.

MARSH, J.B., WENSTEIN, D.B. 1966. A simple charring method for determination of lipids. *Journal of Lipids Research* 7, 574–576.

6-ANEXO 1

Técnica para medição da altitude ortométrica do fundo lagunar

Esta metodologia será proposta para monitorar, em uma área definida, a diminuição prevista da espessura de lodo, durante testes de aplicação do EM (mud balls) e do sistema de aeração (PULMÃO™) na lagoa de Piratininga. A diminuição da espessura da camada de lodo, se refletirá no aumento sutil de profundidade da superfície do fundo lagunar, na área de aplicação do método.

Para a medição da diminuição da camada de lodo no leito da lagoa de Piratininga será utilizado, primeiro, à bordo de uma embarcação, um disco com corda para determinação da profundidade do topo da camada de lodo. O método foi validado cientificamente por Fulhage et al. (2005) e Morgan (2010). A Figura 1 apresenta um esboço (sem escala) para fins ilustrativos, relacionada ao método. A posição e altimetria do topo da lama serão corrigidos utilizando Sistemas Globais de Navegação por Satélite (GNSS – Global Navigation Satellite System). A Figura 2 apresenta o esquema de medidas relacionados ao disco.

A localização de cada ponto amostrado será aferida por receptores GNSS geodésicos (de dupla frequência – L1/L2) que garantirá precisão centimétrica tanto para o posicionamento como para a altimetria, ambas relacionadas ao topo da camada de lama. Para tal, será utilizado o método de posicionamento relativo estático, que consiste na utilização de dois receptores GNSS geodésicos, onde um é posicionado sobre um ponto com referencial conhecido (geralmente um marco do IBGE), denominado de base, e o outro, é posicionado sobre o ponto de coleta (INCRA, 2013).

O receptor base será posicionado no topo do prédio do Instituto de Geociências da UFF (Universidade Federal Fluminense), em um ponto com posição e altimetria conhecidos (Figura 3). A poucos metros desse ponto, existe outro receptor GNSS de monitoramento contínuo, vinculado a Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC), do IBGE, o qual poderá ser adotado para ajustes de observação.

