

Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica para Utilização de Material Eventualmente Dragado da Lagoa Mundaú no Enchimento das Cavidades das Frentes de Lavra

Setembro 2022

RELATÓRIO DO ESTUDO DE
VIABILIDADE TÉCNICA ECONÔMICA
E AMBIENTAL - EVTE

02021-RTE-GER-V1-GER-001-R02



ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA PARA UTILIZAÇÃO DE MATERIAL EVENTUALMENTE DRAGADO DA LAGOA MUNDAÚ NO ENCHIMENTO DAS CAVIDADES DAS FRENTES DE LAVRA

TÍTULO DO DOCUMENTO

ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA PARA UTILIZAÇÃO DE MATERIAL EVENTUALMENTE DRAGADO DA LAGOA MUNDAÚ NO ENCHIMENTO DAS CAVIDADES DAS FRENTES DE LAVRA

RELATÓRIO TÉCNICO DO ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA

QUADRO DE REVISÃO

R02	REVISÕES TEXTUAIS	TF	DC	RC	27/09/22
R01	REVISÃO GERAL	TF	DC	RC	01/07/22
R00	EMIÇÃO ORIGINAL (DRAFT)	TF	DC	RC	25/05/22
REV	DESCRIÇÃO	ELAB	VER.	APR.	DATA

<div>ELABORADO:</div> <div></div> <div>Eng. Civil André Magalhães RNP1810161495</div>	<div>VERIFICADO:</div> <div></div> <div>Eng. Civil Tarek Farah RNP1810017890</div>	<div>APROVADO:</div> <div></div> <div>Coordenador Eng. Civil Ricardo Carvalho RNP1801043159</div>	<div></div> <table><tr><td>Nº DOCUMENTO:</td><td>REV:</td><td>DATA:</td></tr><tr><td>02021-RTE-GER-V1-GER-001</td><td>R02</td><td>27/09/2022</td></tr></table>	Nº DOCUMENTO:	REV:	DATA:	02021-RTE-GER-V1-GER-001	R02	27/09/2022
Nº DOCUMENTO:	REV:	DATA:							
02021-RTE-GER-V1-GER-001	R02	27/09/2022							

EQUIPE TÉCNICA		
NOME	ATIVIDADE/FUNÇÃO	FORMAÇÃO
João Joaquim Guimarães Recena	Coordenação Geral	Eng. Civil - Msc. Eng. de Produção
Ricardo Medeiros Pereira de Carvalho	Coordenação adjunta	Eng. Civil
Tarek T. F. Quintella Farah	Coordenação adjunta Geotecnia e Dragagem	Eng. Civil - Esp. Eng. Geotécnica
Berry Elfrink	Consultor Internacional	Dr. Hidrodinâmica e Transporte de Sedimentos
José Maria Landim Dominguez	Consultor de Geologia Costeira e Sedimentar	Geólogo – PhD. Geologia e Geofísica Marinha
Paula Guedes	Consultora de Meio Ambiente	Bióloga – Msc em Ecologia.
Edwardo Mendonça	Membro de Equipe	Eng. Agrícola e Ambiental
Marieli Donina Martins Cavalcante Costa	Membro de Equipe	Eng. Civil – Esp. Recursos Hídricos
Thiago Almeida	Membro de Equipe / Hidrologia	Eng. Civil – Msc. Recursos Hídricos
Ana Carolina Santos Freire Bonfim	Membro de Equipe / Hidrologia	Eng. Civil
Bruno Albuquerque	Membro de Equipe	Eng. Civil e Economista
Agnaldo de Matos Carneiro	Membro de Equipe / Fiscal de Campo	Eng. Civil – Esp. em obras de infraestrutura
Sadraque Luiz Pereira	Membro de Equipe	Eng. Civil
Lorena Silveira Lafene	Membro de Equipe	Eng. Civil
Lorena Oliveira	Membro de Equipe	Eng. Civil – Msc. Construção Civil
André Magalhães Bezerra	Membro de Equipe	Eng. Civil
Marieli Donina	Membro de Equipe	Eng. Civil – Esp. Recursos Hídricos
Rodolfo Jasão Soares Días	Responsável por Levantamentos hidrográficos	Oceanógrafo
Bruno Soares Freire	Responsável por Levantamentos geológicos	Geólogo

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	19
OBJETIVO	20
1 INTRODUÇÃO.....	21
2 CONTEXTUALIZAÇÃO.....	23
2.1 ANÁLISE DAS INFORMAÇÕES EXISTENTES.....	23
2.1.1 ESTUDOS DISPONIBILIZADOS PELA CONTRATANTE.....	23
2.1.2 LEVANTAMENTOS DA TETRA TECH	23
2.1.3 PROCESSO DE ENCHIMENTO	29
2.2 CARACTERÍSTICAS DESEJADAS PARA O MATERIAL DE ENCHIMENTO	34
2.3 NORMAS E RESOLUÇÕES SOBRE O PROCESSO DE DRAGAGEM.....	35
2.3.1 NORMAS E RESOLUÇÕES DA MARINHA.....	35
2.3.2 RESOLUÇÕES DO CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE - CONAMA	35
2.3.3 LEIS FEDERAIS, ESTADUAIS E MUNICIPAIS.....	37
3 CARACTERÍSTICAS GERAIS DA REGIÃO	43
3.1 LOCALIZAÇÃO.....	43
3.2 CLIMA.....	44
3.3 GEOLOGIA DA REGIÃO	46
4 LEVANTAMENTOS DE CAMPO REALIZADOS.....	48
4.1 LEVANTAMENTOS BATIMÉTRICOS E DE NÍVEIS E VAZÕES.....	48
4.1.1 BATIMETRIA DA LAGOA.....	48
4.1.2 NÍVEL DE REDUÇÃO	51
4.1.3 LEVANTAMENTO DE NÍVEIS E VAZÕES	52
4.2 LEVANTAMENTOS GEOGNÓSTICOS E DE QUALIDADE - RESULTADOS E ANÁLISES ..	55
4.2.1 SONDAGEM A PERCUSSÃO SOBRE FLUTUANTE.....	56
4.2.2 SONDAGEM A TRADO	57
4.2.3 AMOSTRAGEM POR TUBO TESTEMUNHADOR	59
4.2.4 ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO	62
4.3 LEVANTAMENTO SÍSMICO	62
4.3.1 PERFILAMENTO SÍSMICO	62
4.3.2 DEFINIÇÕES	65
4.3.3 INTERPRETAÇÃO DOS DADOS.....	66
4.3.4 UNIDADES SÍSMICAS.....	68

4.4	ENSAIOS QUÍMICOS E DE QUALIDADE.....	68
4.4.1	PROCESSAMENTO DOS TESTEMUNHOS	68
4.5	ANÁLISE E RESULTADOS	70
4.5.1	RESULTADOS DAS SONDAGENS E TESTEMUNHOS.....	70
4.5.2	RESULTADOS DO LEVANTAMENTO SÍSMICO	71
4.5.3	RESULTADOS DOS ENSAIOS QUÍMICOS E DE QUALIDADE	72
5	ESTUDOS HIDROLÓGICOS/HIDRODINÂMICOS.....	81
5.1	ESTUDOS HIDROLÓGICOS	81
5.1.1	CARACTERIZAÇÃO PLUVIOMÉTRICA	81
5.1.2	CARACTERIZAÇÃO FLUVIOMÉTRICA.....	87
5.1.3	ANÁLISE E CARACTERIZAÇÃO DOS SEDIMENTOS.....	92
5.2	ESTUDO HIDRODINÂMICO.....	99
5.2.1	MODELAGEM E ESTUDOS HIDRODINÂMICOS	99
5.2.2	AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DE CIRCULAÇÃO GERADOS COM A ATIVIDADE DE EVENTUAL DRAGAGEM.....	100
5.2.3	DADOS METAOCEANÓGRAFOS.....	101
5.2.4	CIRCULAÇÃO HIDRODINÂMICA	105
5.2.5	DISPERSÃO DA PLUMA DE DRAGAGEM	115
5.2.6	IMPACTO NA LINHA DE COSTA.....	122
5.2.7	CONCLUSÕES DAS SIMULAÇÕES.....	131
6	PROCESSOS DE DRAGAGEM	133
6.1	INTRODUÇÃO.....	133
6.2	PROCESSOS E EQUIPAMENTOS	135
6.2.1	TIPOS DE DRAGAGEM	135
6.2.2	TIPOS DE DRAGA.....	137
6.3	DEFINIÇÃO DAS ÁREAS DE EVENTUAL DRAGAGEM	147
6.3.1	VIABILIDADE DE MISTURA DOS MATERIAIS EVENTUALMENTE DRAGADO.....	155
6.3.2	DETERMINAÇÃO DO EQUIPAMENTO A SER EVENTUALMENTE UTILIZADO.....	156
6.4	ALTERNATIVAS DE EVENTUAL DRAGAGEM.....	158
6.4.1	ALTERNATIVA I (ZONA 1)	158
6.4.2	ALTERNATIVA II (ZONA 2)	176
6.4.3	ALTERNATIVA III (ZONA 3)	190
6.5	ANÁLISES DE ESTABILIDADE DOS TALUDES SUBMERSOS.....	208
6.5.1	PROPRIEDADES GEOTÉCNICAS DOS MATERIAIS.....	208

6.5.2	ANÁLISES EM MODELO GEOMECÂNICO.....	209
7	RESULTADOS E DISCUSSÃO	215
7.1	ASPECTOS GERAIS	215
7.2	PERSPECTIVA DA VIABILIDADE TÉCNICA-ECONÔMICA.....	216
7.2.1	ALTERNATIVAS DE LOCAIS PARA EVENTUAL DRAGAGEM.....	216
7.2.2	QUESTÕES RELEVANTES	217
7.3	PERSPECTIVA DA VIABILIDADE AMBIENTAL	218
7.3.1	LINHA DE COSTA	218
7.3.2	DESASSOREAMENTO DA LAGOA E RENOVAÇÃO DA ÁGUA	219
7.3.3	QUESTÕES RELEVANTES	220
7.4	PANORAMA GERAL	221
7.4.1	PERSPECTIVAS GERAIS.....	221
7.4.2	ALTERNATIVA I	222
7.4.3	ALTERNATIVA II	222
7.4.4	ALTERNATIVA III	222
8	CONCLUSÃO.....	224
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	227
	ANEXO I - CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL.....	246
1	ASPECTOS DO MEIO FÍSICO	246
1.1	CLIMA	246
1.1.1	TEMPERATURA	246
1.1.2	UMIDADE DO AR	247
1.1.3	EVAPORAÇÃO.....	249
1.1.4	CARACTERIZAÇÃO PLUVIOMÉTRICA	250
1.2	GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA.....	251
1.3	PEDOLOGIA.....	253
1.4	QUALIDADE DA ÁGUA.....	256
1.4.1	VISÃO GERAL	256
1.4.2	TESE DE DOUTORADO E ARTIGOS PUBLICADOS PELA UFAL.....	262
2	ASPECTOS DO MEIO BIÓTICO.....	265
2.1	FLORA TERRESTRE.....	265
2.1.1	MATA.....	266
2.1.2	MANGUE E FORMAÇÕES ASSOCIADAS	271

2.1.3	RESTINGA	273
2.2	FLORA AQUÁTICA	273
2.2.1	MACRÓFITAS AQUÁTICAS	273
2.2.2	FITOPLANCTÔN.....	274
2.3	FAUNA TERRESTRE	278
2.3.1	AVIAFAUNA	278
2.3.2	MASTOFAUNA.....	282
2.3.3	DIVERSIDADE DE MAMÍFEROS (RESULTADOS).....	285
2.4	FAUNA AQUÁTICA	290
2.4.1	PEIXES, MOLUSCOS E CRUSTÁCEOS.....	290
2.4.2	ZOOPLÂNTON	296
3	ASPECTOS DO MEIO SOCIOECONÔMICO.....	301
3.1	ORGANIZAÇÃO POLÍTICO-ADMINISTRATIVA	301
3.2	CARACTERIZAÇÃO SOCIOECONÔMICA DAS ÁREAS DO ENTORNO DA LAGUNA MUNDAÚ 303	
3.2.1	USO E OCUPAÇÃO DO ENTORNO DA LAGOA	303
3.2.2	BASE ECONÔMICA E MODOS DE VIDA	306
3.3	INFRAESTRUTURA.....	312
3.3.1	ABASTECIMENTO D'ÁGUA.....	312
3.3.2	RESÍDUOS SÓLIDOS.....	314
3.3.3	ESGOTAMENTO SANITÁRIO.....	315
3.3.4	ENERGIA ELÉTRICA.....	317
4	ASPECTOS LEGAIS.....	317
4.1	ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE E UNIDADES DE CONSERVAÇÃO	317
4.1.1	UNIDADES DE CONSERVAÇÃO	318
4.2	LEGISLAÇÃO VIGENTE.....	320
4.2.1	RESOLUÇÕES DO CONAMA	320
4.2.2	LEGISLAÇÃO FEDERAL	321
4.2.3	LEGISLAÇÃO ESTADUAL	324
4.2.4	LEGISLAÇÃO MUNICIPAL.....	326
	ANEXO II - ORÇAMENTO E VIABILIDADE ECONÔMICA	327
1	ALTERNATIVA I	327
2	ALTERNATIVA II	329

3	ALTERNATIVA III.....	330
4	OPERAÇÃO ATUAL.....	331
	ANEXO III – ANOTAÇÕES DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA.....	332

ÍNDICE DE FÍGURAS

Figura 2-1: Localização das estações de coleta 5 e 7	25
Figura 2-2: Área do levantamento batimétrico efetuado pela Tetra Tech.....	27
Figura 2-3: Mapa de elevação do levantamento batimétrico executado pela CPRM em maio de 2019	28
Figura 2-4: Representação do processo de enchimento das cavidades com retorno da salmoura e início da injeção pelo poço vizinho.	29
Figura 2-5: Plano proposto pela AKZO para o preenchimento de sua caverna de nº 55	32
Figura 2-6: Jazida Accioly.....	34
Figura 3-1: Localização da Lagoa do Mundaú	44
Figura 3-2: Mapa Climático do Estado de Alagoas	45
Figura 3-3 : Mapa de reconhecimento de solos – EMBRAPA.....	47
Figura 4-1: Área do levantamento na Lagoa Mundaú e malha de aquisição planejada em vermelho.	48
Figura 4-2: Área do levantamento no canal e malha de aquisição planejada em vermelho.	49
Figura 4-3. Área de estudo mostrando as linhas navegadas na Lagoa Mundaú e no canal de acesso.....	50
Figura 4-4. Diagrama das relações entre o Zero Imbituba, NR e RNs.	51
Figura 4-5: Área de Estudo – Lagoa Mundaú.	52
Figura 4-6: Seção de aquisição de dados na Lagoa Mundaú destacada em vermelho.....	54
Figura 4-7: Mapa combinado dos pontos de investigação da Tetrattech(2020) e TPF(2021)	56
Figura 4-8: Localização das Sondagens a Percussão.	57
Figura 4-9: Localização das Sondagens a Trado.....	58
Figura 4-10: Localização dos Testemunhos (VC-01 ao VC-08).	59
Figura 4-11: Localização dos Testemunhos (VC-09 ao VC-16).	60
Figura 4-12: Área de estudo mostrando as linhas navegadas na Lagoa do Mundaú e no canal de acesso.....	63
Figura 4-13: Diagrama geral Cascalho-Areia-Lama contendo todas as sondagens realizadas.	70
Figura 4-14: Diagrama Cascalho-Areia-Lama contendo todas as testemunhagens.....	71
Figura 4-15: Testemunhos com profundidade 0-0,85 que apresentaram resultados acima do Nível 1 (46,7 mg/kg) do CONAMA Nº 454/12.	77

Figura 4-16: Testemunhos com profundidade de 1-1,85 que apresentaram resultados acima do Nível 1 (46,7 mg/kg) do CONAMA Nº 454/12.	78
Figura 4-17: Testemunhos com profundidade de 2-2,85 que apresentaram resultados acima do Nível 1 (46,7 mg/kg) do CONAMA Nº 454/12.	79
Figura 4-18: Registro fotográfico da presença de resíduos sólidos na margem da Lagoa Mundaú - AL.....	80
Figura 5-1: Precipitação Média mensal na Bacia hidrográfica do Rio Mundaú.....	84
Figura 5-2: Comparação entre as séries históricas de todas as estações pluviométricas analisadas.	85
Figura 5-3: Série de médias móveis com janela de 10 anos de dados consecutivos de precipitação acumulada para o período entre 1900 e 2020.	85
Figura 5-4: Comparação entre as séries históricas de todas as estações fluviométricas analisadas.	90
Figura 5-5: Série de médias móveis com janela de 10 anos de dados consecutivos de vazão média para o período entre 1900 e 2020.....	90
Figura 5-6: Vazão Média mensal na Bacia Hidrográfica do Rio Mundaú.	91
Figura 5-7: Medições de Concentração do material em suspensão da estação sedimentométrica Fazenda Boa Fortuna (3977000).....	96
Figura 5-8: Vazão x Material em Suspensão da estação sedimentométrica Fazenda Boa Fortuna (3977000).....	96
Figura 5-9: Curva comportamental da Descarga sólida (sedimentos) e Descarga líquida (vazão).	97
Figura 5-10: Vazão x Descarga Sólida da estação sedimentométrica Fazenda Boa Fortuna (3977000).....	97
Figura 5-11: Localização da área do estudo.....	100
Figura 5-12: Local do projeto e posições dos dados de ondas.	102
Figura 5-13: Rosa de ondas na zona offshore. Dados provenientes do modelo WWIII para o período de 1979 - 2019, para a localização geográfica: 10° S e 35,5° W.	103
Figura 5-14:Variação temporal de velocidade e direção de vento na zona offshore, período 2009-2018.	104
Figura 5-15: Rosa de ventos na área offshore (período 1979-2019).....	104
Figura 5-16: Rede computacional – Área Norte.....	105
Figura 5-17: Rede computacional – Área Central.	106
Figura 5-18: Rede computacional – Área Sul.	106
Figura 5-19: Comparação entre os Níveis de água simulados e as medições pela HM Engenharia.....	107

Figura 5-20: Comparação entre a vazão simulada e as medições pela HM Engenharia.	108
Figura 5-21: Simulação de campo de correntes na área da foz durante a maré vazante.....	108
Figura 5-22: Simulação de campo de correntes na área da foz durante a maré Enchente.	108
Figura 5-23: Simulação de campo de correntes na parte norte do canal durante a maré vazante.....	109
Figura 5-24: Simulação de campo de correntes na parte norte do canal durante a maré enchente.	109
Figura 5-25: Simulação de campo de correntes na parte sul da lagoa durante a maré vazante.	109
Figura 5-26: Simulação de campo de correntes na parte sul da lagoa durante a maré enchente.	109
Figura 5-27: Cenários de dragagem avaliados.	110
Figura 5-28: Variação do nível do mar durante a simulação.	111
Figura 5-29: Localizações dos pontos analisados.	111
Figura 5-30: Variação do nível de água em três posições durante um ciclo de maré para a situação atual e 3 cenários de eventual dragagem. Acima: Foz, no meio: Ponte, abaixo: Lagoa.	112
Figura 5-31: Localização das amostras de sedimento.	116
Figura 5-32: Distribuição granulométrica de amostras na área 1.	117
Figura 5-33: Distribuição granulométrica de amostras na área 2.	118
Figura 5-34: Distribuição granulométrica de amostras na área 3.	118
Figura 5-35: Processos físicos incluídos no MIKE 3 FM MT.	119
Figura 5-36: Concentrações máximas de sedimento em suspensão durante a eventual dragagem da área 1.	120
Figura 5-37: Concentrações máximas de sedimento em suspensão durante a eventual dragagem da área 2.	120
Figura 5-38: Concentrações máximas de sedimento em suspensão durante a Eventual dragagem da área 3.	121
Figura 5-39: Ilustração da dinâmica da entrada do canal.	123
Figura 5-40: Migração da entrada do canal durante o período 1985 – 2021.	124
Figura 5-41: Erosão da margem esquerda na entrada do canal. As linhas roxas indicam áreas protegidas por enrocamentos.	125
Figura 5-42: Rosa de ondas na zona offshore em frente da entrada do canal.	126

Figura 5-43: Distribuição da energia de onda na zona offshore por intervalo de Hs durante o período 1979-2019.....	127
Figura 5-44: Taxas anuais de transporte litorâneo, calculadas para o período de 1970-2012, ao longo da costa Norte da Foz.....	128
Figura 5-45: Trajeto das seções transversais.....	128
Figura 5-46: Seção transversal evidenciando a variação de nível de água e velocidades de correntes entre o mar (à esquerda) e o centro da lagoa (à direita) - Maré enchente.....	129
Figura 5-47: Seção transversal evidenciando a variação de nível de água e velocidades de correntes entre o mar (à esquerda) e o centro da lagoa (à direita) - Maré vazante.....	130
Figura 6-1: Dragagem Balde	138
Figura 6-2: Dragagem BACKHOE	140
Figura 6-3: Dragagem de Mandíbula operando no rio Tietê em 2008.....	140
Figura 6-4: Dragagem CLAMSHELL	141
Figura 6-5: Dragagem de Mandíbula.....	142
Figura 6-6: Dragagem de Sucção com Cabeça Cortante – CSD	143
Figura 6-7: Dragagem CSD.....	144
Figura 6-8: Dragagem AT – Implantação "Ilhas Mundo" em Dubai 2006.....	145
Figura 6-9: Dragagem de Sucção Estacionária - TSHD	145
Figura 6-10: Dragagem Ecológica.....	146
Figura 6-11: Disposição dos sedimentos arenosos ao longo da área investigada	147
Figura 6-12: Compartimentação da área investigada em zonas	148
Figura 6-13: Curvas Granulométricas na zona 1 Fonte: TPF Engenharia (2022).....	149
Figura 6-14: Curvas Granulométricas da zona 2	149
Figura 6-15: Curvas Granulométricas da zona 3	150
Figura 6-16: Curvas Granulométricas da zona 4	150
Figura 6-17: Envoltória das Curvas Granulométricas da zona 1	151
Figura 6-18: Envoltória das Curvas Granulométricas da zona 2	152
Figura 6-19: Envoltória das Curvas Granulométricas da zona 3.....	153
Figura 6-20: Envoltória das Curvas Granulométricas da zona 4	154
Figura 6-21: Cutter Suction Dredge - CSD	158
Figura 6-22: Compartimentação da zona 1.....	159
Figura 6-23: Teor de material arenoso na zona 1	160

Figura 6-24: Curvas granulométricas da área à montante da Ponte Divaldo Suriagy	160
Figura 6-25: Delimitação da área de possível Dragagem na zona 1	161
Figura 6-26: Possível área de bota-espera na zona 1	162
Figura 6-27: Valores de massa específica real dos sedimentos presente na zona 1	164
Figura 6-28: Comportamento dos sedimentos decantados na tubulação de recalque da draga	166
Figura 6-29: Flutuadores para Mangotes e Tubos	167
Figura 6-30: Bomba de Reforço (<i>Booster</i>)	168
Figura 6-31: Draga adotada para atuar na zona 1 - DAMEN CSD350	169
Figura 6-32: Desaguador - Peneira Linear de Descarga	170
Figura 6-33: Esteira Transportadora de Areia	171
Figura 6-34: Possível área do Bota-espera da zona 1	171
Figura 6-35: Fluxograma da Alternativa I	173
Figura 6-36: Localização do canal de dragagem da Zona 1	174
Figura 6-37: Seção tipo do canal de dragagem das zonas 1 e 2	175
Figura 6-38: Superfície do canal de dragagem da Zona 1	175
Figura 6-39: Compartimentação da zona 2	176
Figura 6-40: Teor de material arenoso na zona 2	177
Figura 6-41: Curvas granulométricas na área dragável da zona 2. Fonte: TPF Engenharia (2022)	177
Figura 6-42: Delimitação da área de possível dragagem na zona 2	178
Figura 6-43: Possível área de bota-espera na zona 2	179
Figura 6-44: Valores de massa específica real dos sedimentos presente na zona 2	181
Figura 6-45: Flutuadores para Mangotes e Tubos	183
Figura 6-46: Draga adotada para atuar na zona 2 (alternativa 2) - IHC Beaver 30	185
Figura 6-47: Peneira Rotativa Linear (desaguador)	186
Figura 6-48: Possível bota-espera da zona 2	186
Figura 6-49: Fluxograma da Alternativa II	188
Figura 6-50: Localização do canal de dragagem da Zona 2	189
Figura 6-51: Superfície do canal de dragagem da Zona 2	190
Figura 6-52: Compartimentação da Zona 3	191

Figura 6-53: Teor de material lamoso na zona 3	192
Figura 6-54: Curvas granulométricas na zona 3	192
Figura 6-55: Delimitação da área de possível dragagem na zona 3	194
Figura 6-56: Possível área de bota-espera na zona 3	195
Figura 6-57: Valores de massa específica real dos sedimentos presentes na zona 3	196
Figura 6-58: Berço de Geobags	200
Figura 6-59: Possível bota-espera da zona 3	200
Figura 6-60: Esquema de Alimentação e Drenagem dos berços de Geobags.....	201
Figura 6-61: Distribuição das Geobags no Bota-espera	201
Figura 6-62: Distribuição da drenagem das Geobags.....	202
Figura 6-63: Berço das Geobags.....	202
Figura 6-64: Sedimentos lamosos após secagem	203
Figura 6-65: Fluxograma da Alternativa III.....	205
Figura 6-66: Localização do canal de eventual dragagem da Zona 3.....	206
Figura 6-67: Seção tipo do canal de eventual dragagem da Zona 3.....	207
Figura 6-68: Superfície do canal de dragagem da Zona 3.....	207
Figura 6-69. Método das Fatias com diagrama de forças de uma fatia seguindo a abordagem de Morgenstern-Price.....	210
Figura 6-70. Exemplos das forças laterais que podem ser assumidas através do Método Morgenstern and Price. (Chowdury, 2010).....	211
Figura 6-71. Análise de estabilidade - zona 1 - ruptura global.	212
Figura 6-72. Análise de estabilidade - zona 1 - ruptura local.	212
Figura 6-73. Análise de estabilidade - zona 2 - ruptura global.	213
Figura 6-74. Análise de estabilidade - zona 2 - ruptura local.	213
Figura 6-75. Análise de estabilidade - zona 3 - ruptura global.	214
Figura 6-76. Análise de estabilidade - zona 3 - ruptura local.	214
Figura 1-1: Comportamento da Temperatura Média medida na estação climatológica de Maceió ao longo do ano.....	247
Figura 1-2: Evolução da Umidade Relativa do ar na estação climatológica de Maceió ao longo do ano.	248
Figura 1-3: Comportamento da evaporação média total ao longo de um ano para a estação climatológica de Maceió.	250

Figura 1-4: Mapa Geológico do Estado de Alagoas.....	252
Figura 1-5: Mapa Geomorfologico do Estado de Alagoas.....	253
Figura 1-6: Mapa de reconhecimento de solos – EMBRAPA.....	255
Figura 1-7: Lagoa Mundaú, pontos de coleta.	259
Figura 1-8: Localização dos pontos de amostragem das coletas de água, onde todos os locais possuem alto índice de Pb, e os locais em vermelho representam os pontos em que a concentração de Hg está acima do permitido pela legislação vigente.	264
Figura 2-1 - A - Exemplar de cipó e vegetação; B - Bonamia agrostopolis (Vell.) Hallier f.; C - Adenocalymma comosum (Cham.) DC.....	270
Figura 2-2 - Mapa das estações de amostragem para fitoplâncton no Complexo Estuarino das Lagoas Mundaú/Mangaba.....	278
Figura 2-3 - Busca na Lagoa Mundaú por aves aquáticas e limícolas.	279
Figura 2-4 - Garça- branca grande (Ardea Alba) na Lagoa Mundaú.....	282
Figura 2-5 - Áreas de estudo de mastofauna.....	283
Figura 2-6 - Curva do coletor (ou de acumulação de espécies). Riqueza acumulada por dias de amostragem	286
Figura 2-7 - Mapa da Lagoa Mundaú com as áreas de pesca de Sururu e macuim	296
Figura 2-8 - Pontos de coleta de zooplâncton na Lagoa Mundaú	298
Figura 3-1: Delimitação dos municípios localizados no entorno da Lagoa Mundaú.	302
Figura 3-2: Registro fotográfico da presença de resíduos sólidos na margem da orla de Coqueiro Seco/AL.	305
Figura 3-3: Registros fotográficos da área da encosta do bairro Mutange, sem moradores....	306
Figura 3-4: Estrutura familiar presente na atividade de beneficiamento do sururu.....	307
Figura 3-5: Embarcação do tipo “canoa”, registrada na orla lagunar de Coqueiro Seco/AL....	308
Figura 3-6: Desenho esquemático de uma caiçara (esquerda) e da pitimbóia (direita).....	308
Figura 3-7: Petrecho de pesca do tipo rede-de-espera.....	309
Figura 3-8: Petrecho de pesca do tipo covo.	309
Figura 3-9: Petrecho de pesca usado para cercamento das caiçaras.....	310
Figura 3-10: Petrecho de pesca do tipo tarrafa.....	310
Figura 3-11: Lojas de comercialização do artesanato no bairro Pontal da Barra.	311
Figura 3-12: Empresas do Pontal da Barra que oferecem alimentação, passeio para as 9 ilhas da Lagoa Mundaú e guarda de embarcações.....	312

Figura 3-13: Formas de abastecimento d'água existente existentes nas áreas do entorno da Laguna Mundaú.	313
Figura 3-14: Representatividade das formas de abastecimento d'água existente nas residências.	313
Figura 3-15: Formas de destinação dos resíduos sólidos das moradias.	314
Figura 3-16: Representatividade das formas de destinação dos resíduos sólidos das moradias.	315
Figura 3-17: Formas de esgotamento sanitário existentes nas moradias.	316
Figura 3-18: Representatividade das formas de esgotamento sanitário existentes nas moradias.	316
Figura 4-1 - Mapa de Áreas Legalmente Protegidas e Unidades de Conservação	319

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1: Coordenadas do ponto base obtidas pelo método de PPP	49
Quadro 2: Seção ADCP – UTM (Zona 25L – WGS-84).	54
Quadro 3: Vantagens e Limitações da Draga Balde	139
Quadro 4: Vantagens e Limitações da Draga BACKHOE	141
Quadro 5: Vantagens e Limitações da Draga CLAMSHELL	142
Quadro 6: Vantagens e Limitações da CSD	143
Quadro 7: Vantagens e Limitações da TSHD	146
Quadro 8: Dados dos sedimentos <i>in situ</i> na zona 1	165
Quadro 9: Perda de Carga no Sistema	167
Quadro 10: Perda de Carga no Sistema com <i>Booster</i>	168
Quadro 11: Dimensionamento da Bomba da Draga	169
Quadro 12: Tempo previsto de Operação da Draga na zona 1	172
Quadro 13: Quantificação da Mistura dragada na zona 2	181
Quadro 14: Dados dos sedimentos <i>in situ</i> na zona 2	182
Quadro 15: Perda de Carga no Sistema	183
Quadro 16: Dimensionamento da Bomba da Draga	184
Quadro 17: Tempo de Operação da Draga na zona 2	187
Quadro 18: Quantificação da mistura dragada na zona 3	197
Quadro 19: Dados dos sedimentos <i>in situ</i> na zona 3	197

Quadro 20: Perda de Carga no sistema	199
Quadro 21: Dimensionamento da bomba da draga adotada.....	199
Quadro 22: Tempo de operação da draga na zona 3	204
Quadro 23: Valores dos componentes do orçamento da Alternativa I	328
Quadro 24: Valores dos componentes do orçamento da Alternativa II	329
Quadro 25. Valores dos componentes do orçamento da Alternativa III.....	330
Quadro 26: Valores dos componentes do orçamento da operação atual.....	331

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2-1: Classes de elevações referentes ao mapa da Tetra Tech	27
Tabela 4-1: Localização das Sondagens a Percussão (Coordenadas).....	57
Tabela 4-2: Localização das Sondagens a Trado (Coordenadas).	58
Tabela 4-3: Localização dos Testemunhos por Tubo Testemunhador (Coordenadas).	61
Tabela 4-4: Resumo das principais características das unidades sísmicas interpretadas.....	68
Tabela 5-1: Estações Pluviométricas utilizadas para o diagnóstico da Bacia Hidrográfica do Rio Mundaú - BHRM.....	81
Tabela 5-2: Estações Fluviométricas utilizadas para o diagnóstico da BHRM.	88
Tabela 5-3: Estação com medições de sedimentos utilizada para o diagnóstico da BHRM.....	93
Tabela 5-4: Prisma de maré (m3) para a situação atual e os 3 cenários de dragagem.....	114
Tabela 5-5: Níveis máximos e mínimos de água (m) para a situação atual e os 3 cenários de dragagem.	114
Tabela 5-6: Velocidades máximas e mínimas de correntes (m/s) para a situação atual e os 3 cenários de dragagem. Valores positivos e negativos indicam maré vazante e enchente, respectivamente.	115
Tabela 6-1: Distribuição das Sondagens e Testemunhagens por zona	151
Tabela 6-2: Possível proporção de mistura entre os sedimentos contidos na Lagoa e o material de jazida já empregado no processo de enchimento	155
Tabela 6-3: Comparativo entre dragas a partir de critérios Ambientais.....	157
Tabela 6-4: Síntese de Aplicabilidade das Dragas	157
Tabela 6-5: Quantificação da mistura dragada na zona 1.....	164
Tabela 6-6: Parâmetros Geotécnicos dos materiais identificados na zona 1 (ref. SP10)	208
Tabela 6-7. Parâmetros Geotécnicos dos materiais identificados na zona 2 (ref. SP-06)	209

Tabela 6-8. Parâmetros Geotécnicos dos materiais apresentados na zona 3 (ref. SP-08)	209
Tabela 9: Condições de amostragem de água e bivalves (molusco)	263
Tabela 10: Elementos em maior concentração no estudo	265
Tabela 2-1 - Lista dos táxons ameaçados de extinção em nível nacional de acordo com os fragmentos visitados. Localidades: MC, Mata do Catolé; EC, Enclave de Cerrado da Mata do Catolé; MG, Mata da Goiabeira. Categoria de ameaça de extinção: EN, em perigo; VU, vulnerável; LC, pouco preocupante	281
Tabela 2-2 - Lista das espécies de mamíferos amostradas na APA do Catolé e Fernão Velho. As metodologias de registro foram separadas em LT= “live traps”; RN= rede de neblina; VV= Visualização ou vestígio; CT= “camera trap”. As áreas correspondem a: A1= Cerrado; A2= Floresta e A3/A4= pequenos remanescentes florestais de Fernão Velho.....	287
Tabela 2-3 - Abundância de espécies de peixes do CELMM de acordo com as três classificações espaciais de uso e ocupação do solo. Arbo - solo com vegetação arbórea, Gram - solo com vegetação arbustiva e gramíneas e Exp - solo com estrutura urbana e solo exposto. * espécies não nativas.....	294
Tabela 3-1: População estimada para 2021.	304
Tabela 3-2: Número de moradores dos municípios* e bairros do entorno da Laguna Mundaú.	304

APRESENTAÇÃO

A TPF Engenharia apresenta à Braskem o presente relatório, que constitui um produto resultante do contrato nº 4800000530 de prestação de serviços de ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA PARA UTILIZAÇÃO DE MATERIAL EVENTUALMENTE DRAGADO DA LAGOA MUNDAÚ NO ENCHIMENTO DAS CAVIDADES DAS FRENTES DE LAVRA, tendo como base o atendimento à Proposta Técnica apresentada em fevereiro de 2021, onde estão estabelecidas as bases para o desenvolvimento deste trabalho.

A seguir estão listados os serviços realizados no âmbito do contrato para permitir a elaboração do Relatório Técnico do estudo de Viabilidade Técnica e Econômica:

- Análise Técnica das Informações Existentes;
- Levantamento Batimétrico da Lagoa do Mundaú e Canais;
- Levantamentos Geognósticos e de Qualidade dos Sedimentos;
- Análise Hidrológica e Hidrodinâmica Lagunar-estuarina.

OBJETIVO

O objeto do presente documento é a realização de estudo técnico e econômico para avaliar a viabilidade de utilização, no enchimento das cavidades decorrentes da antiga exploração de sal gema, de material resultante da eventual dragagem a ser realizada na lagoa Mundaú, possibilitando contribuir para seu desassoreamento, em atendimento ao Termo de Acordo para Extinguir a Ação Civil Pública Socioambiental (Processo nº 0806577-74.2019.4.05.8000), conforme Cláusula 27.

1 INTRODUÇÃO

O Complexo Estuarino Lagunar Mundaú-Manguaba (CELMM) é um sistema que conta com estuário e canais de acesso, por meio dos quais se intercambiam a água doce advinda da bacia do rio Mundaú, Riacho do Silva e Córrego do Reginaldo e a água salgada proveniente do oceano. Esse processo promove uma dinâmica importante em termos de qualidade das águas e constantes modificações no assoalho lagunar e dos canais pelo transporte e deposição dos sedimentos.

Tratando especificamente da lagoa Mundaú, objeto do estudo contratado, além desta ter trechos que se localizam dentro de duas Áreas de Preservação Ambiental, as APAs do Catolé Fernão Velho, mais ao norte, e Santa Rita, mais ao sul, é também uma importante fonte de sustento para as famílias, principalmente por meio de atividades pesqueiras e de turismo náutico/lacustre, contando inclusive com passeios de barco pela lagoa, com direito a visita às ilhas que se encontram na parte sul, bem no delta da lagoa com o oceano.

A lagoa, no seu encontro com o oceano, se transforma em dois canais paralelos, Canal da Assembleia e o Canal Velho, os quais convergem ao fim para o Canal do Pontal da Barra.

Entretanto, a lagoa Mundaú, devido à sua localização em meio urbano, tem sido bastante atingida com a antropização desordenada. Os estudos disponíveis ¹ mostram que a lagoa sofre em termos de qualidade de água devido à recepção de dejetos orgânicos advindos de matadouros, efluentes domésticos sem tratamento, galerias e canais dos sistemas de drenagem das cidades que desaguam na lagoa, águas de chuva associadas com esgoto, e ainda, lançamento de defensivos agrícolas e efluentes agroindustriais, principalmente através do próprio rio Mundaú. Para agravar ainda mais a situação da lagoa, esta conta com uma ocupação irregular de suas margens e com o lançamento de resíduos sólidos e efluentes advindos das embarcações de turismo. Todos esses impactos associados à pouca troca de água com o oceano, que provoca uma baixa renovação, faz com que a água tenha baixíssima qualidade.

Diante desse contexto, surgiram alguns estudos realizados pelo INPH, avaliando a possibilidade de se promover dragagens ao longo dos canais do delta lagoa/oceano, que tinha como objetivo a intervenção para minimização de inundações nas cidades que margeiam o CELMM.

É perceptível um acúmulo de sedimentos no encontro do rio com a laguna, fenômeno natural que vem sendo agravado pela antropização da bacia do rio Mundaú, onde as atividades

¹ DA SILVA, D. F.; SOUZA, F. A. Proposta de manejo sustentável para o complexo estuarino-lagunar Mundaú/Manguaba (AL). RBGF-Revista Brasileira de Geografia Física Recife-PE Vol.1 n.02 Set/Dez 2008,78-94.

agrícolas e outras vêm provocando desmatamentos e expondo os solos à erosão. Tendo em vista que o principal destino dos sedimentos carregados pelo rio Mundaú é a própria lagoa, quanto mais se desmata na bacia do rio, mais assoreamento é provocado.

O Acordo Socioambiental firmado entre a Braskem e o Ministério Público Federal em dezembro de 2020 em sua cláusula 27 estipula que:

“A Braskem contratará, no prazo de 90 (noventa) dias da assinatura do presente Acordo, empresa especializada para realizar estudo técnico para avaliar a viabilidade técnica e econômica para a utilização, no enchimento das cavidades decorrentes das frentes de lavra de sal-gema que vier a ser realizado pela Braskem, de material coletado na dragagem a ser eventualmente realizada na Lagoa Mundaú, possibilitando contribuir para o seu desassoreamento.”

Em atendimento à cláusula a Braskem procedeu com a contratação de empresa TPF Engenharia Ltda.

Assim, a TPF Engenharia através do “Relatório Técnico do Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica para Utilização de Material Eventualmente Dragado da Lagoa Mundaú no Enchimento das Cavidades das Frentes de Lavra” apresenta uma consolidação de todos os estudos realizados. Dentre eles, análise das informações existentes, caracterização ambiental, levantamentos batimétricos, levantamentos de níveis e vazões com auxílio de ADCP, levantamentos geognósticos e de qualidade do material da Lagoa, estudos de estabilidade da linha de costa, estudos hidrológicos/hidrodinâmicos. Bem como realizou avaliação técnica e econômica de alternativas para eventual dragagem da Lagoa Mundaú.

2 CONTEXTUALIZAÇÃO

2.1 ANÁLISE DAS INFORMAÇÕES EXISTENTES

2.1.1 ESTUDOS DISPONIBILIZADOS PELA CONTRATANTE

Neste item é apresentada uma síntese dos estudos realizados por empresas de consultoria contratadas pela Braskem e que devido ao grau de relevância das informações apresentadas, foram essenciais para que a TPF Engenharia desenvolvesse o Estudo de Viabilidade apresentado neste documento.

2.1.2 LEVANTAMENTOS DA TETRA TECH

2.1.2.1 Análise de Qualidade da Água Superficial

A condição em que se encontra a lagoa Mundaú, com uma extensão de água salobra muito próxima da costa e ligada através de um canal ao mar a caracteriza como uma laguna. No capítulo III da Resolução nº 357/2005 do CONAMA discorre-se sobre os parâmetros de qualidade da água, que balizaram a análise dos levantamentos realizados pela Tetra Tech em campanha de agosto de 2020.

Com os dados obtidos nesta campanha de 2020, é possível identificar que:

- Nenhuma amostra apontou níveis de Carbono Orgânico Total dentro dos parâmetros da norma;
- Os níveis de alumínio dissolvido também se mostraram acima dos padrões em 17 amostras colhidas;
- Já o boro total excedeu os parâmetros em 8 das 20 amostras coletadas;
- O ferro dissolvido apresentou níveis dentro dos padrões da norma em apenas 5 amostras;
- Apenas uma amostra ultrapassou o valor de referência de manganês;
- Também excedeu os limites de fósforo total e nitrogênio amoniacal em apenas uma amostra.

De modo geral, as amostras ultrapassaram os limites propostos pela Resolução nº 357/2005 do CONAMA em Carbono Orgânico Total, alumínio dissolvido, boro total, ferro dissolvido, excetuando-se manganês total, fósforo total e nitrogênio amoniacal que excederam os limites em apenas uma amostra cada. A Resolução nº 274/2000 do CONAMA teve seus limites ultrapassados pelos níveis de coliformes.

O nitrogênio detectado sob a forma de amônia, nitrito e nitrato indica o estágio de poluição ocasionada por despejo doméstico. Da mesma forma que o fósforo que é de origem antrópica, como detergentes, esgotos domésticos e despejos industriais, os fosfatos presentes na água podem ter origem natural, resultado da decomposição da matéria biológica e da lixiviação de minerais. A presença de coliformes fecais indica a possibilidade de contaminação por fezes e, consequentemente, de microrganismos patogênicos existentes, haja visto que os valores de termotolerantes ultrapassaram consideravelmente o indicado na Resolução nº 274/2000 do CONAMA.

No que se refere ao parâmetro de Mercúrio total, as análises resultaram em N.D. (não detectado) para as 20 amostras dessa campanha realizada em agosto de 2020.

Quanto ao Chumbo total, em 11 das 20 amostras desta campanha, foi possível indicar resultados acima do limite de quantificação, entretanto em concentrações abaixo do limite da Resolução do CONAMA 357/2005.

2.1.2.2 Análise dos Sedimentos

A avaliação preliminar da qualidade dos sedimentos superficiais presentes na lagoa Mundaú foi feita pela TPF com base nos resultados das coletas e análises executadas por laboratório realizados pela Tetra tech. Os dados tabulados foram incorporados a um Sistema de Informações Geográficas, onde foram interpolados utilizando o algoritmo IDW (*Inverse Distance Weight*) de modo a permitir a visualização da distribuição espacial das diferentes propriedades determinadas para o sedimento superficial de fundo na lagoa, os quais são descritos abaixo.

2.1.2.2.1 Textura dos Sedimentos

Na análise dos sedimentos foi possível classificá-los de acordo com a textura encontrada a partir de dados fornecidos através das informações existentes da Tetra Tech, como sendo:

- ✓ Areia: os maiores teores de fração areia (2,00-0,062 mm) são encontrados na entrada do canal que conecta a lagoa ao mar e na porção central da lagoa Mundaú, onde estes teores são maiores que 60%, diminuindo no sentido das margens da lagoa e no sentido do canal que conecta a lagoa ao mar.
- ✓ Lama: a distribuição espacial da fração lama (<0,0062 mm), como esperado, tem um caráter complementar da distribuição da areia, visto que a fração cascalho é insignificante ou inexistente no sedimento de fundo da lagoa. Verifica-se uma pequena tendência do sedimento lamoso em se concentrar mais na margem oeste da lagoa.

- ✓ Silte e Argila: a distribuição espacial dos teores de silte e argila presentes no sedimento superficial do fundo da lagoa Mundaú, em que a fração lama apresenta teores mais elevados de silte quando comparado aos teores de argila. Os maiores teores de argila são verificados nas estações 05 e 07, situadas na região mais ao sul da lagoa, conforme apresentado na Figura 2-1.

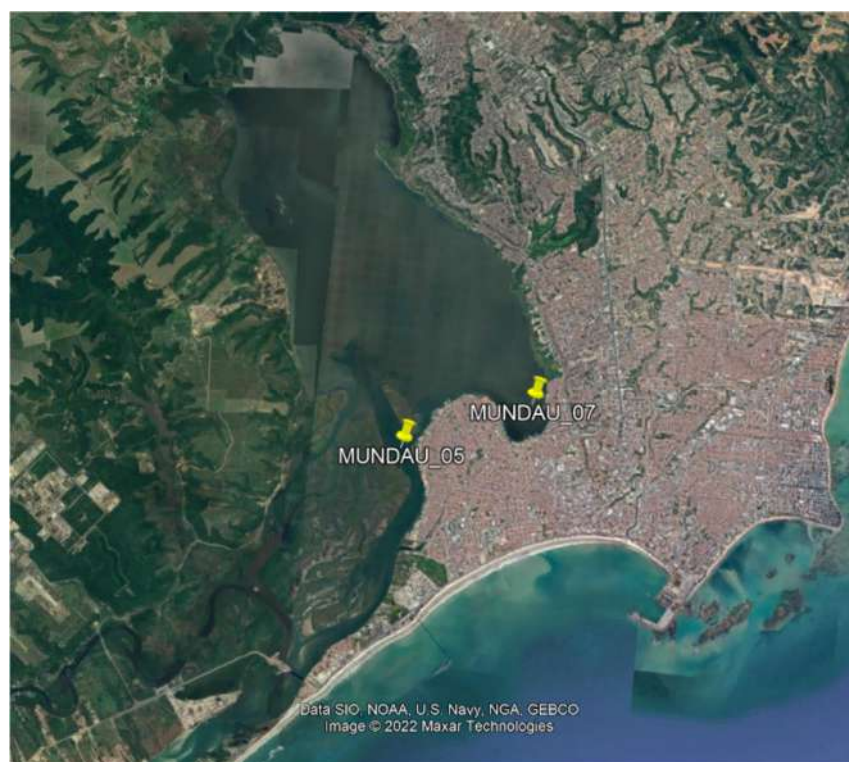


Figura 2-1: Localização das estações de coleta 5 e 7

Observa-se que o sedimento atualmente utilizado no preenchimento das cavas tem um elevado percentual de areia grossa a média. Os sedimentos na entrada do canal de acesso da lagoa apresentam-se ligeiramente mais finos com sua classe modal situada na fração areia média. Os sedimentos arenosos na porção central da lagoa, por sua vez, estão situados na classe modal areia fina (>50%) com teores de lama máximos de 20%. Os sedimentos nas bordas da lagoa apresentam teores de lama superiores a 40%. Na fração lama, o tamanho silte é predominante, enquanto na fração areia predominam as classes areia fina a muito fina.

Do ponto de vista textural, o sedimento superficial de fundo da lagoa Mundaú pode ser classificado como areia na porção central da lagoa e na entrada do canal de acesso, areia lamosa no entorno desta porção central arenosa e lama arenosa nas margens da lagoa.

2.1.2.2.2 Qualidade dos Sedimentos

- Metais

A distribuição espacial dos teores de metais no sedimento superficial de fundo para fins de enquadramento nos parâmetros da Resolução nº 454/12 do CONAMA, foi observado que em nenhuma das estações amostrais o nível 1 foi ultrapassado, para disposição oceânica. De modo geral, os maiores teores de metais são verificados no interior da lagoa, onde exibem uma distribuição aproximadamente uniforme. Estes teores decrescem rapidamente ao longo do canal de acesso à lagoa, como esperado, visto que os teores de lama no sedimento diminuem no mesmo sentido. Os teores de mercúrio no sedimento de fundo da lagoa encontram-se abaixo do nível de detecção.

- COT, N e P

Os teores de Carbono Orgânico Total (COT) Nitrogênio Kjeldahl (N) e Fósforo Total (P) também situam-se abaixo dos valores estabelecidos na Resolução nº 454/12 do CONAMA e exibem um padrão semelhante ao exibido pelos metais, com duas diferenças principais: (i) constata-se uma leve tendência dos maiores valores de COT e Nitrogênio se concentrarem próximo à margem leste da lagoa, consequência talvez desta margem ser mais intensamente ocupada, e (ii) os teores de fósforo exibem uma clara tendência de diminuir da foz do rio Mundaú até a entrada do canal de acesso, sugerindo ser este rio a principal fonte de fósforo para a lagoa, decorrência provável do uso de fertilizantes na sua bacia hidrográfica.

- Componentes Orgânicos

Os teores de todos os componentes orgânicos presentes no sedimento superficial de fundo da lagoa situam-se abaixo dos limites estabelecidos na Resolução nº 454/12 do CONAMA, ou ocorrem em teores abaixo do nível de detecção dos equipamentos utilizados para a realização destas análises.

2.1.2.3 Levantamento Batimétrico Existente

Na área de interesse, há um levantamento batimétrico executado em 2020 pela Tetra Tech em complemento a um já existente, que se restringiu aos canais, que contemplou a parte mais ao sul da lagoa, correspondente à área ocupada pelos canais Velho, Assembleia e Pontal da Barra. O levantamento encaminhado pela Tetra Tech contempla os arquivos:

- Batimetria_Mundaú_SIRGAS2000_ORTO.shx
- Batimetria_Mundaú_SIRGAS2000_ORTO.shp
- Batimetria_Mundaú_SIRGAS2000_ORTO.prj
- Batimetria_Mundaú_SIRGAS2000_ORTO.idx

- Batimetria_Mundaú_SIRGAS2000_ORTO.dbf
- Batimetria_Mundaú_SIRGAS2000_ORTO.cpg

A partir do arquivo *shapefile*, foi possível acessar digitalmente as cotas e gerar o mapa da Figura 2-2, mostrado a seguir.

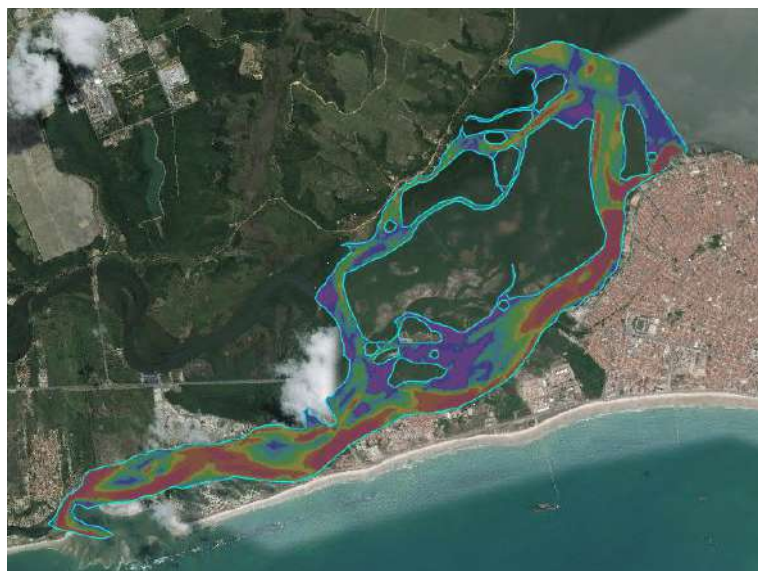


Figura 2-2: Área do levantamento batimétrico efetuado pela Tetra Tech

A

Tabela 2-1 traz as classes de elevações referentes ao mapa desenvolvido com base nos dados da Tetra Tech.

Tabela 2-1: Classes de elevações referentes ao mapa da Tetra Tech

Tabela de elevações			
Núm.	Elevação Mín.	Elevação Máx.	Color
1	-10.323	-3.205	
2	-3.205	-2.537	
3	-2.537	-2.055	
4	-2.055	-1.673	
5	-1.673	-1.379	
6	-1.379	-1.104	
7	-1.104	-0.828	
8	-0.828	0.027	

A partir destes dados foi possível observar a ocorrência de algumas depressões no fundo dos canais da Assembleia e do Pontal da Barra, locais onde as maiores profundidades são alcançadas.

Ademais deste levantamento há também um outro que foi executado pela CPRM em maio de 2019, o qual contemplou a parte mais central da lagoa Mundaú, conforme se observa na Figura 2-3 a seguir:

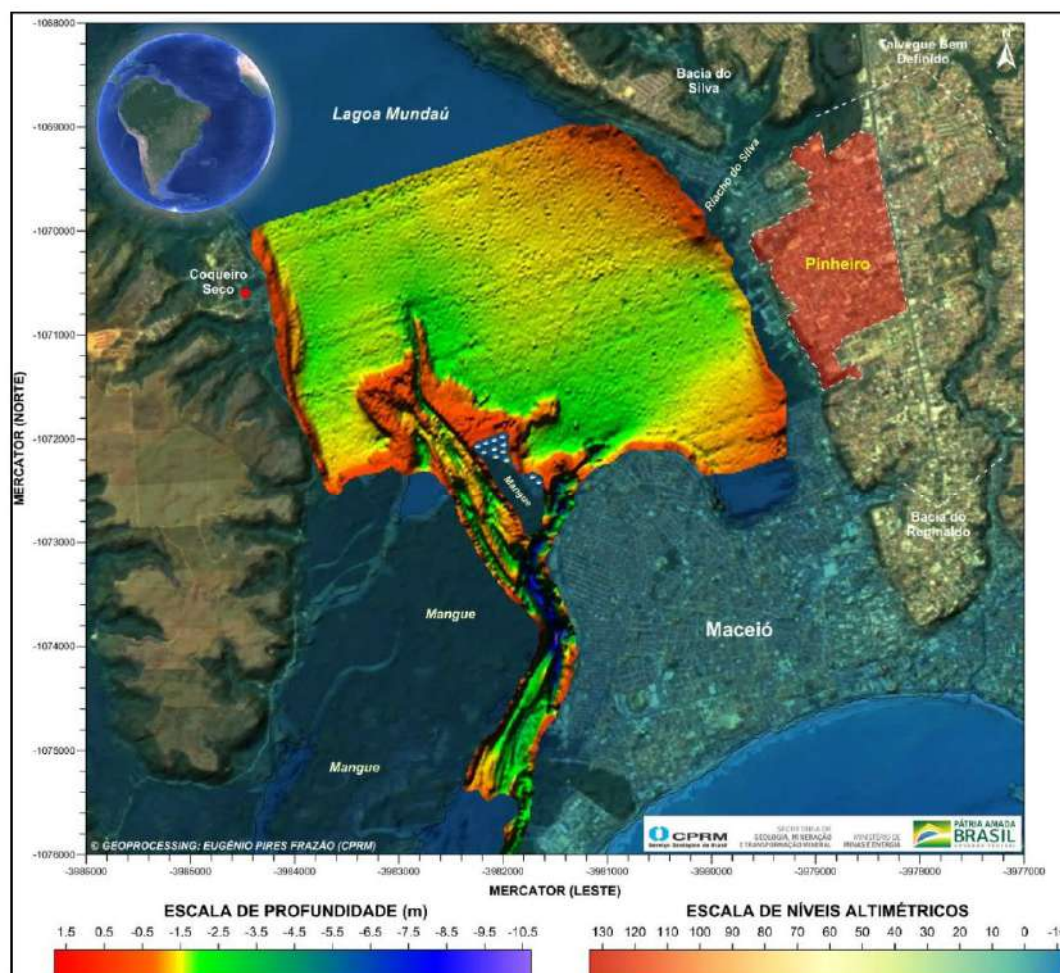


Figura 2-3: Mapa de elevação do levantamento batimétrico executado pela CPRM em maio de 2019

Este levantamento da CPRM consta na parte H. Geofísica – Batimetria, dos relatórios técnicos do “Estudo sobre a instabilidade do terreno nos bairros Pinheiro, Mutange e Bebedouro, Maceió (AL)” de 2019.

2.1.3 PROCESSO DE ENCHIMENTO

Neste capítulo são analisadas as informações existentes oriundas de estudos disponibilizados pela contratante no que tange o processo de enchimento. Os materiais fornecidos foram:

- *Informações sobre o processo de Enchimento das Frentes de Lavra*
- *Backfilling Salt Caverns With Demolition Debris*
- *Conceptual Study For Solution Mined Cavern Stabilization Options – Caverns 7/19 And Cavern 17*
- *Braskem Salt Cavern Backfilling Operation In Maceió, Alagoas, Brazil*

O primeiro material analisado refere-se as informações inerente ao “Processo de Enchimento das Frentes de Lavra”. De acordo com este estudo, a areia proveniente de jazidas licenciadas e autorizadas é armazenada na área de estocagem e posteriormente transportada através de caminhões basculantes e/ou esteiras transportadoras para a área de alimentação de areia, onde é devidamente fluidizada. Em seguida, o material é injetado nas cavidades das frentes de lavra a partir da coluna de injeção do poço (7”) a uma distância de 5 a 10 metros abaixo do teto da cavidade. Foi considerado que, durante o processo de enchimento, pode ocorrer o retorno da salmoura através do espaço anular, indicativo de que a cavidade está próxima de atingir seu volume máximo, sendo assim iniciada a injeção por outro poço adjacente.

Foi proposto na época a reutilização da salmoura para fluidização da areia, bem como a reinserção no processo produtivo da clorossoda, caso atenda aos parâmetros de qualidade, como possível destinação ambientalmente adequada para o material expelido.

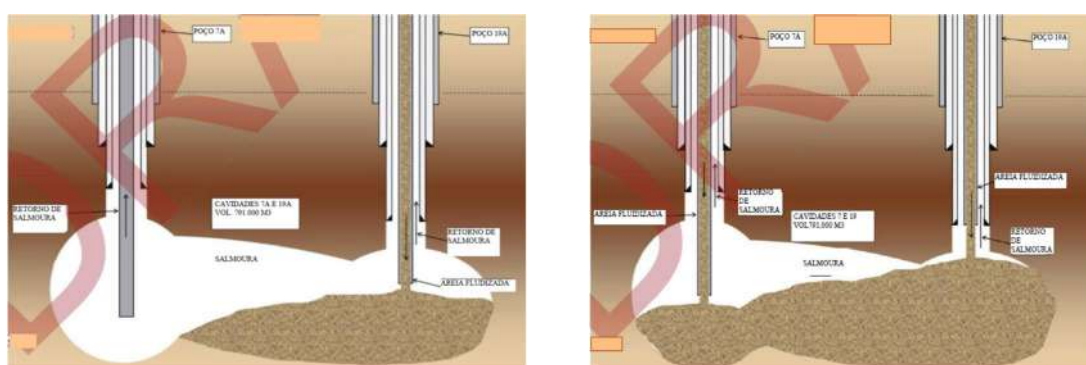


Figura 2-4: Representação do processo de enchimento das cavidades com retorno da salmoura e início da injeção pelo poço vizinho.

Ainda de acordo com as informações fornecidas, alternativamente, em caso de ausência de retorno de salmoura das cavidades são utilizados os poços existentes localizados na área de

resguardo, devidamente outorgados, para captação de água para a realização da fluidização da areia.

À época da apresentação das informações pela contratante, verificou-se um sistema de mistura e injeção por bombeamento. Onde a injeção por bombeamento consiste na alimentação por areia e salmoura de um tanque de mistura contendo agitadores e bombas de circulação, objetivando manter a areia em suspensão. Além do processo de enchimento, analisaram-se os estudos de casos reais fornecidos pela Braskem, identificando as possíveis opções de enchimento das cavidades e a viabilidade de cada um dos métodos propostos.

2.1.3.1 Estudo: “Preenchimento das Cavernas de Sal com Detritos de Demolição – WEP”

A *Well Engineering Partners* - WEP no estudo intitulado *Backfilling salt caverns with demolition debris* (2021) por P.A. Fokker analisou a possibilidade do preenchimento das cavernas com resíduo de demolição, com o objetivo de impedir que o material que compõe o teto das cavernas caia pela cavidade e desfaça a superfície. O material utilizado seria proveniente de edificações vizinhas, objeto das atividades de demolição recomendada pela Defesa Civil de Maceió.

Em resumo, o estudo afirma ser aconselhável separar materiais de madeira, telhado, plásticos e metais no local de demolição e reciclá-los ou depositá-los, pois o alto ângulo de repouso (40-50 graus) criará um ângulo acentuado da pilha que se forma na parte inferior da caverna.

O estudo ressalta que para garantir o completo preenchimento da caverna, o processo deve possuir uma segunda etapa, constituída pela injeção de areia de duna, para reduzir os vazios inerentes ao material de demolição.

A WEP ressalta que a alternativa com utilização de detritos de demolição é avaliada apenas sob o ponto de vista técnico, não sendo analisado as questões de atendimento aos requisitos legais brasileiros e seu respectivo processo de licenciamento.

2.1.3.2 “Estudo Conceitual para Soluções e Opções de Estabilização das Cavernas – SSO”

No estudo *Conceptual Study For Solution Mined Cavern Stabilization Options – Caverns 7/19 And Cavern 17* apresentado pela *Sabine Storage & Operations. Inc. (SSO)* em 2020, buscou-se estudar referências de métodos existentes para uso de materiais sólidos em cavernas de mineração a partir de estudos de casos reais. O estudo se concentra exclusivamente nos poços 7, 17 e 19, cujas cavernas coalesceram e dois dos três telhados migraram acima do topo das camadas de sal.

Os estudos mostram que a areia seria o material de preenchimento mais adequado, apresentando pronta disponibilidade. As fontes primárias do material são o oceano, lagoas e/ou depósitos de superfície locais. Todavia, estas fontes carecem de licenciamento, além disso, o sedimento precisa atender aos requisitos de granulometria.

Segundo a SSO (2020), até o momento, as cavernas sempre foram preenchidas até que a polpa (mistura de sólidos e fluido; nesse caso, areia e salmoura) retornasse juntamente à salmoura. Há uma possibilidade de que o preenchimento parcial resolva o problema para que as cavidades estejam seguras de acordo com as normas vigentes. Para a determinação do percentual de preenchimento necessário, deve ser estudado o adensamento do material misturado com a salmoura sob o próprio peso, bem como sob a condição de carregamento aplicado. Ressalta-se que é algo que somente os geólogos poderão definir de forma mais assertiva.

A seguir, é apresentado um plano proposto pela AKZO, com base em uma exemplificação de preenchimento de sua caverna de nº 55. Onde, tendo em vista que o poço de acesso existente 55A estava a uma distância considerável do ponto ótimo de injeção, foi necessário a perfuração de um novo poço (55B) para inserção da mistura de salmoura e sólidos na caverna, tendo em conta o ângulo de repouso e a forma da estrutura.

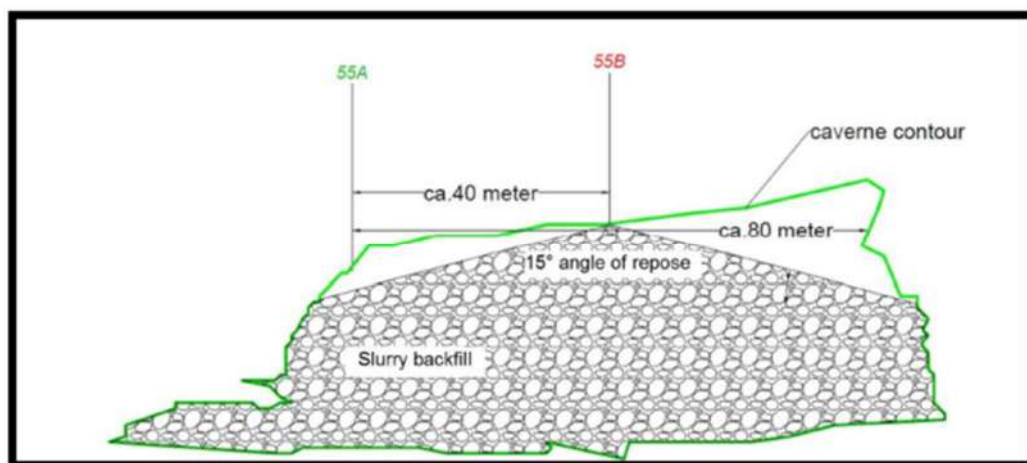


Figura 2-5: Plano proposto pela AKZO para o preenchimento de sua caverna de nº 55

Fonte: AkzoNobel apud SSO, 2020.

A *Sabine Storage & Operations, Inc. (SSO)* investigou vários métodos possíveis de inserção de sólidos em uma caverna de mineração para ajudar a estabilizar e minimizar a potencial subsidência. Contudo, através de pesquisas e situações empíricas à época, foi verificado que o preenchimento de cavernas com material adequado prontamente disponível é a chave para realizar um trabalho eficiente e bem-sucedido.

Além do método apresentado anteriormente, foi considerado o preenchimento a partir de pasta cimentada de alta densidade. Contudo, chegou-se à conclusão de que essa técnica não é viável para uma caverna inundada, como é o caso em questão, por não se poder bombear a salmoura para fora da caverna sem comprometer sua estrutura.

2.1.3.3 Estudo: “Operação de Preenchimento de Caverna de Sal da Braskem – WEP”

O estudo intitulado ***Braskem salt cavern backfilling operation in Maceió, Alagoas, Brazil*** (Dr. P.A. Fokker; Dr. A.J.H.M Duquesnoy, 2020) realizado pela WEP, a princípio descarta as opções de preenchimento com areia do mar, pois uma sucção neste ambiente significaria transportar uma grande quantidade de água salgada, a qual necessita de separação e descarte.

Segundo o estudo, esse processo não pode ser feito na lagoa e o material não poderia ser injetado nas cavernas devido ao efeito de dissolução do sal, sendo necessária a instalação de grandes tanques de decantação.

Ainda segundo a WEP, quando se refere à adição de cimento à mistura, o estudo dispensa sua necessidade, pois esse material não endurece quando em presença de grandes quantidades de salmoura, fazendo o mesmo papel da areia, com um custo bem mais elevado.

Caso se deseje utilizar a areia, esta deve ser misturada numa proporção de 30% em relação ao volume de polpa (65% seria o máximo teórico para areia de fluxo livre com 35% de porosidade).

Quanto ao material de preenchimento, *Dr. P.A. Fokker e Dr. A.J.H.M Duquesnoy* explicam que, por ser um material abrasivo, o tipo de areia é uma informação muito relevante. Geralmente, a areia de praia e a maior parte das areias de duna são menos angulares, devido ao histórico de intemperismo ocasionado pelo movimento das ondas. A areia de rio é geralmente mais angular, mais abrasiva e com maior ângulo de atrito. Por isso, a primeira é preferível à segunda. A natureza abrasiva deste material se dá, em grande parte, em função da velocidade da polpa no tubo. A velocidade da mistura normalmente é mantida abaixo de 5 m/s em dutos, respeitando-se, porém, uma velocidade mínima de 1 m/s.

Ainda de acordo com os autores, utilizar apenas 10-40% de fração fina de um depósito de areia pode aumentar significativamente o custo da areia; por isso, os autores recomendam utilizar o que está disponível e apenas peneirar partículas grandes, como seixos, tijolos, parafusos, peças de madeira ou plástico, entre outros. Esse processo pode ser realizado no próprio local de coleta, no local de mineração ou em ambos. Peneirar no local da escavação requer certo controle de qualidade nas instalações de transporte e armazenamento.

No dia 15/04/2021, a TPF Engenharia coletou amostra do sedimento que estava em uso no preenchimento das cavidades das frentes de lavra da Braskem. Este sedimento foi submetido a algumas análises do ponto de vista textural e morfométrico. Em resumo, o sedimento variou de areia grossa a média e seus grãos estão entre subarredondados e subangulares.

Na época da visita estava em atividade a extração de sedimentos da jazida Accioly, localizada mais ao sul da lagoa, conforme a Figura 2-6.



Figura 2-6: Jazida Accioly.

Fonte: Google Earth, 2021.

2.2 CARACTERÍSTICAS DESEJADAS PARA O MATERIAL DE ENCHIMENTO

Ocorreu na data de 02/09/2021, uma reunião conjunta entre a Contratante, a TPF Engenharia e um consultor da WEP, empresa responsável por alguns estudos referentes ao preenchimento das cavidades no âmbito do case de Maceió.

Na ocasião se discutiu bastante a respeito das características necessárias ao material de enchimento das cavidades em questão. Assim, tais características, segundo a visão do consultor da WEP, serão apontadas a seguir:

- Inicialmente os sedimentos devem ser peneirados para se remover as partículas grandes (pedregulhos).
- É desejável que o material seja predominantemente formado por areias.
- O tamanho e a distribuição destes sedimentos não devem variar muito ao longo de sua eventual extração devido à necessidade de se promover reajustes nos equipamentos de enchimento.
- O teor de finos desejado é de no máximo 20%, nele já contidas frações de argilas, siltes e/ou matéria orgânica. Entretanto, testes devem ser executados antes de se efetuar qualquer mudança nos processos de enchimento em andamento.

- O ângulo de atrito submerso deve ser o menor possível, podendo variar de 10 a 30 graus.
- A principal desvantagem da água doce ou salobra é que ela dissolve o sal. Por isso, o material pronto para o enchimento deve ser desidratado da consistência de uma polpa/lama para material na condição úmida. Isso é conseguido deixando secar em aterros antes de utilizá-lo.
- Materiais de grande plasticidade devem ser evitados, pois, são menos capazes de oferecer resistência mecânica a um eventual colapso de teto de caverna, uma vez que se deformam após carregamento.

2.3 NORMAS E RESOLUÇÕES SOBRE O PROCESSO DE DRAGAGEM

As principais normas regulamentadoras relacionadas ao EVTE serão aqui apresentadas, segundo o âmbito federal, estadual e municipal.

2.3.1 NORMAS E RESOLUÇÕES DA MARINHA

- NORMAM-25 – **Marinha do Brasil** – Normas de autoridade marítima para Levantamentos hidrográficos;
- NORMAM-11 – **Marinha do Brasil** – Normas da autoridade marítima para obras, dragagem, pesquisa e lavra de minerais sob, sobre e às margens das águas sob jurisdição brasileira;
- NORMAM-17 – **Marinha do Brasil** - Normas da autoridade marítima para auxílios à navegação; e
- IHO S-44 – **IHO** – *Standards for hydrographic Surveys, 6th edition*.

É importante ressaltar que o CHM, Centro de Hidrografia da Marinha é a entidade responsável pelo plano e validação dos dados resultantes de levantamentos hidrográficos destinados à construção das cartas náuticas sob a responsabilidade da Diretoria de Hidrografia de Navegação (DHN). Entretanto, além dos levantamentos executados pela Marinha, esta diretoria também controla, conforme previsão legal, a execução de levantamentos hidrográficos executados por entidades extra Marinha, visando, principalmente, manter as cartas náuticas brasileiras sempre atualizadas.

2.3.2 RESOLUÇÕES DO CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE - CONAMA

Licenciamento Ambiental

- **Resolução Conama nº 01/1988** - Dispõe sobre os critérios e procedimentos básicos para implantação do Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental, bem como a sua obrigatoriedade para os fins de elaboração dos estudos de impacto ambiental; e
- **Resolução Conama nº 237/1997** - Dispõe sobre conceitos, sujeição, e procedimento para obtenção de Licenciamento Ambiental, e dá outras providências.

Flora e Fauna

- **Resolução Conama nº 28/1994** - Indica a vegetação primária e secundária nos estágios inicial, médio e avançado de regeneração da Mata Atlântica, a fim de nortear as formas de procedimentos de licenciamento de exploração de recursos florestais no Estado de Alagoas;
- **Resolução Conama nº 278/2001** - Determinar ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, a suspensão das autorizações concedidas por ato próprio ou por delegação aos demais órgãos integrantes do Sistema Nacional de Meio Ambiente - SISNAMA, para corte e exploração de espécies ameaçadas de extinção, constantes da lista oficial daquele órgão, em populações naturais no bioma Mata Atlântica, até que sejam estabelecidos critérios técnicos, cientificamente embasados, que garantam a sustentabilidade da exploração e a conservação genética das populações exploráveis;
- **Resolução do Conama nº 303/2002** - Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente (Alterada pela Resolução nº 341/03); e
- **Resolução Conama nº 388/2007** - Define sobre a convalidação das resoluções que determinam a respeito da vegetação primária e secundária nos estágios inicial, médio e avançado de regeneração da Mata Atlântica, com a finalidade exposta no Art. 4, § 1º da Lei nº 11.428, de 22/12/06.

Recursos Hídricos

- **Resolução Conama nº 357/2005** - Dispõe a respeito da classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, como também delibera as condições e padrões de lançamento de efluentes. Foi alterada pela Resoluções Conama nº 370/2006; 397/2008; 410/2009. Complementada pela Resolução Conama nº 393/2007 e complementada e alterada pela Resolução Conama nº 430/2011.

Controle da Poluição Sonora

- **Resolução Conama nº 01/1990** - Delibera sobre os critérios e padrões para todo o território nacional quanto à emissão de ruídos.

Resíduos Sólidos

- **Resolução Conama nº 307/2002** - Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Alterada pelas Resoluções nº 469/2015; nº 448/2012; nº 431/2011; e nº 348/2004;
- **Resolução CONAMA Nº 454/2012**, a qual dispõe sobre as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional; e
- **Resolução CONAMA Nº 420/2009**, que dispõe acerca dos critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por estas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.

2.3.3 LEIS FEDERAIS, ESTADUAIS E MUNICIPAIS

2.3.3.1 Legislação Federal

Licenciamento Ambiental

- **Lei nº 6.938/1981** - Política Nacional de Meio Ambiente: institui a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) e definiu o licenciamento ambiental como um de seus instrumentos;
- **Lei Complementar 140/2011** - Editada para regulamentar o Art. 23 da Constituição Federal, fixou as normas de cooperação entre os entes federativos nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum relativas à proteção do meio ambiente. A respeito do licenciamento ambiental, ratificou e regulamentou as competências da União, Estados e Municípios, antes estabelecidas na Resolução Conama nº 237/1997;
- **Instrução Normativa IBAMA nº 04/2011** - Estabelece procedimentos para elaboração de Projeto de Recuperação de Área Degradada - PRAD ou Área Alterada, para fins de cumprimento da legislação ambiental, bem como dos Termos de Referência constantes dos Anexos I e II desta Instrução Normativa;
- **Instrução Normativa IBAMA nº 10/2013** - Regulamenta o Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental - CTF/AIDA, nos termos desta Instrução Normativa; e

- **Novo Código Florestal: Lei nº 12.651.** - Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências.

Proteção do Meio ambiente

- **Constituição Federal de 1988** - É de competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios proteger o meio ambiente e combater a poluição, em qualquer de suas formas, conforme descrito no Art. 23 da Constituição Federal de 1988. Em seu Art. 225, a Constituição Federal estabelece que *“todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”*;
- **Lei Federal nº 9.605/1998** - Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências;
- **Lei nº 9.795/1999** - Determina com relação à Educação Ambiental e institui a Política Nacional de Educação Ambiental; e
- **Decreto nº 6.514/2008** - Dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações, e dá outras providências.

Unidades de Conservação

- **Lei Federal nº 9.985/2000** - Dispõe sobre o Sistema Nacional das Unidades de Conservação; e
- **Decreto Federal nº 4.340/2002** - Regulamenta artigos da Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC, e dá outras providências.

Patrimônio Cultural, Turístico e Natural

- **Decreto nº 80.978/1977** - Decreta a Convenção Relativa à Proteção do Patrimônio Mundial, Cultural e Natural, de 1972; e
- **Lei nº 7.347/1985** - Dispõe sobre a ação civil pública de responsabilidade por danos causados ao meio ambiente, ao consumidor, a bens e direitos de valor artístico, estético, histórico, turístico e paisagístico e dá outras providências.

Flora e Fauna

- **Lei Federal nº 5.197/1967** - Dispõe sobre a proteção à fauna;
- **Decreto Federal nº 76.623/1975** - Promulga a Convenção sobre Comércio Internacional das Espécies da Flora e Fauna Selvagens em Perigo de Extinção;
- **Decreto Federal nº 3.607/00** - Dispõe sobre a implementação da Convenção sobre Comércio Internacional das Espécies da Flora e Fauna Selvagens em Perigo de Extinção - CITES, e dá outras providências;
- **Lei da Mata Atlântica - Lei nº 11.428/2006** - Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências;
- **Instrução Normativa MMA nº 01/2008** - Dispõe os procedimentos administrativos das entidades vinculadas ao Ministério do Meio Ambiente em relação ao embargo de obras ou atividades que impliquem no desmatamento, na supressão, bem como na degradação florestal, quando constatadas as infrações penais e administrativas contra a flora;
- **Lei nº 12.651/2012 - Código Florestal** - Delibera acerca da proteção da vegetação nativa; estabelecendo normas gerais sobre a proteção da vegetação, estabelece sobre as áreas de Preservação Permanente e as áreas de Reserva Legal. Alteração das Leis nº 6.938/8, 9.393/96, e 11.428/06; com revogação das Lei nº 4.771/65, e a Medida Provisória nº 2.166-67/01;
- **Portaria Ministério do Meio Ambiente - MMA nº 443/2014** - Reconhece como espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção aquelas constantes da "Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção" – Lista, conforme Anexo I da referida Portaria; e
- **Portaria Ministério do Meio Ambiente - MMA nº 444/2014** - Reconhece como espécies da fauna brasileira ameaçadas de extinção aquelas constantes da "Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção".

Recursos Hídricos

- **Lei nº 9.433/1997** - Estabelece a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do Art. 21 da Constituição Federal e altera o Art. 1º da Lei nº 8.001/90, que modificou a Lei nº 7.990/89;

- **Lei nº 9.984/2000** - Delibera acerca da criação da Agência Nacional de Águas (ANA), entidade federal de implantação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de Coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos; e
- **Resolução CNRH nº 91/2008** - Dispõe sobre procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos.

Uso do Solo

- **Lei nº 6.766/1979** - Determina acerca do Parcelamento do Solo Urbano. Foi alterada pelas Leis nº 9.785/99, 10.932/04, 11.445/07, 12.424/11 e 12.608/12; e
- **Lei nº 10.257/2001** - Regulamenta Arts. 182 e 183 da Constituição Federal, que especificam a política urbana, e estabelece diretrizes gerais dessa política. Delibera sobre o Plano Diretor que é obrigatório para cidades com mais de 20 mil habitantes.

Resíduos Sólidos

- **Lei nº 12.305/2010 - Política Nacional de Resíduos Sólidos** - Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 e dá outras providências;
- **Decreto Federal nº 7.404/2010** - Regulamenta a Lei nº 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências;
- **Decreto Federal nº 9.177/2017**: regulamenta o art. 33 da Lei Nº 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, e complementa os art. 16 e art. 17 do Decreto Nº 7.404/10 e estabelece normas para assegurar a isonomia na fiscalização e no cumprimento das obrigações imputadas aos fabricantes, aos importadores, aos distribuidores e aos comerciantes de produtos, seus resíduos e suas embalagens sujeitos à logística reversa obrigatória; e
- **Resolução Conama nº 275/2001** - Estabelece o código de cores para os diferentes tipos de resíduos, a ser adotado na identificação de coletores e transportadores.

2.3.3.2 Legislação Estadual

Licenciamento ambiental

- **Lei nº 6.787/2006** – Delibera com relação a consolidação dos procedimentos adotados conforme ao licenciamento ambiental e as infrações. Alterada pela Lei Estadual nº 7.625, de 22 de maio de 2014;

- **Resolução CEPRAM nº 140/2015** – Determina as tipologias classificadas como Atividades de Impacto Local que serão sujeitas ao licenciamento ambiental. São sujeitas a aprovação do licenciamento através da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos – SEMARH, e do Instituto do Meio Ambiente – IMA/AL, e a Prefeitura Municipal de Maceió, através da Secretaria Municipal de Proteção do Meio Ambiente – SEMPMA;
- **Resolução CEPRAM nº 170/2015** – Dispõe a respeito do Licenciamento Ambiental considerando o potencial poluidor e a natureza os empreendimentos de pequeno e médio potencial de impacto ambiental;
- **Resolução CEPRAM nº 20/2017** – Estabelece que os processos de Licenciamento Ambiental com impacto de pequeno e médio potencial serão analisados e as devidas licenças emitidas pelo IMA/AL; e
- **Resolução CEPRAM nº 10/2018** – Define os procedimentos de aprovação dos processos de licenciamento de competência estadual, aprova a Listagem das Atividades Consideradas Potencialmente Causadoras de Degradação Ambiental passíveis de licenciamento ambiental pelo Instituto do Meio Ambiente do Estado de Alagoas – IMA/AL, e dá outras providências.

Proteção ao Meio ambiente

- **Lei nº 4.090/1979** - Delibera a respeito à Proteção do Meio Ambiente do Estado de Alagoas;
- **Decreto nº 4.302/1980 (Regulamenta a Lei nº 4.090, de 05 de dezembro de 1979)** - Estabelece sobre o Meio Ambiente no Estado de Alagoas, bem como dá providências correlatas. Alterado pelo Decreto nº 4.385/80, de 20/08/80, os Arts. 30, 32 e 34; e
- **Lei nº 6.011/1998** – Dispõe acerca das penalidades por infrações às normas legais de Proteção ao Meio Ambiente, assim como sobre os valores do sistema de licenciamento e dá outras providências.

Fauna e Flora

- **Lei nº 5.310/1991** – Dispõe sobre o replantio e manutenção de áreas verdes e florestais no percentual de 20% (vinte por cento) na totalidade, bem como outras providências; e
- **Lei nº 5.854/1996** – Determina acerca da Política Florestal no Estado de Alagoas.

Recursos Hídricos

- **Lei nº 5.965/1997** – Define com relação a Política Estadual de Recursos Hídricos, bem como institui o Sistema Estadual de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos e demais providências;

- **Decreto nº 37.784/1998** - Regulamenta sobre o Conselho Estadual de Recursos Hídricos;
- **Decreto nº 06/2001** - Estabelece a respeito do direito do uso de recursos hídricos e atos administrativos. O Decreto nº 170, de 31/05/02 altera os Art. 21 e 22 do primeiro Decreto mencionado; e
- **Decreto nº 658/2002** – Delibera sobre o Conselho Estadual de Recursos Hídricos, com as funções normativas e deliberativas pertinentes à formulação, implantação e acompanhamento da filosofia e da política de recursos hídricos do Estado.

Controle de Poluição do Ar e Sonora

- **Lei nº 7.653/2014** - Dispõe sobre as atividades pertinentes ao controle da poluição atmosférica, padrões e gestão da qualidade do ar.

Resíduos Sólidos

- **Lei nº 7.749/2015** - Dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos e Inclusão Produtiva, e dá outras providências; e
- **Decreto nº 61.571/2018** - Regulamenta o art. 4º da Lei Estadual nº 7.749, de 13 de outubro de 2015, que trata da criação do Sistema de Informação Estadual de Resíduos Sólidos, para instituir o Sistema de Gerenciamento Online de Resíduos Sólidos do Estado de Alagoas - SGORS/AL e dá outras providências.

2.3.3.3 Legislação Municipal

- **Lei nº 4.214/1993** – Cria a Secretaria Municipal de Meio Ambiente, regulamenta o Conselho Municipal de Proteção Ambiental - Compram e dá outras providências;
- **Lei nº 4.548/1996** – Institui o código municipal de meio ambiente e dispõe sobre a administração do uso dos recursos ambientais, da proteção da qualidade do meio ambiente, do controle das fontes poluidoras da ordenação do uso do solo do território do município de Maceió, de forma a garantir o desenvolvimento sustentável;
- **Decreto nº 6.228/2002** – Dispõe sobre o Conselho Municipal de Proteção Ambiental – COPRAM, intitulado como órgão consultivo em questões referentes à preservação, conservação, defesa, recuperação e melhoria do meio ambiente natural, em todo o território do município de Maceió. Alterado pelo Decreto nº 6.269, de 06 de setembro de 2002, e pelo Decreto nº 6.561, de 26 de agosto de 2005;
- **Decreto nº 6.429/2004** – Dispõe sobre o funcionamento do Sistema Municipal de Meio Ambiente e dá outras providências;
- **Lei nº 5.486/2005** - Institui o plano diretor do município de Maceió, estabelece diretrizes gerais de política de desenvolvimento urbano e dá outras providências; e

- **Lei nº 5.593/2007** – Código de Urbanismo e Edificações do Município de Maceió.

Na análise dos dispositivos legais e normativos, observou-se que o enquadramento da tipologia do Estudo Ambiental que pode ser exigido pelo órgão ambiental tem a redação dada pela Resolução CEPRAM nº 10/2018, onde o item “10.20.01 – Dragagem e desassoreamento” tem como referência à medida em VD (Volume Dragado em m³) ≤ 20.000 (com exigência do Estudo Ambiental Simplificado - EAS); VD entre > 20.001 e < 499.999 (com exigência do Relatório de Avaliação Ambiental - RAA), ou acima de 500.000 (com exigência do Estudo e Relatório de Impacto Ambiental – EIA/RIMA).

3 CARACTERÍSTICAS GERAIS DA REGIÃO

A seguir são apresentadas as características gerais da região. Para referir-se à caracterização ambiental observar o anexo 0 deste relatório.

3.1 LOCALIZAÇÃO

A área em que foram realizados os estudos está localizada no complexo estuarino lagunar Mundaú-Manguaba em Maceió-AL. A Lagoa possui aproximadamente 27 km² de área e uma profundidade média de 2 m, constituindo o baixo curso da bacia hidrográfica do Rio Mundaú, conforme ilustra a Figura 3-1 a seguir. Além da Lagoa, a região do complexo lagunar, apresenta canais que a conectam com o mar.

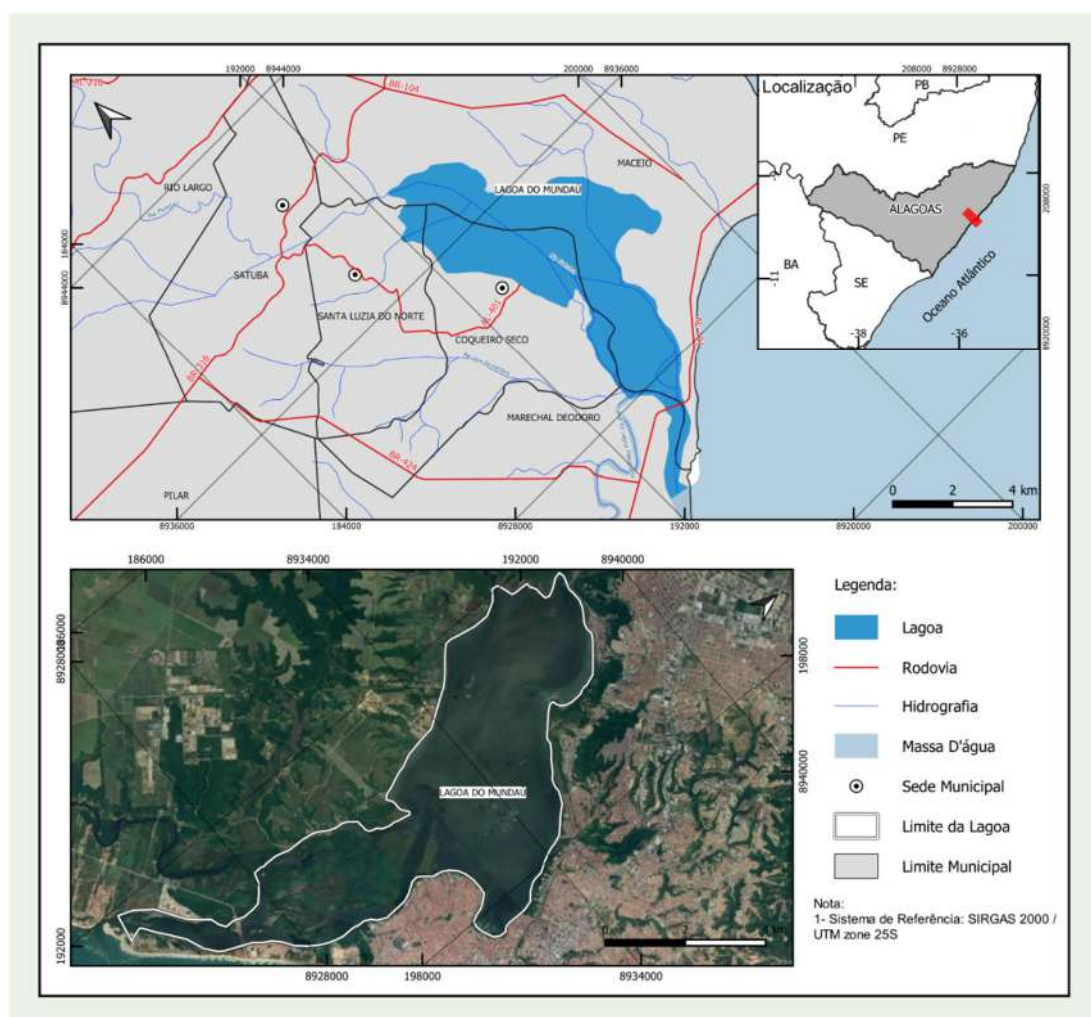


Figura 3-1: Localização da Lagoa do Mundaú

3.2 CLIMA

Maceió é a capital de Alagoas, localizada na mesorregião Leste do Estado, na latitude 9°40' ao Sul do equador e longitude 35°42' Oeste. De acordo com Köppen o clima pode ser classificado como As' - tropical chuvoso com verão seco, caracterizado por apresentar chuvas abundantes durante todo o ano e com uma estação seca bem definida (Figura 3-2).

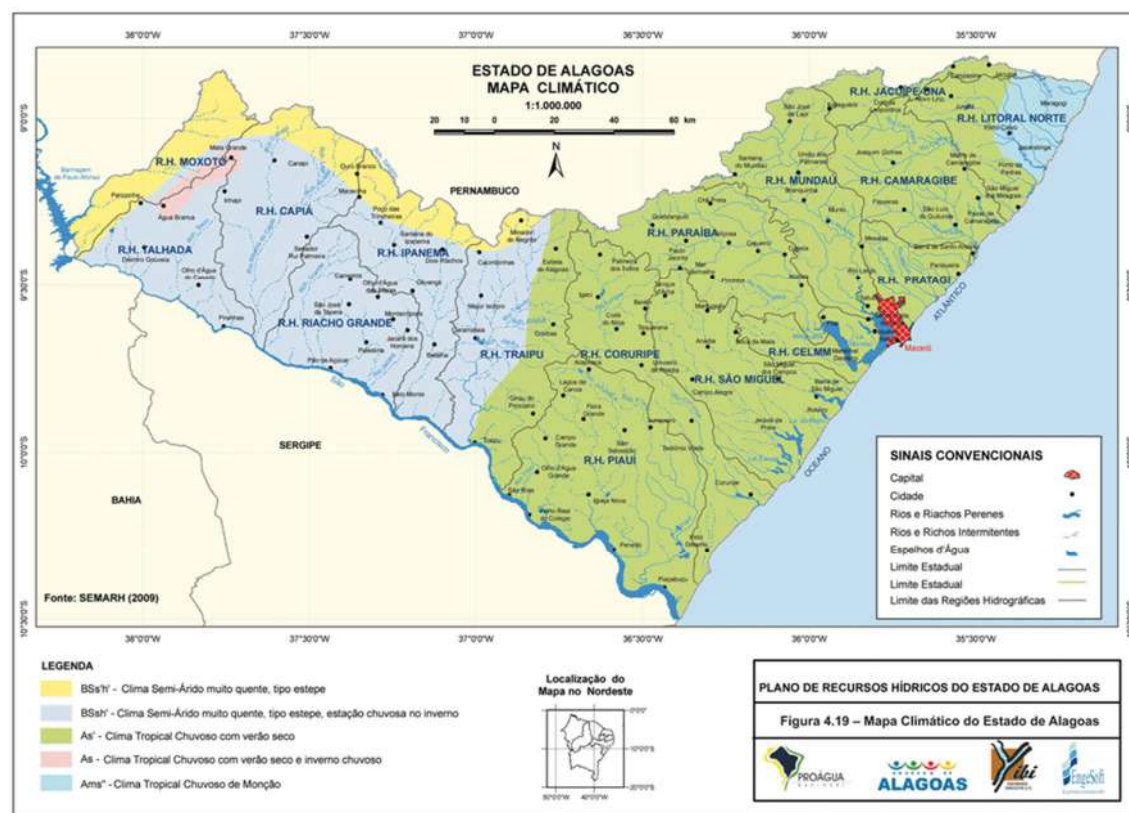


Figura 3-2: Mapa Climático do Estado de Alagoas

Fonte: SEMARH - AL, 2020.

O Estado do Alagoas possui uma variabilidade climática dividida em 5 zonas bem definidas, sendo elas Ams', As', As, BSs'h' e BSs'h', com a predominância dos climas As' (já descrita anteriormente) e BSs'h' com estação chuvosa no inverno, apresentando clima muito quente, semi-árido, do tipo estepe.

Para o estudo do clima, foram utilizadas informações das Normais Climatológicas do Brasil (1981-2010), que, segundo a Organização Meteorológica Mundial (OMM), "são valores médios calculados para um período relativamente longo e uniforme, compreendendo no mínimo três décadas".

Neste estudo, foram utilizadas as normais mais recentes, elaboradas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) entre 1º de janeiro de 1981 até 31 de dezembro 2010, possibilitando uma análise de dados meteorológicos como temperatura, precipitação, evaporação, insolação, direção e intensidade dos ventos, e evapotranspiração. Foi utilizada a estação de Maceió na coleta de dados (INMET, 2020).

A temperatura média de longo período é 25,1 °C, sendo o mês de março o que apresentou maior média mensal, 26,5 °C, enquanto nos meses de julho e agosto apresentaram a menor média mensal, ambas 23,5 °C.

De acordo com as Normais Climatológicas do INMET (BRASIL, 1992), Maceió apresenta basicamente duas estações: uma caracterizada por altas temperaturas e pouca pluviosidade, com ocorrência de chuvas passageiras (outubro a janeiro), e outra bastante chuvosa, que consiste em um período de intensa pluviosidade e temperaturas mais baixas em relação à estação anterior (abril a julho).

A precipitação anual média para o período de 1981-2010 foi 1.867,4 mm, ocorrendo a maior média mensal no mês de maio (353,8 mm) e a menor média mensal no mês de novembro (40,5 mm).

Analisando-se o ano 2019, a partir de SEMARH/AL (2020), verifica-se que a precipitação foi de 1.669,4 mm, onde o mês de junho apresentou maior precipitação, 310,7 mm, enquanto os meses de novembro e dezembro apresentaram as menores precipitações, 6,3 e 20 mm, respectivamente. Observa-se que o mês de janeiro/2019 apresentou um quantidade de chuva atípica, apresentando uma elevada precipitação (223,6 mm), onde o volume em horas de chuva foi equivalente ao esperado para todo o mês de janeiro.

Por ser uma cidade litorânea e sob a influência de massas d'água existentes (oceano e lagoas), apresenta taxa de umidade relativa do ar com média de 77,8%, com os máximos valores mensais equivalentes a 82,8% ocorrendo no mês de julho.

A intensidade média do vento corresponde a 3,1 m/s, sendo que o mês apresentando maior média é novembro, com 3,8 m/s. A predominância dos ventos apresenta-se na direção sudeste nos meses de abril a setembro, e leste nos meses de outubro a março.

A evaporação total máxima foi de 113,3 mm no mês de janeiro, correspondendo a 10,27% do volume evaporado anualmente, e a evaporação total mínima de 66,8 mm foi em junho, correspondendo a 6,05% do volume evaporado anualmente.

A insolação total máxima foi de 257,5 horas em dezembro, correspondente a 10,3% do total de insolação anual, e a insolação total mínima de 162,8 horas foi em junho, correspondente a 6,51% da insolação total anualmente.

3.3 GEOLOGIA DA REGIÃO

O conhecimento das unidades geológicas e sua distribuição geográfica têm importância significativa na delimitação e definição das classes de solos, uma vez que interferem diretamente nas suas características e propriedades físicas, químicas e morfológicas.

Segundo Oliveira (2004), a região possui geomorfologicamente duas formas específicas de paisagem física: a planície marinho-lagunar e o planalto sedimentar do tabuleiro. A planície litorânea é constituída de praias, restinga, terraços, recifes, dunas, mangues e rios, estando situada a cinco metros do nível do mar. A planície marinha é constituída de sedimentos de praia. A planície lagunar, apesar de receber muitos sedimentos do Rio Mundaú, sofre com a ação antrópica de aterramento dos canais fluviais para a construção de habitações.

De acordo com o mapa exploratório de reconhecimento de solos do estado de Alagoas, compatível com a escala de 1:400.000, elaborado pela EMBRAPA junto à SUDENE no estudo “Levantamento Exploratório – Reconhecimento de Solos do Estado de Alagoas” (1975), a área de interesse está entre as unidades de mapeamento de solos: PV10 (associação entre solo podzólico vermelho amarelo e latossolo vermelho amarelo distrófico), AMd1 (associação de areia quartzosas marinhas A fraco e podzol A fraco moderado e proeminente), AMd2 (areia quartzosas marinhas distróficas (dunas)), SM2 (associação de solos indiscriminados de mangues e solos hidromórficos indiscriminados), e LVd2 (associação de latossolo vermelho amarelo distrófico coeso e podzólico vermelho amarelo latossólico).