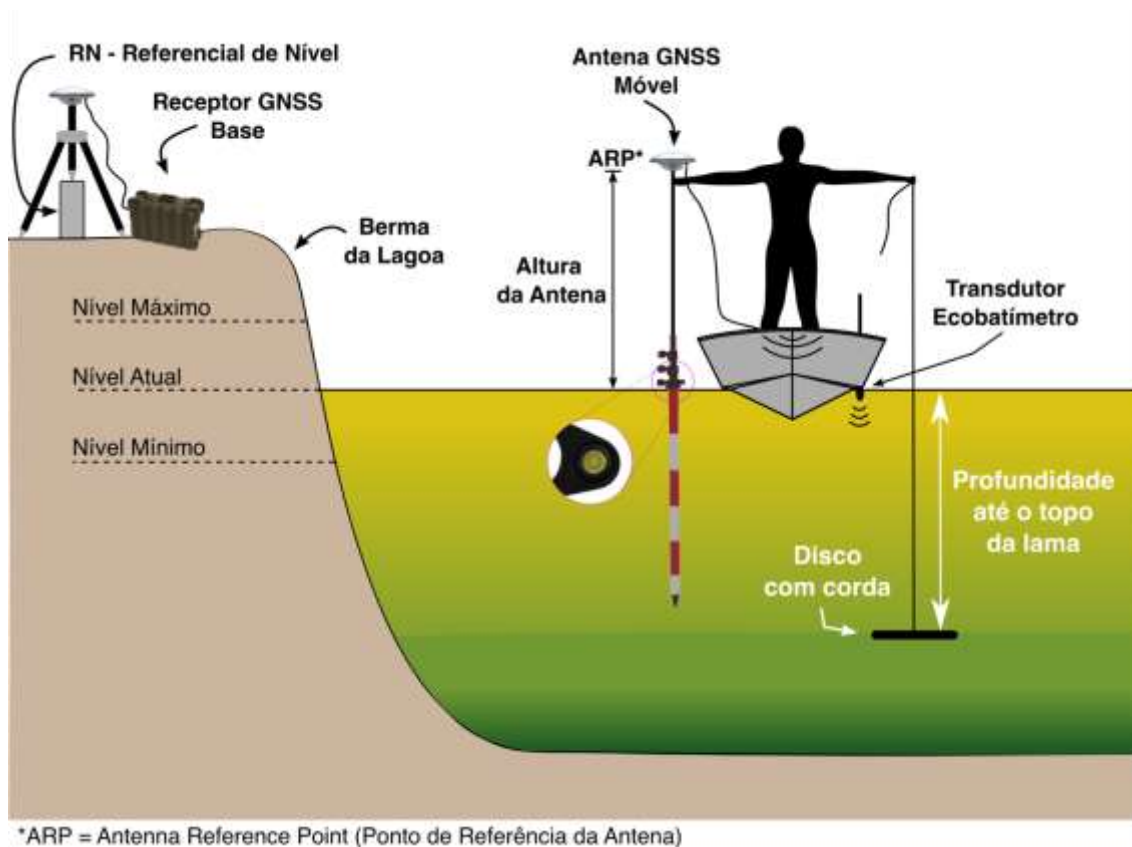


Figura 1. Esboço do método de levantamento da espessura e altitude ortométrica da superfície da camada de lodo na Lagoa.

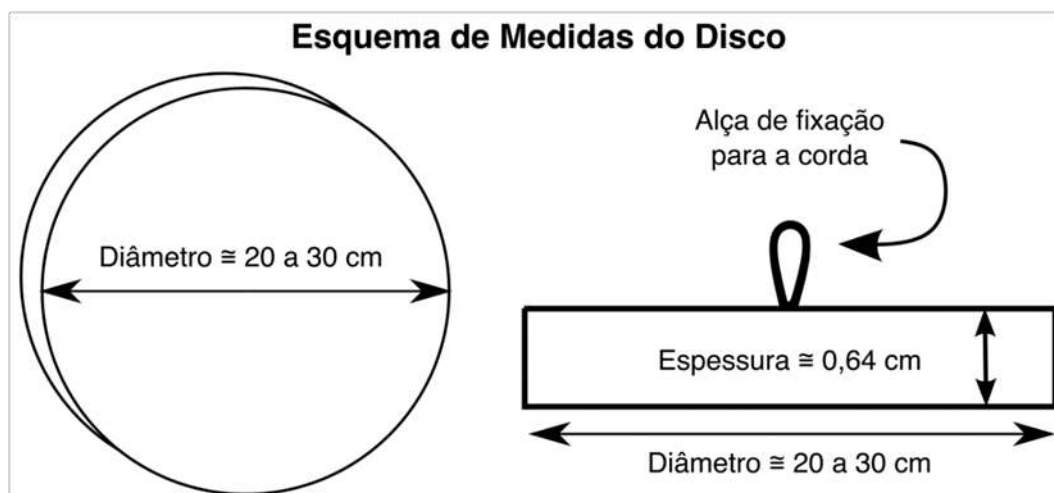


Figura 2. Medidas para a confecção do disco.



Figura 3. Montagem da antena fixa sobre ponto geodésico situado no topo do prédio do Instituto de Geociências (UFF).

O receptor GNSS móvel será posicionado na linha da água, em cada ponto de levantamento, identificando com precisão (após o pós-processamento dos dados) a posição do ponto de monitoramento e altitude elipsoidal do nível da água. A figura 4 apresenta a utilização de um receptor GNSS geodésico para medição do nível da água de uma lagoa de Piratininga. Posteriormente, para determinação da altitude elipsoidal do topo da lama será subtraído, do valor da altitude elipsoidal do nível da água, o valor da profundidade até o topo da lama, obtido com o disco com corda. Em seguida, será realizada a transformação de altitude elipsoidal (referenciada ao elipsoide de revolução do SGR80) para altitude ortométrica (referenciada as altitudes do Sistema Geodésico Brasileiro no Datum de Imbituba).

Detalhamento do Processamento dos Dados oriundos de receptores GNSS

Após os levantamentos, todos os dados relativos ao GNSS serão pós-processados em laboratório, para a obtenção de dados acurados, onde são mitigados os diversos tipos de erros que podem comprometer o levantamento, por exemplo, a não correção do sinal GNSS, que é refratado pela ionosfera e troposfera. Os dados do receptor móvel serão corrigidos utilizando como referencial os dados adquiridos, simultaneamente, pelo receptor base, o qual esteve durante todo o levantamento sobre um ponto com posição e altimetria conhecidos.



Figura 4. Antena posicionada sobre um ponto de monitoramento na lagoa de Piratininga.

Após o processamento dos dados GNSS, o dado de saída tem precisão 1 a 10 mm, levando-se em consideração condições excelentes de aquisição de dados, com DOP (Dilution of Precision) inferior a 2. Como as condições ambientais tem grande influência na precisão final dos dados, os valores de precisão supracitados podem chegar a casa centimétrica. Os dados serão referenciados ao elipsoide de referência (GRS80 – Geodetic Reference System 1980), adotado pelo Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS2000), oficializado como referencial geodésico para o SGB (Sistema Geodésico Brasileiro) desde 2005. Para a determinação da altitude ortométrica (relativa ao nível do mar de Imbituba), faz-se necessário o conhecimento da ondulação geoidal no local, a qual deve ser descontada da altitude elipsoidal. A Figura 5 mostra uma ilustração da relação entre Geoide, Elipsoide e a superfície terrestre (Relevo).