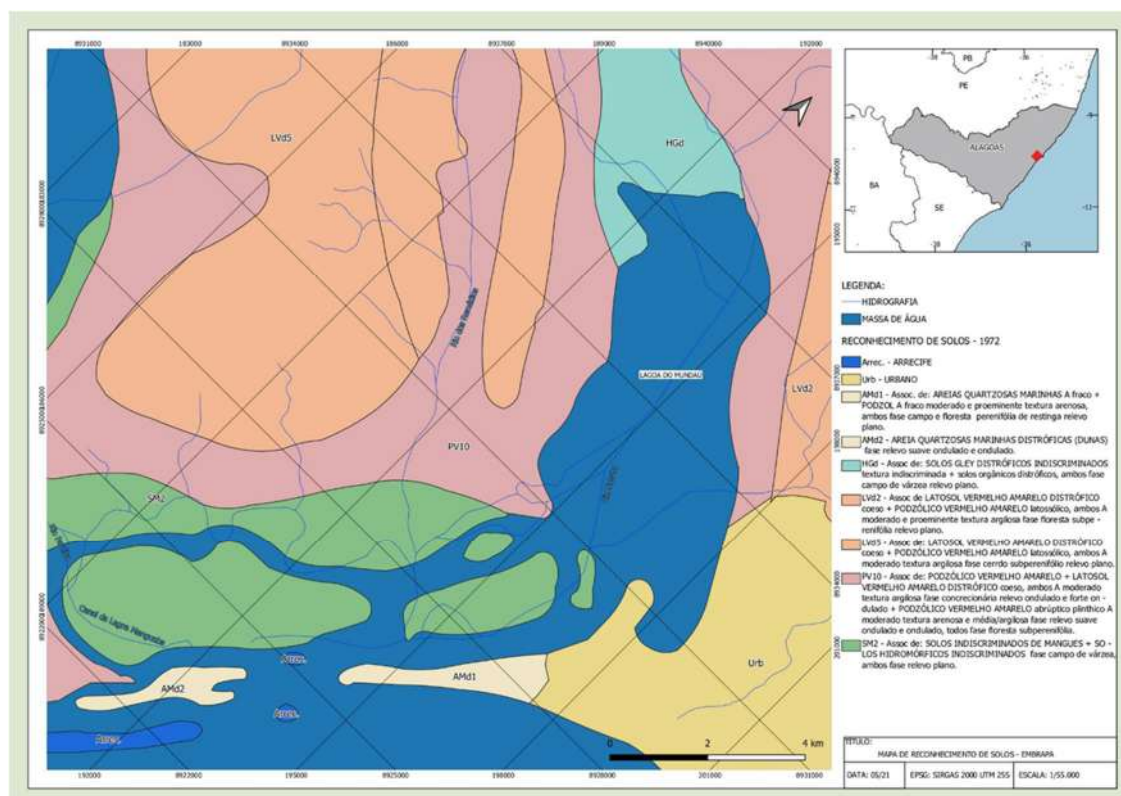


Figura 3-3 : Mapa de reconhecimento de solos – EMBRAPA

Fonte: Elaborado pela TPF com base em dados da EMBRAPA, 2021.

4 LEVANTAMENTOS DE CAMPO REALIZADOS

4.1 LEVANTAMENTOS BATIMÉTRICOS E DE NÍVEIS E VAZÕES

4.1.1 BATIMETRIA DA LAGOA

Autorizado pela Capitania dos Portos, o levantamento batimétrico foi realizado no período de 15 a 29 de maio de 2021, caracterizando morfologicamente a Lagoa Mundaú e o canal de ligação com o mar. O serviço foi executado sobre malhas compostas por linhas paralelas e linhas de verificação perpendiculares às primeiras conforme apresentado através da Figura 4-1 e Figura 4-2 a seguir.



Figura 4-1: Área do levantamento na Lagoa Mundaú e malha de aquisição planejada em vermelho.

Fonte: TPF Engenharia (2022)



Figura 4-2: Área do levantamento no canal e malha de aquisição planejada em vermelho.

Fonte: TPF Engenharia (2022)

• Metodologia

O instrumento utilizado para o levantamento batimétrico foi um ecobatímetro monofeixe, a aquisição e interpretação dos dados foram realizadas com o emprego do software Meridata MDPS 5.2.

A velocidade de propagação do som foi ajustada mediante a metodologia conhecida como “bar-check”, que consiste em ajustar a velocidade até que a profundidade medida seja igual à uma determinada profundidade conhecida, diretamente embaixo da ecossonda.

O levantamento foi executado com base no Datum “SIRGAS 2000”, na projeção UTM Meridiano Central 33W, fuso 25S. Para este levantamento foi utilizado um sistema DGNS CHC Nav i50 composto por base e rover, trabalhando no modo RTK (Real Time Kinematic). A base foi instalada em uma antena de 3,50 m de altura, na Marina Mar Azul. As coordenadas do ponto base foram obtidas mediante rastreamento e correção por Posicionamento por Ponto Preciso (PPP). No Quadro 1 estão resumidas as principais informações do posicionamento do ponto base.

Quadro 1: Coordenadas do ponto base obtidas pelo método de PPP

UTM N (m)	UTM E (m)	Altitude ortométrica (m)
8.927.664.969	195.579.804	2,14

Para auxílio à navegação utilizou-se o software Global Mapper V17.0.5 (Blue Marble Geographics) acoplado ao sistema de posicionamento DGPS.

A variação da maré foi medida utilizando-se o próprio sistema RTK, medindo a altura da antena do rover com relação à linha d'água e descontando essa medida da altitude registrada pelo receptor.

A Figura 4-3, mostra o mapa geral da lagoa onde constam as linhas efetivamente navegadas. É importante mencionar que há pequenas áreas cujo sinal de GPS foi perdido e outras em que houve dificuldade de navegação, portanto, perdeu-se alguma informação batimétrica, entretanto com os devidos ajustes, essas áreas receberam informação interpolada sem prejuízo ao resultado que se desejava para a batimetria.

Os dados batimétricos são apresentados de duas formas:

- Em cota referenciada ao zero altimétrico do IBGE (DVB).
- Em profundidade reduzida ao Nível de Redução (NR) do Porto de Maceió.



Figura 4-3. Área de estudo mostrando as linhas navegadas na Lagoa Mundaú e no canal de acesso.

Fonte: TPF Engenharia (2021)

4.1.2 NÍVEL DE REDUÇÃO

O NR foi determinado pela DHN (Diretoria de Hidrografia e Navegação - Marinha do Brasil), e sua descrição pode ser vista na ficha maregráfica F- 41, nº 30725 do Porto de Maceió.

O zero das cartas náuticas, Tábuas de Maré e o NR, referem-se à mínima maré observada em uma determinada estação, em determinado período. A cota entre a Referência de Nível (RN) e o NR é obtida por nivelamento geométrico e consta na ficha de descrição da estação maregráfica.

Para correlacionar o Zero do IBGE (Imbituba) com o NR local, utilizaram-se a RNIBGE-2603M e a RN3-Portobrás como referência principal para determinar as relações entre DVB e NR. O Diagrama da relação entre o Zero IBGE e o NR local está ilustrado na Figura 4-4.

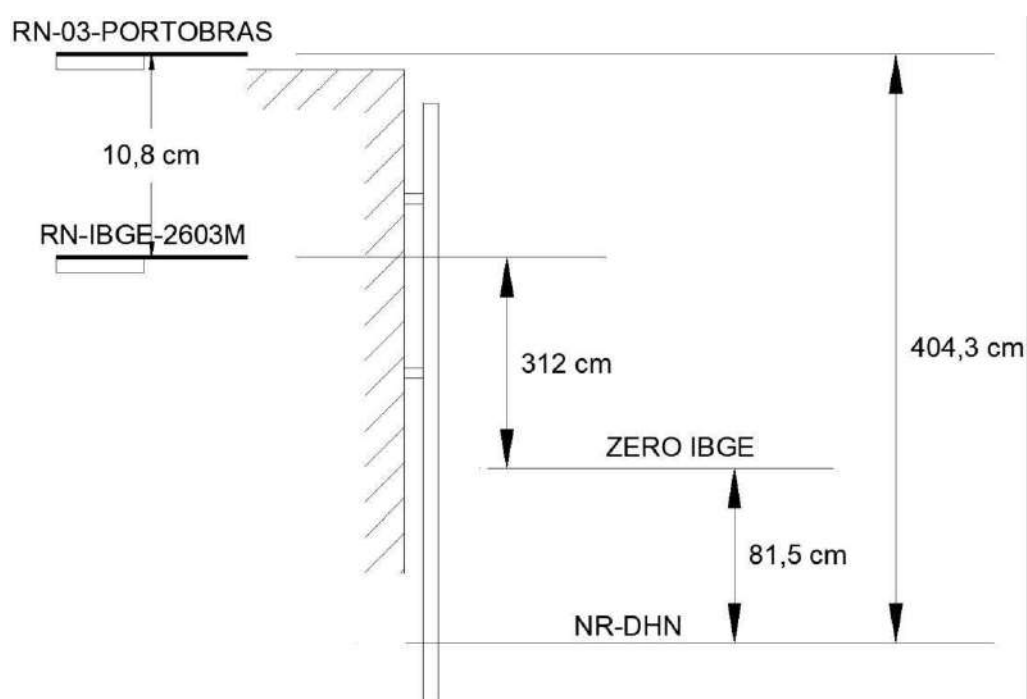


Figura 4-4. Diagrama das relações entre o Zero Imbituba, NR e RNs.

4.1.2.1 Resultados

Constatou-se que as áreas mais rasas da Lagoa Mundaú, encontram-se principalmente nas imediações da desembocadura dos diferentes cursos d'água tributários da lagoa. A área mais rasa da lagoa, localiza-se no setor Norte, próximo à desembocadura do Rio Mundaú.

Por sua vez, o canal de acesso apresenta maiores variações de profundidade, com as maiores profundidades medidas nas proximidades do seu encontro com a lagoa, onde o mesmo

se bifurca. Ao longo do seu curso, um canal principal de profundidade média em torno de 2 m meandra entre bancos arenosos que afloram na maré seca.

4.1.3 LEVANTAMENTO DE NÍVEIS E VAZÕES

Com a finalidade de proporcionar dados fundamentais para os estudos hidrodinâmicos foram executados levantamentos hidrográficos na Lagoa Mundaú, entre os dias 02 e 19 de junho de 2021 e abrangendo três municípios: Maceió, Coqueiro Seco e Marechal Deodoro, estado de Alagoas.

A especificação dos levantamentos foi definida pelo *Danish Hydraulic Institute* – DHI. O levantamento foi realizado pela HM Engenharia Costeira e Portuária, contratada da TPF. Os dados levantados têm por objetivo subsidiar o estabelecimento, calibração e validação de modelo numérico hidrodinâmico.



Figura 4-5: Área de Estudo – Lagoa Mundaú.

Fonte: TPF Engenharia (2022)

Os levantamentos hidrográficos na Lagoa Mundaú contemplaram:

- Medições de Corrente e Vazão: perfilagem de correntes em uma seção transversal durante um ciclo de maré (13 horas), cálculos da vazão e parâmetros associados.
- Maregrafia: medição dos níveis de água na Lagoa Mundaú em três pontos definidos pelo DHI durante 15 dias.
- Campanha de Derivador: lançamento de derivador lastreado, próximo a seção transversal de medição de correntes.

4.1.3.1 Medições de Corrente e Vazão

Com a finalidade de proporcionar dados fundamentais para o estudo hidrológico/hidrodinâmico foram executados levantamentos hidrográficos na Lagoa Mundaú, abrangendo três municípios: Maceió, Coqueiro Seco e Marechal Deodoro, estado de Alagoas. Onde estes dados levantados têm por objetivo subsidiar o estabelecimento, calibração e validação de modelo numérico hidrodinâmico. A especificação dos levantamentos foi definida pelo *Danish Hydraulic Institute* – DHI.

As medições de correntes foram executadas através de um ADCP - *Acoustic Doppler Current Profiler*. Este equipamento (ADCP) é um medidor de corrente que transmite sinais acústicos de alta frequência. A corrente é determinada através do efeito Doppler da reflexão do plâncton, sedimentos em suspensão e bolhas de ar, que se movem passivamente com a mesma velocidade média da água. A realização de medições sucessivas de um mesmo trajeto permite obter a variação das correntes na seção de estudo ao longo do tempo.

Os dados levantados têm por objetivo subsidiar o estabelecimento, calibração e validação de modelo numérico hidrodinâmico. As medições de correntes foram executadas através de um ADCP - *Acoustic Doppler Current Profiler*. O ADCP é um medidor de corrente que transmite sinais acústicos de alta frequência. A corrente é determinada através do efeito Doppler da reflexão do plâncton, sedimentos em suspensão e bolhas de ar, que se movem passivamente com a mesma velocidade média da água. A realização de medições sucessivas de um mesmo trajeto permite obter a variação das correntes na seção de estudo ao longo do tempo.

O levantamento foi realizado no dia 11 de junho de 2021. As condições climáticas foram boas e permitiram aquisição de dados de magnitude e de corrente de boa qualidade. Durante a manhã, houve pouco vento, sem rajadas significativas. Por volta do meio-dia ocorreram algumas rajadas mais intensas oriundas do setor sudeste. Já na parte da tarde, o vento diminuiu e no início da noite já havia calmaria. Durante o período de vento mais intenso, houve alguma ondulação, porém, não suficiente para paralisar o levantamento ou degradar a qualidade dos dados.

Em alguns momentos, foi possível observar algas soltas na coluna de água, no entanto, não afetaram a qualidade dos dados do levantamento. Nos momentos de inversão de maré, foi observado fluxo significativamente lento do escoamento, o que é normal nessas condições. Foi possível observar as inversões de maré.

A Figura 4-6 apresenta a seção definida para o acompanhamento do ciclo de maré. O Quadro 2 fornece as coordenadas de início e fim da seção pré-determinada.

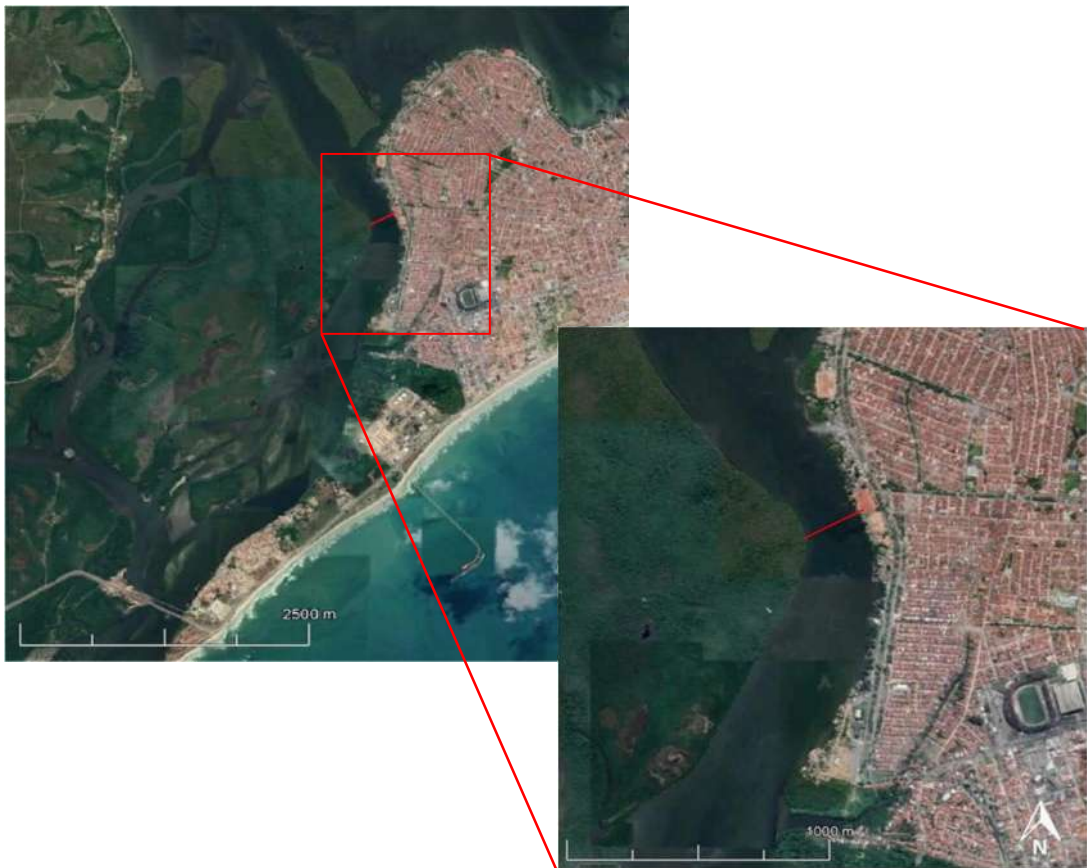


Figura 4-6: Seção de aquisição de dados na Lagoa Mundaú destacada em vermelho

Fonte: TPF Engenharia (2022)

Quadro 2: Seção ADCP – UTM (Zona 25L – WGS-84).

Seção	Ponto Inicial		Ponto Final	
	Coordenada Este (m)	Coordenada Sul (m)	Coordenada Este (m)	Coordenada Sul (m)
1	196.503,00	8.930.518,00	196.290,00	8.930.442,00

4.2 LEVANTAMENTOS GEOGNÓSTICOS E DE QUALIDADE - RESULTADOS E ANÁLISES

A programação de investigação geológico-geotécnica e de qualidade se deu com base em levantamentos técnicos anteriores, realizados pela Tetrattech, em setembro de 2020, no qual foram apresentados resultados oriundos das análises de 26 amostras de sedimentos retiradas, principalmente da região central da Lagoa, sendo 20 coletadas por meio de um equipamento do tipo “mini draga Van Veen” e 2 coletas de testemunhos com 3 alíquotas (seis amostras). Nesta campanha foi identificada uma camada superficial de material arenoso mais ao centro do corpo d’água, o que motivou uma investigação mais detalhada neste local.

Com base nessas informações, foi desenvolvida uma campanha com maior concentração de furos e coletas de materiais no centro da Lagoa, a fim de se confirmar se esta camada arenosa identificada teria uma espessura suficiente como também granulometria exigida, atendendo as especificações mínimas para eventual uso nas cavidades. No mapa representado na Figura 4-7, observa-se a combinação da programação de investigação executada pela TPF de 2021 e a apresentada pela Tetrattech em 2020. Concluindo-se, através da análise técnica, que a camada arenosa seria provavelmente uma deposição superficial e não se confirmando em profundidade nas investigações da TPF Engenharia.

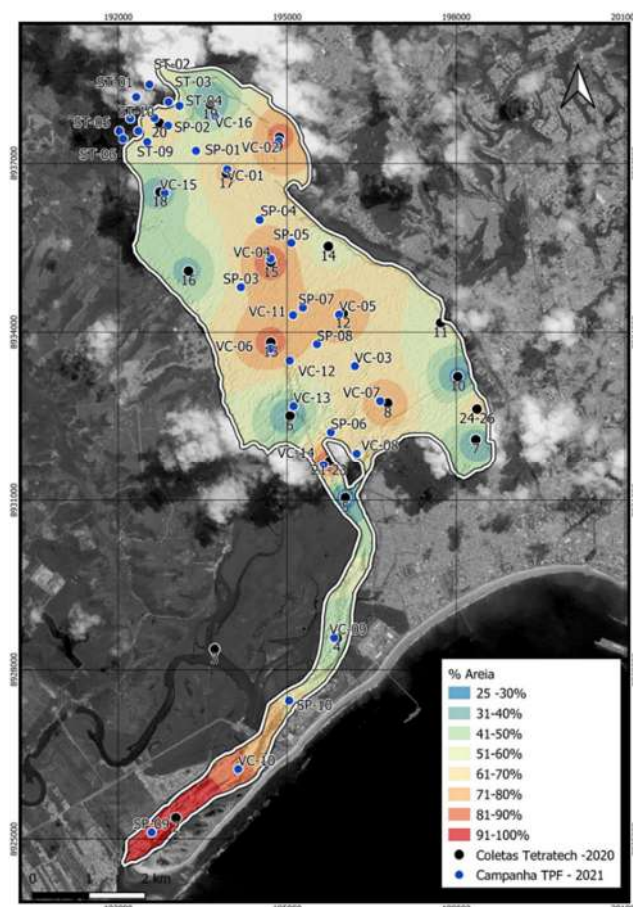


Figura 4-7: Mapa combinado dos pontos de investigação da Tetrattech(2020) e TPF(2021)

4.2.1 SONDAGEM A PERCUSSÃO SOBRE FLUTUANTE

A sondagem a percussão é um método de investigação geológico-geotécnica de solos, prescrito pela NBR 6484/2020. Neste tipo de sondagem, retiram-se amostras do solo a ser estudado e realizam-se ensaios de penetração dinâmica SPT (Standard Penetration Test), com o qual se obtém o índice de resistência a penetração SPT (NSPT). As sondagens SPT foram executadas pela empresa IN SITU, contratada da TPF Engenharia.

Foi emitida pelo Instituto do Meio Ambiente (IMA/AL) a Autorização Ambiental Nº 14070248678.EXP.AUT em 14 de julho de 2021.

4.2.1.1 Localização

Para o estudo em questão, foram executadas 10 sondagens percussivas, com a suas respectivas localizações apresentadas na Figura 4-8. Concentradas em maior número na região central da Lagoa, com a finalidade de se confirmar as informações apontadas no estudo da Tetra tech.

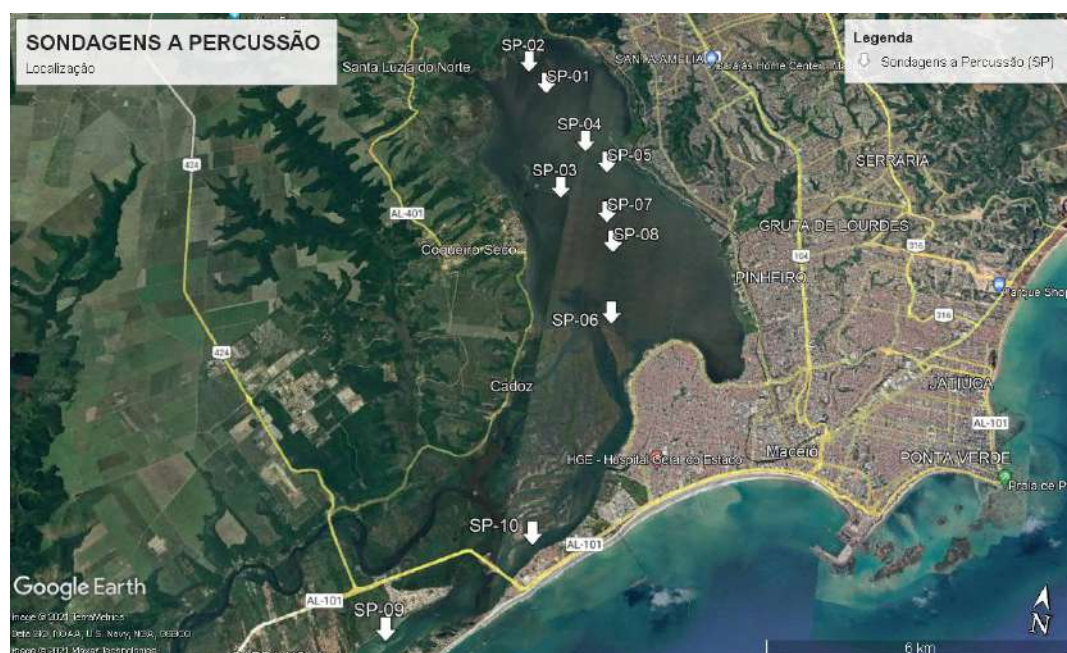


Figura 4-8: Localização das Sondagens a Percussão.

Fonte: Google Earth © 2021 Europa Technologie - Image © 2021 DigitalGlobe.

As coordenadas geográficas de cada sondagem estão presentes na Tabela 4-1 a seguir.

Tabela 4-1: Localização das Sondagens a Percussão (Coordenadas).

PONTO DE SONDAGEM	COORDENADA GEOGRÁFICA* (SIRGAS 2000)	
	E	N
SP-01	193382,20	8937220,76
SP-02	192889,60	8937674,40
SP-03	194181,95	8934800,50
SP-04	194513,67	8935992,17
SP-05	195072,24	8935587,19
SP-06	195775,71	8932223,94
SP-07	195280,33	8934436,74
SP-08	195528,42	8933788,25
SP-09	192592,11	8925120,39
SP-10	195034,27	8927451,22

4.2.2 SONDAGEM A TRADO

Segundo a Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental (ABGE/2013), a sondagem a trado é um método de investigação que utiliza o trado, um tipo de amostrador de solo, constituído por lâminas cortantes como ferramenta de perfuração. A sondagem a trado é executada com ferramentas manuais, atravessando usualmente apenas a camada de solo de baixa resistência à perfuração.

4.2.2.1 Localização

No total, foram executadas 10 tradagens com a suas respectivas localizações apresentadas na Figura 4-9 abaixo.



Figura 4-9: Localização das Sondagens a Trado.

Fonte: Google Earth © 2021 Europa Technologie - Image © 2021 DigitalGlobe.

As coordenadas geográficas de cada ponto estão presentes na Tabela 4-2 a seguir.

Tabela 4-2: Localização das Sondagens a Trado (Coordenadas).

PONTO DE SONDAGEM	COORDENADAS GEOGRÁFICAS* (SIRGAS 2000)	
	E	N
ST-01	192322,40	8938178,82
ST-02	192555,85	8938398,90
ST-03	192892,00	8938088,00
ST-04	193085,50	8938023,98
ST-05	192020,16	8937569,85
ST-06	192083,26	8937432,94
ST-07	192216,15	8937794,75
ST-08	192357,57	8937572,27
ST-09	192515,88	8937378,53
ST-10	192644,97	8937803,29

4.2.3 AMOSTRAGEM POR TUBO TESTEMUNHADOR

Este método é apropriado para a coleta de sedimentos finos em água doce, estuários e mares, em baixas e altas profundidades.

Esta investigação consiste na testemunhagem geológica por meio de um Tubo Testemunhador. Neste estudo, utilizou-se o de PVC, para coletar e proteger amostras indeformadas de solo para uma análise laboratorial posterior. Os testemunhos foram retirados em 3 (três) profundidades:

- De 0 a 0,85 m;
- De 1 a 1,85 m;
- De 2 a 2,85 m.

As testemunhagens foram executadas pela empresa IN SITU, contratada da TPF Engenharia.

4.2.3.1 Localização

Para o estudo em questão, foram executados 16 testemunhos por tubo testemunhador, com a suas respectivas localizações apresentadas na Figura 4-10 e Figura 4-11.



Figura 4-10: Localização dos Testemunhos (VC-01 ao VC-08).

Fonte: Google Earth © 2021 Europa Technologie - Image © 2021 DigitalGlobe.

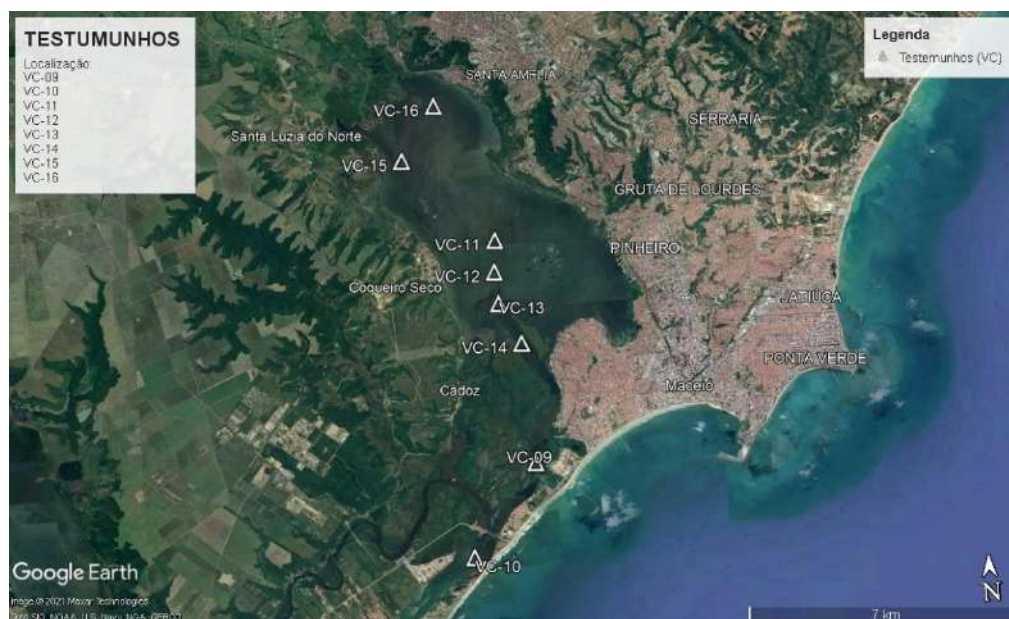


Figura 4-11: Localização dos Testemunhos (VC-09 ao VC-16).

Fonte: Google Earth © 2021 Europa Technologie - Image © 2021 DigitalGlobe.

As coordenadas geográficas de cada testemunho estão presentes na seguinte Tabela 4-3.

Tabela 4-3: Localização dos Testemunhos por Tubo Testemunhador (Coordenadas).

PONTO DE SONDAGEM	COORDENADAS GEOGRÁFICAS* (SIRGAS 2000)	
	E	N
VC-01	193931,55	8936895,44
VC-02	194851,40	8937396,40
VC-03	196199,10	8933398,49
VC-04	194704,40	8935309,04
VC-05	195921,48	8934315,12
VC-06	194704,12	8933711,92
VC-07	196650,16	8932780,76
VC-08	196235,47	8931841,50
VC-09	195832,68	8928567,08
VC-10	194127,59	8926242,72
VC-11	195105,97	8934307,47
VC-12	195045,26	8933500,50
VC-13	195110,49	8932686,65
VC-14	195797,90	8931265,00
VC-15	192822,00	8936471,01
VC-16	192992,98	8937371,42

4.2.4 ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO

Nas amostras de sedimento coletadas durante as sondagens, foram realizados ensaios laboratoriais, que incluíram:

- Granulometria (Peneiramento e Sedimentação);
- Umidade Natural;
- Limites de Consistência
- Densidade real dos grãos;

Foram recolhidas 48 amostras e cada amostra foi subdividida e acondicionada em 2 potes de vidros e 1 saco plástico para atender a massa solicitada. As amostras acondicionadas em sacos plásticos são destinadas a determinação da granulometria e os demais parâmetros foram realizados com as amostras acondicionadas nos potes de vidro.

4.3 LEVANTAMENTO SÍSMICO

O levantamento sísmico fornece informações geofísicas da superfície, representando também, o método geofísico de grande importância devido à quantidade de dados apresentados a respeito da área em que é executado o estudo. A análise sísmica baseia-se em ondas elásticas que são refletidas e refratadas nas interfaces das camadas de solo detectadas, considerado um dos métodos geofísicos mais efetivos para mapear as estruturas geológicas, utilizando fontes artificiais.

4.3.1 PERFILAMENTO SÍSMICO

O levantamento sísmico foi realizado entre os dias 22 de novembro e 10 de dezembro de 2021, na Lagoa do Mundaú e no canal de ligação da lagoa com o mar, na cidade de Maceió, estado de Alagoas.

Este estudo visou obter um melhor conhecimento da região da Lagoa quanto a sua morfologia de fundo e preenchimento sedimentar, a partir da realização de uma caracterização geofísica da superfície do fundo e do subfundo dos locais de interesse. Os levantamentos foram executados utilizando malhas regulares compostas por linhas paralelas espaçadas em 200 m, e linhas de verificação perpendiculares às primeiras, espaçadas em 300 m.

A norma regulamentadora dos levantamentos hidrográficos é a NORMAM-25 - Marinha do Brasil. Os estudos de levantamentos sísmicos foram executados pela empresa SUBGEO.

Foi emitida pelo Instituto do Meio Ambiente (IMA/AL) a Autorização Ambiental Nº 2021.19100273562.EXP.AUT em 19 de outubro de 2021.

4.3.1.1 Localização

O estudo em questão, foi realizado na Lagoa do Mundaú e no canal de ligação da lagoa com o mar, na cidade de Maceió/ Alagoas, com a sua respectiva localização apresentada na Figura 4-12.

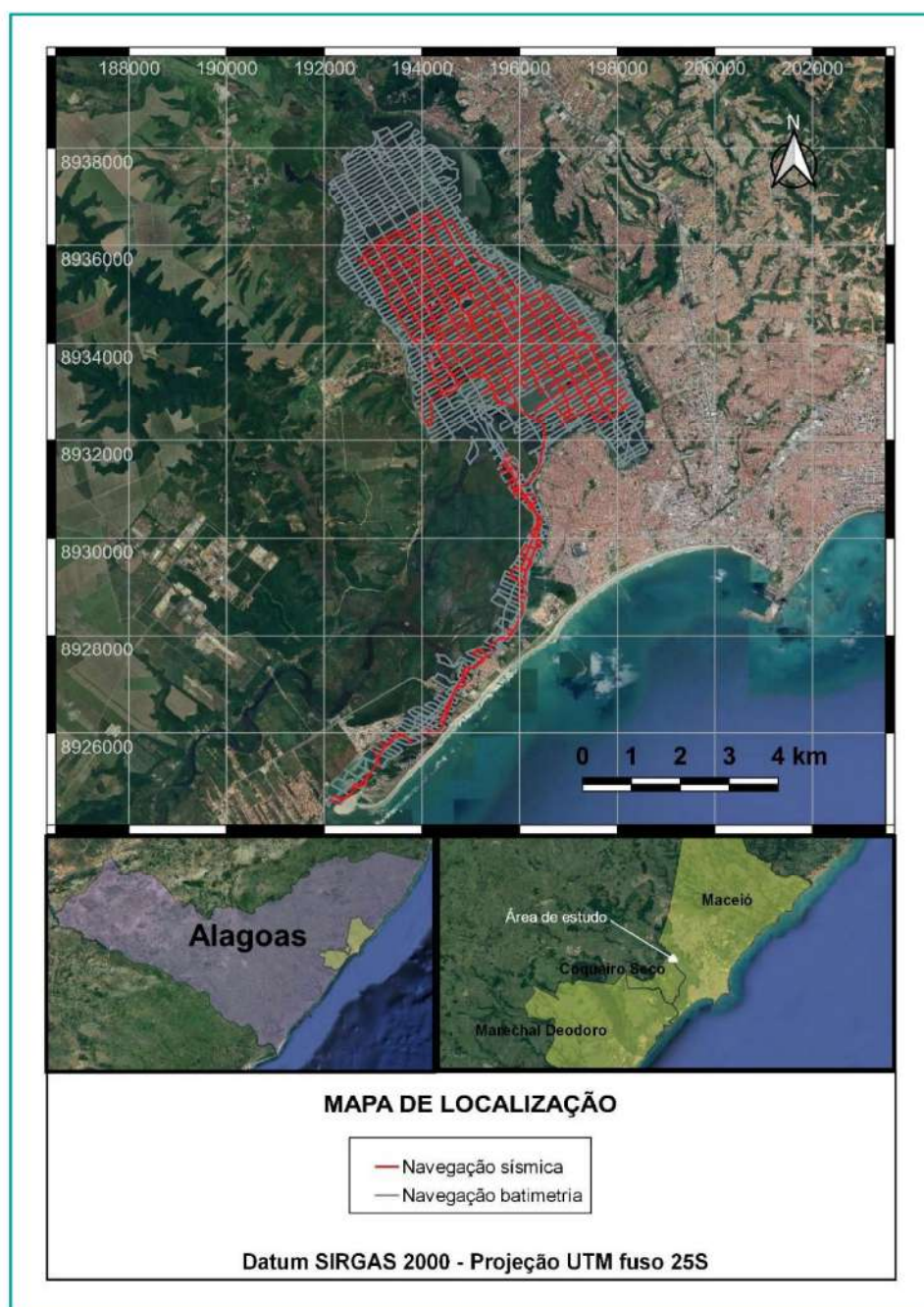


Figura 4-12: Área de estudo mostrando as linhas navegadas na Lagoa do Mundaú e no canal de acesso.

Fonte: TPF Engenharia (2022)

4.3.1.2 Limitações dos Métodos Sísmicos

Como acontece com toda metodologia geofísica de investigação, as condições geológicas e, de forma mais geral, as ambientais, impõem uma série de limitações ao bom desempenho dos instrumentos utilizados (Felix et al., 2013; Souza & Gandolfo, 2021).

Além disso, a existência de camadas com diferente litologia não necessariamente significa que sejam detectáveis por meios acústicos, já que entre elas deve haver suficiente contraste de impedância acústica para que ocorra reflexão de ondas com amplitude detectável.

No caso da presente área de estudo, encontramos a conjunção de quatro fatores que dificultam as análises e interpretações, a partir dos dados coletados. São esses fatores os seguintes:

- **Espessura da Coluna D'água:** A aquisição de dados em águas rasas a ultrarrasas, enfrenta um problema fundamental do que se conhece como reflexões múltiplas. Esse fenômeno é ocasionado pela reflexão na interface água-ar das ondas que viajam do fundo para a superfície e que são refletidas de volta para baixo. Na área de estudo, só em poucos setores a coluna d'água ultrapassa 2 m de espessura. Isto ocorre apenas no canal de acesso da lagoa onde profundidades da lâmina d'água superiores a 5 m são encontradas.
- **Presença de Gás nos Sedimentos:** Em ambientes semifechados como estuários, lagunas ou baías é muito comum o acúmulo de gás nos sedimentos. O constante aporte de material continental e a importante contribuição biológica em regiões com estas características favorecem a deposição e acúmulo de matéria orgânica que, ao se decompor, gera principalmente gás metano que pode ficar aprisionado em sedimentos pouco permeáveis. A presença de gás livre nos sedimentos, i.e., em forma de bolhas – mesmo em concentrações da ordem de 1 a 3% em volume - é um fator que interfere nos registros.
- **Fundos irregulares:** Nele ocorrem subidas e descidas abruptas da superfície do fundo que geram problemas de diretividade dos sinais sísmicos. Isso ocorre principalmente com o boomer, cujo cone de propagação da frente de onda tem uma largura muito maior do que as fontes ressonantes (chirps).
- **Tipo de Fundo:** Solos residuais, sedimentos grossos e/ou compactos são exemplos de substratos que tendem a inibir a propagação de sinais acústicos. Nesse sentido, existe uma estreita relação entre a capacidade de penetração dos sinais sísmicos e a sua frequência. Fontes de alta frequência, acima de 2 kHz, são mais indicadas quando a prioridade do levantamento é a resolução dos estratos sedimentares, e não a penetração

no substrato (Souza, 2006). Dessa forma, é esperável que fontes do tipo *chirp* não sejam capazes de determinar a espessura total de pacotes arenosos, como os que ocorrem no canal que liga a lagoa com o mar, cabendo nesses casos a interpretação conjunta das informações do levantamento com as de sondagens diretas.

4.3.1.3 Metodologia

O levantamento foi referenciado ao Datum “SIRGAS 2000”, na projeção UTM Meridiano Central 33W, fuso 25S. Foi utilizado um receptor DGPS Trimble SPS461 configurado para coletar pontos na frequência de 1 Hz. A antena do DGPS foi fixada na parte superior da casaria da embarcação para melhor recepção do sinal dos satélites. Todos os outros instrumentos, como chirp, boomer e hidrofones, foram referenciados e ajustados à posição da antena. Para auxílio à navegação utilizou-se o software Global Mapper V19 (Blue Marble Geographics) acoplado ao sistema de posicionamento DGPS.

Já para a variação da maré foi medida utilizando-se um marégrafo de pressão HOBO instalado no píer da marina Mar Azul, junto ao ponto rastreado quando do levantamento batimétrico em junho de 2021.

Quanto aos equipamentos utilizados, empregou-se o chirp, que é um perfilador teoricamente capaz de fornecer uma resolução vertical em escala de decímetros, e um boomer, que é uma fonte acústica cujo funcionamento é similar ao movimento de um pistão e produz uma assinatura muito estável, ou seja, possui muito boa reprodutibilidade. Neste estudo foram utilizados dois chirps, um de baixa frequência e outra de alta: Meridata 2 - 9 kHz (LFC) e 10 - 20 kHz (HFC). Já o equipamento boomer utilizado durante o levantamento foi o Maxi-pulse 300, fabricado pela SIG-Services et Instruments de Géophysique, ligado a uma fonte de energia ENERGOS 300J.

A aquisição dos dados sísmicos foi feita com o software Meridata MDCS 5.2, que recebeu e armazenou as informações dos equipamentos utilizados, de forma simultânea. No caso, as fontes acústicas do tipo chirp e boomer e o sistema de posicionamento. Os dados foram processados e interpretados utilizando-se o software Meridata MDPS 5.2, que possibilitou o processamento dos dados das diferentes fontes de forma integrada e simultânea.

4.3.2 DEFINIÇÕES

A seguir serão apresentadas as definições de refletor sísmico, reflexão múltipla, unidade sísmica e embasamento acústico para melhor entendimento dos resultados do levantamento sísmico.

- Refletor sísmico (R): Feição acústica que representa a interface entre duas unidades com diferente impedância acústica.
- Reflexão múltipla: Atividade relativa ao registro de uma onda mecânica que sofreu mais de uma reflexão durante a sua trajetória descendente a partir da fonte e ascendente em direção ao receptor.
- Unidade sísmica (US): Feição acústica delimitada superior e inferiormente por refletores e que possui características texturais (ecocaráter) que a definem como um pacote único.
- Embasamento acústico (EA): Condição limite de penetração do sinal acústico que pode ser obtida por meio do método de perfilagem sísmica. Não representa necessariamente o embasamento rochoso.

4.3.3 INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

A interpretação é realizada em função da resposta acústica do meio à passagem das ondas sísmicas, essa resposta é denominada ecocaráter.

Para a determinação de cada ecocaráter considerado, levou-se em conta, de forma conjunta, os aspectos morfológicos dos refletores sísmicos e texturais das unidades sísmicas.

1. Morfologia do refletor sísmico (inclusive a superfície do fundo):
 - Regular e sub-horizontal – Indicativa de sedimentos inconsolidados, finos;
 - Irregular – Indica a ocorrência de feições com superfícies erosivas, ou de ondas de areia.
2. Amplitude do refletor:
 - Alta/bem definida – Indica a existência de um contato entre unidades litológicas com mudança abrupta na composição e/ou características físicas, incluindo o teor de água;
 - Média – Pode indicar uma transição suave entre unidades litológicas, ou inclusive a presença de sedimentos grossos diluídos em matriz lamosa;
 - Baixa/pobremente definida – Indicativa de baixa variação litológica, como por exemplo a transição de argila para areia onde a matriz lamosa é gradativamente substituída por sedimentos grossos.
3. Ocorrência/ausência de refletores internos às unidades sísmicas e sua textura/estratificação:
 - Transparente – Unidade sísmica com essa textura indica a ocorrência de uma camada de sedimentos finos, inconsolidados;
 - Cortina acústica – Ecocaráter comumente associado à ocorrência de gás raso em sedimentos.

É importante levar em conta que o ecocaráter depende das características dos sinais acústicos empregados. Dessa maneira, uma camada que resulta homogênea ou transparente numa determinada frequência, pode apresentar outras características quando analisada com o emprego de uma outra fonte acústica.

Nesse sentido, boa parte da Lagoa do Mundaú apresenta o ecocaráter de uma cortina acústica rasa nos perfis adquiridos tanto com o HFC (Fonte Chirp de Alta Frequência), como com o LFC (Fonte Chirp de baixa frequência). No entanto, ao examinar os perfis previamente adquiridos com a ecossonda de 33 kHz, observa-se com nitidez a ocorrência de uma fina camada superficial transparente que apresenta um espessamento na direção SE sendo que a camada onde efetivamente há acúmulo de gás foi identificada apenas numa pequena área, aproximadamente 2 m abaixo da superfície do fundo. Assim, optou-se por incluir na interpretação os dados de batimetria de 33 kHz. Isso trouxe a vantagem adicional de conseguir mapear a totalidade da lagoa e não apenas os setores navegáveis com a embarcação utilizada para o levantamento sísmico.

Numa primeira análise, essa cortina acústica poderia ser interpretada como o topo de uma camada de gás em sedimentos (Benites et al., 2015; Félix e Mahiques, 2013; Judd e Hovland, 1992; Tóth et al., 2014). Porém, alguns detalhes indicam tratar-se de uma camada com textura do sedimento diferenciada:

- Continuidade do refletor do topo entre setores em que aflora e áreas onde mergulha;
- Espessura da camada não constante;
- Ausência de outras feições associadas à ocorrência de gás, que ocorrem de forma conjunta (feições de escape e refletores fortalecidos, por exemplo);
- Boa correlação entre a base da camada e os perfis geotécnicos (SPT).

Em virtude da ausência de contraste de impedância acústica no pacote sedimentar, o horizonte que marca a base dessa camada não está claramente definido. Dessa forma, optou-se por marcar esse horizonte considerando a zona de maior decaimento da amplitude do sinal.

Toda a interpretação foi realizada com base na análise dos perfis de chirp e de ecossonda, já que a qualidade dos registros de boomer ficou comprometida em função da pouca espessura da coluna d'água e pela presença de gás naturalmente encontrado nos sedimentos. Isso cria dois problemas: o primeiro e mais crítico, é o completo 'mascaramento' do registro pelo trem de reflexões múltiplas; o segundo consiste na imprecisão na determinação e resolução de

qualquer refletor primário (incluindo o fundo), uma vez que a própria espessura da coluna d'água é da mesma ordem de grandeza do comprimento de onda dos sinais.

4.3.4 UNIDADES SÍSMICAS

O estudo realizado permitiu a identificação de quatro unidades sísmicas (US), cujas características mais importantes estão resumidas na Tabela 4-4.

Tabela 4-4: Resumo das principais características das unidades sísmicas interpretadas.

Unidade Sísmica (US)	Ecocaráter	Refletor do topo	Interpretação
US1	EA	Regular	Sedimentos lamosos
US2	Cortina acústica	Regular	Sedimentos lamosos.
US3	Transparente.	Regular	Sedimentos lamosos. Camada nefelóide
US4	Alta amplitude	Maiormente irregular	Sedimentos arenosos

4.4 ENSAIOS QUÍMICOS E DE QUALIDADE

4.4.1 PROCESSAMENTO DOS TESTEMUNHOS

Toda a manipulação das amostras, incluindo os procedimentos de abertura dos testemunhos, homogeneização do sedimento e acondicionamento das amostras em recipientes específicos foram realizados utilizando luvas nitrílicas, recipientes de vidro e utensílios de inox. Além disso, os cabelos foram mantidos presos e não houve uso de protetores solares, a fim de prevenir a contaminação das amostras. Para cumprimento das normas de segurança, foram utilizados óculos de proteção e sapato fechado durante o procedimento.

Os testemunhos coletados, ao chegar em terra, foram mantidos na posição vertical e armazenados com água e bastante gelo em um galpão, sendo abertos no dia seguinte. O procedimento consistiu na retirada das tampas na base e no topo do testemunho, seu encaixe em um molde de madeira e o corte cuidadoso do tubo de PVC no sentido do comprimento com uma serra circular ajustada para rasgar apenas a parede do tubo. Em seguida, a metade superior do tubo era retirada e a porção do sedimento que entrou em contato com a lâmina da serra e com o PVC do tubo, descartada. Ou seja, apenas o sedimento na porção central do testemunho foi utilizado. O sedimento amostrado foi homogeneizado e distribuído em potes de vidro

(destinados para análise química) e saco plástico (destinados para a determinação da granulometria).

Durante o procedimento de abertura dos testemunhos, as amostras destinadas a análises químicas foram mantidas temporariamente em um isopor com gelo. Após a abertura, fracionamento e acondicionamento das amostras de todos os testemunhos coletados no dia anterior, os potes de vidro foram mantidos em um freezer e os sacos plásticos a temperatura ambiente.

As amostras foram enviadas para o laboratório em 2 lotes em atenção ao prazo estipulado pelo Laboratório SGS. O primeiro envio ocorreu no dia 01/09/2021 com 9 amostragens, enquanto o segundo no dia 09/09/2021 com 39 amostras, ambos por transporte aéreo.

4.4.1.1 Análise Geoquímica

A Resolução CONAMA nº454/12 dispõe sobre sedimentos a serem dragados em corpos d'água jurisdicionais brasileiros e os classifica de acordo com o volume a ser dragado, características físico-químicas, e quando necessário, testes ecotoxicológicos.

Os sedimentos amostrados na Lagoa Mundaú mostraram característica lamosa, com os teores de silte e argila acima de 60%, a exceção dos testemunhos VC8, VC9 e VC10 onde predominaram areia (> 80%). Os testemunhos VC 12, VC 13 e VC 14 mostraram uma variação granulométrica ao longo das profundidades. Sedimentos com características mais lamosas possuem maior área superficial e, conseqüentemente, maior poder de adsorver contaminantes químicos.

O art. 7º desta mesma resolução descreve os casos em que a caracterização química do material a ser dragado pode ser dispensada, entretanto, o material encontrado nas amostragens e descritos acima não se aplica aos casos citados no art. 7º, sendo necessária sua avaliação química, pois pelo volume a ser eventualmente dragado superar 100.000 m³ e por sua granulometria não consistir em material com 100% de areia, tampouco de areia grossa ou granulometria superior, não há aderência ao disposto no artigo em questão.

A Resolução CONAMA nº 454/12 ainda indica que para a disposição dos sedimentos em águas sob jurisdição nacional, o Limite de Quantificação do Método (LQM) de cada substância estudada deverá ser inferior ao Nível 1 da Tabela III em Anexo na Resolução.

4.5 ANÁLISE E RESULTADOS

4.5.1 RESULTADOS DAS SONDAGENS E TESTEMUNHOS

A partir dos dados dos índices físicos e granulometrias dos materiais coletados, foi possível classificar o solo de acordo com a divisão textural em cascalho (grânulos), areia e lama, que se baseia, essencialmente, num diagrama triangular em que são representados proporcionalmente os percentuais de cascalho ($d > 2$ mm), areia ($2 < d < 0,06$ mm) e lama ($d < 0,06$ mm). Nos materiais analisados, pode ser observada uma elevada concentração de materiais arenosos e lamosos, conforme diagramas apresentados nas figuras a seguir (Figura 4-13 e Figura 4-14).

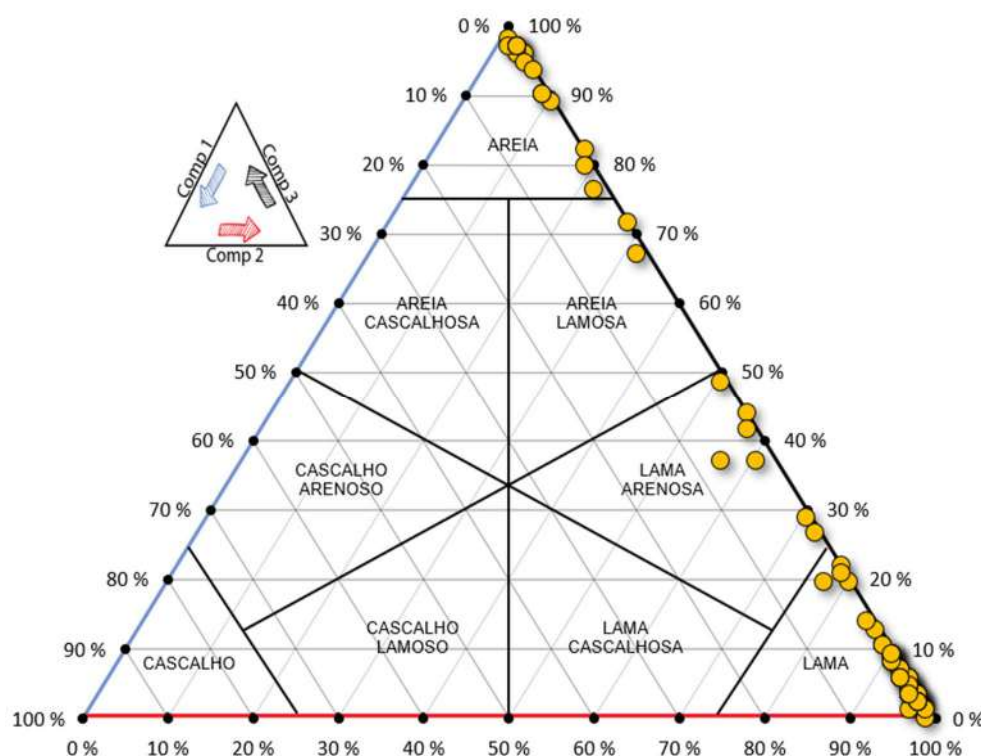


Figura 4-13: Diagrama geral Cascalho-Areia-Lama contendo todas as sondagens realizadas

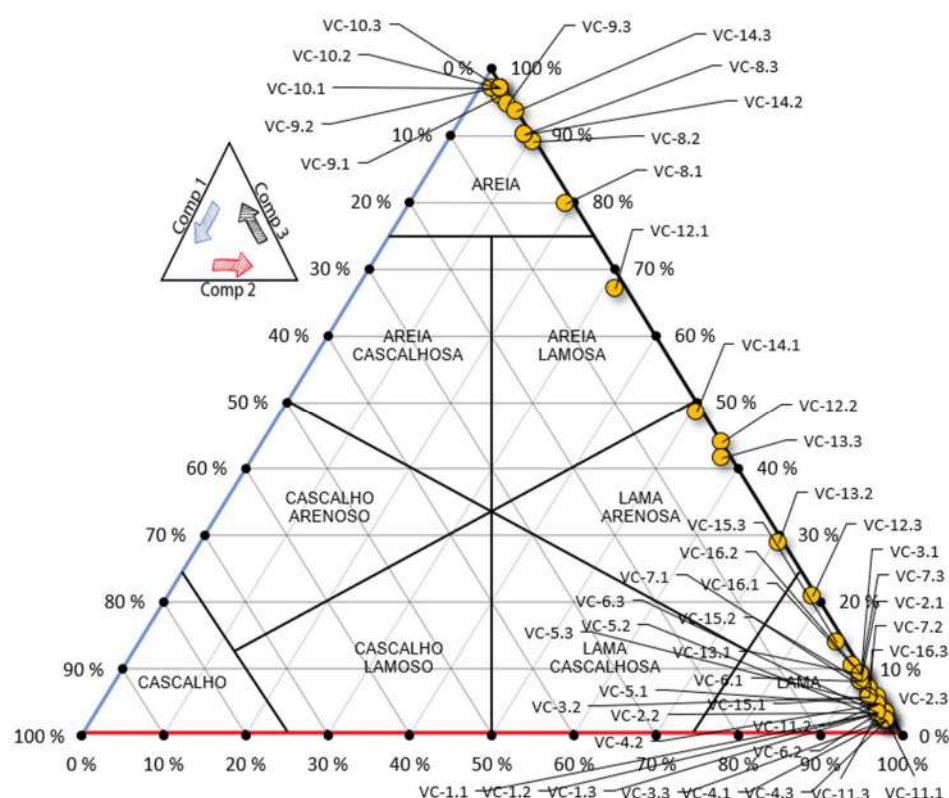


Figura 4-14: Diagrama Cascalho-Areia-Lama contendo todas as testemunhagens

4.5.2 RESULTADOS DO LEVANTAMENTO SÍSMICO

Os depósitos sedimentares superficiais da lagoa são compostos por sedimentos lamosos, sendo que alguns indícios de ocorrência de areia já podem ser observados dentro da própria lagoa, próximo da confluência da lagoa com o canal.

O espessamento tanto da US3, camada nefelóide, quanto da US2, sugerem a presença de um depocentro (região com maior espessura de sedimentos) de sedimentos lamosos na porção SE da lagoa.

O fato de o gás estar trapeado numa determinada profundidade, no caso em torno da cota de -4 m, indica a existência de uma interface impermeável, possivelmente o contato entre uma camada arenosa, sotoposta a uma lamosa. Não pode ser descartada a possibilidade de que essa camada se estenda além dos limites mapeados. No canal foram mapeadas apenas feições e ecocaráter relacionados a depósitos arenosos.

O refletor sísmico interno ao pacote arenoso, parcialmente observado em alguns perfis utilizando fonte Chirp de LFC, representa o limite de detecção dos sinais acústicos ao longo do canal. No entanto, a comparação dos perfis sísmicos com os boletins das sondagens SPT,

mostram a existência de espessos pacotes de areia, sugere que a espessura mapeada a partir desse refletor possa ser considerada como a espessura mínima do pacote arenoso ao longo do canal. Por exemplo, no SP-10 foram encontradas camadas intercaladas de areias fina a grossa com fragmentos de conchas até a profundidade de 11,20 m.

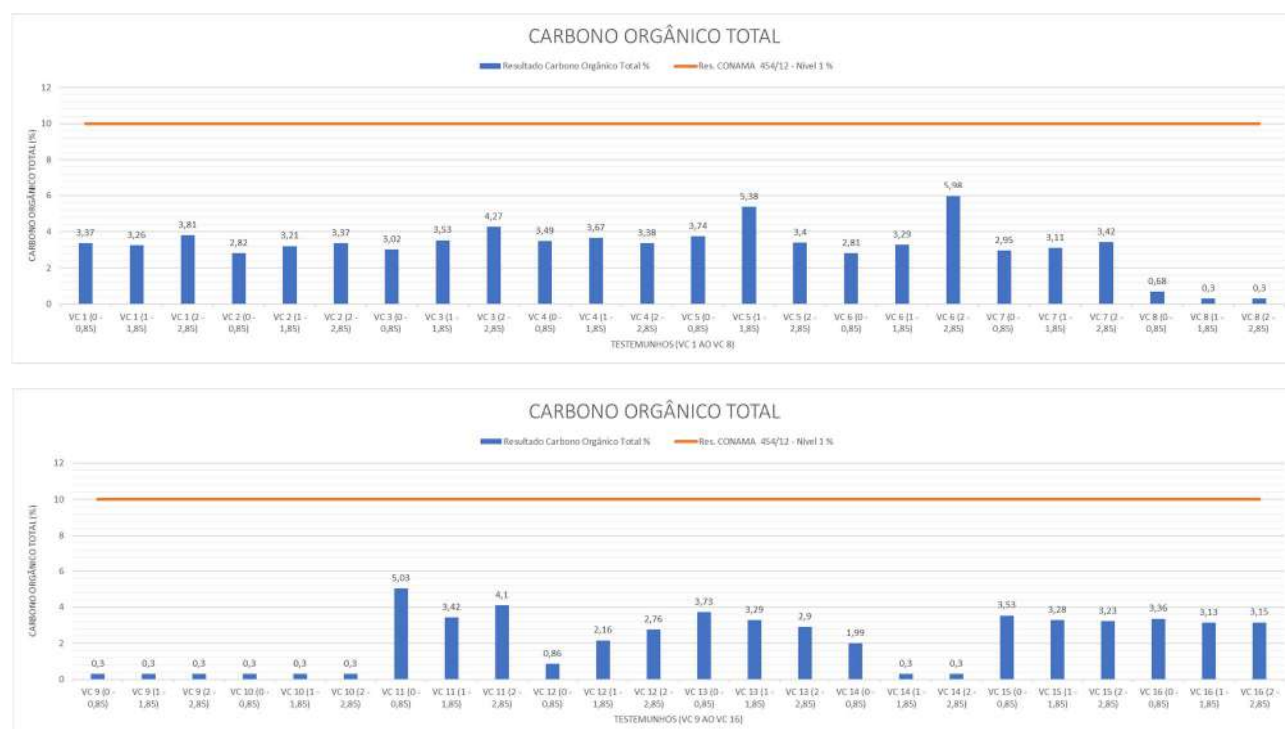
4.5.3 RESULTADOS DOS ENSAIOS QUÍMICOS E DE QUALIDADE

A fim de um melhor entendimento quanto aos resultados, fez-se uma análise gráfica a partir dos resultados obtidos nos ensaios químicos fornecidos pela SGS do Brasil à TPF Engenharia.

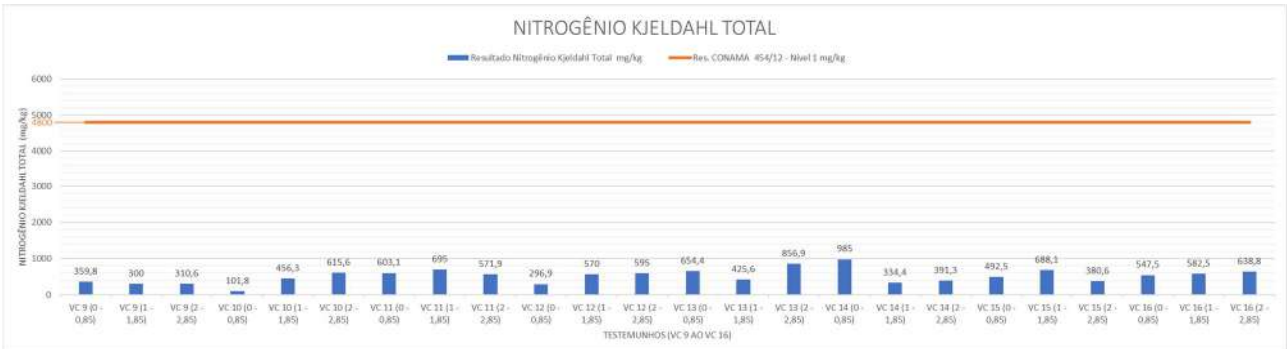
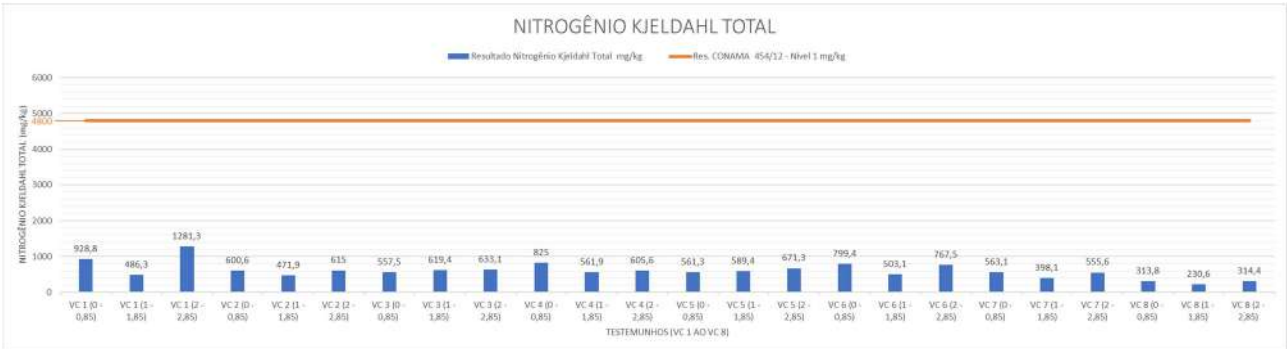
Ressalta-se que a avaliação do grau de contaminação dos sedimentos da Lagoa Mundaú, localizada no estado de Alagoas, foi determinada a partir de análises físico-químicas. No que diz respeito à poluição ambiental, foram adotados os níveis de referência da Resolução do CONAMA N° 454/2012.

Os parâmetros citados referem-se àqueles presentes na Resolução do CONAMA N° 454/12, e assim, para uma melhor interpretação escolheu-se aqueles que forneceram resultados conclusivos, isto é, os que apresentaram valores superiores ao Limite de Quantificação estabelecido pelo laboratório.

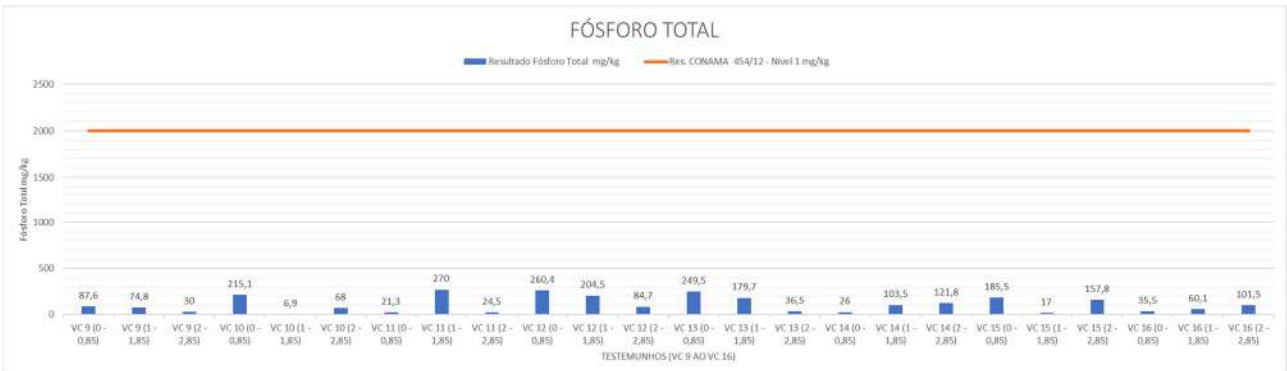
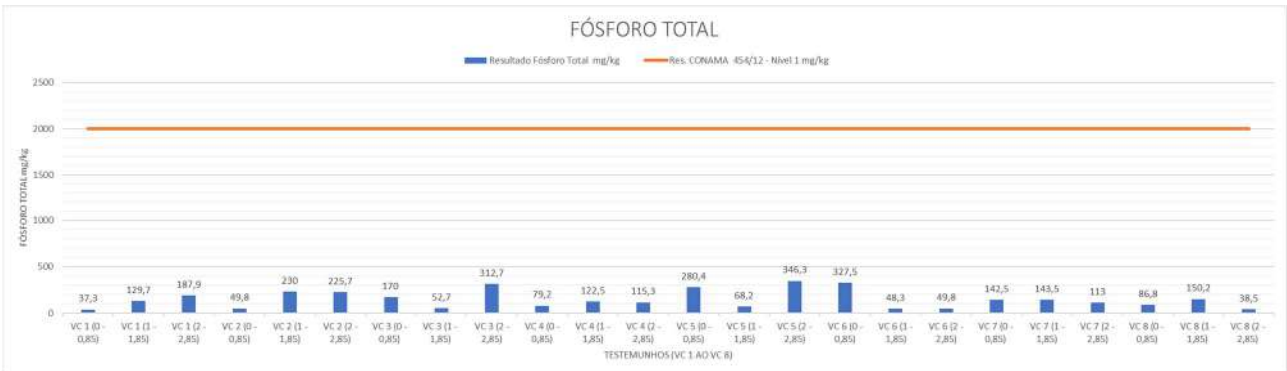
- **Carbono Orgânico Total: Limite de Quantificação (LQ): 0,3%**



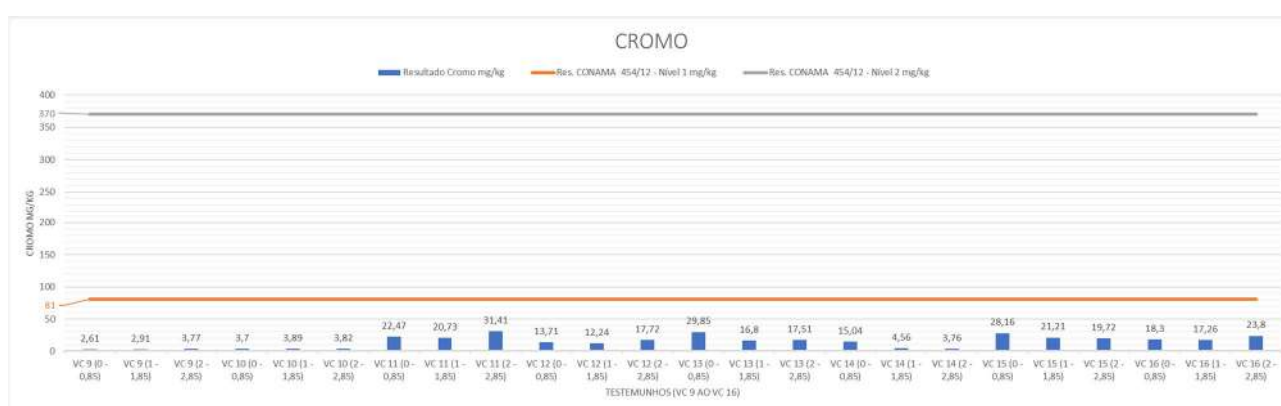
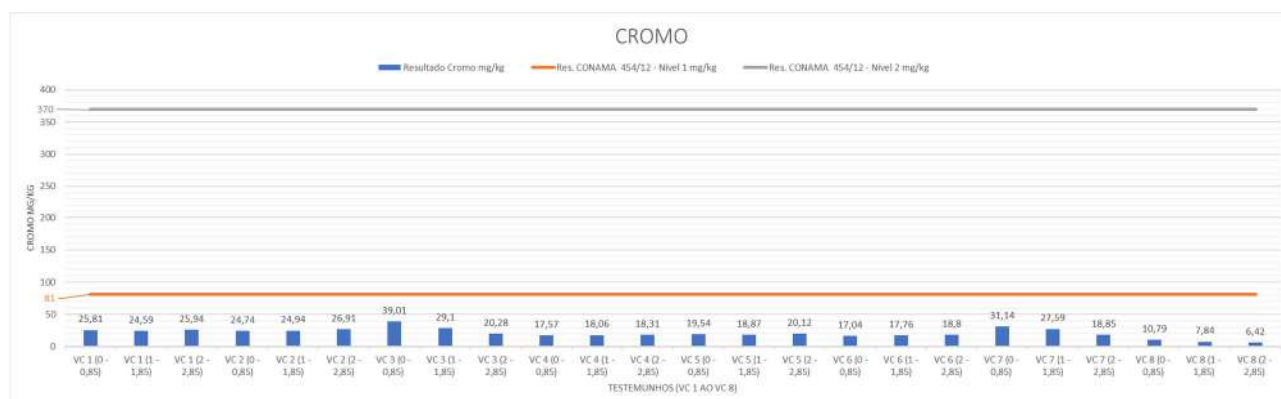
- **Nitrogênio Kjeldahl Total: Limite de Quantificação (LQ): 12,5 mg/kg**



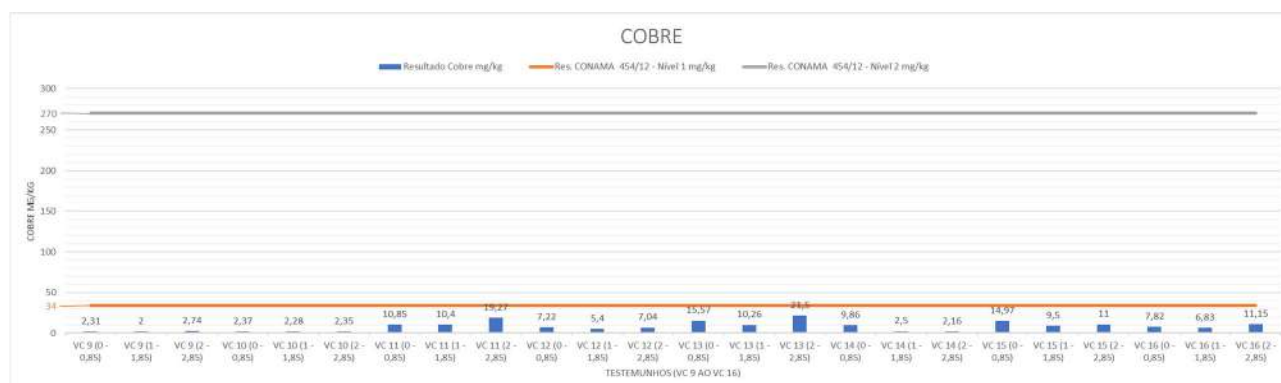
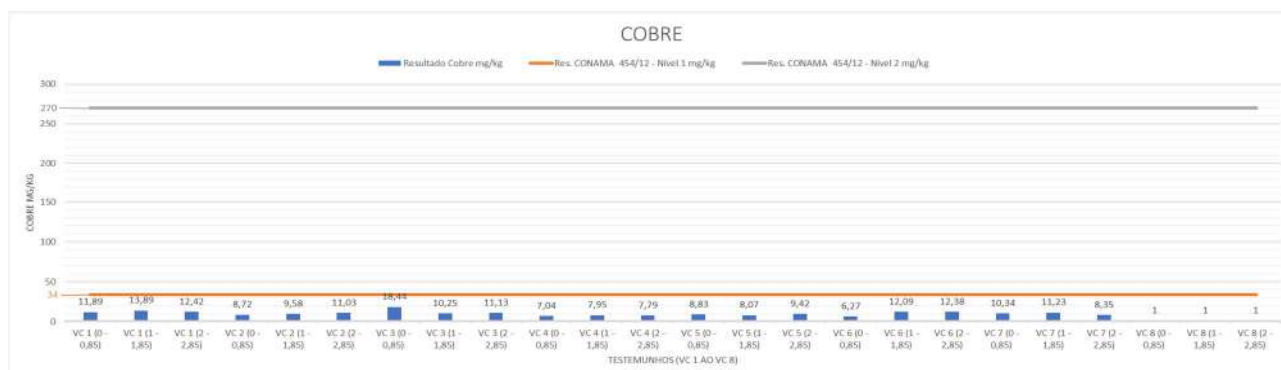
• **Fósforo Total: Limite de Quantificação (LQ): 5 mg/kg**



• **Cromo: Limite de Quantificação (LQ): 2 mg/kg**



• **Cobre: Limite de Quantificação (LQ): 1 mg/kg**



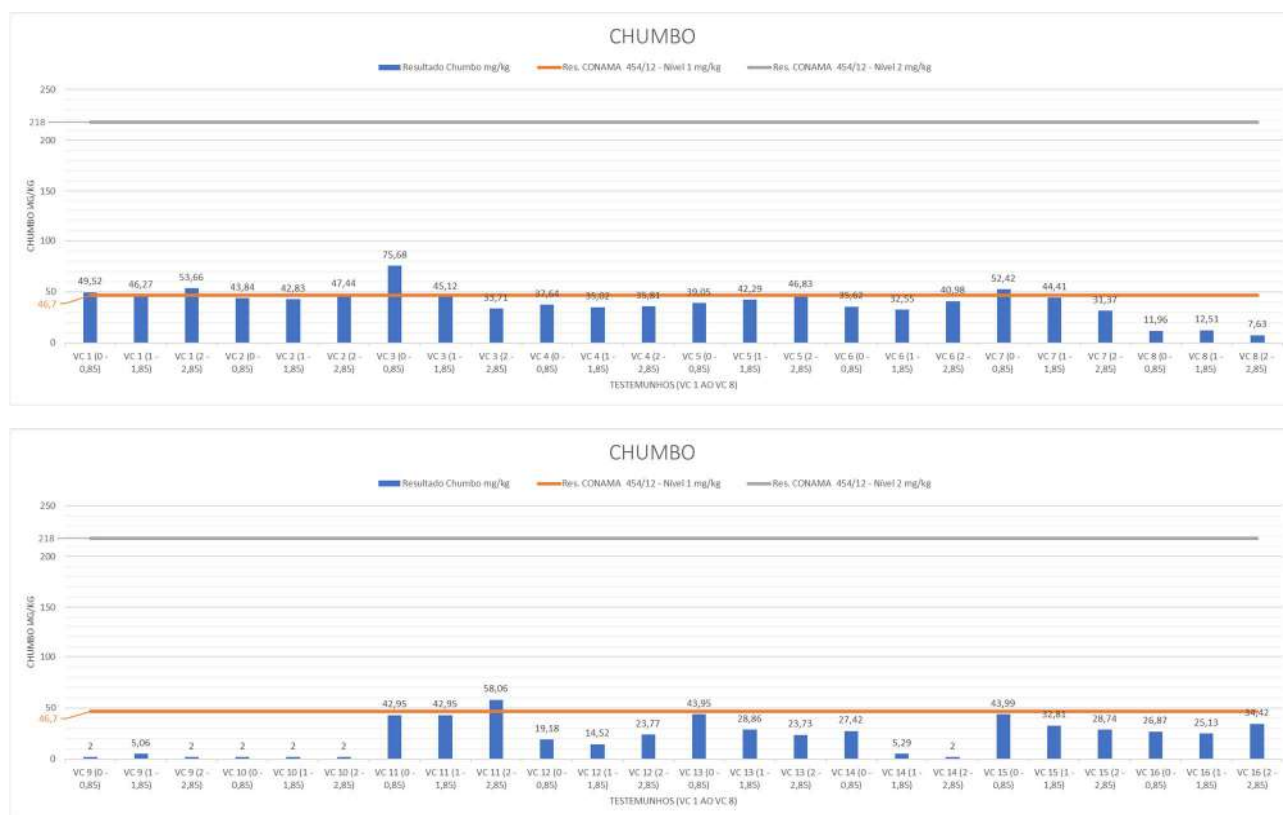
• **Níquel: Limite de Quantificação (LQ): 1 mg/kg**



• **Zinco: Limite de Quantificação (LQ): 2 mg/kg**



- **Chumbo: Limite de Quantificação (LQ): 1 mg/kg;**



Foi identificado que os ensaios de contaminação por chumbo quantificaram concentrações superiores ao nível 1 estipulado pela resolução CONAMA 454/12 nas seguintes amostras de sedimentos:

- VC-1 (0-0,85);
- VC-1 (2-2,85);
- VC-2 (2-2,85);
- VC-3 (0-0,85);
- VC-5 (2-2,85);
- VC-7 (0-0,85);
- VC-11 (2-2,85).

Os teores de chumbo presentes nas amostras da testemunhagem estão devidamente representados nos mapas a seguir (Figura 4-15, Figura 4-16 e Figura 4-17):

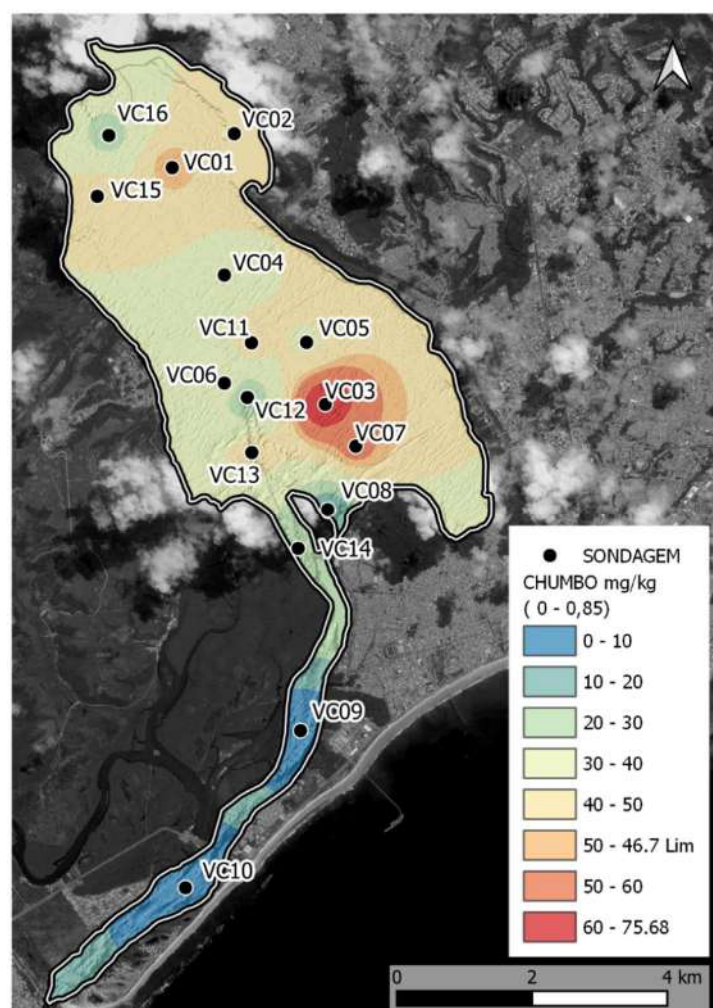


Figura 4-15: Testemunhos com profundidade 0-0,85 que apresentaram resultados acima do Nível 1 (46,7 mg/kg) do CONAMA Nº 454/12.

Fonte: TPF Engenharia (2022)

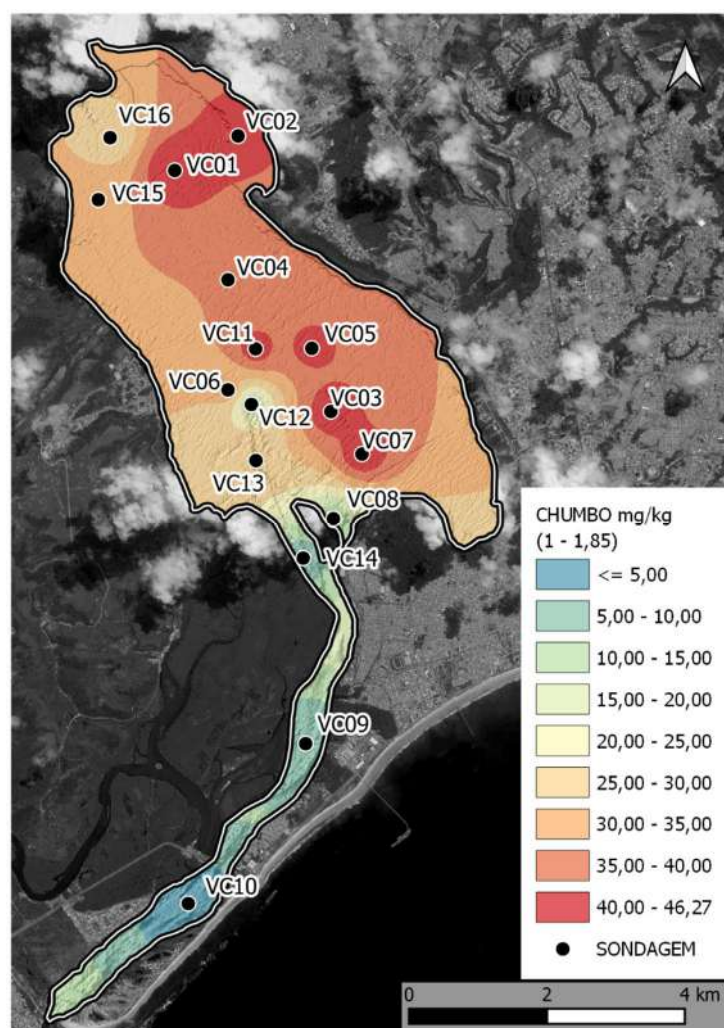


Figura 4-16: Testemunhos com profundidade de 1-1,85 que apresentaram resultados acima do Nível 1 (46,7 mg/kg) do CONAMA Nº 454/12.

Fonte: TPF Engenharia (2022)

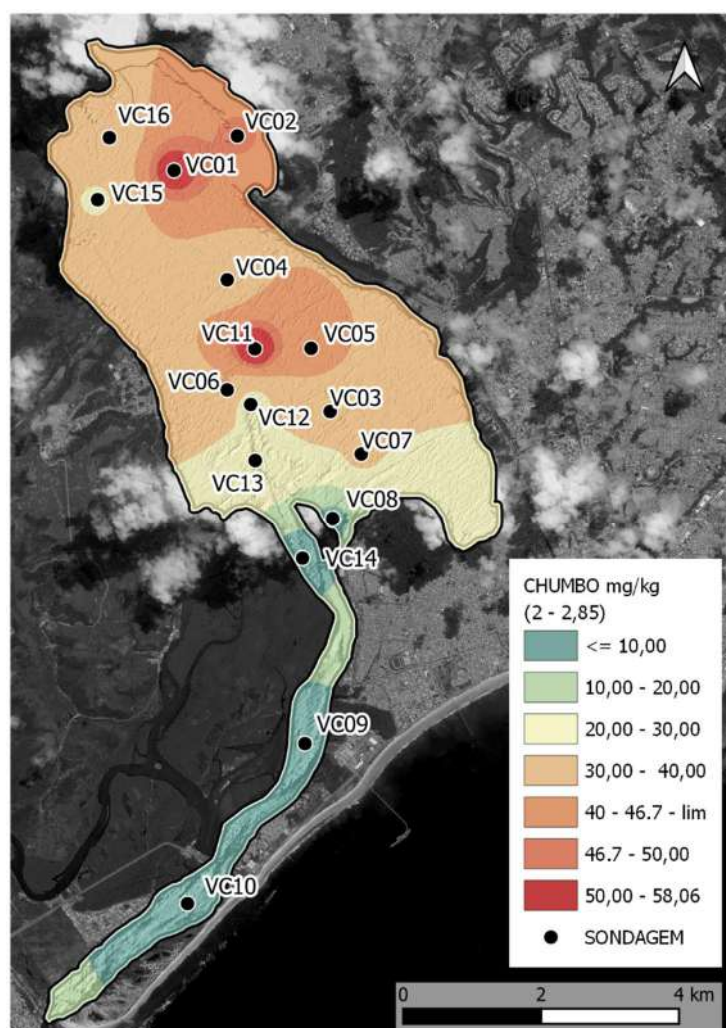


Figura 4-17: Testemunhos com profundidade de 2-2,85 que apresentaram resultados acima do Nível 1 (46,7 mg/kg) do CONAMA Nº 454/12.

Fonte: TPF Engenharia (2022)

Alguns outros parâmetros apresentaram resultados abaixo do Limite de Detecção estabelecidos pelo laboratório, sendo esse o caso do Dieldrin, Alpha-BHC, Beta-BHC, Delta-BHC e Gama-HCH (Lindano). Assim, conclui-se a ausência desses elementos ou valor irrisório nas amostras.

As alterações na dinâmica da lagoa causadas pela intensa ocupação e exploração humana provocam uma redução nos níveis de energia do sistema e mudanças nas condições físico-químicas, alterações recentes podem ter contribuído para o aumento da concentração de chumbo (Pb) no ambiente.

Durante a visita técnica foi constatada a presença, em diversos pontos ao redor da lagoa, de resíduos sólidos de composição diversa, entre eles: plástico, isopor, papel, cascas de mariscos, animais mortos, resíduos domiciliares, borracha, vidro, entre outros.



Figura 4-18: Registro fotográfico da presença de resíduos sólidos na margem da Lagoa Mundaú - AL.

Fonte: TPF Engenharia, 2022

5 ESTUDOS HIDROLÓGICOS/HIDRODINÂMICOS

5.1 ESTUDOS HIDROLÓGICOS

5.1.1 CARACTERIZAÇÃO PLUVIOMÉTRICA

Salgueiro (2005, p. 15) define pluviometria como sendo uma parcela dos estudos hidrológicos em que aborda a caracterização de grandezas, dimensões ou valores de um evento de precipitação ocorrido em uma área. A ausência de detalhamento dos dados pluviométricos de uma região pode ocasionar problemas socioambientais, os quais poderiam ser evitados, tais como secas, enchentes, erosões e danos a obras de engenharia em desenvolvimento. Assim, dados pluviométricos apresentam relevância, devendo apresentar qualidade e densidade significativa, além de atender parâmetros estatísticos e geoestatísticos satisfatórios, e, assim, existindo recomendações para o alcance dos melhores valores.

A partir disso, foram desenvolvidos estudos da série histórica de precipitação a partir da análise estatística dos dados fornecidos pelas estações pluviométricas presentes na região de influência da bacia hidrográfica do Rio Mundaú. Com os resultados provenientes destes dados, objetiva-se estruturar um embasamento que auxilie nos estudos de viabilidade de eventual dragagem da Lagoa Mundaú e utilização do material no enchimento das frentes de lavra

5.1.1.1 Levantamento de Dados Pluviométricos

Foram analisados postos pluviométricos da ANA e da APAC, para obtenção de dados pluviométricos, disponibilizados através da plataforma digital HIDROWEB (ANA, 2021) e os dispostos na própria página da APAC (APAC, 2021), respectivamente. Para seleção da estação pluviométrica a ser utilizada na análise, foram consideradas estações que apresentaram disponibilidade de dados de aproximadamente 30 anos (1991 a 2020) e com o mínimo quantitativo de falhas, apresentando um maior nível de precisão.

A Tabela 5-1 lista os postos pluviométricos que se encontram dentro dos parâmetros selecionados.

Tabela 5-1: Estações Pluviométricas utilizadas para o diagnóstico da Bacia Hidrográfica do Rio Mundaú - BHRM.

Código	Município	Bacia	Estado	Responsável/ Operadora	Intervalo de dados
935056	RIO LARGO	3 - ATLÂNTICO, TRECHO NORTE/NORDESTE	AL	ANA/CPRM	08/89 - 01/21
935012	MURICI	3 - ATLÂNTICO, TRECHO NORTE/NORDESTE	AL	ANA/CPRM	01/63 - 01/21
936113	UNIÃO DOS PALMARES	3 - ATLÂNTICO, TRECHO NORTE/NORDESTE	AL	ANA/CPRM	10/90 - 01/21
936112	SÃO JOSÉ DA LAJE	3 - ATLÂNTICO, TRECHO NORTE/NORDESTE	AL	ANA/CPRM	10/90 - 01/21
936114	SANTANA DO MUNDAÚ	3 - ATLÂNTICO, TRECHO NORTE/NORDESTE	AL	ANA/CPRM	10/90 - 01/21
22	CORRENTES	3 - ATLÂNTICO, TRECHO NORTE/NORDESTE	PE	APAC/-	01/60 - 12/20

Fonte: TPF Engenharia (2021).

Para garantir melhor precisão nos dados trabalhados foi necessário aplicar uma metodologia de preenchimento de falhas, visto que em uma estação podem ocorrer períodos sem informações ou falhas durante sua medição, provocadas por problemas com as estações ou com o operador do posto.

Dessa forma, visando a realização do preenchimento de falhas de medição nas estações de pluviometria, foram empregadas as seguintes metodologias desenvolvidas e recomendadas por Bertoni e Tucci (2000): Ponderação Regional, Regressão Linear Simples e Múltipla, Ponderação Regional com Regressão e Vetor Regional.

Com os dados pluviométricos mensais e anuais, foi verificada a homogeneidade e estacionariedade das séries históricas selecionadas. A fim de realizar os testes de tendência, foi empregado o software gratuito “TREND” (CRC, 2005). Este software disponibiliza para o usuário um conjunto de doze testes estatísticos utilizados para detecção de tendências de uma série de dados, abordando as metodologias de: Mann-Kendall, Spearman’s Rho, Linear Regression, Cusum, Cumulative deviation, Worsley likelihood, Rank Sum, Student’s t, Median Crossing, Turning Point, Rank Difference e Auto Correlation. Um maior detalhamento referente às metodologias aplicadas e ao software empregado pode ser visualizado em CHIEW (2005).

Após a correção das falhas pluviométricas verificadas e dos testes de estacionariedade, foi possível analisar a série histórica pluviométrica de maneira individual e coletiva, obtendo assim uma visão específica e geral da evolução dos níveis de precipitação na bacia hidrográfica do Mundaú, a qual possui ligação direta com a Lagoa do Mundaú, objeto de estudo do presente trabalho.

5.1.1.2 Caracterização Pluviométrica

A análise Pluviométrica da Bacia do Mundaú se deu a partir do estudo individual das precipitações aferidas pelas estações pluviométricas localizadas dentro da área da bacia. Conforme demonstrado na Tabela 5-1, foram identificados 6 postos pluviométricos com medições representativas e com o baixo quantitativo de falhas para um intervalo de tempo entre 1991 e 2020, sob responsabilidade da ANA e da APAC.

Visando facilitar a detecção de tendências nas séries de precipitação ao longo destes 30 anos, foram elaboradas representações gráficas das médias móveis em períodos de 10 anos.

Na Figura 5-2 e Figura 5-3 é possível observar, respectivamente, uma comparação entre a precipitação acumulada anual entre todas as estações analisadas e a comparação entre as médias móveis em um período de 10 anos de cada estação pluviométrica. Também foi avaliado o comportamento dos dados de precipitação ao longo dos meses, de modo a compreender quais meses os índices pluviométricos são mais elevados. Para tal, foi necessário calcular a média aritmética mensal de cada estação para a série histórica analisada e, dessa forma, obter o comportamento médio mensal englobando toda a BHRM. Os resultados obtidos através deste processo podem ser visualizados na Figura 5-1.

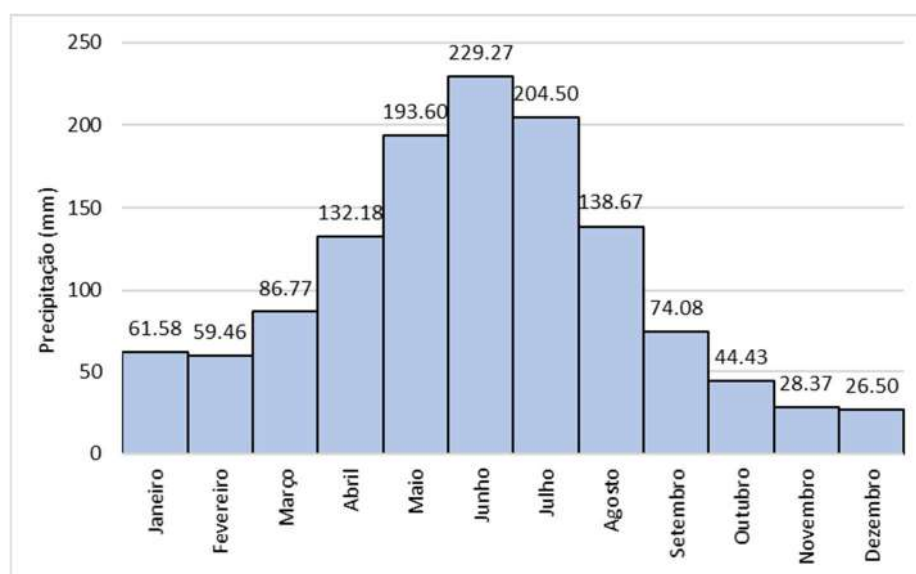


Figura 5-1: Precipitação Média mensal na Bacia hidrográfica do Rio Mundaú.

Fonte: TPF Engenharia (2021).

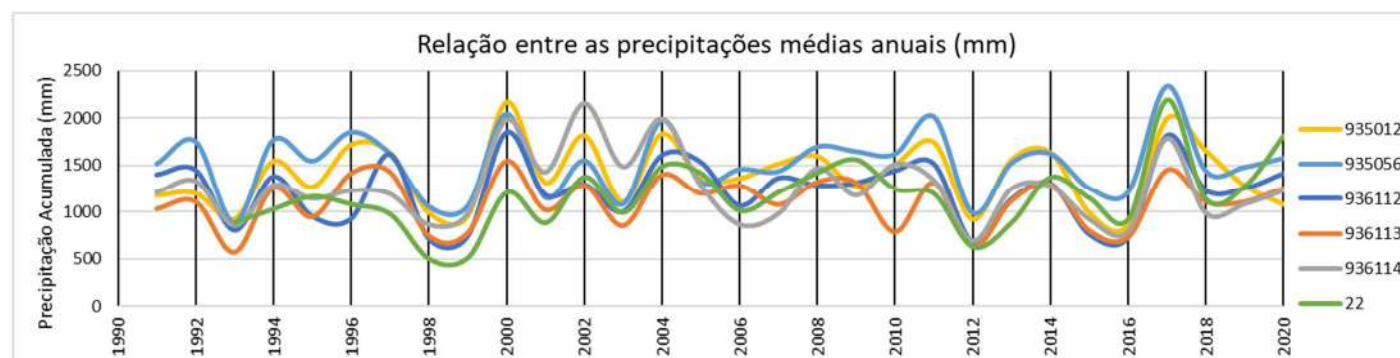


Figura 5-2: Comparação entre as séries históricas de todas as estações pluviométricas analisadas.

Fonte: TPF Engenharia (2021).

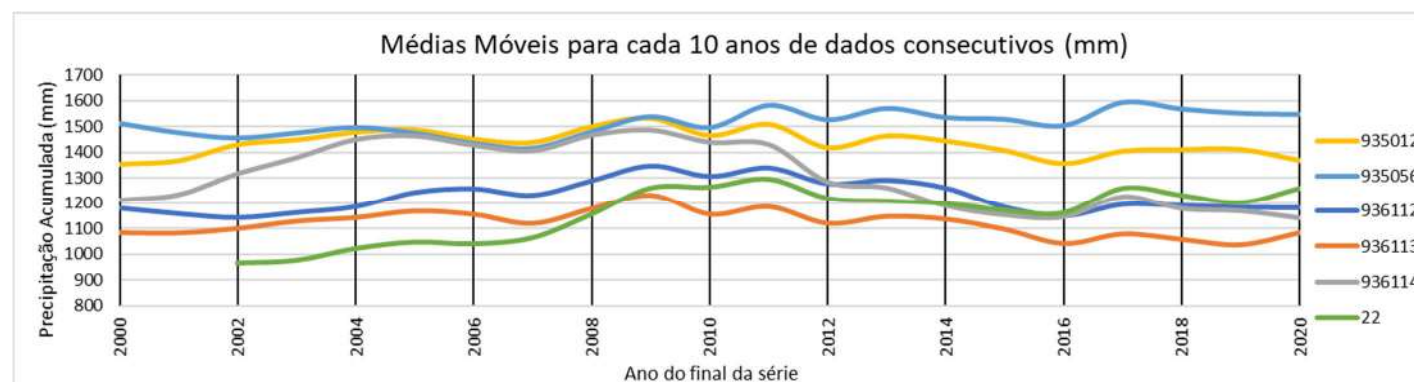


Figura 5-3: Série de médias móveis com janela de 10 anos de dados consecutivos de precipitação acumulada para o período entre 1900 e 2020.

Fonte: TPF Engenharia (2021).

Na Figura 5-2, é possível perceber uma leve variação nas curvas das médias móveis pluviométricas dos anos de 2000 e 2020, com exceção da estação pluviométrica Santana do Mundaú (936114) e Correntes (22), em que se observa maior alteração no comportamento de seus dados. Também é possível destacar os maiores valores encontrados de médias móveis de precipitação acumulada, que evidenciam a Fazenda Boa Fortuna (935056), em seguida pela Murici Ponte (935012) e Santana do Mundaú (936114), como pode ser observado na Figura 5-3.

Os períodos em que foram observados os maiores quantitativos pluviométricos se deram nos anos de 2000, 2014 e 2017, onde foram registradas uma média pluviométrica de 1.802, 1.718,8 e 1.933 mm, respectivamente. No ano de 2017 foi registrado um total precipitado de 2.343 mm pela estação pluviométrica Fazenda Boa Fortuna (935056). Já para o ano de 2000, o maior valor de precipitação total registrado, deu-se na Estação Pluviométrica Murici Ponte (935012), a qual registrou um valor de aproximadamente 2.166 mm de chuvas. Esses altos quantitativos pluviométricos estão diretamente relacionados com o histórico de cheias ocorridas no estado de Alagoas.

A estação de monitoramento pluviométrico Fazenda Boa Fortuna (935056) possui destaque devido a sua maior proximidade em relação à lagoa Mundaú. Esta estação apresenta uma média de precipitação mensal e anual de, respectivamente, 126,63 mm/mês e 1.519,58 mm/ano. Como já mencionado anteriormente, os anos com maiores taxas de precipitação obtidos através deste posto pluviométrico foram em 2017, com 2.342,6 mm/ano, 2000, com 2.048 mm/ano, e 2011, com 2.017,8 mm/ano. Por outro lado, os anos que se destacam pelos menores valores de precipitação anual foram 1993, com 886,5 mm e 2012, com 992,1 mm.