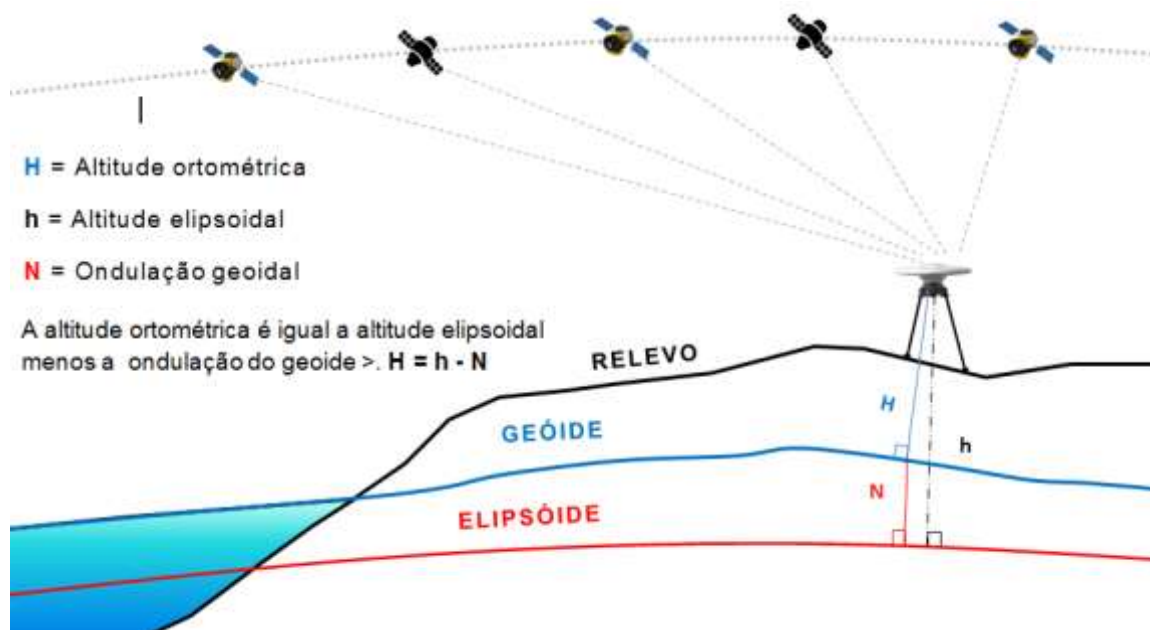


Figura 5. Relações entre o Elipsoide o Geóide e o Relevo local.

Os dados de ondulação geoidal para transformação de altitudes elipsoidais em altitudes ortométricas (vinculadas ao geóide) podem ser obtidas através do modelo MAPGEO, fornecido pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), através de um programa (MAPGEO2015) ou através do processamento online, onde são solicitados os códigos identificadores dos pontos levantados com GNSS, a latitude e a longitude.

Nivelamentos de precisão definidos em pontos adjacentes à lagoa de Piratininga, durante os trabalhos de JJ Dutra (2017) serão usados como referências para redução dos valores de profundidades obtidas com ecobatímetro para o nível médio do mar (NM) da DHN (Diretoria de Hidrografia e Navegação) no Rio de Janeiro (ilha Fiscal). A Figura 6 mostra as relações de altitude ortométrica entre as diversas referencias de nível comumente utilizadas.