Quanto à distribuição mensal das precipitações, foi verificado que os maiores índices pluviométricos estão concentrados nos meses de maio a julho, momento no qual a precipitação alcança valores superiores a 190 mm. Em contrapartida, os últimos 3 meses do ano, de outubro a dezembro, podem ser observadas os menores valores médios de precipitação, como apresentado na Figura 4-3.

Fica claro, portanto, que a precipitação acumulada média anual registrada na bacia hidrográfica do Rio Mundaú corresponde a cerca de 1.279 mm, se distribuindo de maneira alternada ao longo do ano, de modo que os meses entre maio e julho apresentam

precipitações superiores a 190 mm ao mês, enquanto os meses entre outubro e fevereiro possuem taxas inferiores a 65 mm ao mês.

5.1.2 CARACTERIZAÇÃO FLUVIOMÉTRICA

Foi realizada uma análise estatística das séries históricas de vazão registradas pelas estações fluviométricas localizadas na zona de influência da bacia hidrográfica do Rio Mundaú, visando identificar os níveis médios de vazão presentes na região, assim como avaliar a presença ou ausência de tendência de mudanças destes dados ao longo dos anos.

5.1.2.1 Levantamento de Dados Fluviométricos

Os dados históricos fluviométricos obtidos e trabalhados foram derivados de estações fluviométricas instaladas e monitoradas pela ANA e operadas pela CPRM, as quais estão disponíveis para consulta pública através da plataforma HIDROWEB (ANA, 2021). Foram selecionadas as estações com uma base de dados de pelo menos 30 anos (1991 – 2020) e com o mínimo de falhas de leituras, permitindo uma boa representação fluviométrica da área.

Dessa maneira foi apresentada, na Tabela 5-2, a lista dos postos fluviométricos que se encontraram dentro das exigências apresentadas e, por este motivo, foram selecionados para o desenvolvimento deste estudo.

Tabela 5-2: Estações Fluviométricas utilizadas para o diagnóstico da BHRM.

Código	Município	Bacia	Rio	Estado	Responsável/ Operadora	Área de Drenagem (km²)	Intervalo de dados
39770000	RIO LARGO	3 - ATLÂNTICO, TRECHO NORTE/NORDESTE	RIO MUNDAÚ	AL	ANA/CPRM	3.560,00	01/74 - 01/21
39760000	MURICI	3 - ATLÂNTICO, TRECHO NORTE/NORDESTE	RIO MUNDAÚ	AL	ANA/CPRM	3.290,00	12/65 - 01/21
39740000	UNIÃO DOS PALMARES	3 - ATLÂNTICO, TRECHO NORTE/NORDESTE	RIO MUNDAÚ	AL	ANA/CPRM	2.900,00	10/90 - 01/21
39720000	SÃO JOSÉ DA LAJE	3 - ATLÂNTICO, TRECHO NORTE/NORDESTE	RIO CARURU	AL	ANA/CPRM	1.170,00	10/90 - 01/21
39700000	SANTANA DO MUNDAÚ	3 - ATLÂNTICO, TRECHO NORTE/NORDESTE	RIO MUNDAÚ	AL	ANA/CPRM	767,00	08/92 - 01/20

Fonte: TPF Engenharia (2021)

Após a obtenção dos dados e seleção das estações a serem utilizadas, foi realizado o preenchimento das falhas mensais encontradas a partir dos métodos estabelecido por TUCCI (2001) de Regressão Linear Simples e Múltipla, Ponderação Regional com regressão, Ponderação Regional e Vetor Regional. O valor final utilizado para preencher as falhas existente em cada posto é equivalente à média entre os valores corrigidos resultantes dos métodos aqui citados.

Com base nos testes de hipóteses definidos, foram elaborados gráficos de monitoramento das vazões mensais e anuais referentes à série histórica de cada estação fluviométrica selecionada, além da análise das médias móveis de vazão, considerando um intervalo de 10 anos. Dessa forma, este item apresenta o conjunto de informações analisadas no âmbito de vazões na BHRM, englobando resultados individuais e gerais das estações para melhor fundamentação teórica envolvendo o estudo da lagoa.

5.1.2.2 Caracterização Fluviométrica

A caracterização fluviométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Mundaú foi realizada através da análise das estações de monitoramento localizadas na área de influência da bacia, apresentadas na Tabela 5-2. Vale ressaltar que, para seleção destes postos, foi considerada a existência de uma série histórica de 30 anos (1991 – 2020) e um baixo percentual de falhas de medição.

A partir dos valores diários de vazão obtidos através das estações fluviométricas, elaborou-se uma série de dados mensais e anuais com finalidade de realizar uma análise periódica das vazões médias em cada trecho da bacia hidrográfica do Rio Mundaú. Dessa forma, na Figura 5-4 apresenta-se uma comparação entre as séries históricas de todas as estações fluviométricas analisadas, enquanto a Figura 5-5 comporta a média móvel de um período de 10 anos, com a finalidade de observar as alterações e tendências de aumento ou decréscimo das vazões com o avançar dos anos.

Também foi analisado o comportamento mensal da vazão, com a finalidade de compreender os períodos que exercem maior e menor percentual de fluxo hídrico em toda a bacia estudada. Para atender essa demanda, foi feito o cálculo médio mensal de cada estação para a série histórica analisada e, dessa forma, obteve-se o dado englobando toda a região da bacia. Os resultados obtidos através desse processo podem ser visualizados na Figura 5-6.

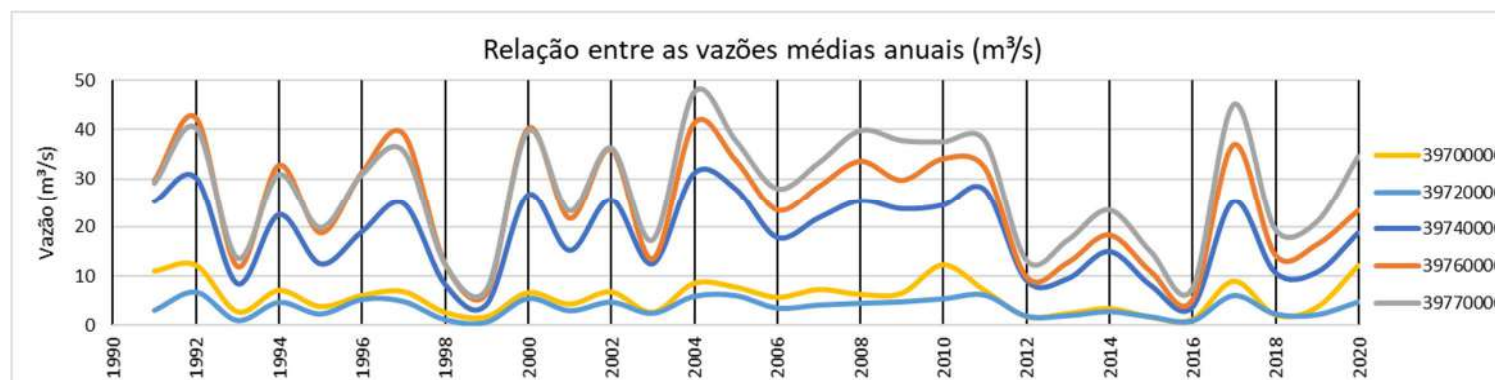


Figura 5-4: Comparação entre as séries históricas de todas as estações fluviométricas analisadas.

Fonte: TPF Engenharia (2021).

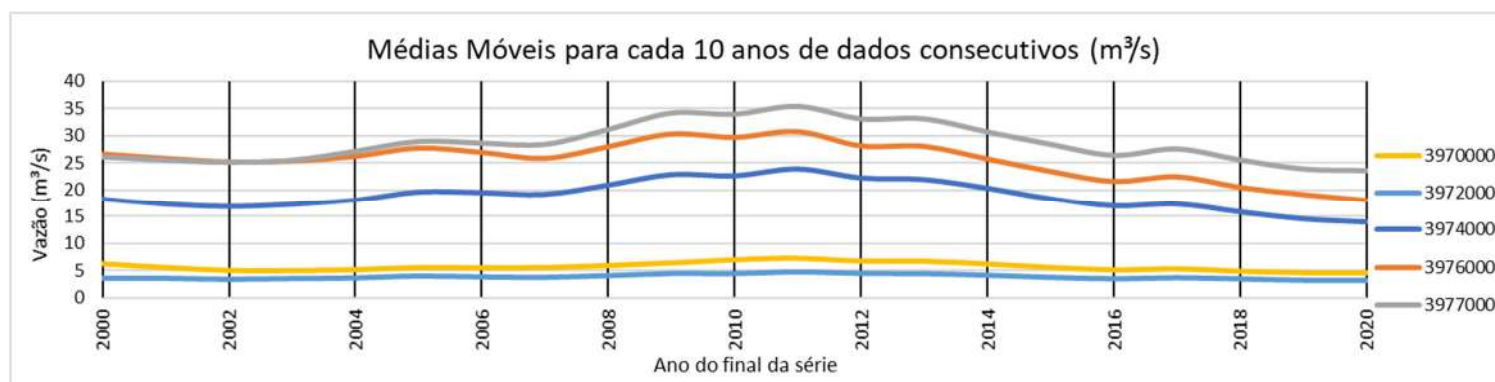


Figura 5-5: Série de médias móveis com janela de 10 anos de dados consecutivos de vazão média para o período entre 1900 e 2020.

Fonte: TPF Engenharia (2021).

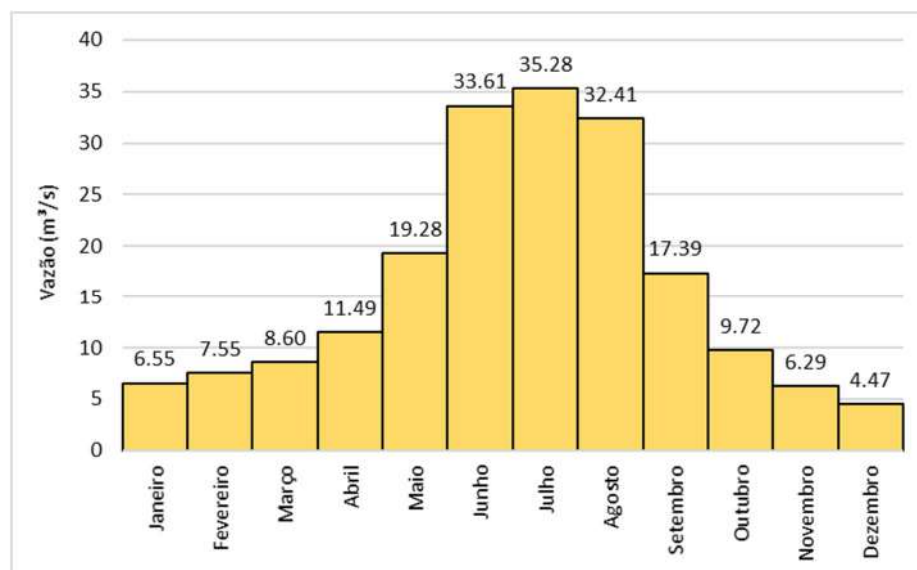


Figura 5-6: Vazão Média mensal na Bacia Hidrográfica do Rio Mundaú.

Fonte: TPF Engenharia (2021).

O maior valor médio anual de vazão, considerando os dados provenientes de todas as estações fluviométricas ocorreu no ano de 2004, onde foi identificada uma vazão de 26,89 m³/s, seguido por 1993, com 26,39 m³/s e 2017, com 24,48 m³/s. Estes resultados se mostram proporcionais com os obtidos na caracterização pluviométrica, de modo que os anos com maiores níveis de precipitação se mostram similares com os anos com maiores vazões.

Por outro lado, os anos de 2016 e 1999 apresentaram os menores valores médios de vazão, com 3,72 m³/s em 2016 e 4,14 m³/s em 1999. Em ambos os anos, a estação fluviométrica São José da Laje (39720000) se destaca devido a sua vazão média anual registrada inferior a 1 m³/s em ambos os anos. Como pode ser observado na Figura 5-4, os postos de São José da Laje (39720000) e Santana do Mundaú (39700000) foram as estações com menores medições de vazão, apresentando, em toda a série histórica analisada, médias anuais inferiores a 13 m³/s.

A estação fluviométrica Fazenda Boa Fortuna (39770000) se destaca por apresentar a maior média de vazão para o período de análise, com 27,78 m³/s por ano. Além desta, as estações Murici Ponte (39760000) e União dos Palmares (39740000) apresentam médias anuais de vazão de 24,73 e 18,18 m³/s, respectivamente. Já as estações Santana do Mundaú (39700000) e São José da Laje (39720000) apresentam as menores vazões, com, respectivamente, 5,84 e 3,73 m³/s.

Como pode ser observado na Figura 5-5, a qual traz as médias móveis de vazão em um período de 10 anos, entre 2007 e 2014 houve uma variação positiva na curva de vazão que pode ser relacionada com a cheias que ocorreram na bacia hidrográfica do Rio Mundaú, em 2010, acarretando diversos prejuízos socioambientais para o estado de Alagoas. Na Figura 5-6, observa-se a variação das vazões ao longo do ano. Suas maiores médias mensais se concentram entre os meses de julho e agosto, os quais apresentam vazões superiores a 30 m³/s. Dessa forma, pode-se destacar que os meses com maiores vazões coincidem com os meses de maiores taxas de precipitação, demonstrando que os dois parâmetros hidrológicos estão diretamente relacionados.

Entende-se, ainda, que a vazão média anual registrada na bacia hidrográfica do Rio Mundaú corresponde a cerca de 16,05 m³/s, contudo, essa média se mostra pouco representativa devido a grande diferença nos valores médios de vazão em cada estação. A estação São José da Laje (39720000), por exemplo, apresenta uma vazão média anual de 3,73 m³/s, enquanto a estação mais próxima da Lagoa Mundaú, Fazenda Boa Fortuna (39770000), possui uma vazão média anual de 27,78 m³/s. Diante o exposto, fica claro que conhecer a distribuição das vazões ao longo da bacia Hidrográfica do Rio Mundaú é indispensável para o planejamento e dimensionamento de obras hidráulicas, assim como para prever e evitar as ocorrências de eventos extremos na região.

5.1.3 ANÁLISE E CARACTERIZAÇÃO DOS SEDIMENTOS

Produção de sedimentos pode ser descrita como a quantidade de partículas erodidas que são transportadas pelo curso hídrico, podendo ocorrer devido a fatores antrópicos ou naturais, ocasionando o processo de sedimentação e, a depender, provocando fenômenos como o assoreamento.

Com o objetivo de caracterizar a lagoa do Mundaú quanto aos seus aspectos sedimentológicos, foi realizada análises das séries de dados temporais dos sedimentos, tomando como base estações de monitoramento que trabalham com a quantificação dessa variável. Os dados existentes permitem visualizar o comportamento das concentrações ao longo do tempo na localização estudada, auxiliando na definição das particularidades da lagoa.

5.1.3.1 Levantamento de Dados Sedimentares

Os dados históricos sedimentométricos obtidos e analisados estão disponibilizados para consulta pública através da plataforma HIDROWEB (ANA, 2021). Estes dados são mensurados e armazenados através das estações fluviométricas gerenciadas pela ANA e

operadas pela CPRM, conforme discutido durante o tópico 5.1.2. Vale ressaltar que, além das séries históricas de vazões, estas estações também disponibilizam informações referentes a concentração de materiais suspensos, cotas, curvas de carga, perfis transversais e qualidade hídrica.

Após o levantamento das estações fluviométricas presentes na BHRM, foi verificada que somente a estação Fazenda Boa Fortuna (39770000), localizada no município do Rio Largo, apresentava informações referentes à quantificação dos sedimentos da sua área de influência. Dessa forma, a Tabela 5-3 apresenta com mais detalhes informações da estação sedimentométrica empregada neste estudo. Contudo, vale ressaltar que os dados derivados desta estação e utilizados no presente estudo possuem nível de consistência 1, ou seja, são dados brutos, não consistidos. As informações trabalhadas se encontram no formato de concentração em mg/l com sua série temporal de dados abrangendo o período de março de 1981 a agosto de 2019. De modo geral, verificou-se na BHRM uma baixa quantidade de postos que realizam medições de sedimentos, de modo que, juntamente com a falta de dados diários e os altos intervalos entre as medições, impossibilita uma análise mais detalhada e precisa da geração de sedimentos ao longo de toda a área da bacia.

Tabela 5-3: Estação com medições de sedimentos utilizada para o diagnóstico da BHRM.

Código	Município	Bacia		Rio	Unidade da Federação
39770000	RIO LARGO	3 - ATLÂNTICO, TRECHO NORTE/NORDESTE		RIO MUNDAÚ	AL
Responsável	Operadora	Área de Drenagem (km²)	Intervalo de dados	Latitude	Longitude
ANA	CPRM	3,560.00	03/81 – 08/19	-9.47	-35.86

Fonte: TPF Engenharia 2021.

A partir dos dados brutos provenientes da Estação Fazenda Boa Fortuna (39770000), foi analisada a série histórica da variação de concentração do material suspenso, a fim de realizar uma comparação dos casos de maior concentração de sedimentos em suspensão registrados na série, com as medições pluviométricas e fluviométricas registradas para o mesmo período, visando obter uma relação entre os parâmetros abordados. Também foi realizada uma análise de distribuição com os dados, relacionando a concentração do material em suspensão com a vazão diária registrada pela estação no mesmo dia do registro

sedimentométrico. Dessa forma, torna-se possível observar a relação entre o fluxo de descarga líquida e a concentração de material em suspensão no curso hídrico.

Para o estudo de viabilidade foram utilizados apenas os dias em que se tinham dados registrados na estação adotada para o estudo. Contudo, a falta de registros sedimentométricos sequenciais e periódicos disponibilizados na estação, além do baixo quantitativo de estações presentes na BHRM tornam as análises sedimentométricas da bacia menos precisas, o que pode vir a causar imprecisões nos resultados e impossibilita uma análise da variabilidade mensal do material em suspensão e da descarga sólida, visto que o baixo quantitativo de dados oferecem oportunidade para que casos extremos interfiram significativamente nos resultados finais, podendo ocasionar interpretações equivocadas.

5.1.3.2 Caracterização dos Sedimentos

A partir da obtenção dos dados brutos provenientes da estação Fazenda Boa Fortuna (39770000), recorrentes aos anos entre 1981 e 2019, foi analisada, inicialmente, o comportamento temporal da concentração de material em suspensão ao longo da série histórica disponível, como pode ser observado na Figura 5-7. Já na Figura 5-8, pode ser observado um gráfico de tendência entre os valores medidos de material em suspensão com as vazões diárias registradas no mesmo dia. Esta análise objetivou identificar a existência de uma relação direta ou indireta entre a variação da vazão e a variação das concentrações do material em suspensão.

Além disso, também foi realizado o cálculo da descarga sólida em suspensão em cada dia de medição da série temporal disponibilizada, visando novamente identificar a presença de correlação deste parâmetro com a variação da vazão, demonstrado nas Figura 5-9 e Figura 5-10. Para o cálculo da descarga sólida em suspensão, foi utilizada a metodologia segundo CARVALHO et al. (2000), em seu trabalho Guia de Práticas Sedimentométricas, disponibilizada pela Agência Nacional de Águas e Energia Elétrica – ANEEL.

Destaca-se ainda que não foi possível realizar a análise da variação mensal do material em suspensão e da descarga sólida devido à falta de consistência das medições diárias e mensais registradas na estação.

Na Figura 5-7, verifica-se que os níveis de concentração de sedimentos em suspensão, localizadas na Estação Fazenda Boa Fortuna (39770000), possuem uma média geral de 79,83 mg/l, excedendo valores de 200 mg/l em situações pontuais, como os observados nos anos de 1981, 1985, 1994, 2002, 2004 e 2005.

Um possível motivo que levou à elevada concentração de material em suspensão observado nos dias 03/04/2002 (623,6 mg/l), 09/07/2004 (572,6 mg/l) e 21/06/2005 (273,7 mg/l), pode estar associada à elevada vazão ocorrida nestes períodos, as quais se categorizam por, respectivamente, 142, 160 e 98 m³/s. Vale ressaltar que ocorre um aumento da concentração de sedimentos em suspensão de um curso hídrico quando a velocidade de escoamento do mesmo se eleva, devido a maior turbulência gerada (CARVALHO et al., 2000).

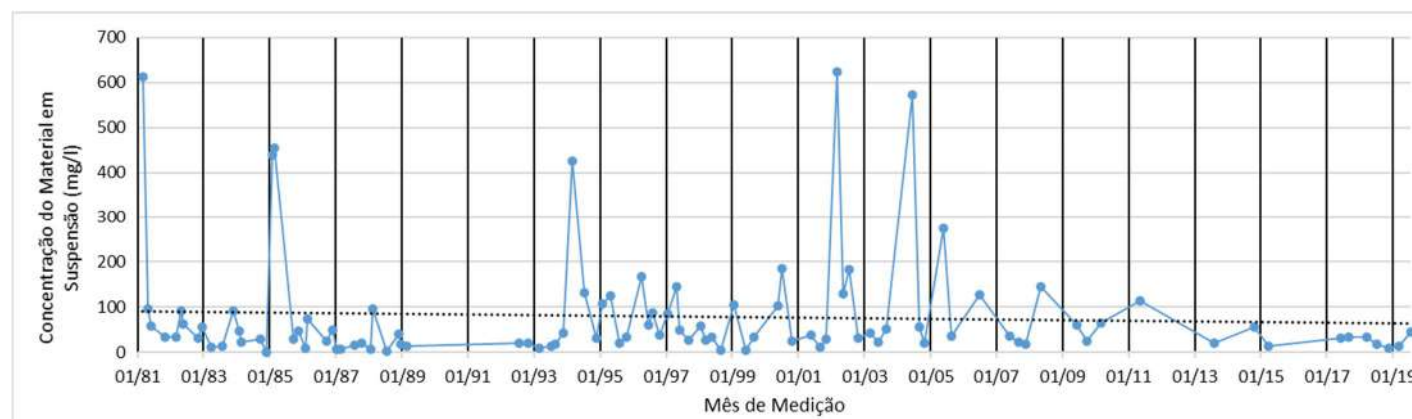


Figura 5-7: Medições de Concentração do material em suspensão da estação sedimentométrica Fazenda Boa Fortuna (3977000).

Fonte: TPF Engenharia (2021).

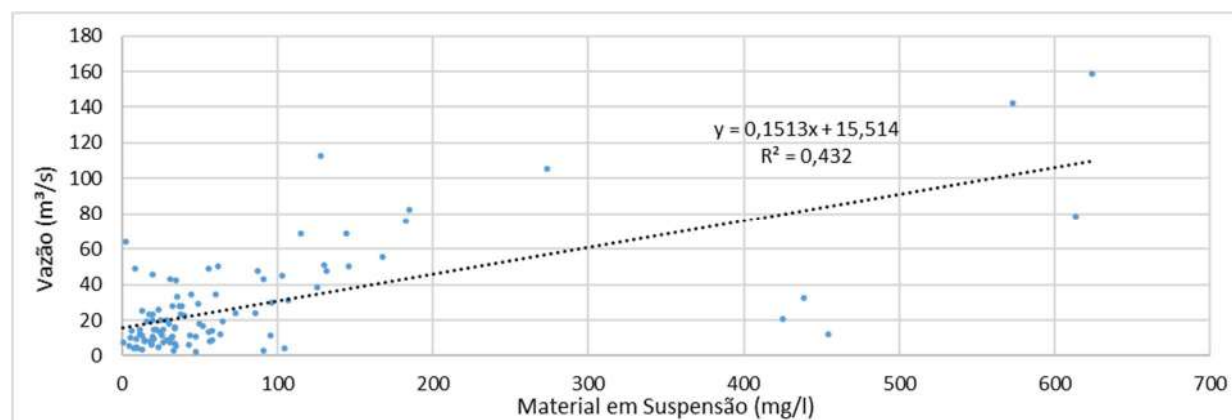


Figura 5-8: Vazão x Material em Suspensão da estação sedimentométrica Fazenda Boa Fortuna (3977000).

Fonte: TPF Engenharia (2021).

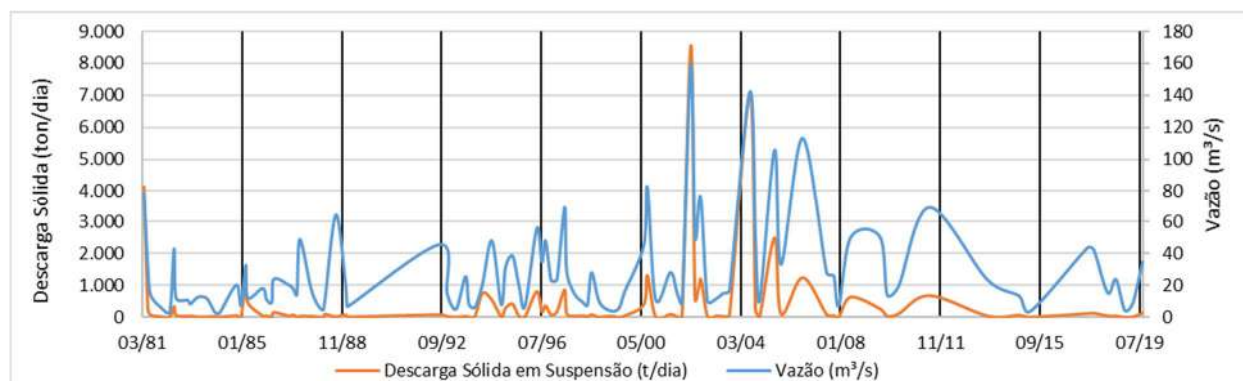


Figura 5-9: Curva comportamental da Descarga sólida (sedimentos) e Descarga líquida (vazão).

Fonte: TPF Engenharia (2021).

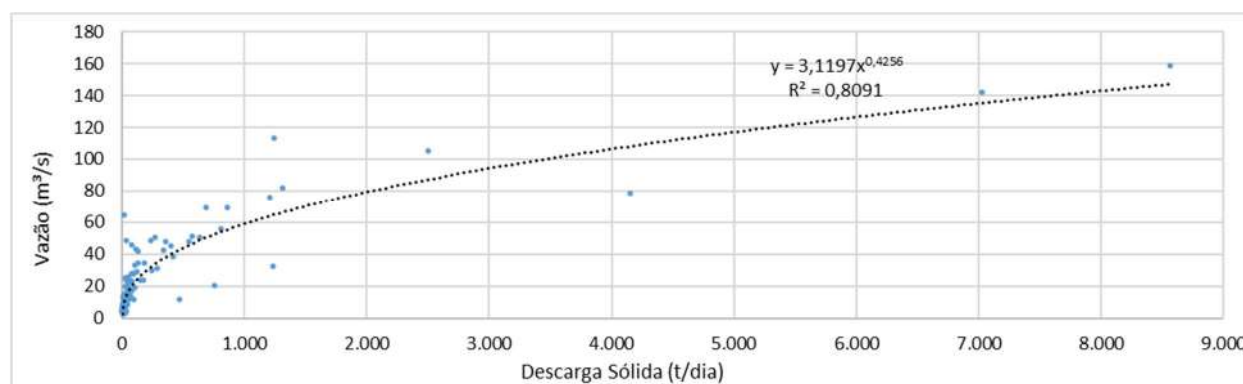


Figura 5-10: Vazão x Descarga Sólida da estação sedimentométrica Fazenda Boa Fortuna (3977000).

Fonte: TPF Engenharia (2021).

No entanto, foi observada uma baixa correlação de significância quando comparada as concentrações de sólidos suspensos com as variações da vazão, caracterizado de forma estatística pelo $R^2 = 0,432$, como demonstrado na Figura 5-8. Destaca-se que, para ser identificada uma correlação significativa, o valor do R^2 deve se aproximar de 1, visto que esta correlação de significância representa o percentual de precisão que a variação da vazão tem em explicar o comportamento da variação da concentração de material suspenso. Essa baixa correlação pode ser evidenciada quando observamos que concentrações de material em suspensão superiores a 400 mg/l ocorrem tanto para vazões superiores a 140 m³/s como para vazões inferiores a 40 m³/s.

Enquanto na Figura 5-9 podem ser observadas as variações entre os dados de vazão e descarga sólida medidos para a estação Fazenda Boa Fortuna (39770000), a Figura 5-10 relaciona a série temporal de vazão com a descarga sólida calculada a partir da metodologia proposta por CARVALHO et al. (2000). Como pode ser observado, a variação da descarga sólida apresenta um comportamento similar à variação da vazão, especialmente no período entre 1992 e 2011, quando são observados a maior densidade de medições sedimentométricas.

Esta correlação entre os parâmetros estudados toma destaque quando observados os dias 03/04/02, 09/07/04, 21/06/05 e 19/07/06, onde são verificados picos de vazão e descarga sólida, os quais alcançam valores de, respectivamente, 159 m³/s e 8567 t/dia em 2002, 142 m³/s e 7025 t/dia em 2004, 106 m³/s e 2497 t/dia em 2005 e 113 m³/s e 1245 t/dia em 2006. Por outro lado, foram observadas reduções nas cargas de vazão e descarga sólida de forma simultânea nos dias 26/06/99, 24/11/04 e 24/04/15, apresentando valores de 5,23 m³/s e 2,17 t/dia em 1999; 10,7 m³/s e 18 t/dia em 2004 e 3,7 m³/s e 4,1 t/dia em 2015, respectivamente.

Esses resultados de compatibilidade entre a descarga sólida e a vazão possivelmente também estão relacionados com a variação dos índices de precipitação ao longo do ano, de modo que os períodos com maiores valores de precipitação acarretam aumento das descargas líquidas, influenciando também na taxa de sedimentos em suspensão e na descarga sólida da bacia.

Dessa forma, em função da correlação observada na Figura 5-9, foram realizados testes de modelos de regressão que conseguissem melhor se ajustar e explicar o comportamento da descarga de sedimentos em função da vazão. O modelo

que apresentou o melhor coeficiente de determinação (R^2) foi o potencial, como pode ser observado na Figura 5-10. O modelo em questão resultou em um $R^2 = 0,8091$, demonstrando uma melhora em relação ao R^2 obtido na correlação entre a vazão e o material em suspensão (0,432). O R^2 obtido através deste modelo de regressão significa que a faixa de vazão apresentada possui a capacidade de explicar com precisão cerca de 80,91% da descarga sólida da BHRM.

Fica claro, portanto, que a concentração de sedimentos em suspensão e a descarga sólida verificada na estação sedimentométrica Fazenda Boa Fortuna (39770000) variam conforme as alterações pluviométricas e os fluxos de vazão no curso hídrico de influência. Assim, nos períodos em que os índices pluviométricos e fluviométricos se elevam, espera-se também um aumento na descarga sólida de sedimentos. Os estudos da caracterização sedimentométrica da região permitem acompanhar e monitorar a ocorrência dos fenômenos de erosão e assoreamento a partir dos materiais carregados pelo fluxo hídrico, auxiliando nos processos de planejamento de obras e gestão hídrica.

5.2 ESTUDO HIDRODINÂMICO

5.2.1 MODELAGEM E ESTUDOS HIDRODINÂMICOS

Foi estabelecida uma série de modelos matemáticos para simular a hidrodinâmica da lagoa e o impacto de três cenários da eventual dragagem no intercâmbio de água entre a lagoa e o mar.

O objetivo do estudo de modelagem hidrodinâmico é avaliar os impactos da eventual dragagem na circulação de água dentro do sistema lagunar de Mundaú e os possíveis impactos nas margens da foz do estuário. A Figura 5-11 apresenta a localização da área do estudo. O estudo inclui os seguintes itens:

- Hidrodinâmica dentro da lagoa e intercâmbio de água com o mar
- Impacto da dragagem na circulação dentro da lagoa
- Dispersão de pluma de dragagem
- Impacto da dragagem na estabilidade das margens na foz

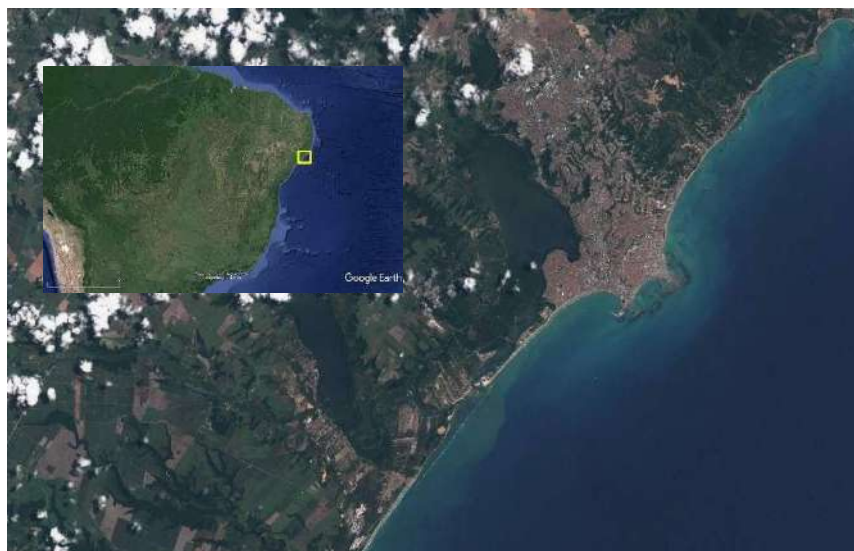


Figura 5-11: Localização da área do estudo.

Fonte: TPF Engenharia (2022)

5.2.2 AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DE CIRCULAÇÃO GERADOS COM A ATIVIDADE DE EVENTUAL DRAGAGEM

Havendo material sedimentar na lagoa, de forma adequada para preencher as cavidades das frentes de lavra, levanta-se questões sobre como extrair este material sem causar impactos ambientais.

Além disso, é importante distinguir entre dois tipos de impacto: 1) Impactos socioambientais diretamente causados pela própria operação de dragagem; e 2) Impactos socioambientais a longo prazo em decorrência de tal atividade.

5.2.2.1 Impactos Diretos Causados Durante o Processo de Dragagem

A remoção do sedimento do fundo pode causar plumas de sedimentos em suspensão que, por sua vez, podem dispersar para longas distâncias antes de se depositarem novamente no leito da lagoa. Sendo assim, a eventual dragagem poderá causar impactos ambientais negativos nas áreas adjacentes ao local de operação da dragagem, situação agravada devido à presença de sedimentos contaminados na região da Lagoa. Portanto, para analisar a dispersão da pluma de sedimentos, foi realizado um estudo de modelagem matemática.

5.2.2.2 Impactos a Longo Prazo

A retirada do sedimento do leito da lagoa não aumentaria o volume de água do mar que entra na lagoa entre as marés baixa e alta (Prisma de maré). Porém, dependendo da posição em que o material seja dragado, a circulação de água dentro da lagoa poderia ser alterada pela dragagem. Em tese a eventual dragagem a ser realizada nos trechos mais estreitos dos canais dentro do sistema lagunar poderia alterar a capacidade da lagoa em descarregar grandes volumes de água doce durante períodos de cheias.

Por outro lado, existe a possibilidade que o aumento da amplitude de maré dentro da lagoa possa ocasionar inundação nos períodos com elevados níveis do mar durante ressacas.

Um outro aspecto a ser considerado é a probabilidade de a eventual dragagem causar, ou amplificar, a erosão costeira nas áreas próximas ao canal na foz. A zona litoral em frente à lagoa é uma área bastante dinâmica e representa um sistema morfodinâmico complexo. Os dois principais fatores que controlam a dinâmica da foz são o intercâmbio de água e sedimento entre a lagoa e o mar e sua movimentação pelas ondas e correntes litorâneas. A eventual dragagem pode causar mudanças nas velocidades e taxas de transporte de sedimentos na entrada da lagoa. Além disso, em princípio, a eventual dragagem retirará material do balanço sedimentar costeiro, por isso, há uma possibilidade que este déficit de sedimento resulte em erosão da linha de costa adjacente à foz.

5.2.3 DADOS METAOCEANÓGRAFOS

Os dados ambientais utilizados no estudo foram obtidos de diferentes fontes e englobam informações de ventos, marés, ondas e batimetria.

5.2.3.1 Dados Batimétricos

Os dados na proximidade da Lagoa foram obtidos através do levantamento realizado pelas empresas SUBGEO – Comércio e Serviços Técnicos Submarinos EIRELI e HM Engenharia Costeira e Portuária – HM em julho/agosto de 2021 e podem ser observados no item 4.1.

5.2.3.2 Níveis de Água

A maré astronômica é o principal fator para os níveis de água e as correntes dentro da Lagoa Mundaú e o mar. O levantamento de níveis e vazões foi realizado pela empresa subcontratada HM Engenharia. O estudo e seus resultados estão apresentados no item 4.1.

5.2.3.3 Ondas

As condições de ondas na fronteira *offshore* do modelo foram especificadas conforme os dados do modelo WAVEWATCH III (WWIII).



Figura 5-12: Local do projeto e posições dos dados de ondas.

Fonte: TPF Engenharia (2022)

Os *inputs* para modelo global WWIII foram os dados provenientes do projeto *Climate Forecast System Reanalysis* (CFSR) do NCEP (*National Center Environment Prediction/NOAA*).

Os dados utilizados nesta análise foram extraídos no ponto da grade do modelo, localizado nas coordenadas 10°S e 35,5°W. Os dados cobriram o período entre 01/01/1979 e 01/01/2019 e fornecem os parâmetros de ondas a intervalos de três horas. A Figura 5-12 mostra o local do projeto e as posições dos dados de ondas. Na Figura 5-13 é apresentada a rosa de ondas na posição *offshore*.

Os dados do WW3 indicam que a altura de as ondas na zona *offshore* tipicamente é entre 1.5m e 2.5m e raramente excedem 3m. As direções prevalentes são SSE e SE. Os dados indicam que não há ondas das direções S-SE-ENE.

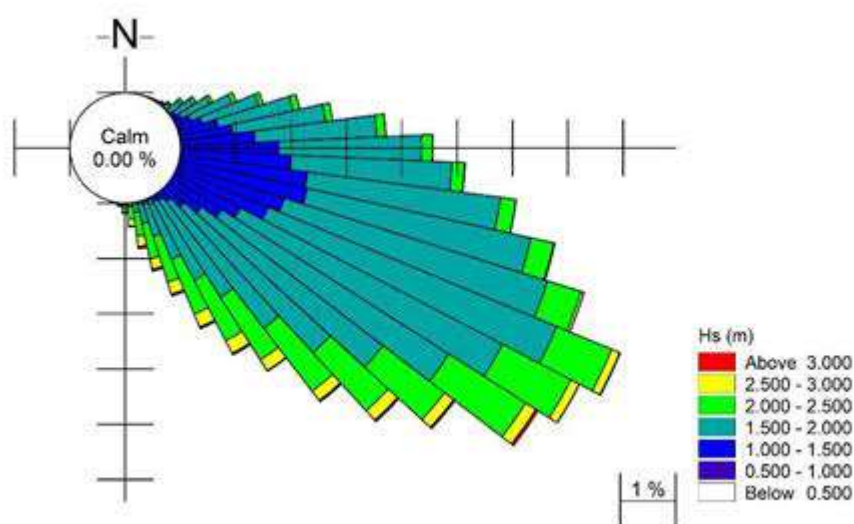
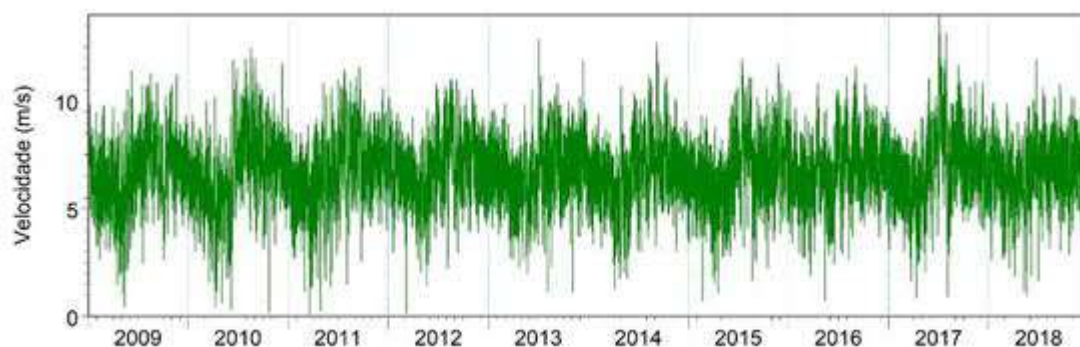


Figura 5-13: Rosa de ondas na zona offshore. Dados provenientes do modelo WWIII para o período de 1979 - 2019, para a localização geográfica: 10° S e 35,5° W.

5.2.3.4 Ventos

Neste estudo foram utilizados os dados da zona *offshore* da CFSR providenciado pelo NCEP, na mesma posição que as ondas de WW3, conforme apresentado na seção anterior. A Figura 5-14 apresenta a variação temporal da velocidade e direção de vento no período de 2009 a 2018.



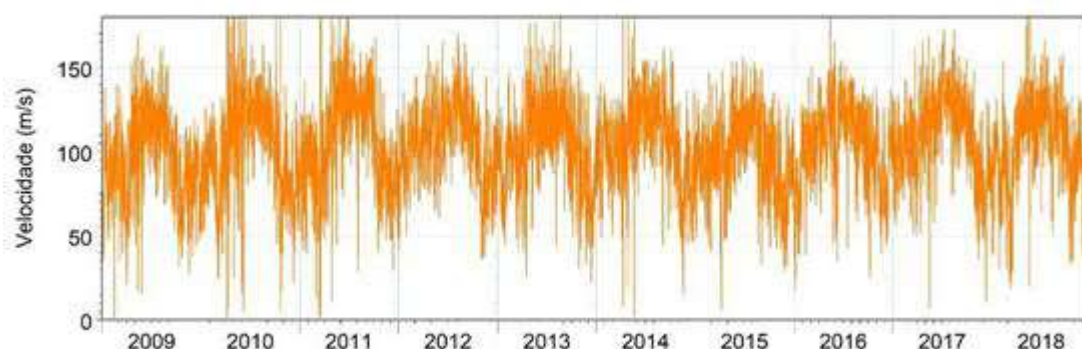


Figura 5-14:Variação temporal de velocidade e direção de vento na zona offshore, período 2009-2018.

Fonte: CF SR

A Figura 5-15 ilustra a rosa de ventos para os dados da WW3 no período entre 1979 e 2019. Os dados indicam que a direção predominante dos ventos é do quadrante leste: NE, E e SE. As velocidades médias mais elevadas vêm de SSE. Ventos do quadrante Oeste quase nunca ocorrem.

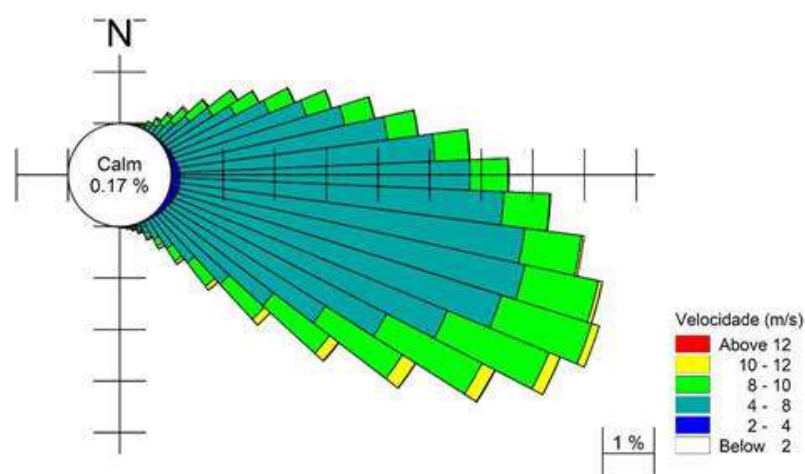


Figura 5-15: Rosa de ventos na área offshore (período 1979-2019).

5.2.3.5 Correntes

Em junho de 2021 a HM Engenharia realizou medições de correntes e vazão em uma seção indicada, o estudo e seus resultados estão apresentados no item 4.1. As medições foram realizadas durante um período de maré de sizígia.

5.2.4 CIRCULAÇÃO HIDRODINÂMICA

Com objetivo de analisar as condições hidrodinâmicas e analisar os impactos de dragagens foi estabelecido um modelo hidrodinâmico com a finalidade de representar o padrão de correntes e níveis de água na lagoa. Para isto, foi utilizado o módulo hidrodinâmico 3D do sistema MIKE 3 HD FM, desenvolvido pelo DHI e amplamente utilizado para a simulação de escoamentos em ambientes estuarinos, costeiros e oceânicos.

5.2.4.1 Abordagem do Modelo

A rede computacional consiste em aproximadamente 35.000 elementos triangulares. A profundidade foi estabelecida com base nos dados batimétricos providenciados pelas empresas mencionadas anteriormente (tópico 5.2.3.1). A batimetria da parte costeira em frente à entrada do canal foi baseada nas cartas náuticas apresentadas na seção 5.2.3.

O modelo é baseado em uma malha flexível, o que permite usar uma alta resolução nas áreas de importância fundamental. Estendendo-se a área do modelo até distâncias mais afastadas da área de interesse, podem-se evitar os indesejáveis efeitos de fronteira. O modelo resolve, no domínio do tempo, as correntes geradas pela ação combinada de maré, escoamento fluvial, ondas e vento.

A resolução vertical do modelo é baseada em uma discretização em camadas com espessuras variáveis. Foram usadas 5 camadas na vertical. Como condição de contorno foi definida a variação do nível do mar na zona *offshore*.

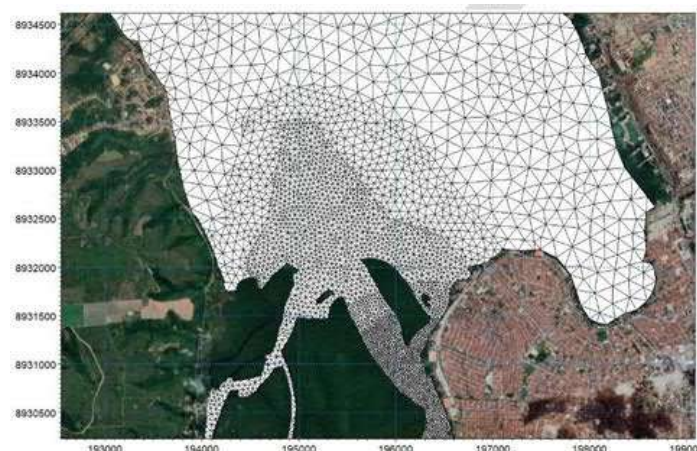


Figura 5-16: Rede computacional – Área Norte.



Figura 5-17: Rede computacional – Área Central.



Figura 5-18: Rede computacional – Área Sul.

5.2.4.2 Calibração do Modelo

O modelo foi calibrado utilizando os níveis de água e vazão medidos pela HM Engenharia. A Figura 5-19 apresenta a comparação entre os níveis medidos e simulados em 3 posições na Lagoa do Mundaú. As localizações das medições são apresentadas na Figura 5-19 (Níveis) e Figura 5-20 (Vazão).

Os resultados mostram que o modelo, mesmo que haja pequenos desvios, é capaz de reproduzir a variação dos níveis e vazão de forma satisfatória.

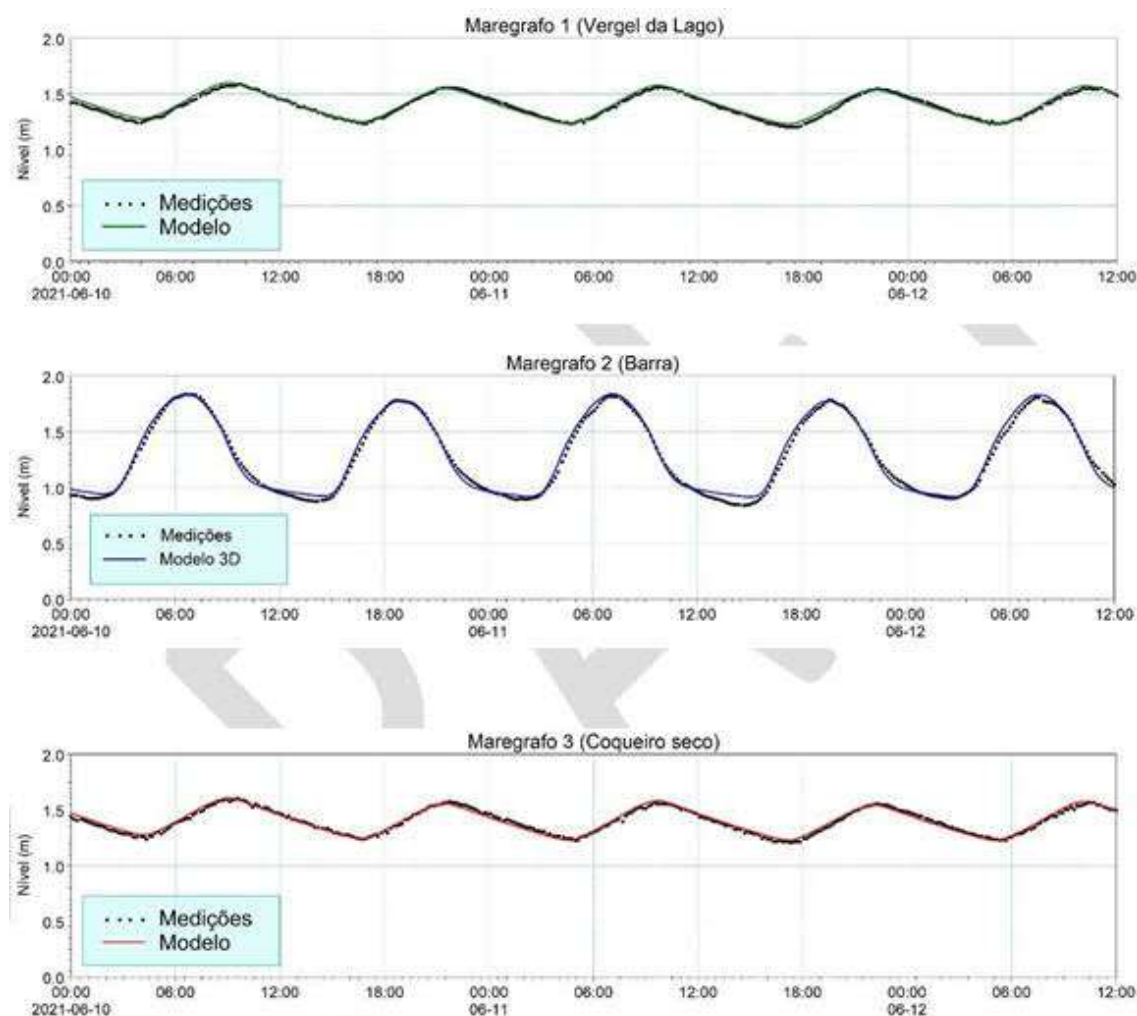


Figura 5-19: Comparação entre os Níveis de água simulados e as medições pela HM Engenharia.

Ressalta-se que as simulações foram realizadas usando dados de batimetria de várias fontes. Não houve informações detalhadas na área da foz e na zona costeira em frente à entrada do canal. Sabe-se que a batimetria na área é bastante dinâmica. As mudanças na batimetria se refletem em variações naturais no nível de água e na vazão dentro da lagoa.

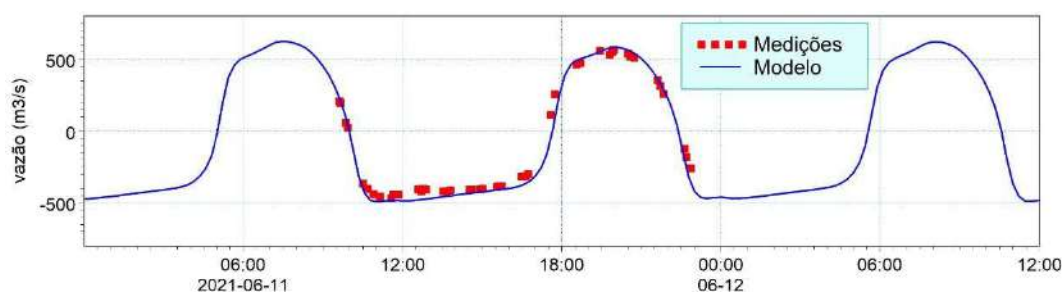


Figura 5-20: Comparação entre a vazão simulada e as medições pela HM Engenharia.

5.2.4.3 Hidrodinâmica da Situação Atual

O modelo foi aplicado para simular níveis de água e correntes para um período de um ciclo de maré (14 dias) para a situação atual. A Figura 5-21 mostra um exemplo de um padrão de correntes na foz da lagoa durante condições de maré vazante. A velocidade máxima é na faixa de 1.8 m/s. O campo de velocidade durante a maré enchente é apresentado na Figura 5-22.

As velocidades na parte central do canal são apresentadas na Figura 5-23 (maré vazante) e Figura 5-24 (maré enchente). As velocidades máximas atingem valores na faixa de 0.8 m/s. Os campos de velocidade na entrada da lagoa são apresentados na Figura 5-25 (maré vazante) e Figura 5-26 (maré enchente). As simulações evidenciam que as velocidades na lagoa geralmente são muito baixas (< 0.05 m/s).

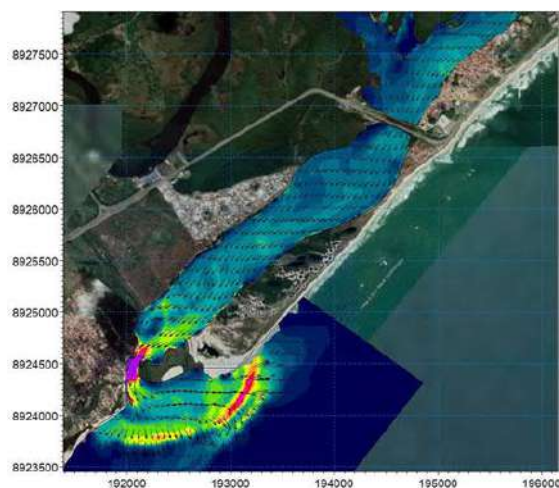


Figura 5-21: Simulação de campo de correntes na área da foz durante a maré vazante.

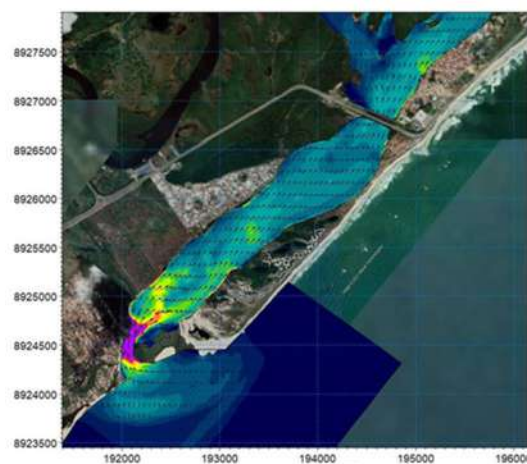


Figura 5-22: Simulação de campo de correntes na área da foz durante a maré Enchente.

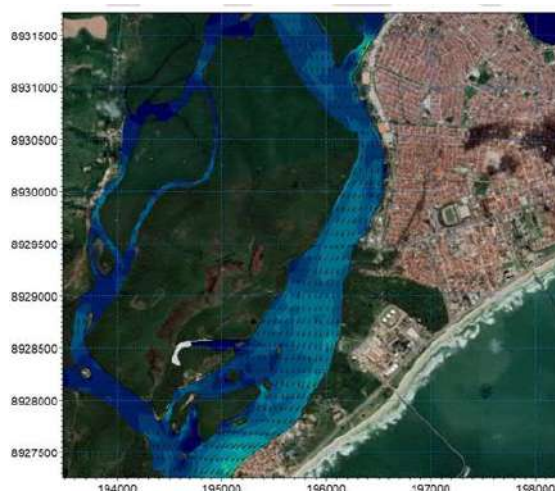


Figura 5-23: Simulação de campo de correntes na parte norte do canal durante a maré vazante.

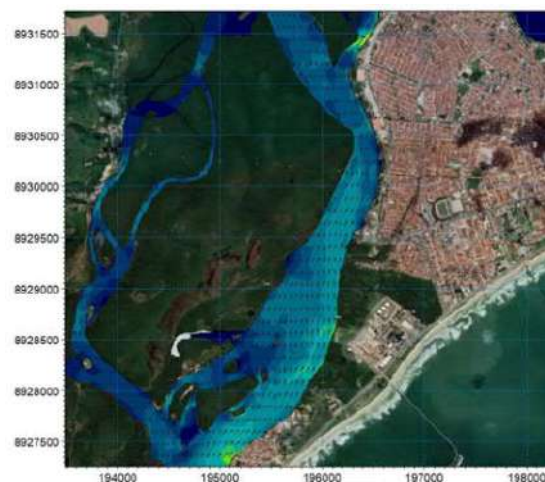


Figura 5-24: Simulação de campo de correntes na parte norte do canal durante a maré enchente.

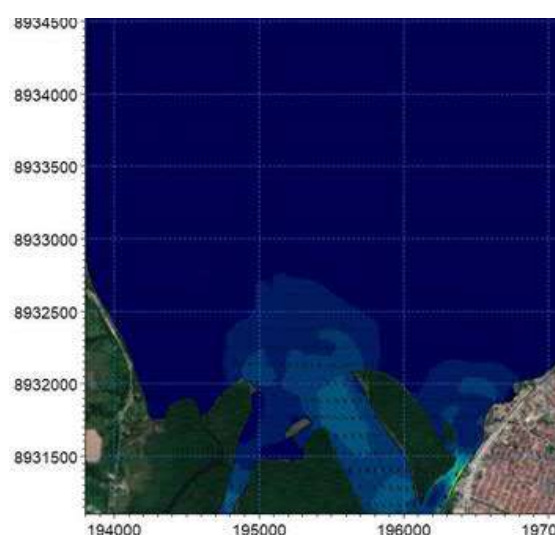


Figura 5-25: Simulação de campo de correntes na parte sul da lagoa durante a maré vazante.

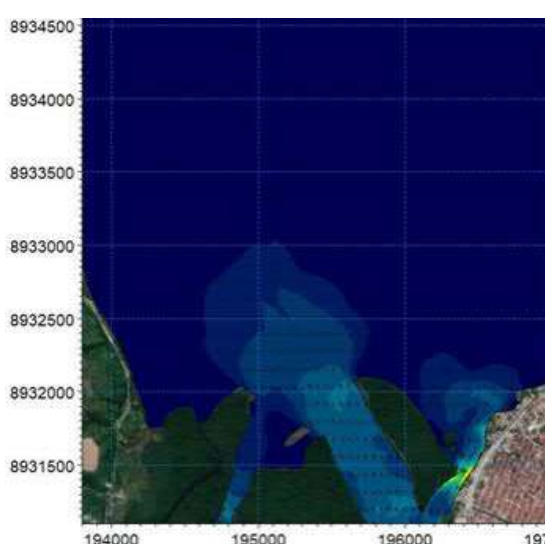


Figura 5-26: Simulação de campo de correntes na parte sul da lagoa durante a maré enchente.

Legenda:

Velocidade (m/s)



5.2.4.4 Hidrodinâmica com Eventual Dragagem

A partir das premissas de projeto e realidade local na lagoa, delimitou-se 03 poligonais para fins de avaliação (adotado conforme caracterização a ser encontrada posteriormente no item 6.3, incluindo metodologia empregada para a definição das áreas) que abrangem regiões distintas a serem analisadas. Os cenários são apresentados na Figura 5-27.



Figura 5-27: Cenários de dragagem avaliados.

Fonte: TPF Engenharia

A área 1 é localizada na parte central do canal com sedimentos nesta localidade apresentando um maior teor de areia. Já a área 2 é posicionada no final do canal, nas proximidades da entrada da lagoa. Nesta região existe uma quantidade relevante de areia, mas significativamente menor que na área 1. Por outro lado, a área 3 (local com maior investigação geotécnica) localizada na região central da lagoa, tem a presença do sedimento lamoso em abundância.

A fim de analisar o impacto da dragagem na hidrodinâmica da lagoa foram realizadas simulações para a situação atual e os três cenários de dragagem apresentados na Figura 5-27. As simulações cobriram um ciclo de maré de aproximadamente 14 dias. A variação do nível do mar durante o período simulado é apresentada na Figura 5-28.

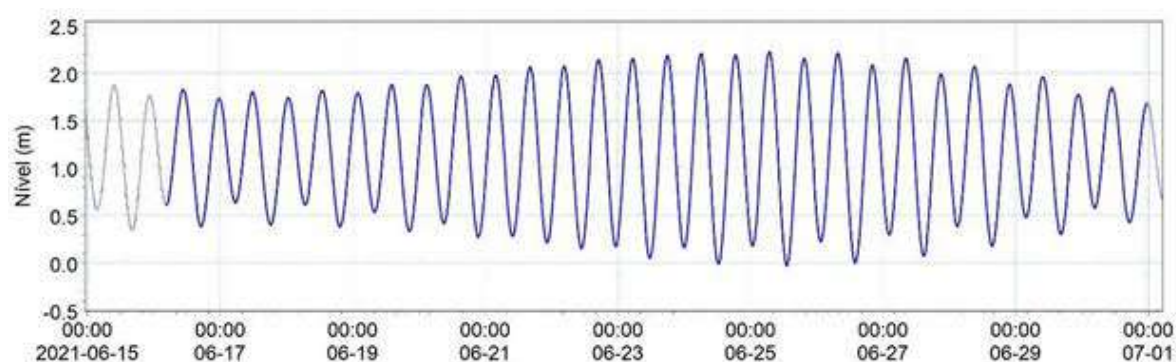


Figura 5-28: Variação do nível do mar durante a simulação.

Os resultados foram extraídos em 3 posições, sendo uma na área da foz, uma na parte central do canal (ponte) e outra na região mais ao centro da lagoa. As posições são apresentadas na Figura 5-29.



Figura 5-29: Localizações dos pontos analisados.

Fonte: TPF Engenharia (2021)

A Figura 5-30 apresenta os níveis de água nas 3 posições para a situação atual e os 3 cenários analisados.

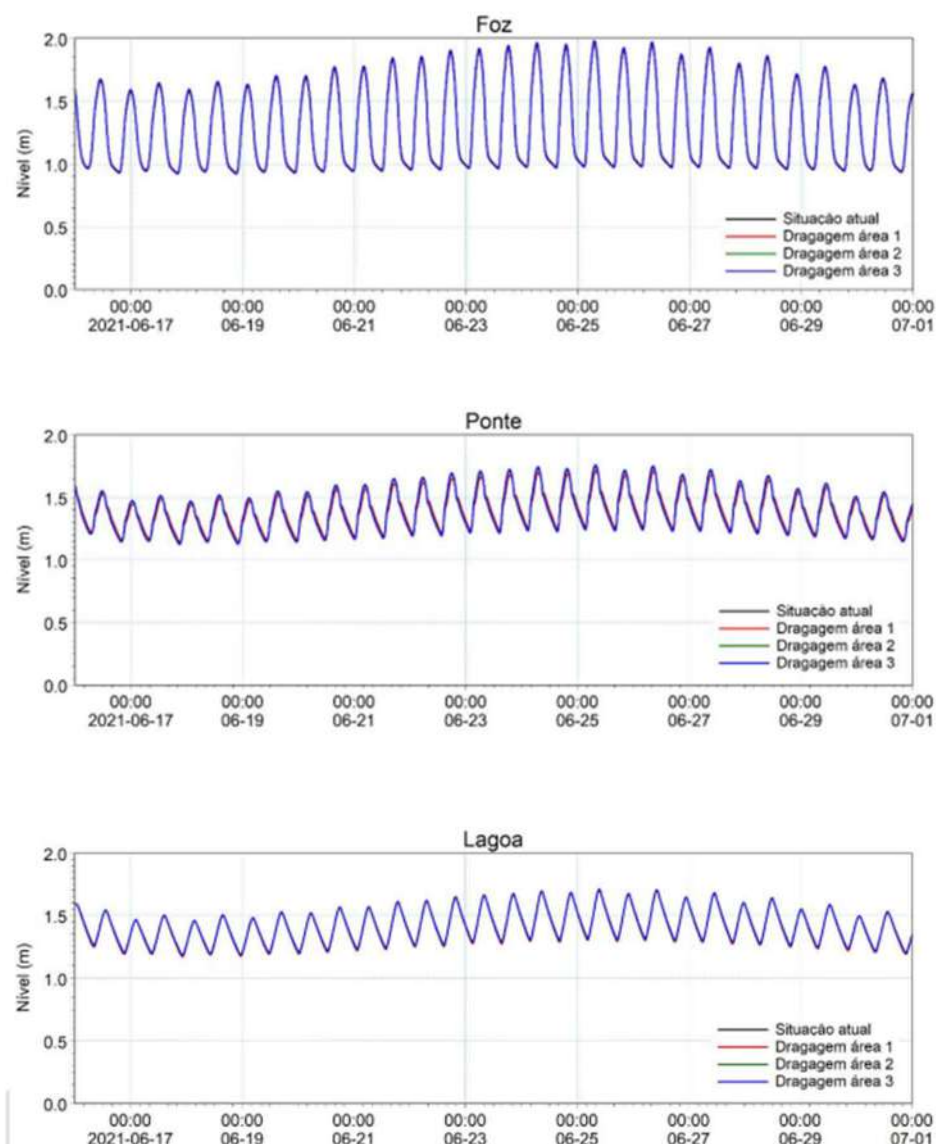


Figura 5-30: Variação do nível de água em três posições durante um ciclo de maré para a situação atual e 3 cenários de eventual dragagem. Acima: Foz, no meio: Ponte, abaixo: Lagoa.

Os resultados evidenciam que uma eventual dragagem, em geral, tem um resultado benéfico muito pequeno no intercâmbio de água entre o mar e a lagoa. O volume de água que entra e sai durante um período de maré, o prisma de maré, foi calculado com base nos resultados das simulações (Tabela 5-4). Os resultados indicam um aumento de 5 % no prisma para o cenário em que a dragagem é realizada na área 1 (na parte central do canal). Para o cenário 2 (dragagem na área norte do canal) o prisma de maré aumentará em 1 % e para o cenário 3 (dragagem dentro da lagoa) o impacto no prisma de maré é praticamente zero.

Os impactos dos cenários de uma eventual dragagem nos níveis de água e velocidades na foz, no canal e na lagoa são apresentados na Tabela 5-5 e

Tabela 5-6, respectivamente. A eventual dragagem na área 1 causará redução pequena, na faixa de 2 cm, no nível máximo de água na foz e um aumento de 1 cm no nível máximo de água na área central do canal. O reflexo nos níveis de água para os cenários com a eventual dragagem nas áreas 2 e 3 é desprezível.

A eventual dragagem na área 1 resultaria em um pequeno aumento na velocidade máxima de correntes (maré vazante) na foz. Este aumento é de aproximadamente 0,07 m/s, o que representa um aumento de 4%. A velocidade mínima (maré enchente) aumentaria na mesma ordem de magnitude. Para o cenário com eventual dragagem na área 2, a velocidade máxima e mínima de correntes na foz aumentaria com 0,01 m/s (0,5%). Na área central do canal e na lagoa o reflexo nas velocidades de correntes é negligível. A eventual dragagem na área 3 não resultaria em uma mudança significativa nas velocidades de correntes.

Tabela 5-4: Prisma de maré (m³) para a situação atual e os 3 cenários de dragagem.

Prisma de maré			
Situação atual		11.44 x 10 ⁶ m ³	Mudança
Dragagem	Area 1	12.01 x 10 ⁶ m ³	+ 5 %
	Area 2	11.54 x 10 ⁶ m ³	+ 1 %
	Area 3	11.44 x 10 ⁶ m ³	+ 0 %

Tabela 5-5: Níveis máximos e mínimos de água (m) para a situação atual e os 3 cenários de dragagem.

Cenário	Foz		Ponte		Lagoa	
	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín
Situação atual	1.98	0.92	1.76	1.13	1.71	1.18
Dragagem área 1	1.96	0.93	1.72	1.14	1.71	1.17
Dragagem área 2	1.98	0.92	1.75	1.13	1.71	1.18
Dragagem área 3	1.98	0.92	1.76	1.13	1.71	1.18

Tabela 5-6: Velocidades máximas e mínimas de correntes (m/s) para a situação atual e os 3 cenários de dragagem. Valores positivos e negativos indicam maré vazante e enchente, respectivamente.

Cenário	Foz		Ponte		Lagoa	
	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín
Situação atual	1.75	-1.68	0.51	-0.58	0.05	-0.05
Dragagem área 1	1.82	-1.76	0.53	-0.61	0.06	-0.05
Dragagem área 2	1.76	-1.69	0.51	-0.58	0.05	-0.05
Dragagem área 3	1.75	-1.68	0.51	-0.58	0.05	-0.05

5.2.5 DISPERSÃO DA PLUMA DE DRAGAGEM

Numa eventual dragagem na lagoa formar-se-ia uma pluma de sedimentos em suspensão (*dredge spill*) que seria transportada pelas correntes geradas pelo vento e pela maré. Esta dispersão tem potencial de causar impactos ambientais em outras áreas, por exemplo em áreas em que a flora e/ou fauna é sensível para concentrações de sedimento e caso haja poluentes no sedimento de fundo (metais pesados) que seriam distribuídos para outras áreas.

O objetivo do atual estudo de modelagem é analisar a dispersão da pluma de sedimentos durante a eventual dragagem e calcular as concentrações máximas de sedimento fino em suspensão geradas durante a atividade de eventual dragagem.

5.2.5.1 Caracterização do Sedimento

A Figura 5-31 apresenta as localizações de amostras que foram coletadas em localizações dentro, ou perto dos locais de eventual operação da draga.

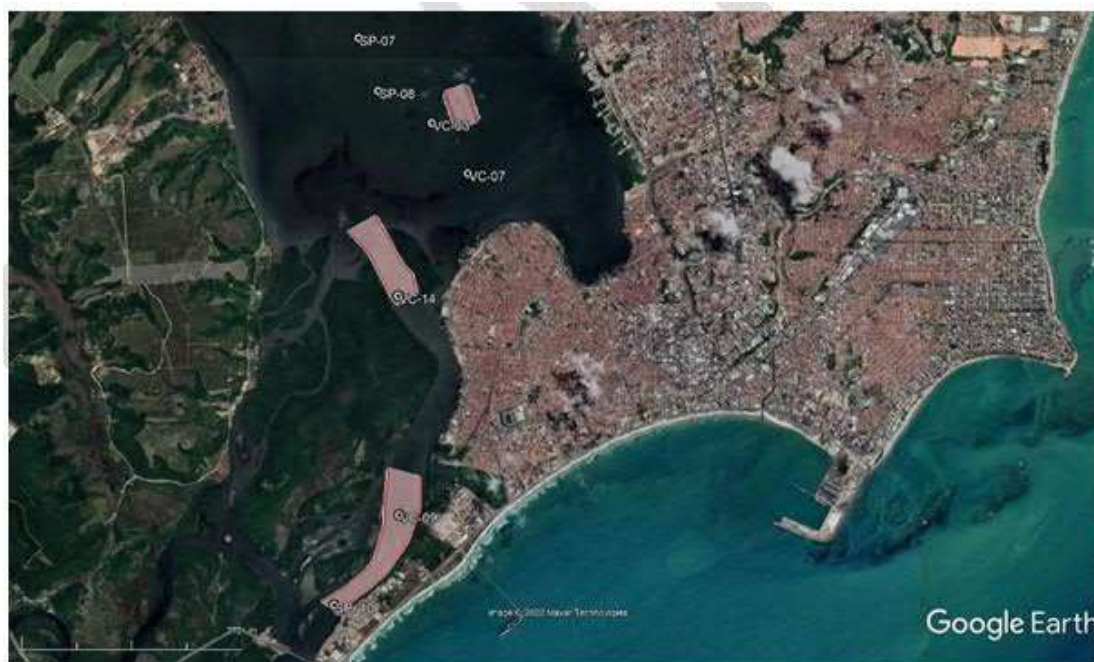


Figura 5-31: Localização das amostras de sedimento.

Fonte: TPF Engenharia

A Figura 5-32, Figura 5-33, e Figura 5-34 apresentam as distribuições granulométricas das amostras para cada área identificada para uma eventual dragagem. Com base nas distribuições granulométricas foram identificadas três frações de sedimento fino (areia fina até argila) em cada área selecionada para avaliação de viabilidade da eventual dragagem, ver Figura 5-32. As frações mais grossas de sedimento não foram consideradas devido ao fato destes se acumularem na proximidade da draga e não seria transportado dentro do sistema lagunar.

É observado que a porcentagem de sedimento fino varia muito nas três áreas. Na área 1, localizada dentro do canal, as frações de sedimento fino somente representam 9 % do total, os outros 91 % representam areia média até grossa. Na área 2, localizada no final do canal, na entrada da lagoa, a porcentagem de material fino é 40 % e na área 3, localizada dentro da lagoa a porcentagem de material fino é 96 %.

A taxa de eventual dragagem foi estimada como sendo 5.000 m³/dia e a operação dessa eventual dragagem foi assumida de forma contínua, ou seja, 24 horas por dia, 7 dias por semana. Assumindo a densidade de sedimento como 2.600 kg/m³ e uma porosidade de 40%, a taxa da eventual dragagem foi estimada em 90 kg/s.

A porcentagem do material emitido foi 5%, o que é um valor realístico/conservador para uma atividade de dragagem.

As simulações foram realizadas usando o módulo de hidrodinâmica em combinação com o modelo de transporte de sedimento coesivo MIKE 3 MT (*Mud Transport*). O modelo simula a dispersão e acumulação do material emitido pela draga (*sediment spill*).

O modelo foi aplicado para simular a extensão da pluma de dragagem (concentrações de sedimentos em suspensão) para os três cenários da eventual dragagem.

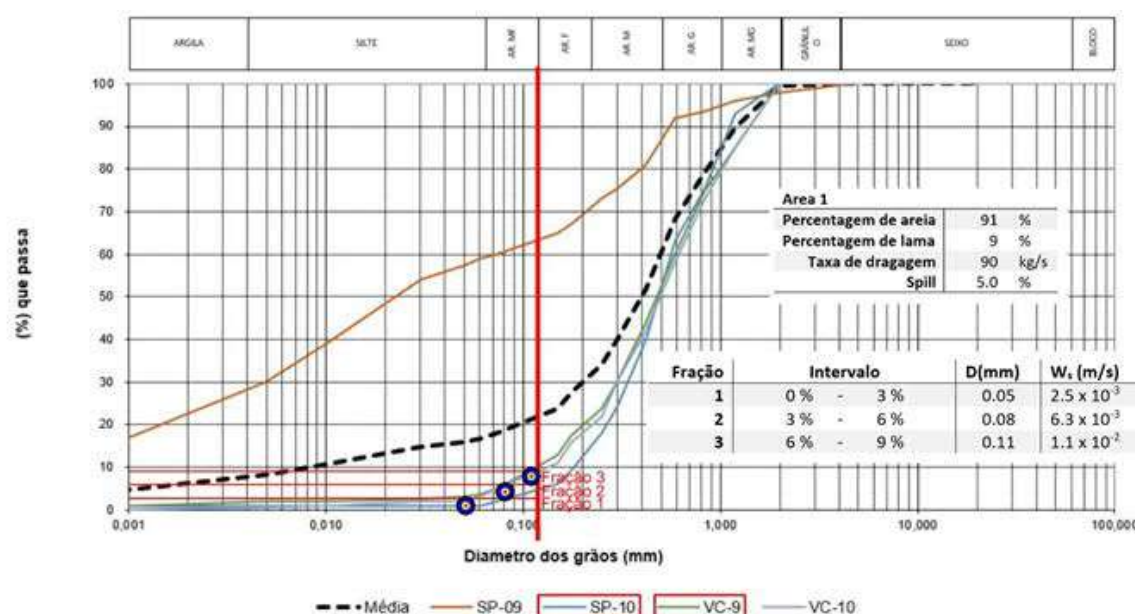


Figura 5-32: Distribuição granulométrica de amostras na área 1.

Fonte: TPF Engenharia

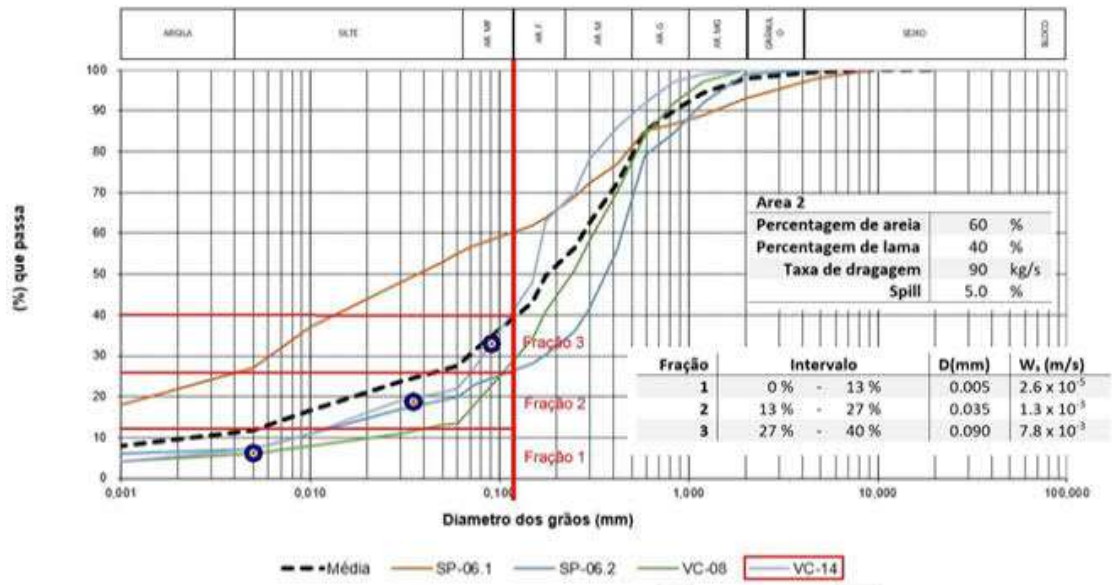


Figura 5-33: Distribuição granulométrica de amostras na área 2.
Fonte: TPF Engenharia

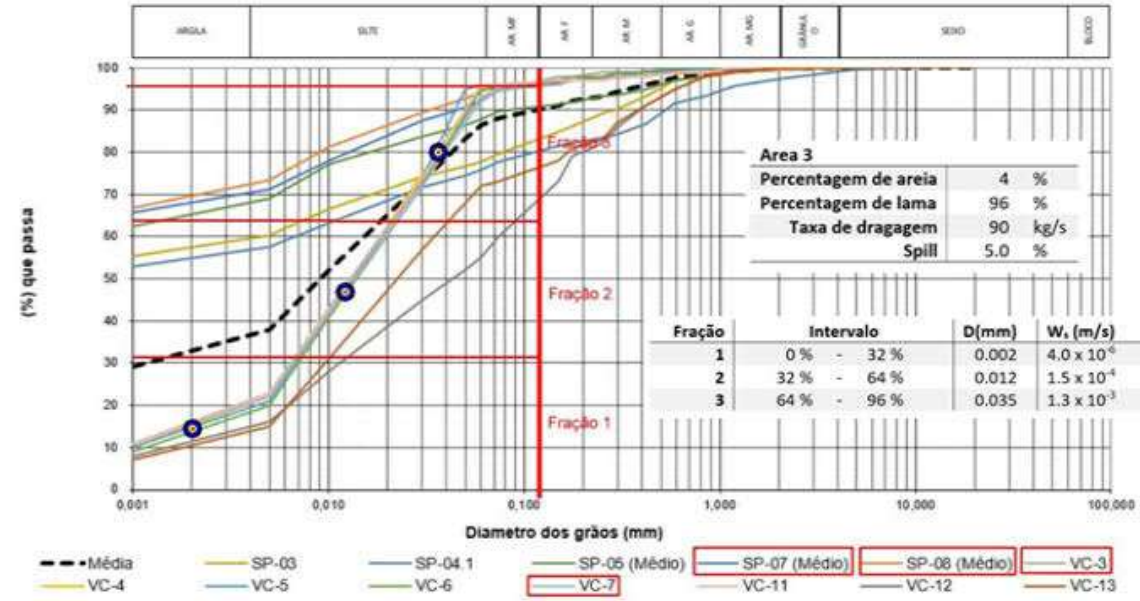


Figura 5-34: Distribuição granulométrica de amostras na área 3.
Fonte: TPF Engenharia

5.2.5.1.1 Abordagem do Modelo

As simulações de transporte dos sedimentos finos foram realizadas utilizando o modelo do DHI de transporte de sedimentos finos, MIKE 3 FM MT. Trata-se de um modelo 3D que calcula a dinâmica de sedimentos finos, incluindo erosão, transporte e deposição de sedimentos coesivos. O módulo MT envolve todos os processos importantes envolvidos na dinâmica dos sedimentos finos, tais como erosão, flocculação, decantação, deposição e compactação. Uma descrição gráfica dos mecanismos incluídos é apresentada na Figura 5-35.



Figura 5-35: Processos físicos incluídos no MIKE 3 FM MT.

5.2.5.2 Resultados

As simulações do modelo foram realizadas para o mesmo período de 14 dias que as simulações hidrodinâmicas, apresentadas na seção anterior.

Foi considerado somente o sedimento que é lançado pela draga durante a atividade de eventual dragagem. As concentrações de sedimento em suspensão naturalmente e a disponibilidade de sedimento no leito do mar não foram incluídos nas simulações. Assim, as concentrações simuladas e apresentadas neste relatório representam as concentrações excessivas, a serem superpostos aos valores naturais de sedimento em suspensão.

A Figura 5-36, Figura 5-37 e Figura 5-38 apresentam as concentrações máximas de sedimento na superfície de água durante a eventual dragagem das áreas 1, 2 e 3 respectivamente.

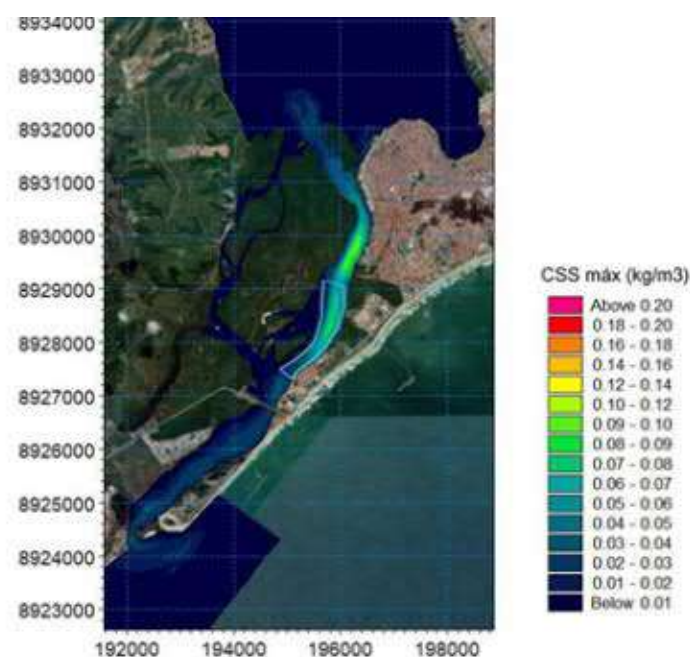


Figura 5-36: Concentrações máximas de sedimento em suspensão durante a eventual dragagem da área 1.

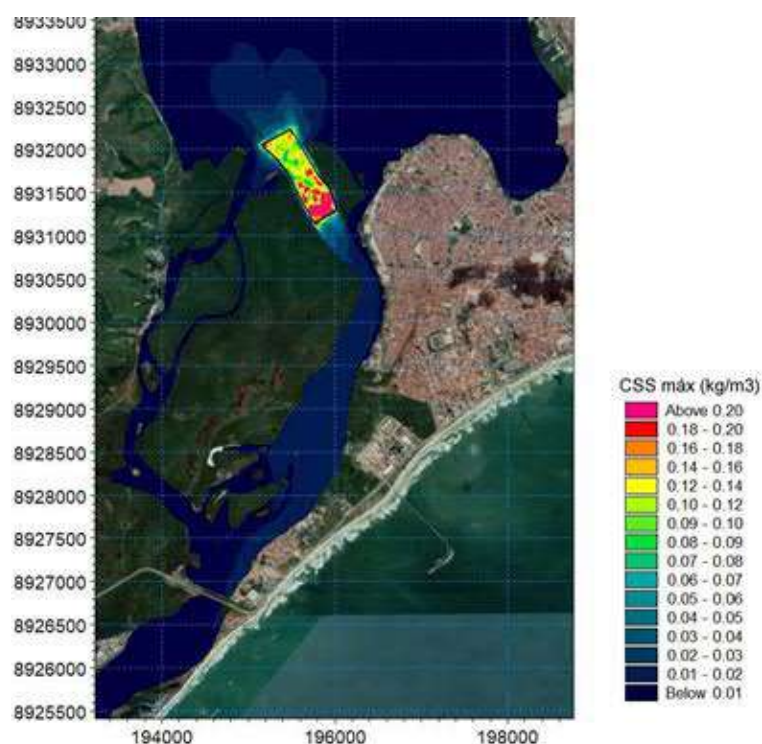


Figura 5-37: Concentrações máximas de sedimento em suspensão durante a eventual dragagem da área 2.

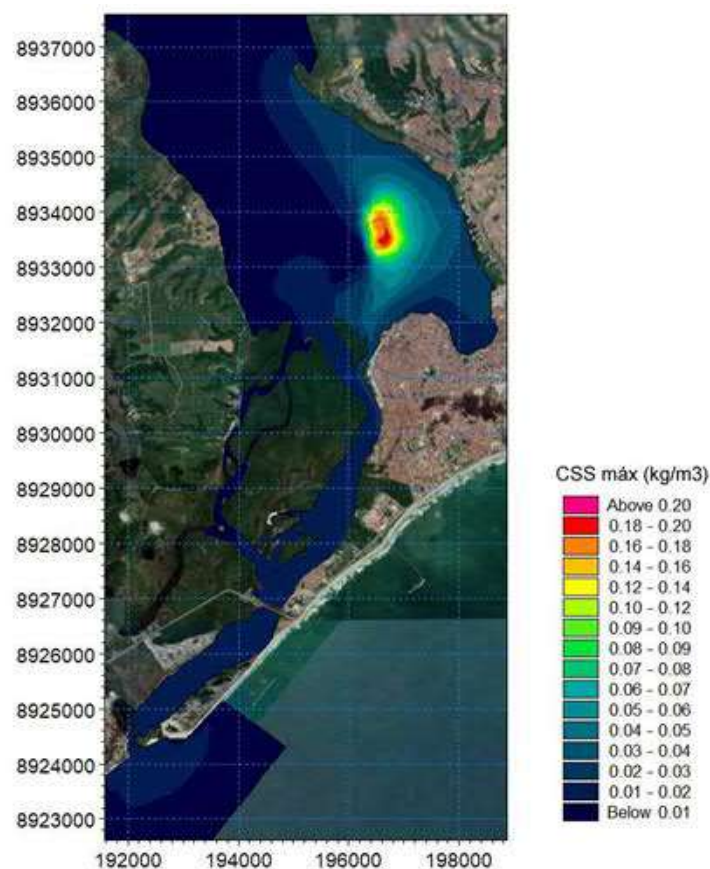


Figura 5-38: Concentrações máximas de sedimento em suspensão durante a Eventual dragagem da área 3.

As simulações indicam que a pluma de sedimentos em eventual dragagem da área 1 cobre o canal inteiro da foz até a entrada do canal. Na maior parte do canal as concentrações máximas são relativamente baixas, na faixa de 0,05 kg/m³ (50 mg/l). Na área eventualmente dragada, indicada pelo polígono azul claro na Figura 5-36, e a área logo ao norte desta área, as concentrações são maiores, com valores máximos de cerca de 0,1 kg/m³ (100 mg/l).

As concentrações são relativamente baixas e a extensão da pluma é relativamente grande na área 1, pois as velocidades são maiores nesta área. Isto faz com que o sedimento na pluma seja transportado através de uma distância maior antes de se depositar no fundo. Além disso, as velocidades mais altas são associadas com forças hidrodinâmicas (tensão de cisalhamento) maiores. Estas forças são responsáveis pela mobilização do sedimento no fundo.

As concentrações máximas de sedimento na área 2 são limitadas à própria área da eventual dragagem, indicada pelo polígono preto na Figura 5-37. As concentrações máximas são mais altas que na área 1 e atingem valores até 0,250 kg/m³ (250 mg/l). A

razão para este padrão é que as velocidades na área 2 são menores que na área 1. Assim, a pluma não se dispersa tão longe e a ressuspensão do material depositado é menor.

As concentrações máximas de sedimento, observadas durante a eventual dragagem da área 3 são relativamente altas em comparação com as outras áreas. Além disso, a extensão da pluma de sedimento é maior, apesar das velocidades de correntes mais baixas nesta área. A razão para isto é que o material na área 3 tem uma porcentagem de material fino muito alta, até 96 % conforme a Figura 5-34. Além disso, a velocidade de caimento do sedimento é muito baixa. Isto faz com que o material eventualmente emitido pela draga fique em suspensão muito tempo antes de se depositar no fundo, causando impacto no meio biótico.

5.2.6 IMPACTO NA LINHA DE COSTA

As mudanças nas condições hidrodinâmicas na foz podem ter uma importância para o balanço de sedimento na área da foz. Além disso, mudanças no balanço de sedimento podem se refletir em mudanças na posição e geometria do canal ou em erosão ou progradação da linha de costa.

5.2.6.1 A Dinâmica Natural da Linha de Costa

A hidrodinâmica no canal na foz é determinada pelas correntes associadas com o volume de água (prisma de maré) que entra e sai, em função das variações do nível do mar causadas pela maré. A geometria do canal, e principalmente a área de seção transversal é uma função do prisma de maré. Quanto maior o prisma de maré, maior a largura e profundidade do canal.

A dinâmica da entrada da lagoa reflete um equilíbrio dinâmico entre o transporte de sedimentos no canal e o transporte litorâneo conforme apresentado na Figura 5-39. No local da entrada da lagoa há um transporte litorâneo resultante na direção sul. Este transporte litorâneo resultante tende a “empurrar” a entrada da lagoa para o sul.

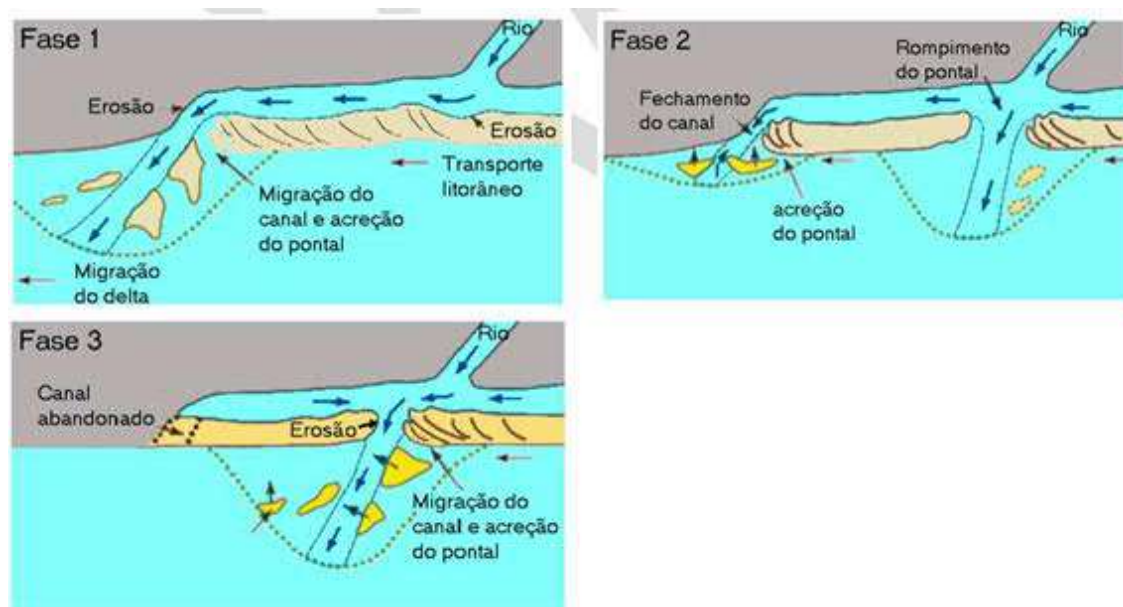


Figura 5-39: Ilustração da dinâmica da entrada do canal.

Enquanto a foz migra ao sul, o comprimento da seção do canal paralela à costa aumenta. O prolongamento do canal faz que este perca a eficácia hidráulica.

Em outras palavras, fica cada vez mais difícil para o canal transportar água ao mar devido à resistência causada pelo canal prolongado, (Fase 1 na Figura 5-39). Em algum momento as forças hidrodinâmicas causam um pequeno rompimento do pontal. Quando ocorre esta ruptura no pontal arenoso em alguma posição mais a montante, a nova abertura constituirá um caminho mais direto e mais eficiente para o mar, concentrando o fluxo.

Enquanto isto, a antiga desembocadura será progressivamente fechada, (Fase 2 na Figura 5-39). Após o estabelecimento da nova entrada o mesmo processo se repete. O transporte litorâneo causa a migração da foz ao sul (Fase 3 na Figura 5-39). Após certo tempo haverá uma nova ruptura do pontal. Isso é um processo natural que pode ser observado em inúmeros rios no Brasil e em outras partes do mundo.

O mecanismo natural da migração da entrada é apresentado nas imagens de satélite do (Google Earth), ver Figura 5-40. A linha azul representa a linha de costa atual (2021).



Figura 5-40: Migração da entrada do canal durante o período 1985 – 2021.

Fonte: Google Earth

Ressalta-se que a migração do canal é um processo natural que ocorre há muito tempo. Esta migração está causando problemas de erosão na margem esquerda do canal, ver Figura 5-41. Anteriormente, já foram estabelecidos enrocamentos para conter a erosão. Porém, espera-se que a erosão continue até ocorrer uma ruptura na área a montante.



Figura 5-41: Erosão da margem esquerda na entrada do canal. As linhas roxas indicam áreas protegidas por enrocamentos.

Fonte: TPF Engenharia (2022)

Os fatores principais que poderiam influenciar a evolução morfológica da entrada do canal são o intercâmbio de água entre a lagoa e o mar e o transporte litorâneo.

5.2.6.2 Variações no Transporte Litorâneo

O transporte litorâneo é uma função das condições de ondas. Sabe-se, através de vários projetos realizados ao longo da costa do Brasil, que as variações temporais nas condições de onda ocorrem em escalas de tempo que são importantes para o presente projeto. A Figura 5-42 apresenta as condições de ondas na zona *offshore* em frente da entrada do canal.

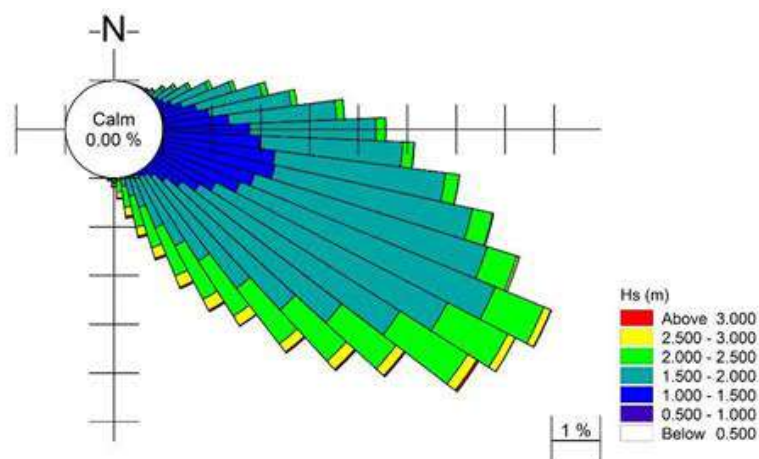


Figura 5-42: Rosa de ondas na zona offshore em frente da entrada do canal.

Um fator importante na avaliação da estabilidade da entrada do canal é o incremento na ocorrência de eventos energéticos. Tais eventos ocorrem primariamente durante períodos com elevados níveis de água (combinação de alta maré astronômica com maré meteorológica) e grandes ondas. A fim de ilustrar este fenômeno foi realizada uma análise da distribuição da altura de ondas na zona *offshore* durante o período com dados disponíveis. Os resultados são apresentados na Figura 5-43. As diferentes cores em cada coluna representam a energia de ondas em um certo intervalo da altura de onda durante um ano. O valor total representa a energia total em um certo ano, em comparação com o valor médio da energia de ondas durante o período inteiro. Por exemplo, em 1982 a energia total era quase 110% da energia média, indicando um valor de energia total de 10% em cima do valor médio. Em 2003 o valor total era aproximadamente 90%, indicando um ano relativamente calmo em termos de exposição às ondas.

A dinâmica da linha de costa é mais intensa durante períodos de ressaca, quando há ondas grandes em combinação com vento forte e maré alta. Por isso, geralmente, as ondas maiores são responsáveis pela dinâmica da linha de costa e a evolução morfológica da entrada do canal. A figura citada abaixo indica que a ocorrência de ondas mais altas, nos intervalos de 3 - 4m tem variado de alguma forma durante os anos, onde um acréscimo significativo ocorreu em 2007. Um segundo pico pode ser observado em torno de 2018.

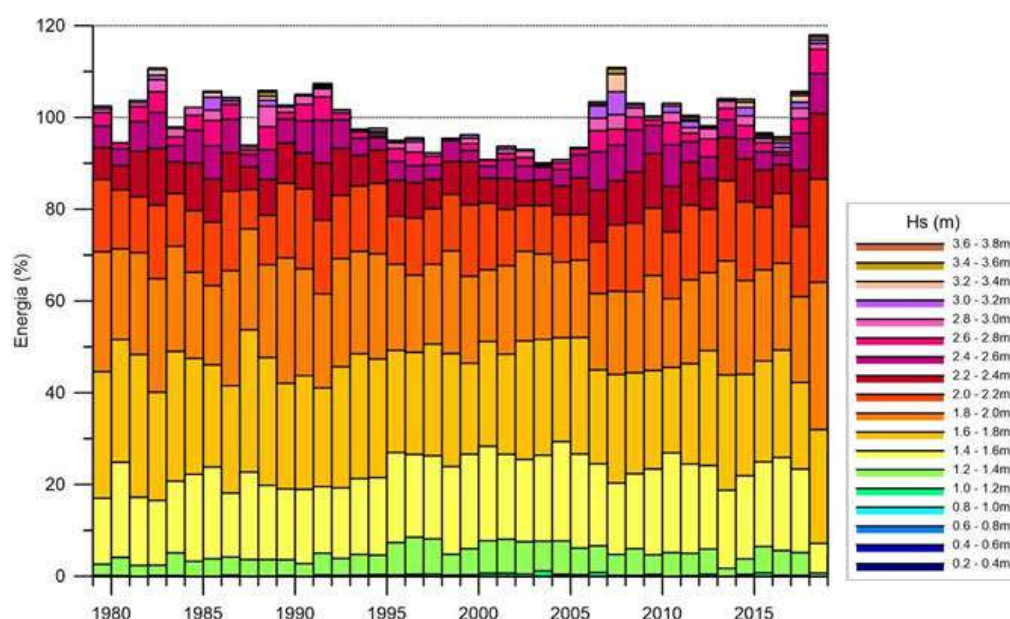


Figura 5-43: Distribuição da energia de onda na zona offshore por intervalo de Hs durante o período 1979-2019.