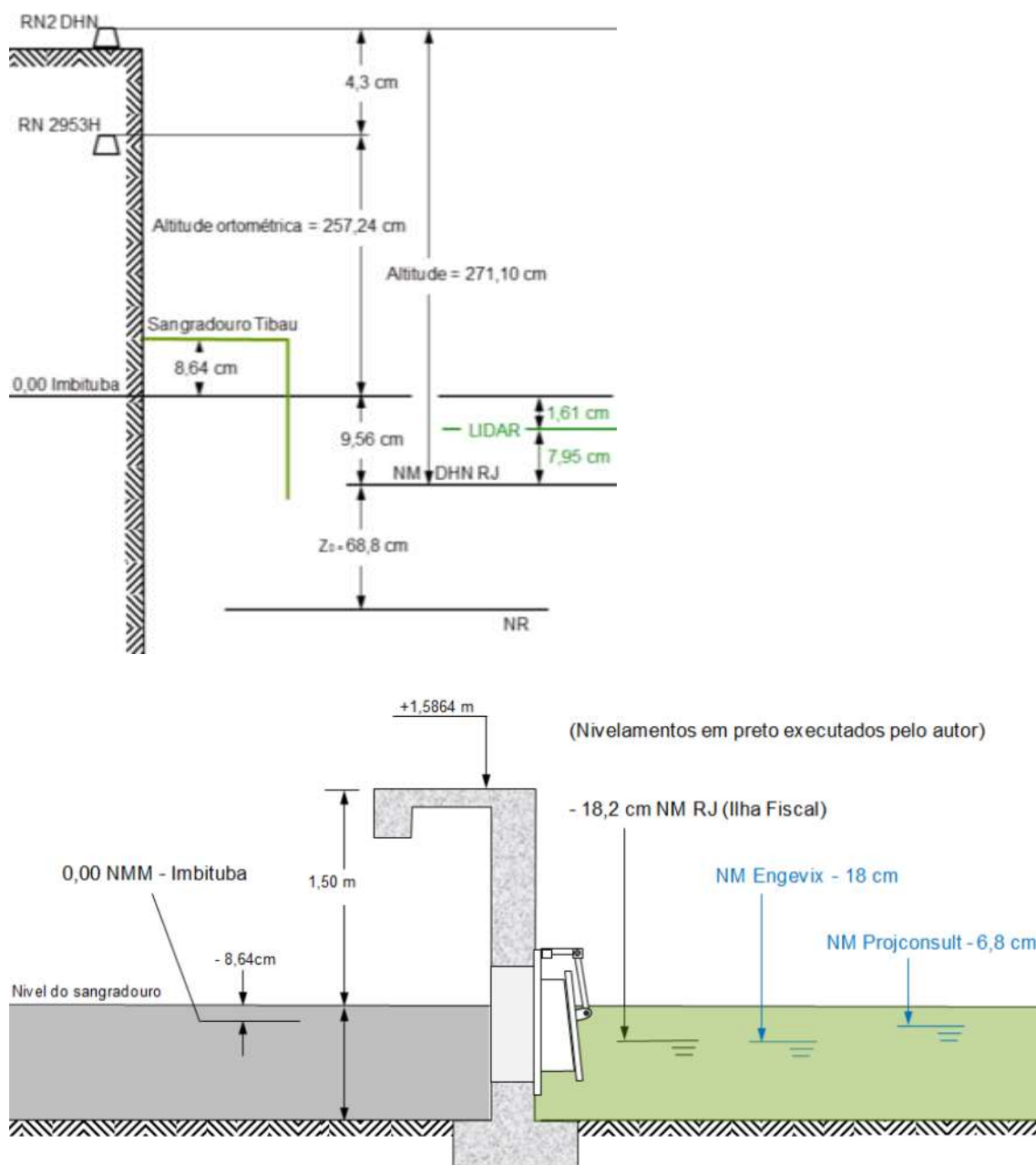


Figura 6. Relações de altitude entre os principais Níveis de Referência utilizados. Dutra (2017)

Referências

ANDRADE D., J. J. 2017. Evolução ambiental das lagoas de Piratininga e Itaipu, determinação da linha de base e mapas de enchente nos seus entornos. Dissertação de Mestrado Universidade Federal Fluminense. Pós-graduação em Dinâmica da Terra e dos Oceanos (DOT).

FULHAGE, C., A. SCHMIDT, AND J. LORY. 2005. Long Term Sludge and Nutrient Accumulation in Swine Lagoons – A Case Study. 2005 Animal Waste Management Symposium. North Carolina State University Animal and Poultry Waste Management Center. Raleigh, North Carolina. October 5-7.

INCRA. 2013. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. Manual Técnico de Posicionamento: georreferenciamento de imóveis rurais. 1ª Edição, Brasília, 37 p.

MORGAN, D. 2010. Application of Sonar for the Measurement of Sludge Heights in Wastewater Stabilization Ponds. Bachelor degree Dissertation. University of Western Australia. 50 p.

7-CRONOGRAMA

Parâmetros	Número de amostras	Meses								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Mobilização	-									
Caracterização da camada de lodo	20									
Quantificação de coprostanol	10									
Aplicação de MUDBALLS EM1®	2000									
Instalação operação PULMÃO	1									
Monitoramento da altitude ortométrica da camada de lodo nos dois experimentos e áreas-controle adjacentes	210									
Análises físico-químicas de água nos experimentos e área controle adjacente	18									
Quantificação dos biopolímeros na camada de lodo dos dois experimentos e áreas-controle adjacentes	28									
Quantificação da matéria orgânica e carbono orgânico total na camada de lodo nos dois experimentos e áreas-controle adjacentes	70									
Relatórios parciais	4									
Relatório final	1									
Desmobilização	-									