Fonte: TPF Engenharia (2022)

5.2.6.3 Flutuações no Transporte Litorâneo

As variações nas condições de ondas se refletem nas taxas de transporte litorâneo (deriva). Com o intuito de estudar as variações temporais do transporte litorâneo, foi aplicado um modelo matemático para calcular o transporte anual de sedimento durante o período entre 1979 e 2019. A Figura 5-44 apresenta o transporte litorâneo ao longo da praia ao Norte da entrada do canal. As colunas representam as componentes do transporte anual resultante e a linha vermelha indica o transporte residual.

A análise indica que o transporte litorâneo resultante normalmente é direcionado ao sul. Os resultados mostram que houve variações no transporte ao longo dos anos. As simulações também mostram uma tendência na diminuição do transporte residual no período entre 2000 e 2010 e uma tendência de aumento desde 2010 até hoje. É possível que tal aumento possa ter algum efeito na dinâmica da entrada do canal. Porém, a análise das imagens de satélite não indica nenhuma aceleração da migração do canal. Dessa forma, concluiu-se que a variação no transporte litorâneo não mudou a morfodinâmica da entrada do canal.

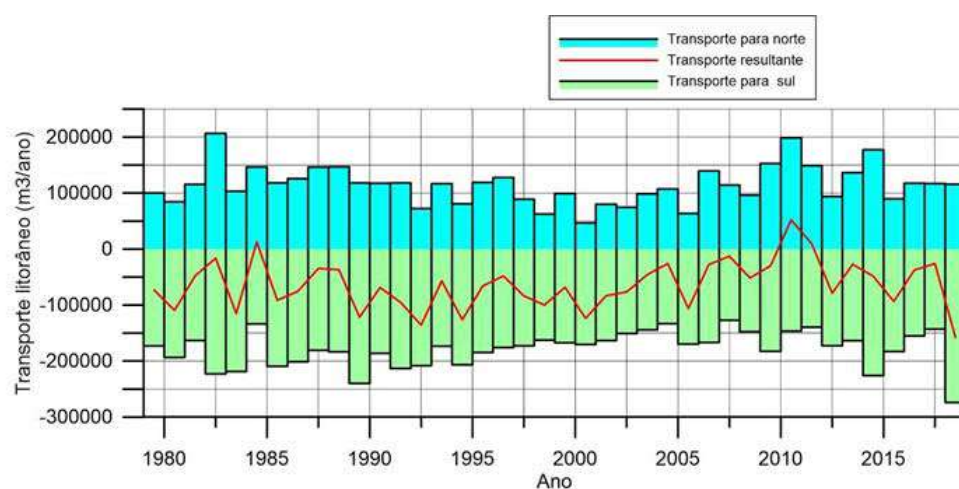


Figura 5-44: Taxas anuais de transporte litorâneo, calculadas para o período de 1970-2012, ao longo da costa Norte da Foz.

Fonte: TPF Engenharia (2022)

5.2.6.4 Morfodinâmica na Foz

Para ilustrar a variação do nível e das velocidades foi extraída uma seção transversal da foz (IP1) até o centro da lagoa (IP31). O trajeto das seções transversais é apresentado na Figura 5-45.

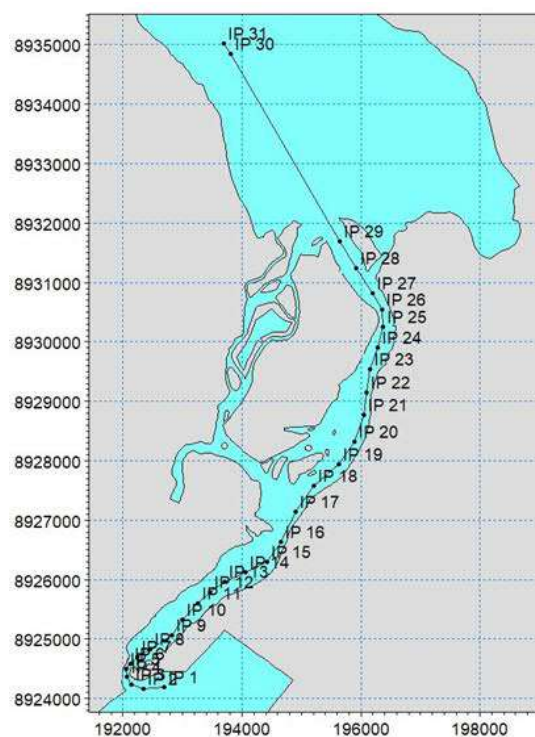


Figura 5-45: Trajeto das seções transversais.

Fonte: TPF Engenharia (2022)

A variação do nível e das velocidades durante as marés enchente e vazante são apresentadas na Figura 5-46 e Figura 5-47, respectivamente. Observe-se as altas velocidades e o forte gradiente no nível de água na área da foz. Isto significa que a hidrodinâmica no canal e na lagoa dependem fortemente das condições na foz. Além disso, as altas velocidades de correntes são associadas com altas taxas de transporte de sedimento na área da foz. A consequência disso é que a área da foz é muito dinâmica e a geometria da foz pode se adaptar relativamente rápido às mudanças nas condições hidrodinâmicas. Durante ressacas e altas descargas fluviais a seção transversal da foz pode aumentar rapidamente em resposta aos gradientes nos níveis de água entre o mar e a lagoa.

Durante períodos com maré de quadratura, com descarga fluvial baixa e com forte transporte litorâneo, a seção transversal na foz pode diminuir rapidamente até que um novo equilíbrio dinâmico seja estabelecido.

Seguindo o mesmo raciocínio, uma mudança na batimetria causada por uma eventual dragagem da parte central do canal pode resultar em pequenas mudanças no prisma de maré, que por sua vez se refletem em uma resposta morfodinâmica na geometria da foz. Porém, as simulações indicam que as variações naturais nos níveis de água no mar e na lagoa, possuem potencial de causar impactos muito maiores e mais rápidos que aqueles causados pela eventual dragagem.

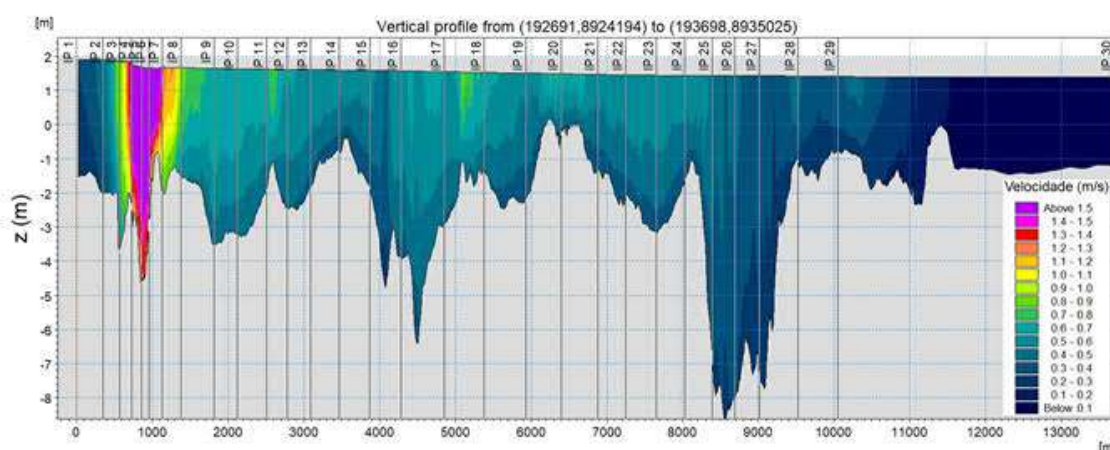


Figura 5-46: Seção transversal evidenciando a variação de nível de água e velocidades de correntes entre o mar (à esquerda) e o centro da lagoa (à direita) - Maré enchente.

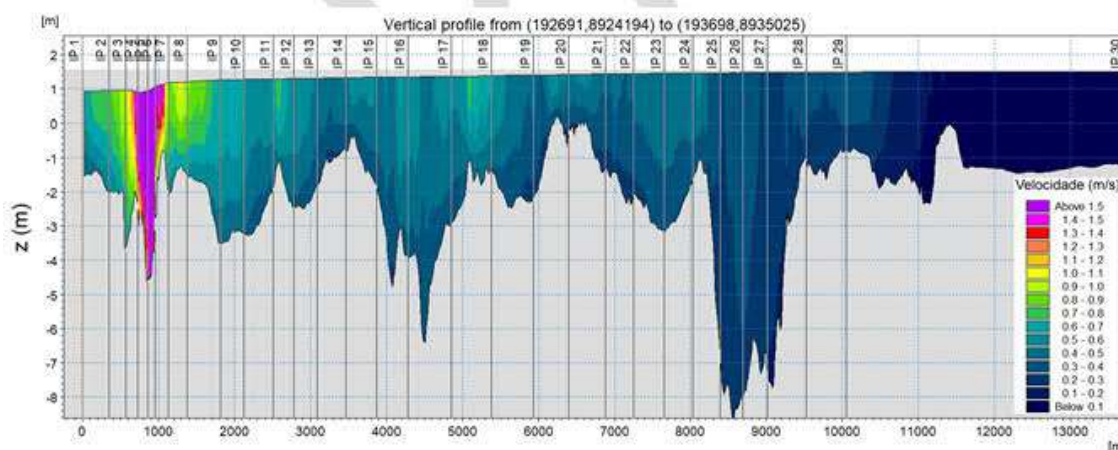


Figura 5-47: Seção transversal evidenciando a variação de nível de água e velocidades de correntes entre o mar (à esquerda) e o centro da lagoa (à direita) - Maré vazante.

As eventuais dragagens devem causar um déficit local de sedimento na área de empréstimo. Este déficit causará deposição de sedimento no local em que foi realizada a eventual dragagem. Tal deposição seria muito mais rápida em áreas com correntes fortes no centro do canal (área 1) que em áreas mais calmas dentro da lagoa (áreas 2 e 3). Assim, os impactos batimétricos de uma eventual dragagem são temporários. O sistema reestabelece uma situação de equilíbrio dinâmico relativamente rápido. Teoricamente, a deposição de sedimento na jazida (local a ser eventualmente dragado), após a realização da dragagem, poderia causar um déficit de sedimento em outras localizações. Isto, por sua vez, resultaria em erosão nestas localizações. Isto seria algo a considerar caso não houvesse areia suficiente para restabelecimento do equilíbrio após a eventual dragagem. Porém, na foz do canal, e na área costeira em frente da foz há abundância de sedimento que serve para preenchimento natural das áreas eventualmente dragadas. Assim, a eventual dragagem em si não terá um impacto significativo na linha de costa. Haverá probabilidade de erosão na foz, mas esta questão é resultado de processos naturais que são ativos há muito tempo. Por isso, a probabilidade de erosão existiria mesmo sem a eventual dragagem.

Concluiu-se, portanto, que a morfodinâmica natural da foz, determinada pelos gradientes no nível de água do mar e da lagoa, é significativamente mais forte que o ajuste morfodinâmico na foz causado por uma eventual dragagem no canal.

5.2.7 CONCLUSÕES DAS SIMULAÇÕES

As seguintes conclusões puderam ser extraídas com base nos resultados das simulações:

- A eventual dragagem na área 1 causará aumento de 5% no **prisma de maré**. A eventual dragagem na área 2 causa aumento de 0,9% e a eventual dragagem na área 3 não tem alteração significativo no prisma de maré.
- As eventuais dragagens têm impactos muito pequenos nos **níveis e velocidades de correntes** no canal para eventual dragagem na área 1. As mudanças causadas pela eventual dragagem nas áreas 2 e 3 são menores ainda e podem ser consideradas desprezíveis.
- **A pluma** de eventual dragagem na área 3 promove uma maior concentração de sedimento em suspensão devido ao fato de o sedimento nesta área conter alto teor de material fino. Além disso, devido a contaminação de sedimentos nesta região, a atividade de uma eventual dragagem no local promoverá a dispersão de metais pesados numa grande área na parte central da Lagoa.
- A posição da entrada do canal migrou na direção sul durante as últimas décadas. Esta migração causou erosão da margem direita do canal. Este processo é natural. O processo ocorre, e continuará, independente das eventuais dragagens analisadas neste estudo. A erosão da margem direita faz parte de um ciclo em que a foz do canal migra na direção sul sob a influência do transporte litorâneo. O processo continuará até o momento em que a correnteza no canal cause rompimento da margem esquerda e crie uma conexão mais curta com o mar. Depois, o mesmo processo se repete até o próximo rompimento da margem.
- A eventual dragagem causará um déficit de sedimento temporário na jazida (local a ser eventualmente dragado). O sistema restabelece uma situação de equilíbrio dinâmico relativamente rápido caso a eventual dragagem seja realizada na região central do canal de ligação da Lagoa com o mar. Não se espera que a deposição de sedimentos na jazida, posterior a uma eventual dragagem, causará erosão em outras localizações porque o volume a ser dragado é pequeno em comparação com o volume de areia disponível para o preenchimento natural das áreas eventualmente dragadas. Porém, algum impacto na margem direita é esperado.

-
- A morfodinâmica natural da foz, determinada pelos gradientes no nível do mar e da lagoa, é significativamente mais forte que o ajuste morfodinâmico na foz causado pela eventual dragagem no canal.

6 PROCESSOS DE DRAGAGEM

6.1 INTRODUÇÃO

No meio aquático, a movimentação de solos e sedimentos contido nele, com o propósito de executar a manutenção, construção, infraestrutura de transporte, aterro hidráulico e recuperação de sedimentos ou de mineração, recebe a nomenclatura de dragagem. Os resíduos oriundos de dragagem ao longo do tempo, foram acondicionados de forma descontrolada, principalmente em locais inadequados resultando em sérios prejuízos ao meio ambiente, não havendo quaisquer reflexões e diretrizes maiores sobre esse tema.

A preocupação com a gestão adequada do material dragado só passou a ser discutida a partir de 1972, na Conferência em Estocolmo, dando origem aos debates e direcionando a abertura de estudos sobre regulamentações internacionais a respeito do depósito de materiais dragados em áreas marítimas (VELINGA, 1998 apud FILHO GOES, 2004, p.3).

A dragagem no que tange a remoção de sedimentos em leito de corpos d'água para uma finalidade específica, dispõe como principal referência normativa a NORMAM 11, elaborada pela Marinha do Brasil, aplicando-se para águas de mar como também para águas de rio. Existia também outra norma que abordava sobre este tema (NBR 13246 – Planejamento Portuário) estabelecendo critérios a serem observados para a construção de portos ou obras de melhoria na infraestrutura portuária, entretanto, em 12/2017 foi cancelada sem substituição.

Com a regulamentação de atividades nesta área, estudos e pesquisas passaram a ser exigidos para a definição dos processos químicos, físicos, biológicos e socioeconômicos relacionados ao material dragado e sua interação com o meio ambiente. Novas abordagens sobre a disposição e tratamento desses sedimentos foram geradas, permitindo o desenvolvimento no processo como um todo, havendo alteração na forma como eram debatidas as questões sobre o aproveitamento do material dragado, contrapondo a ideia de ser um simples resíduo e passando a ser visto como um recurso natural importante e passível de aproveitamentos diversificados.

Para avaliação do risco e estudo de viabilidade de eventual dragagem são consideradas as suas diversas etapas, desde a operação da draga até o transporte deste material captado, bem como sua disposição em áreas de estoque temporário, tais como:

-
- Identificação e quantificação do material a ser eventualmente dragado, importante fator para definição do local de deposição como também um tratamento prévio;
 - Identificação de características físicas e químicas do sedimento a ser eventualmente dragado;
 - Identificação de fatores sociais, ambientais e institucionais envolvidos;
 - Identificação de alternativas de deposição do material a ser eventualmente dragado;
 - Elaboração de plano da eventual dragagem;
 - Escolha do tipo de equipamento a ser utilizado;
 - Minimização da dispersão de sedimentos para áreas adjacentes ao sítio de dragagem;
 - Manejo, tratamento e disposição do rejeito de dragagem (tanto água quanto sedimentos);
 - Otimização do tempo de operação da draga.

6.2 PROCESSOS E EQUIPAMENTOS

6.2.1 TIPOS DE DRAGAGEM

As operações de dragagem mais comuns são definidas pelas características básicas e finalidades operacionais que envolvem o processo. Sendo referenciadas em alguns livros e periódicos (USEPA, 1994; GE Study Report, 1998; TORRES, 2000; GOES FILHO, 2004), onde, resumidamente, pode-se destacar os seguintes tipos:

6.2.1.1 Dragagem de Aprofundamento ou Inicial

Determinada pelo aprofundamento do leito aquático, onde normalmente, a coesão entre as partículas é bem maior. Os equipamentos de dragagem adotados nesse tipo são mais robustos.

A diversificação dos equipamentos empregados é determinada pelas características do material existente no fundo aquático, podendo ser realizada a derrocagem como parte integrante no processo. Geralmente, estas operações são caracterizadas por (GOES FILHO, 2004):

- Movimentação de grandes quantidades de material dragado;
- Remoção de solos compactos;
- Dragagem de camadas de solos não alteradas;
- Baixa presença de contaminantes;
- Camadas para dragagem com espessuras consideráveis.

6.2.1.2 Dragagem de Manutenção

É definida como uma operação menos destrutiva, onde a remoção dos sedimentos é realizada de forma mais facilitada devido haver pouca coesão das partículas depositadas recentemente no leito aquático. Geralmente, consiste em uma técnica operacional executada sempre após à dragagem de aprofundamento. Possui como principais características (GOES FILHO, 2004):

- Quantidade de material a ser dragado variável;
- Remoção de solos não compactos;
- Possível presença de materiais contaminados;
- Ocorrência mais frequente em canais de navegação e portos;
- Atividade, normalmente, repetitiva e rotineira.

6.2.1.3 Dragagem de Mineração

Composta por equipamentos especificamente construídos para extração de minerais com um alto valor econômico considerado (argilas, areia e cascalho). Principalmente utilizado em indústrias e na construção civil, podendo ainda ser utilizada em aluviões fluviais para extração de ouro ou pedras preciosas.

6.2.1.4 Dragagem Ambiental ou Ecológica

Caracteriza-se pela utilização de dragas ecológicas para remoção de materiais contaminados depositados no fundo aquático, como também em locais que sofreram com vazamentos acidentais de óleos ou derivados de petróleo. São equipamentos desenhados para trabalharem provocando um mínimo de turbidez na coluna de água, normalmente presentes em processos de dragagem convencionais.

A eficiência da dragagem ecológica está restrita a observação dos seguintes fatores (GOES FILHO, 2004):

- Minimização da dispersão de sedimentos contaminados para as áreas adjacentes ao sítio de dragagem;
- O manejo, tratamento e despejo do rejeito de dragagem devem ser efetuados de modo seguro do ponto de vista ambiental;
- A operação deve ser completada no menor tempo possível, resultando na máxima remoção de sedimentos contaminados e na mínima remoção de sedimentos limpos.

A dragagem ambiental necessita sempre de um programa de tratamento, reutilização ou relocação dos sedimentos captados, por conter contaminantes em sua composição.

6.2.1.5 Dragagens Especiais

São constituídas por equipamentos projetados ou adaptados para casos particulares de dragagem. Normalmente utilizando equipamentos robotizados

- Dragagens em grandes profundidades;
- Retirada de escombros;
- Escavações arqueológicas.

6.2.1.6 Dragagens Naturais ou Erosão

Relacionadas por forças hidrodinâmicas naturais presentes no corpo hídrico, comuns em regiões estuarinas, onde o incremento da vazão devido ao período de fortes

chuvas, ou alterações na incidência de ventos e de ondas possibilitam o deslocamento de sedimentos de fundo para outros locais.

6.2.1.7 Dragagens para Aterros Hidráulicos

São desempenhadas pela operação de dragas hidráulicas ou mecânicas, podendo utilizar batelões especiais (tipo split-barge), com o objetivo de recalcar ou transportar grãos de areia para reurbanização de áreas costeiras, construção de rodovias e aeroportos ou, ainda, para engordamento de praias.

6.2.2 TIPOS DE DRAGA

Para permitir a seleção do tipo de draga a ser adotada, é necessário compor uma análise de todos os dados disponíveis. Podendo ser feito um estudo comparativo contendo as atribuições dos tipos de draga mais usuais, relacionando às características apresentadas pela situação atual da Lagoa, com a finalidade de se obter melhor produtividade com um menor custo operacional, levando em consideração o respeito às normas e ao meio ambiente, e diante das seguintes premissas e:

- Solo a ser dragado possui características heterogêneas ora arenoso ora lamoso;
- Baixa profundidade na área ser dragada (1 a 2 m de Lâmina d'água);
- O local se encontra aparentemente livre de resíduos sólidos (raízes, lixo, etc);
- A distância entre a área a ser dragada e o despejo é relativamente pequena segundo o universo de modelos empregados num sistema de dragagem;
- A seção de dragagem tem largura suficiente para manobras das dragas, sem que haja obstrução do leito interferindo no tráfego existente de embarcações.

Segundo Bray & Cohen (2010), uma dragagem é um processo de extração de solo ou rocha, que ocorre debaixo de água. Este contempla essencialmente três etapas: escavação, transporte (vertical e horizontal) e deposição ou reutilização do material dragado.

Para entender a situação da lagoa e disponibilidade de material, recorreu-se a estudos geotécnicos e levantamentos batimétricos executados por sondas acústicas. Com o intuito de entender os materiais existentes e viabilidade de extração para atender as premissas de projeto do enchimento, são utilizados métodos de exploração

geológicos e geofísicos. No presente caso, o processo de dragagem está ligado ao caso de obtenção de materiais que poderão ser empregados no preenchimento das cavidades das frentes de lavra classificado como sendo dragagem remediação ambiental.

A análise de um projeto de dragagem passa pelo entendimento sobre a finalidade ao qual as dragas serão utilizadas, pois o termo dragagem na literatura técnica é normalmente classificado em três principais tipos: mecânicas, hidráulicas e pneumáticas, conforme veremos a seguir.

6.2.2.1 Dragas Baldes (Tipo Mecânica)

O funcionamento deste equipamento consiste numa sequência de baldes que escavam o material de fundo e o eleva até à superfície, despejando-o numa espécie de calha que, por sua vez, o transporta até ao batelão. Os baldes são tombados à medida que passam nos pontos de viragem de fundo e base, permitindo que o equipamento tanto escave como deposite continuamente. A escada de baldes fica montada no centro de uma balsa retangular longa, conforme pode-se ver na Figura 6-1 a seguir:

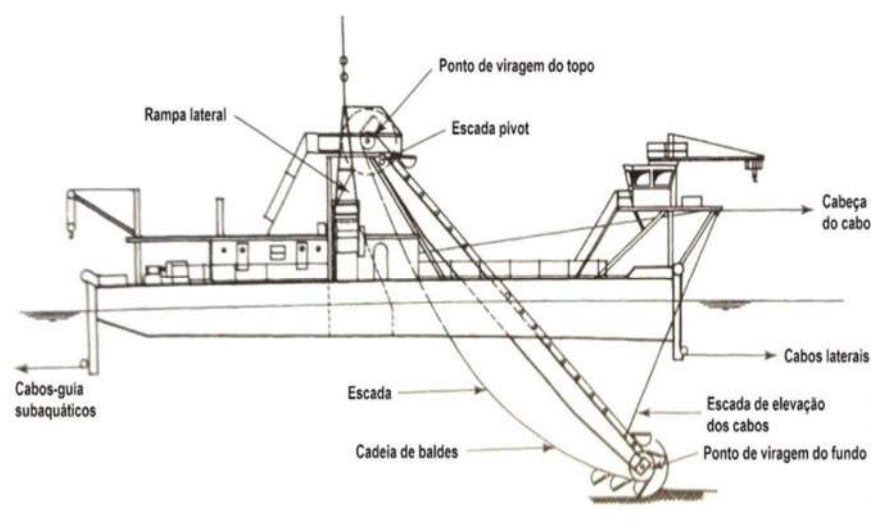


Figura 6-1: Dragas Balde

Fonte: IHC Holland

Este tipo de draga é normalmente utilizado para dragagem de precisão, como os casos da escavação de tuneis ou instalação de condutos. Entretanto, levando em conta a densidade elevada do material escavado, essa draga de baldes pode ser adaptada à escavação de materiais granulares finos quando a adição de água no transporte pode ser considerada um problema. O fato de o material ser elevado em contato direto com

a água é considerado um inconveniente para projetos de recuperação ambiental (Bray 2008).

Quadro 3: Vantagens e Limitações da Draga Balde

Vantagens	Limitações
<ul style="list-style-type: none"> • Processo de dragagem contínuo; • Diluição de material dragado pela água pouco significativa; • Capacidade adequada de carga dos batelões sem transbordar; • Controlo adequado da profundidade de dragagem; • Permite dragar materiais soltos perante ondulação moderada; • Precisão elevada; • Deixa uma superfície de dragagem limpa. 	<ul style="list-style-type: none"> • Requer um fundeamento, o que pode perturbar a navegação; • Dependência de batelões para carga; • Baixa eficiência quando apenas se pretende dragar uma profundidade pequena de material; • Nível de ruído elevado; • Em materiais coesivos viscosos, os baldes podem não fazer a descarga correctamente; • Não é capaz de operar da melhor forma em águas pouco profundas; • Provoca alguma suspensão de sedimentos e turvação.

Quando se draga materiais com resistência elevada (argilas duras ou rochas brandas), deve-se equipar este equipamento com baldes mais robustos, porém isto afetaria capacidade e consequentemente velocidade de operação.

6.2.2.2 Draga Retroescavadeira Hidráulica – BACKHOE (Tipo Mecânica)

Baseada numa adaptação entre uma retroescavadeira hidráulica que opera em terra e uma balsa simples. A retroescavadeira é então montada na extremidade de uma balsa dando origem à draga. As suas principais componentes estão representadas na Figura 6-2 a seguir.

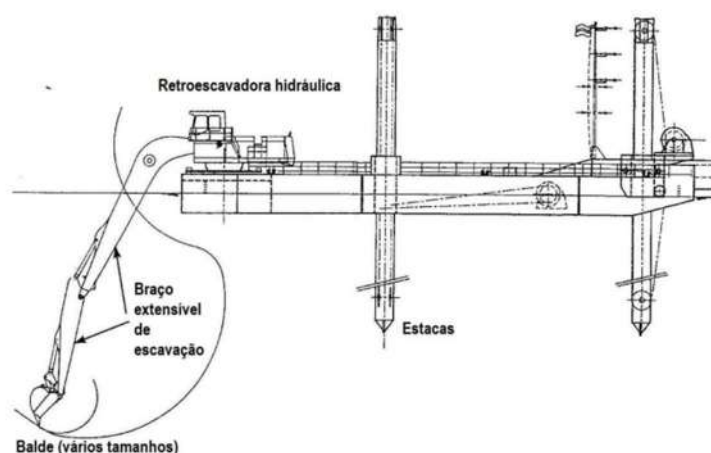


Figura 6-2: Dragagem BACKHOE

Fonte: IHC Holland

Devido a constituição deste tipo de equipamento, seu custo é mais reduzido em relação as demais dragas, além disso é considerada mais versátil. Para operar este tipo de draga é necessário apenas um trabalhador, no entanto as tripulações devem ser de dois ou três, para garantir a segurança ao realizar operações de movimento e manutenção da balsa.

Ocasionalmente a balsa pode possuir autopropulsão, porém apenas para movimentações no campo de trabalho. A aplicação mais comum deste tipo de draga está ligada a pequenos projetos de dragagem de solos com resistência considerável ao corte.



Figura 6-3: Dragagem de Mandíbula operando no rio Tietê em 2008

Fonte: Prefeitura de São Paulo-SP

A seguir (Quadro 4) sintetizam-se, as vantagens e limitações deste equipamento.

Quadro 4: Vantagens e Limitações da Draga BACKHOE

Vantagens	Limitações
<ul style="list-style-type: none"> • Capacidade de dragar uma ampla gama de materiais, incluindo aqueles que contêm pedregulhos; • Capacidade de operar em espaços confinados; • Controlo preciso de posição e profundidade; • Ausência de ancoragens e os seus fios associados; • Baixa diluição e perturbação do material a ser dragado; • Ciclo mais rápido que a draga de mandíbulas de tamanho equivalente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ritmo de produção baixo quando comparada com dragas de produção contínua, como draga de sucção com cabeça cortante ou draga de balde; • Superfície dragada pode ficar irregular se o operador for inexperiente ou se se estiver na presença de materiais de resistência variável; • Baixa precisão comparada com a draga de baldes; • Provoca alguma suspensão de sedimentos e turvação.

6.2.2.3 Draga de Mandíbula sobre Balsa – CLAMSHELL (Tipo Mecânica)

A *Clamshell (Grab dredge)* consiste num guindaste montado sob uma balsa contendo uma mandíbula agarrada. Esta draga descarrega o material diretamente num batelão. O guindaste fica montado em uma das suas pontas da balsa, e esta, por sua vez, é fixada com base em âncoras. Balsas de maior dimensão normalmente possuem alojamento para a tripulação.

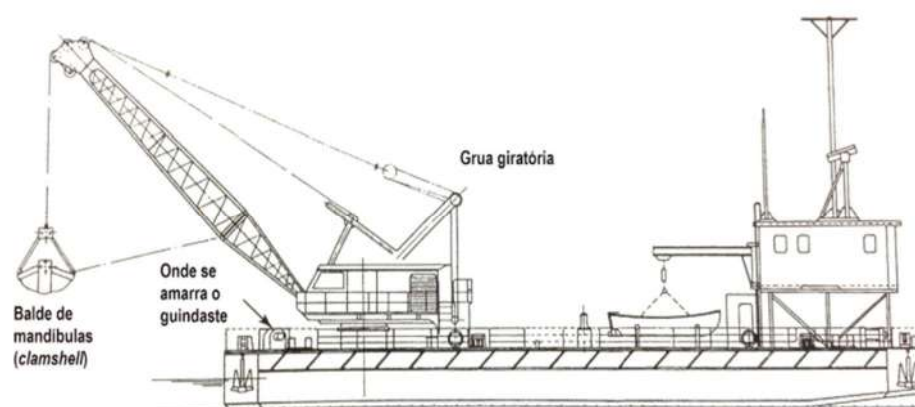


Figura 6-4: Draga CLAMSHELL

Fonte: IHC Holland

Quadro 5: Vantagens e Limitações da Draga CLAMSHELL

Vantagens	Limitações
<ul style="list-style-type: none"> • Carrega material com perturbação e diluição baixas quando comparada com dragas hidráulicas; • Ao fazer a carga pela mandíbula reduz os efeitos adversos de dragar pedregulhos, detritos ou lixo, fazendo com que seja fácil remove-los; • Adapta-se bem a dragar áreas confinadas, como perto de cais, entradas de docas ou à volta de molhes; • A profundidade de operação é apenas limitada pela capacidade de elevação da corda que suporta a mandíbula; • A balsa de suporte é geralmente pequena, o que permite dragar em águas de pouca profundidade; • Capacidade de dragar valas estreitas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ritmo de produção relativamente baixo quando comparada com os outros tipos de dragas do mesmo tamanho; • Pouco preciso na profundidade de dragagem final, o que leva à necessidade de sobredragar para não deixar o fundo irregular; • A combinação dos dois pontos anteriores leva a custos elevados, particularmente em áreas extensas.

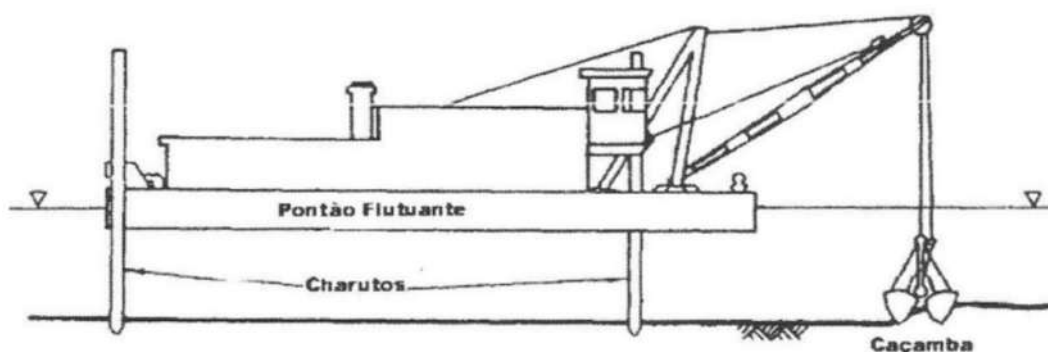


Figura 6-5: Draga de Mandíbula

Fonte: Filho Goes, (2004, p.9) apud Ellicot Machine

6.2.2.4 Draga de Sucção com Cabeça Cortante - CUTTER SUCTION DREDGE ou CSD (Tipo hidráulica)

Apresenta-se de forma mais usual estruturada em uma balsa sem propulsão. Entretanto, existem algumas com maior dimensão com autopropulsão. Esta draga opera estacionada por fundeamento, e seu processo envolve inicialmente uma ação rotativa de sua cabeça cortante, revolvendo os sedimentos de fundo, seguida por sucção, tendo

sua descarga sendo realizada pelo bombeamento via dutos, ou ainda também, pode ser executada por batelões.

Esta draga tem uma aplicação bastante diversificada, sendo usada principalmente em solos duros e/ou que têm de ser removidos em camadas espessas. A sua distância de transporte deve ser limitada a 5 km, permitindo a viabilidade econômica da tubulação.

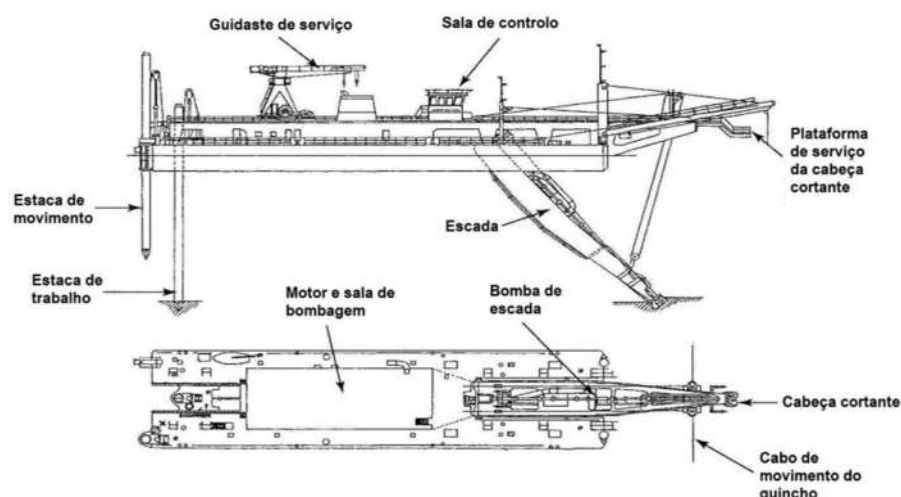


Figura 6-6: Dragas de Sucção com Cabeça Cortante – CSD

Fonte: IHC Dredges

Quadro 6: Vantagens e Limitações da CSD

Vantagens	Limitações
<ul style="list-style-type: none"> • Capacidade de dragar uma vasta gama de materiais, incluindo rochas; • Habilidade de transferir o material por bombagem com água, directamente no local de deposição pretendido; • Opera em águas pouco profundas; • Produz uma superfície de fundo uniforme, tendo boa produtividade; • Permite dragar, em dragas mais modernas, um perfil pré-definido, por exemplo em canais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sensível às condições marítimas; • Possui um limite de distância de transporte de material que é economicamente viável; • Ocorre diluição no material dragado; • Profundidade de dragagem limitada; • Elevado custo de mobilização; • No caso de materiais finos pode haver suspensão de sedimentos ou turvação; • Elevado nível de ruído; • Criação de uma fiada de material derramado no fundo.

A draga de sucção com cabeça cortante é classificada conforme a utilização do diâmetro do tubo adotado para a linha de recalque (150 a 1000 mm) e pela potência de sua bomba, além disso, outro parâmetro que também é relacionado em sua especificação seria a potência da cabeça cortante (variando de 15 a 6000 kW).

A produtividade deste equipamento varia entre 50 e 7000 m³/h, dependendo de seu tamanho e das características dos solos a ser dragado.



Figura 6-7: Dragagem CSD

Fonte: IHC Dredges

6.2.2.5 Dragagem de Sucção Estacionária - TRALING SUCTION HOPPER DREDGE ou TSHD (Tipo Hidráulica)

Dragagem estacionária que não capta em movimento, igualmente ao equipamento citado no item anterior, necessitando ser primeiramente atracada por fundeamento. Este tipo de equipamento não é utilizado para abertura e manutenção de canais ou para nivelar áreas. Sua utilização está relacionada a materiais relativamente soltos, granulares ou siltosos, pois seu funcionamento está ligado a aplicação de jatos de água para fluidificação dos materiais perto da zona de sucção afim de melhorar sua capacidade de escavação.



Figura 6-8: Dragagem AT – Implantação "Ilhas Mundo" em Dubai 2006

Fonte: IHC Dredges

Esta dragagem é recomendada principalmente para se obter materiais arenosos muito finos de depósitos em mar, estuários ou áreas fechadas. Contudo, não se considera adequada para projetos ambientalmente sensíveis devido a operar utilizando jatos de água, provocando elevada turbidez no seu entorno.

Geralmente as dragagens de sucção estacionárias não possuem porão incorporado, carregando o material dragado para batelões ou bombeando-o através de tubulação diretamente para o local de deposição.

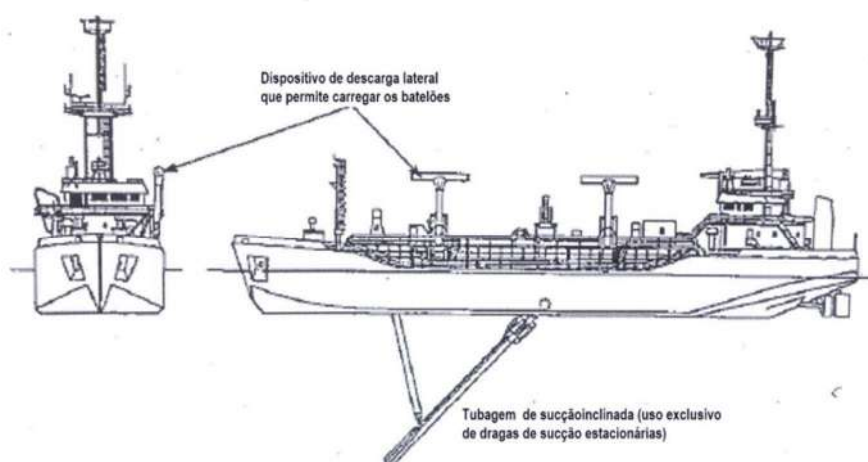


Figura 6-9: Dragagem de Sucção Estacionária - TSHD

Fonte: IHC Dredges

Este tipo de dragagem é considerado a forma mais simples das dragagens hidráulicas. Possuindo uma série de limitações em relação às demais. Sua produtividade varia entre

50 e 5000 m³/h, dependendo de seu tamanho e da quantidade e capacidade dos batelões envolvidos no processo.

Quadro 7: Vantagens e Limitações da TSHD

Vantagens	Limitações
<ul style="list-style-type: none"> Baixa tendência para suspender sedimentos e turvação; Baixo nível de ruído. 	<ul style="list-style-type: none"> Baixa precisão na escavação, que é considerada descontrolada; Pouco apropriada para dragagem selectiva; É expectável algum derrame de material; Alta taxa de diluição quando comparada com outras dragas hidráulicas.

6.2.2.6 Draga de SUCÇÃO Pneumática – DRAGA ECOLÓGICA (Tipo Pneumática)

Equipamentos desenvolvidos para arqueologia náutica com o objetivo de recuperar pequenos objetos submersos. Seu funcionamento está ligado a um sistema com ar comprimido na ponta que induz a aspiração de sedimentos no fundo, conhecido como Air-lift.

Estas dragas ecológicas, por utilizarem em sua sucção sistemas pneumáticos em seus mecanismos, atenuam significativamente a dispersão do material dragado, evitando sua suspensão na coluna de água. Atualmente, as dragas pneumáticas são consideradas menos poluentes em relação as demais.

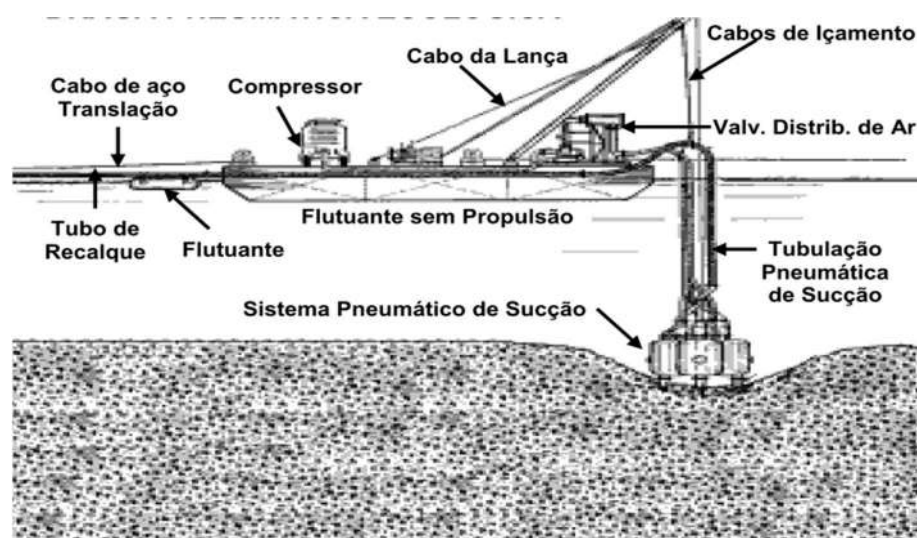


Figura 6-10: Draga Ecológica

6.3 DEFINIÇÃO DAS ÁREAS DE EVENTUAL DRAGAGEM

Ao longo dos 2.903 hectares de área molhada compreendidos entre a cabeceira da lagoa do Mundaú até a foz no Pontal da Barra (Canal do Pontal), foram realizados estudos geotécnicos e levantamentos batimétricos. A partir dos dados obtidos através desses estudos, foi possível realizar uma investigação e uma caracterização sedimentar da área em questão.

Conforme pode ser visto na Figura 6-11 a seguir, foram identificados sedimentos com as características (granulométricas) compatíveis com a atividade de preenchimento das cavidades principalmente nos canais da lagoa Mundaú (item 2.2), entretanto, materiais com qualidade inferior (menor teor de areia) podem também ser misturados à areia comercial já utilizada na operação atual de enchimento das cavidades. Com base nessas premissas foi proposta uma compartimentação da área investigada fundamentada na abundância de material disponível e sua respectiva caracterização.

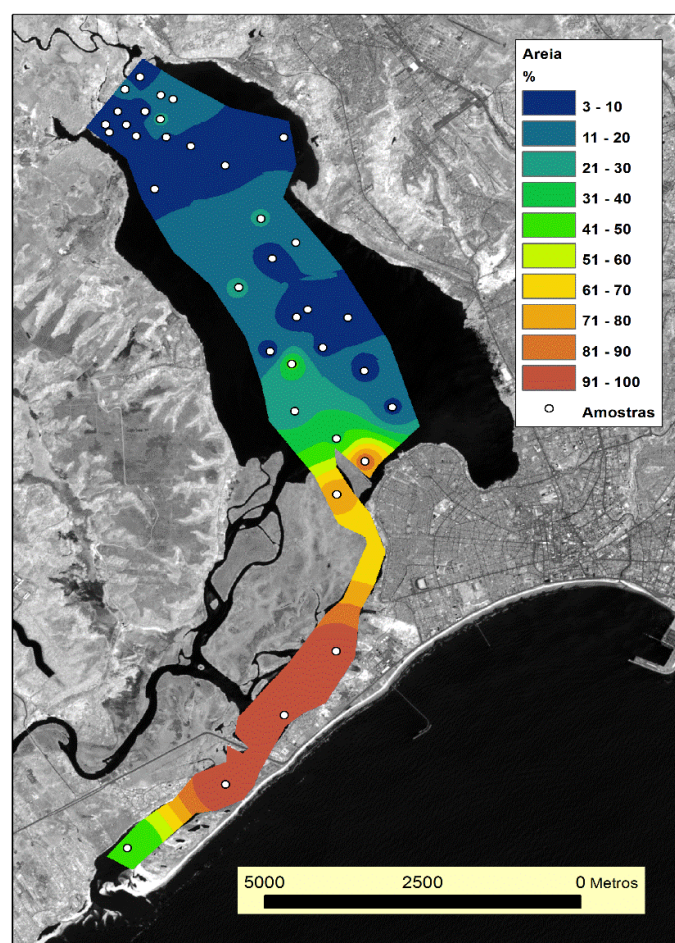


Figura 6-11: Disposição dos sedimentos arenosos ao longo da área investigada

Fonte: TPF Engenharia (2022)

A compartimentação em zonas foi elaborada com base na quantidade de sedimentos arenosos disponíveis (teores de areia) e nos aspectos referentes à morfologia da lagoa (Figura 6-12). Logo em seguida, a partir das áreas estabelecidas, são apresentadas as curvas granulométricas do material obtido em cada zona, conforme ilustrado nas Figura 6-13 a Figura 6-16.

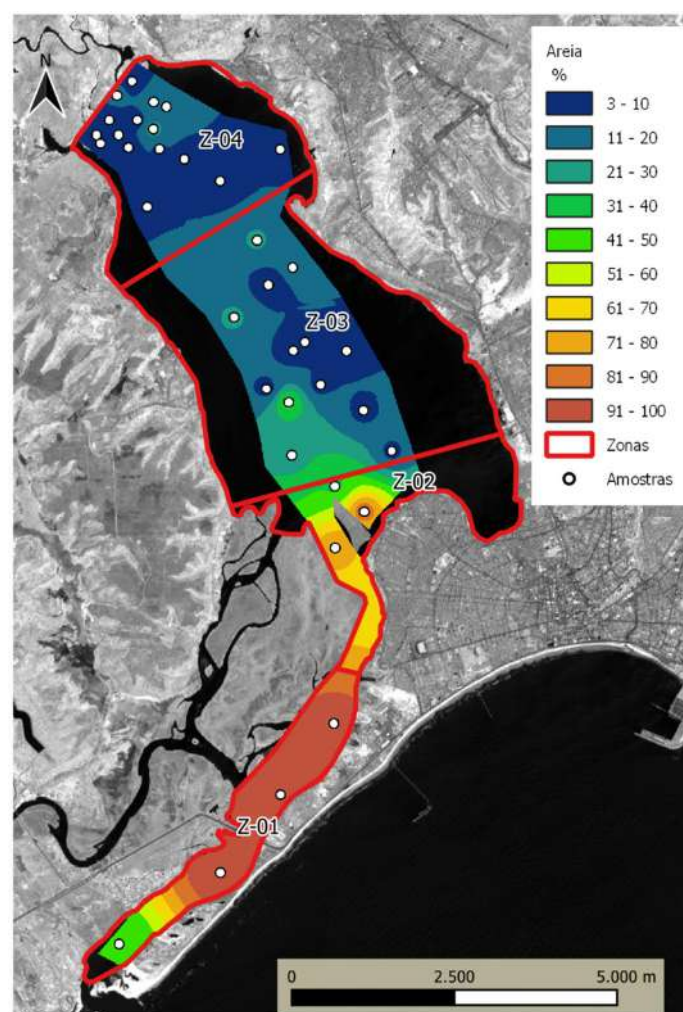


Figura 6-12: Compartimentação da área investigada em zonas

Fonte: TPF Engenharia (2022)

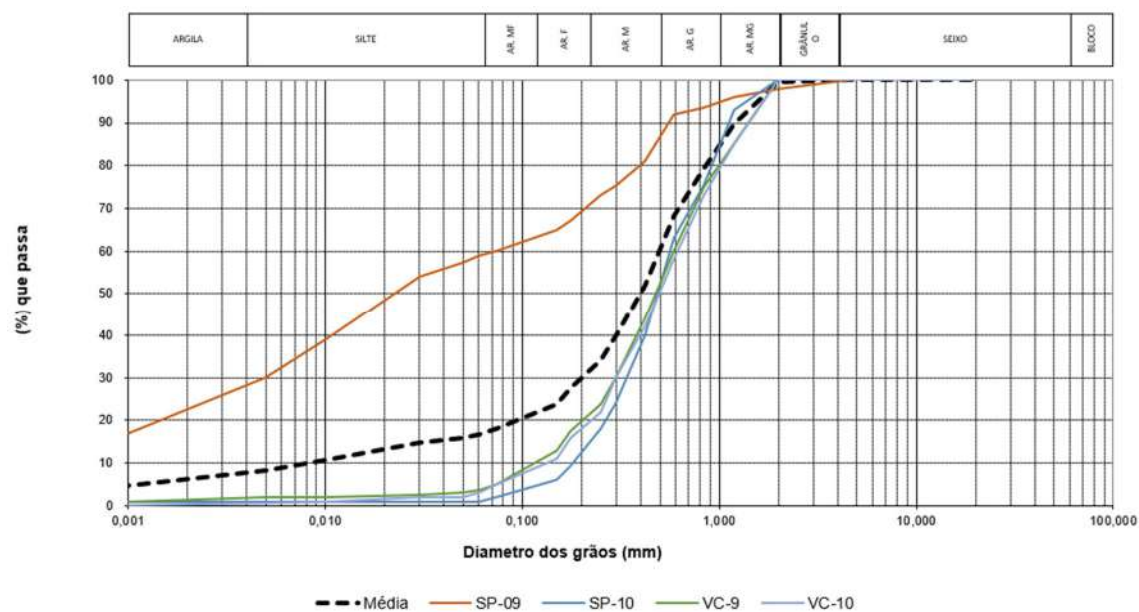


Figura 6-13: Curvas Granulométricas na zona 1
Fonte: TPF Engenharia (2022)

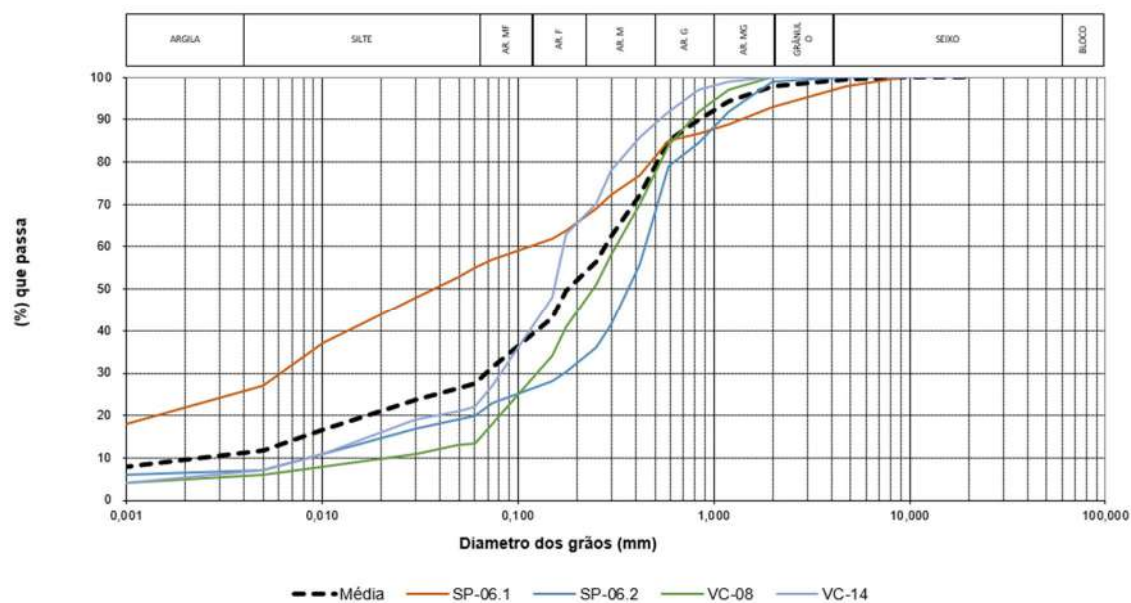


Figura 6-14: Curvas Granulométricas da zona 2
Fonte: TPF Engenharia (2022)

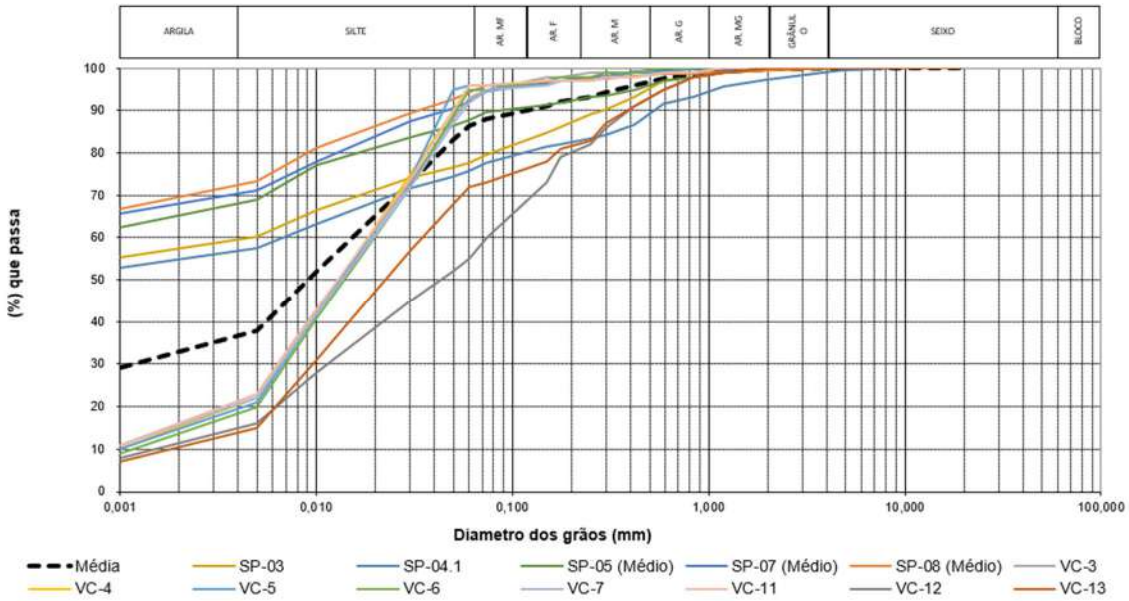


Figura 6-15: Curvas Granulométricas da zona 3

Fonte: TPF Engenharia (2022)

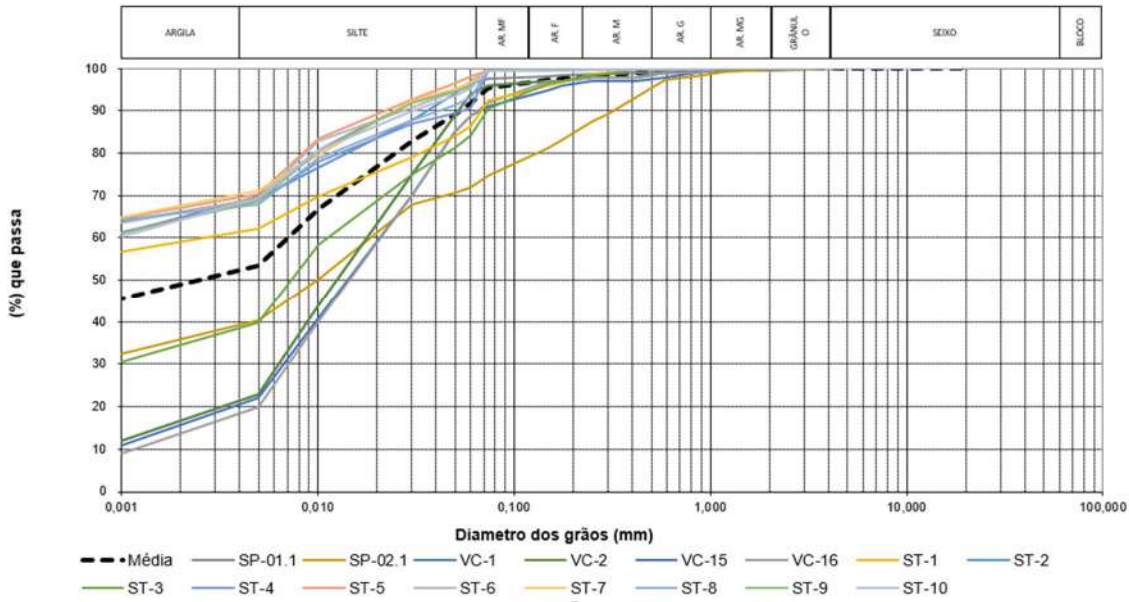


Figura 6-16: Curvas Granulométricas da zona 4

Fonte: TPF Engenharia (2022)

Através da compartimentação, foram verificados quais locais de sondagens e investigação ficaram englobados dentro dos limites de suas respectivas zonas. Sendo possível visualizar esta distribuição de pontos estudados a partir da Tabela 6-1 a seguir.

Tabela 6-1: Distribuição das Sondagens e Testemunhagens por zona

Zona	Sondagens		Testemunhos
	a Trado	a Percussão	VC
1	-	9 e 10	9 e 10
2	-	6	8 e 14
3	-	3, 4, 5, 7, 8	3, 4, 5, 6, 7, 11, 12, 13
4	1 a 10	1 e 2	1, 2, 15, 16

Fonte: TPF Engenharia (2022)

Os resultados desta quantificação de sedimentos foram expressos ainda de acordo com a compartimentação adotada em cada área em estudo. As figuras a seguir (Figura 6-17 a Figura 6-20) trazem as envoltórias das curvas granulométricas de acordo com cada zona analisada.

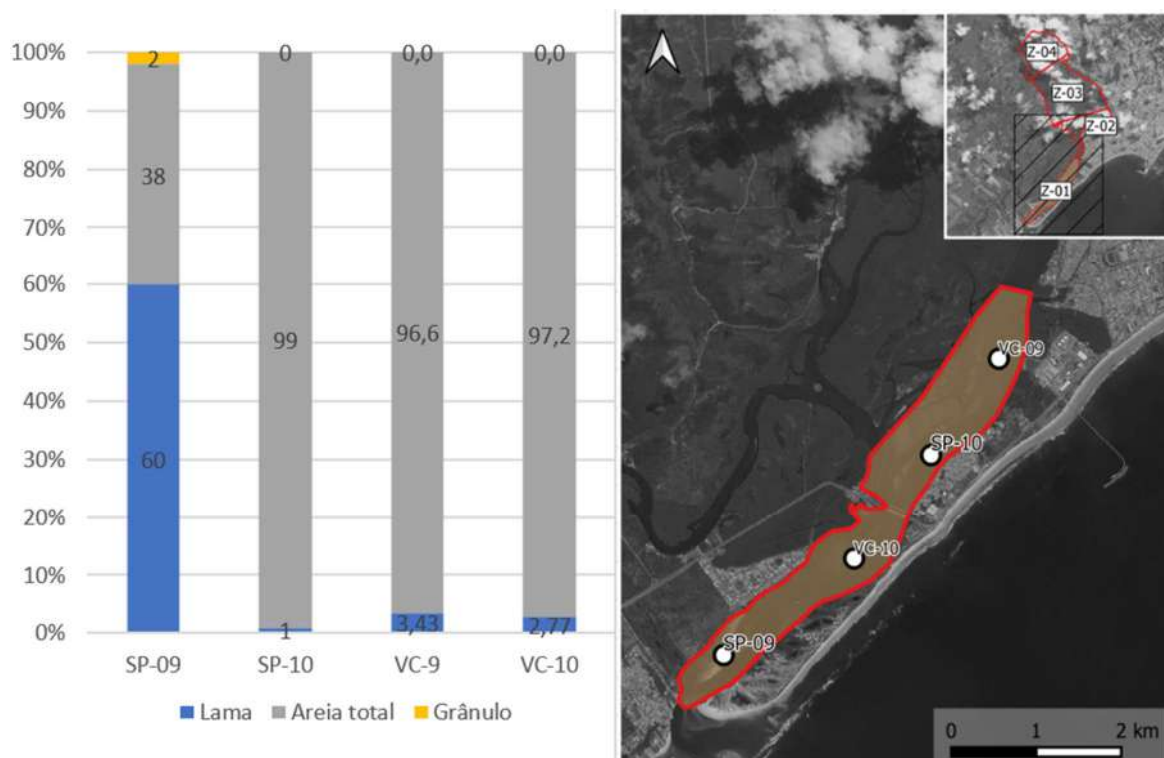


Figura 6-17: Envoltória das Curvas Granulométricas da zona 1

Fonte: TPF Engenharia (2022)

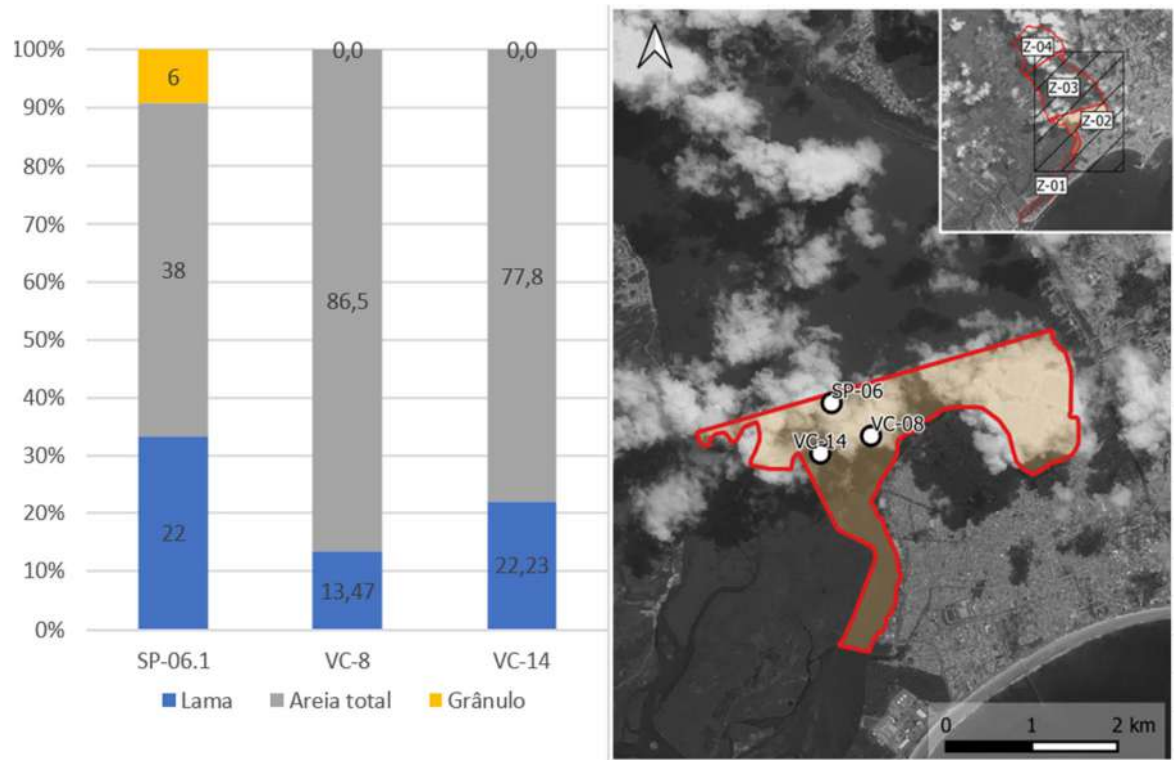


Figura 6-18: Envoltória das Curvas Granulométricas da zona 2
Fonte: TPF Engenharia (2022)

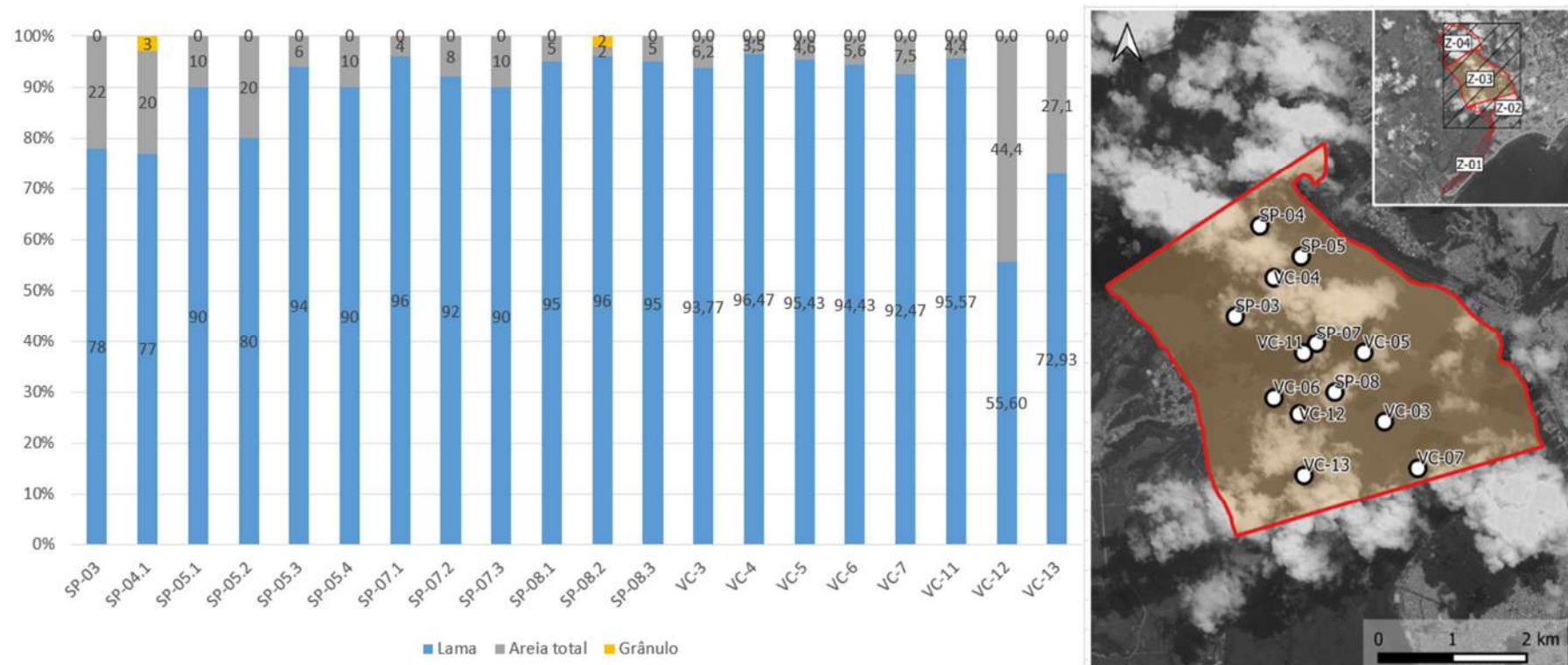


Figura 6-19: Envoltória das Curvas Granulométricas da zona 3

Fonte: TPF Engenharia (2022)

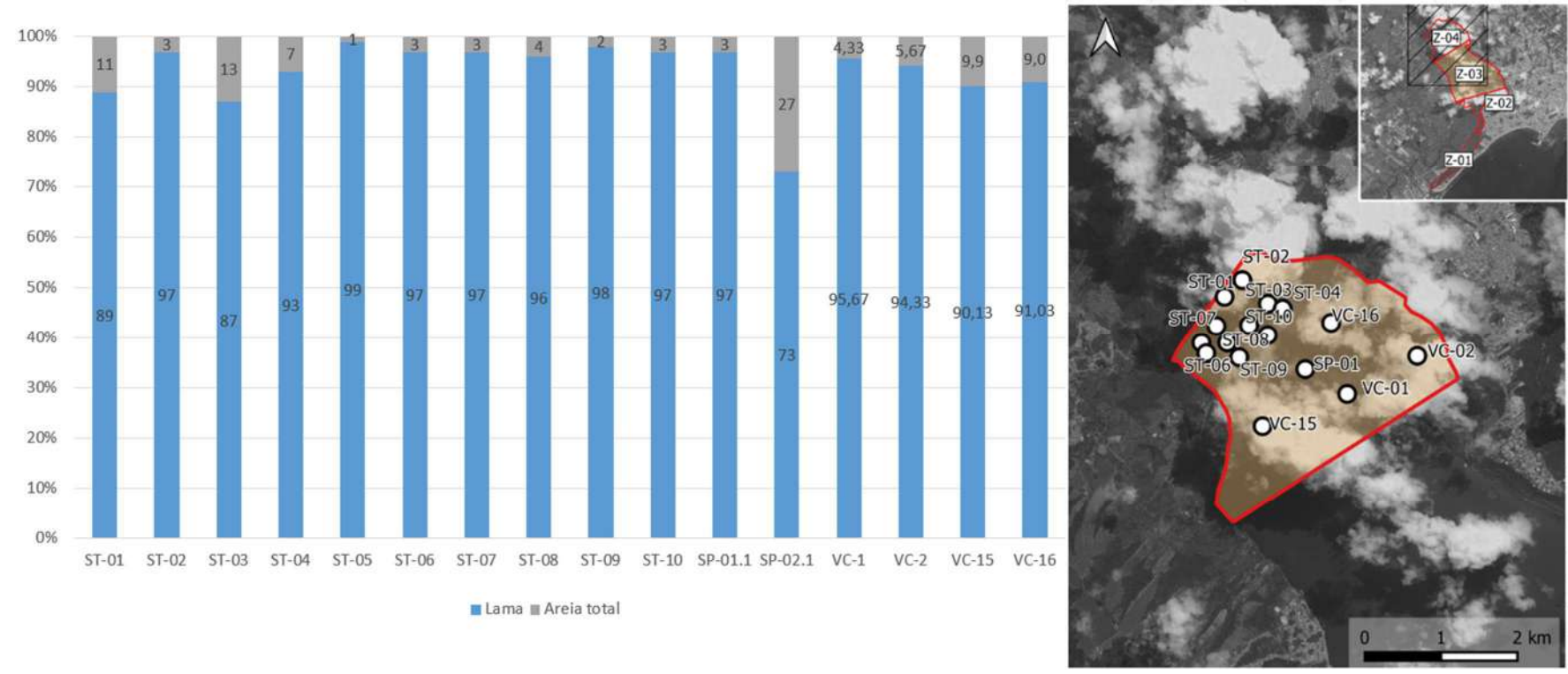


Figura 6-20: Envolvória das Curvas Granulométricas da zona 4
Fonte: TPF Engenharia (2022)

6.3.1 VIABILIDADE DE MISTURA DOS MATERIAIS EVENTUALMENTE DRAGADO

A partir da compartimentação da área da Lagoa Mundaú em zonas, visto no item anterior, neste capítulo foi verificado a viabilidade de utilização dos sedimentos encontrados em cada área compartimentada no processo de enchimento das cavidades, através de uma possível mistura com os materiais já atualmente empregados neste processo. Para fins de caracterização deste material, à época da coleta (15/04/2021), foi retirada a amostra AM-Pátio-01 na pilha de estoque do pátio de preenchimento.

Em reunião realizada no dia 02/09/2021, os consultores da *Well Engineering Partners* - WEP recomendaram adoção mínima de 80% de areia na composição de sedimentos a serem utilizados no preenchimento das cavidades. Este foi o principal parâmetro utilizado na obtenção das proporções de misturas entre sedimentos oriundos da lagoa em diferentes zonas e o material da jazida atualmente em uso pela Braskem, adquiridas através de uma análise analítica da distribuição granulométrica destes materiais, e apresentada resumidamente na Tabela 6-2:

Tabela 6-2: Possível proporção de mistura entre os sedimentos contidos na Lagoa e o material de jazida já empregado no processo de enchimento

Zonas	Material de Jazida(%)	Sedimentos da Lagoa (%)
1	0,00	100,00
2	41,03	58,97
3	77,79	22,21
4	79,85	20,15

Com base nestes dados preliminares, foram avaliados os impactos em três locais para uma eventual dragagem, tendo como critérios principais: a capacidade de fornecer material para preenchimento das cavidades e o melhoramento da qualidade da água na Lagoa, diretamente ligado ao desassoreamento de seu leito. Essas três áreas foram tratadas ao longo deste estudo como possíveis alternativas com viabilidade para eventual dragagem e utilização do material no preenchimento das cavidades, podendo ser classificada conforme análise preliminar como:

- Área rica em sedimentos arenosos, podendo seu material, ser aplicado nas cavidades diretamente sem qualquer adição de material complementar (zona 1);
- Área intermediária com uma capacidade boa de fornecimento de material arenoso (zona 2), contudo, os sedimentos desta área deverão ser complementados com uma quantidade significativa de material oriundo de jazida (já empregada no processo atualmente), para se obter o mínimo de areia exigido no processo de preenchimento das cavidades, com concentração mínima de 80 %, conforme orientação de consultores da *Well Engineering Partners* – WEP (ver item 2.2). E caso seja realizada uma eventual dragagem neste local, os sedimentos deverão passar por um sistema de mistura (usina de solo);
- Área com déficit elevado de areia (zona 3) contendo sedimentos contaminados com metais pesados conforme ensaios de caracterização (item 4.5.3). A adoção de eventual dragagem desta região implicaria em promover a inserção de material contaminado nas cavidades das frentes de lavra, provocando um grande passivo ambiental.

O processo de mistura destes materiais (baixo teor de arenoso) com os sedimentos já envolvidos no processo de enchimento das cavidades, pode ser realizado utilizando um sistema automatizado padrão de usina de solo, normalmente empregada na execução de obras com grande movimentação de terra.

6.3.2 DETERMINAÇÃO DO EQUIPAMENTO A SER EVENTUALMENTE UTILIZADO

A escolha da draga é considerada um passo de maior importância num projeto de dragagem. Como tal, torna-se necessário sintetizar algumas das informações de forma a conseguir um melhor entendimento do estudo realizado. A comparação entre as dragas é um método indispensável para se observar os pontos positivos e negativos de umas em relação a outras.

Na Tabela 6-3 a seguir, é apresentada uma comparação entre dragas de acordo com o seu desempenho em termos ambientais, analisando a segurança, a precisão, a turbidez provocada, a mistura de materiais, o derramamento, a diluição e o ruído.

O sinal de mais representa uma aceitabilidade ambiental superior à média; o sinal de menos representa uma aceitabilidade inferior à média; o sinal de quadrado indica que o desempenho ambiental se encontra dentro da média.

Tabela 6-3: Comparativo entre dragas a partir de critérios Ambientais

		Critérios Ambientais						
		Segurança	Precisão	Turvação	Mistura	Derrame	Diluição	Ruído
Draga Tipo	Balde	-	+	-/□	□/+	+	+	-
	Backhoe	-	-	-/□	□	+	+	+
	Clamshell	-	+	-/□	+	+	+	+
	DSC	-	+	□/+	□/+	□	□	+
	TSHD	-	-	+	-	-	□	+

Fonte: TPF Engenharia (2022)

Salienta-se que a tabela anterior constitui apenas uma síntese geral dos desempenhos das dragas conforme os parâmetros ambientais. Para a seleção final do equipamento, deve ser realizada uma análise mais aprofundada.

Parâmetros como os tipos de trabalhos a que normalmente se aplicam, os tipos de materiais que conseguem dragar, a produtividade e a profundidade de dragagem são também critérios essenciais para a análise. Dessa forma, construiu-se a Tabela 6-4, apresentada a seguir.

Tabela 6-4: Síntese de Aplicabilidade das Dragas

		Domínio de Aplicação	Aplicabilidade	Precisão de escavação (cm)	Produtividade (m³/h)	Profundidade de Alcance (m)
Draga Tipo	Balde	>Escavação de Túneis >Instalação de condutas	$\sigma_c \leq 10 \text{ MPa}$	≈ 10	50-1100	5-30
	Backhoe	>Pequenos projetos com solos coesivos	$\sigma_c \leq 10 \text{ MPa}$	10	Até 1000	4-32
	Clamshell	>Pequenos projetos >Locais pouco acessíveis	$\sigma_c \leq 1 \text{ MPa}$	35-50	1000-2000	1-50
	DSC	>Solos coesivos duros	$\sigma_c \leq 50 \text{ MPa}$	10-25	50-7000	0,75-35
	TSHD	>Materiais granulares finos	Solos Granulares	-	50-5000	3-50

Fonte: TPF Engenharia (2022)

Através das informações apresentadas, pode-se verificar que o tipo de draga que atenderia aos parâmetros ambientais e de trabalhabilidade exigidas durante a operação no local estudado é a DSC. Portanto, para efeitos de dimensionamento, foi

adotado uma draga de cabeça cortante sendo aplicada nas 3 zonas de eventual dragagem a serem realizadas.



Figura 6-21: Cutter Suction Dredge - CSD

Fonte: DAMEN

6.4 ALTERNATIVAS DE EVENTUAL DRAGAGEM

6.4.1 ALTERNATIVA I (ZONA 1)

Para a análise desta alternativa de dragagem, adota-se uma abordagem de aplicação do sistema de remoção destes materiais submersos na zona 1, para utilização nas cavidades das frentes de lava, relacionados anteriormente no item 6.3.1. Onde podemos identificar através da Figura 6-22 a seguir, a compartimentação da área dragável tratada neste item:



Figura 6-22: Compartimentação da zona 1

Fonte: TPF Engenharia (2022)

Conforme visto na Figura 6-12, tem-se uma incidência maior de material arenoso na região a montante da Ponte Divaldo Suriagy, ratifica-se esta informação através da Figura 6-23. E a partir das curvas granulométricas do solo ensaiado na área mencionada, verifica-se a presença de material arenoso classificado como areia média a grossa, segundo a classificação apresentada na ABNT NBR 6502/95, visível na Figura 6-24 abaixo.

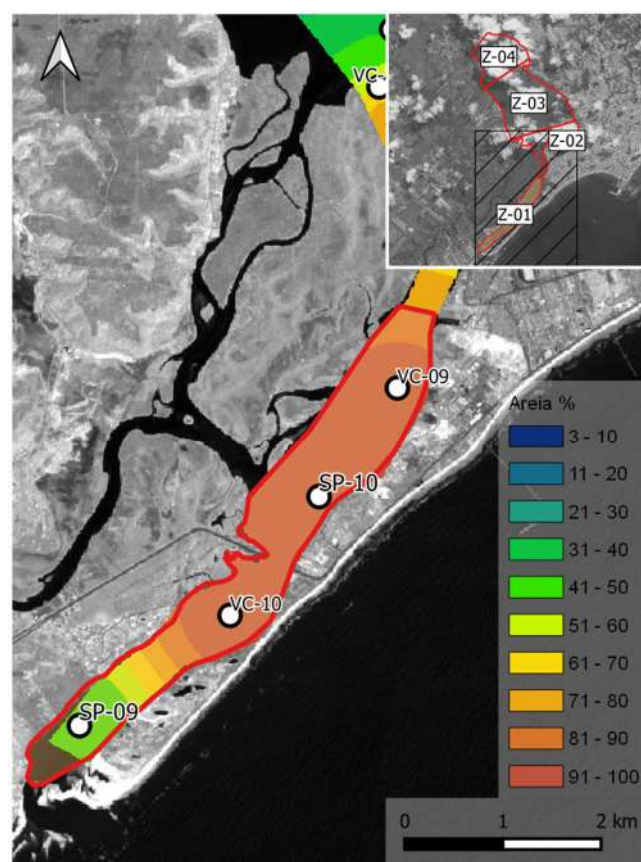


Figura 6-23: Teor de material arenoso na zona 1

Fonte: TPF Engenharia (2022)

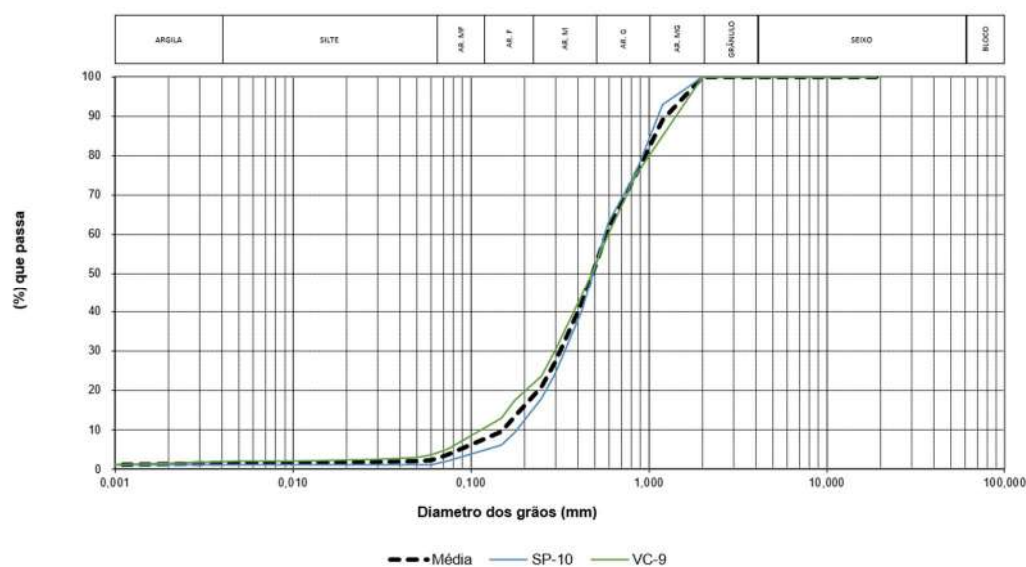


Figura 6-24: Curvas granulométricas da área à montante da Ponte Divaldo Suriagy

Fonte: TPF Engenharia (2022)

Esta área possui uma elevada concentração de sedimentos arenosos, podendo este material, ser aplicado ao processo de enchimento das frentes de lava sem qualquer adição de material complementar, exceto a adição da salmoura já presente no procedimento. E devido ao alto teor de areia apresentado, consequentemente, eliminar a exploração das jazidas da região.

A partir das informações citadas acima, estimou-se uma área através de modelagem computacional, buscando atender a demanda de sólido envolvidos no processo de preenchimento das frentes de lava. Conforme podemos observar na Figura 6-25 a seguir:

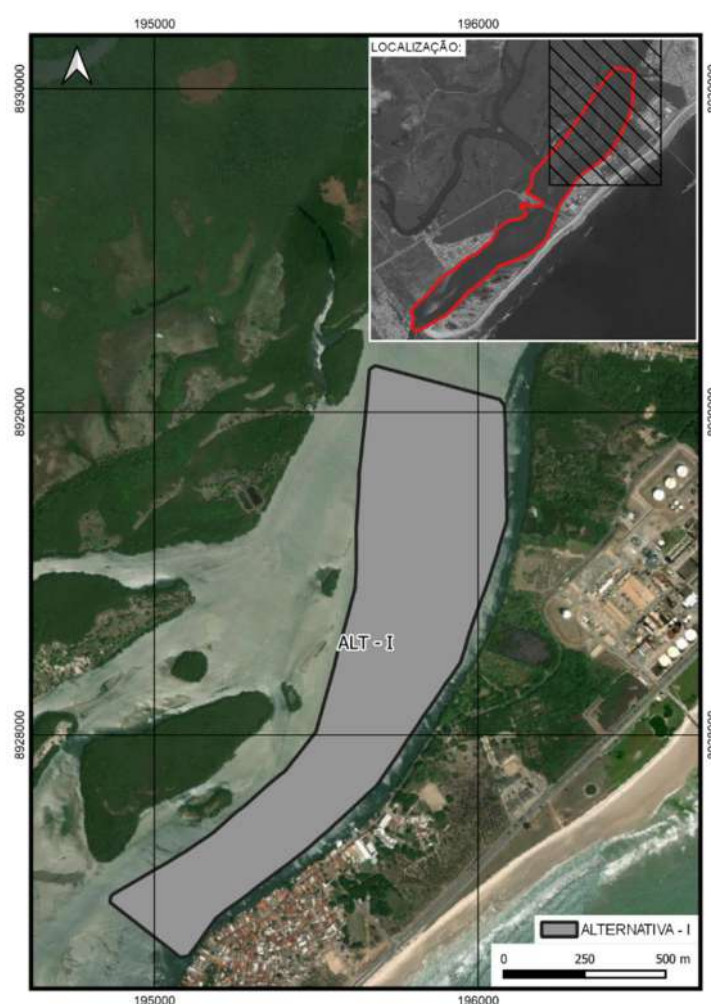


Figura 6-25: Delimitação da área de possível Dragagem na zona 1

Fonte: TPF Engenharia (2022)

Esta área analisada fica em média a aproximadamente 7 km de distância em linha reta do sítio de preenchimento das cavidades, com isso, a adoção de implantação de um sistema de dragagem neste local geraria um grande transtorno ao tráfego de embarcações na localidade, caso houvesse a necessidade de remanejar o material dragado por via aquática, impactando na rotina turística e econômica de pesca.

Atenuando este impacto gerado, considerou-se a utilização de um espaço específico, próximo à área de operação da draga, para fins de estoque temporário. Onde o material dragado seria acondicionado logo após a dragagem e em seguida seria transportado por vias urbanas utilizando veículos de carga rodoviários até as cavidades.

A área definida para estoque de sedimentos proveniente da dragagem nesta alternativa, pode ser identificada através da Figura 6-26 logo a seguir:



Figura 6-26: Possível área de bota-espera na zona 1

Fonte: TPF Engenharia (2022)

Contendo aproximadamente 2.203 ha, o local já antropizado possibilita a armazenagem de cerca de 103 pilhas de material com altura máxima de 5 m cada, totalizando uma capacidade de estoque de cerca de 27.538 m³ de material arenoso.

Que devido ao fluxo diário demandado pelo enchimento das cavidades atualmente, seria suficiente para alimentar o sistema por 14 dias.

O transporte realizado entre o bota-espera e a área de utilização tem cerca de 10 km de extensão, podendo ser percorrido por vias urbanas através de caminhões basculantes de 18 m³ de capacidade. Sendo necessárias 111 viagens diárias para atender o volume necessário na alimentação das cavidades. O processo de enchimento das cavidades hoje, é alimentado por uma jazida com uma DMT de aproximadamente 30km.

Neste atual cenário, a demanda de materiais para enchimento das cavidades necessita de algo em torno de 2000 m³ por dia, segundo informações obtidas em estudo realizado pela *Tecnosonda*, fornecido a TPF pela contratante. Tendo a informação de produtividade, partiu-se deste parâmetro inicial, o cálculo de dimensionamento e especificação do sistema de dragagem nesta alternativa.

Na literatura de dragagem, normalmente executa-se serviços em turnos de 24h por dia, entretanto, para efeitos de produtividade efetiva são considerados uma cadeia de 16 h apenas. Através deste dado, admite-se que é necessário captar em média 125 m³/h de sólidos num fluxo contínuo para se obter o volume adequado nos trabalhos de preenchimento das cavidades.

Nesta alternativa, a área analisada para uma possível dragagem possui sedimentos submersos, que segundo análise granulométrica, com diâmetro mediano de 500 µm (d₅₀), que conforme ABNT NBR 6502/1995 se enquadra como areia média. E segundo os dados de parâmetros físicos, a massa específica real tomada em ensaios de laboratório, possui o valor médio de 2,56 t/m³.

Conforme podemos observar na Figura 6-27 a seguir, o valor adotado de densidade do material é proveniente de amostra coletada no furo de sondagem a percussão SP-10, compreendido dentro da área analisada neste item.

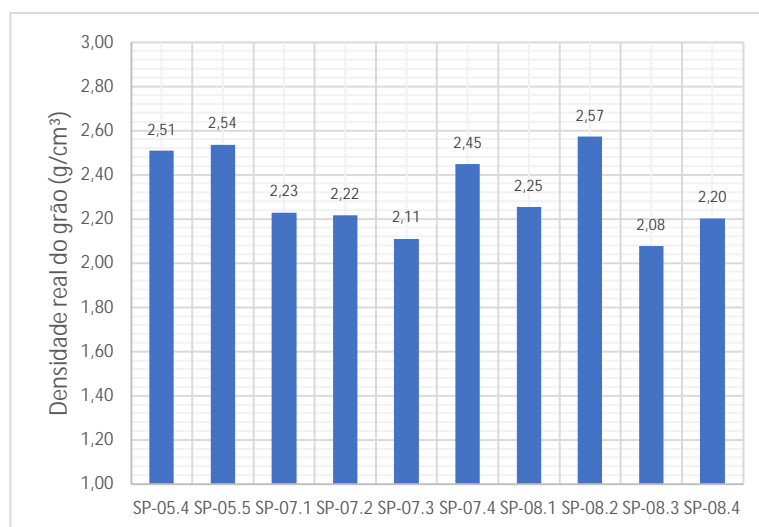


Figura 6-27: Valores de massa específica real dos sedimentos presente na zona 1

Fonte: TPF Engenharia (2022)

Com a finalidade de se dimensionar um sistema de dragagem com máxima eficiência, conforme orientação técnica de consultores experientes, admitiu-se uma concentração de 14 % em volume de sólidos na mistura a ser bombeada pela draga. Através desses dados iniciais pode-se resumir na Tabela 6-5, a quantificação da mistura de sólidos e líquidos a serem captados pela draga na zona em questão no período de 1h.

Tabela 6-5: Quantificação da mistura dragada na zona 1

	Água	Sedimentos	Mistura
Massa (t)	759,8	319,5	1079,3
Volume (m³)	752,3	125,0	877,3

Fonte: TPF Engenharia (2022)

Podendo esse fluxo de sólidos, apresentar as seguintes características quanto as informações de concentração da mistura a ser dragada:

- Massa específica da mistura – 1,23 t/m³
- Concentração de sólidos em peso na mistura – 29,6 %
- Concentração de sólidos na mistura – 364 g/l

A partir dos resultados obtidos através dos ensaios citados no item 4.2, é apresentado no Quadro 8 um resumo dos parâmetros *in situ* do material a ser eventualmente dragado na zona 1.

Quadro 8: Dados dos sedimentos *in situ* na zona 1

Grau de Saturação dos Sólidos <i>in situ</i>	100,0 %
Umidade dos Sólidos <i>in situ</i>	16,0 %
Índice de Vazios	0,4
Porosidade	28,8 %
Massa específica dos Sólidos <i>in situ</i>	2,11 t/m ³
Concentração de Sólidos em Volume <i>in situ</i>	20,0 %
Extração de Sólidos em Volume <i>in situ</i>	175,5 m ³ /h

Com a informação do volume de mistura sendo eventualmente dragado em 1 hora (aproximadamente 877,3 m³), conforme dado na Tabela 6-5, dimensionou-se a tubulação a ser empregada na dragagem, para atender a esta vazão de 243,7 l/s. Adotando-se um tubo de PEAD de 315 mm (diâmetro externo).

Em seguida, calculou-se a velocidade de bombeamento da mistura como sendo:

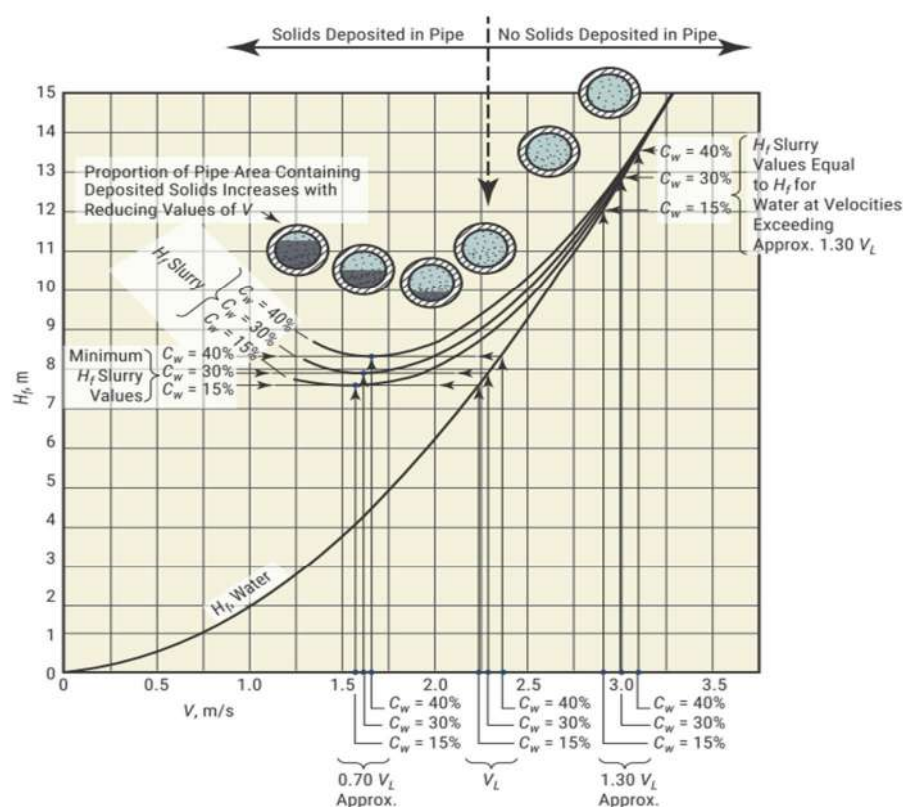
$$v = \frac{Q \times 1273}{D_i^2} = 4,03 \text{ m/s}$$

- Q – Velocidade da mistura (l/s);
- D_i - Diâmetro interno da tubulação escolhida (277,6 mm);
- V – Velocidade da mistura (m/s).

Para evitar material decantado ao longo da tubulação, analisou-se a possibilidade de ter sólidos depositados dos dutos, estimando-se a velocidade de assentamento. Tendo a velocidade nominal alcançado um valor de 17% acima da velocidade de crítica (calculada a seguir), concluiu-se a ausência de obstrução durante o bombeamento, além de não ultrapassar o limite máximo de 30% relatado na literatura:

$$v_L = F_L \times \sqrt{2gD \left(\frac{S - S_w}{S_w} \right)} = 3,44 \text{ m/s}$$

- F_L – Parâmetro de Decantação;
- g – Gravidade ($9,81 \text{ m/s}^2$).
- D_i - Diâmetro interno da tubulação escolhida (277,6 mm);
- S – Massa específica real do Sólido ($2,56 \text{ t/m}^3$);
- S_w – Massa específica da Água ($1,01 \text{ t/m}^3$);
- V – Velocidade de Assentamento (m/s).



Source: Weir Slurry Group 2009

Figura 6-28: Comportamento dos sedimentos decantados na tubulação de recalque da draga

Esta tubulação de recalque da draga seria distribuída ao longo da lâmina d'água, utilizando flutuadores para mangotes e tubos, conforme pode ser visto na Figura 6-29 a seguir:



Figura 6-29: Flutuadores para Mangotes e Tubos

Fonte: Soluções Industriais Ltda

Após a verificação do atendimento da velocidade da polpa (mistura), foi dimensionada a perda de carga total da linha de bombeamento, considerando uma extensão máxima de aproximadamente 2000 m nesta alternativa, compreendido entre o local de atuação da draga e a área de bota-espera 1. Estes dados são resumidos no quadro a seguir (Quadro 9):

Quadro 9: Perda de Carga no Sistema

Soma das singularidades ao longo da linha de bombeamento (Σk)	4,90
Perdas Localizadas ao longo da tubulação	4,05 m
Perdas nas entrada e saída na linha de bombeamento (Ent. $K=1$ e Saí. $K=0,5$)	1,24 m
Fator de Atrito	0,017
Perda por atrito ao longo da linha de bombeamento (H_f)	99,35 m
Desnível Geométrico entre o eixo da bomba e descarga da tubulação (H_g)	8,66 m
Altura Manométrica Total ($H_f + H_g$)	113,29 m

Considerando a capacidade para atuar em alturas manométricas desta magnitude, bombas normalmente empregadas em dragas no mercado, para uma baixa eficiência, admitem valores próximos dos 100 m. Por isso, com o elevado valor da altura

manométrica total calculado, foi verificado a necessidade de implantação de um *booster*, também chamada de bomba de reforço (**Figura 6-30**), para auxiliar no bombeamento da mistura.

Visando minimizar esta perda de carga a ser atribuída a bomba presente na CSD, seria necessário adotar um *booster* (com potência de 450 KW) cada vez que a distância entre a draga e a área de bota-espera 1 seja maior que 1000 m, reduzindo significativamente a altura manométrica atribuída a bomba, conforme pode ser observado no Quadro 10 a seguir:

Quadro 10: Perda de Carga no Sistema com *Booster*

Soma das singularidades ao longo da linha de bombeamento (Σk)	4,90
Perdas Localizadas ao longo da tubulação	4,05 m
Perdas nas entrada e saída na linha de bombeamento (Ent. $K=1$ e Sai. $K=0,5$)	1,24 m
Fator de Atrito	0,017
Perda por atrito ao longo da linha de bombeamento (H_f)	49,84 m
Desnível Geométrico entre o eixo da bomba e descarga da tubulação (H_g)	8,66 m
Altura Manométrica Total ($H_f + H_g$)	63,78 m



Figura 6-30: Bomba de Reforço (*Booster*)

Fonte: Damen

Por se tratar de uma mistura de sedimentos, a perda de carga calculada não é diretamente adotada, uma vez que, os cálculos consideram um fluxo padrão de água,

portanto ao considerar a interferência maior causada pelo atrito dos sedimentos e as paredes internas do tubo, considera-se uma correção dos valores. E, a partir da draga adotada, verifica-se a bomba contida na mesma quanto a potência existente para atender a potência requerida, possibilitando o bombeamento da mistura. No quadro a abaixo (Quadro 11), podemos verificar um resumo das informações sobre a potência da draga designada para esta alternativa.

Quadro 11: Dimensionamento da Bomba da Draga

Fator de Correção da Carga Hidráulica (HR)	0,87
Carga Hidráulica da água equivalente à mistura (H _w)	73,31 m
Velocidade de Rotação de Bomba	1285 rpm
Eficiência da Bomba para Água (E _w)	74,0 %
Fator de Correção da Eficiência (ER)	0,87
Eficiência da Bomba para Mistura (E _m)	64,4 %
Potência requerida da Bomba	335 kW
Potência corrigida da Bomba	402 kW
Potência da Bomba na Draga adotada	447 kW



Figura 6-31: Draga adotada para atuar na zona 1 - DAMEN CSD350

Fonte: Damen

Realizada a escolha do tipo de draga, conforme item 6.3.2, e modelo segundo a Figura 6-31, analisou-se através de estudo, a descarga e armazenamento dos sedimentos dragados. Concluindo que através de um equipamento desaguador instalado na extremidade da linha de recalque, é possível separar a água e sólidos envolvidos na mistura.

A adoção de uma peneira linear (Figura 6-32) atende exatamente a vazão deste processo de dragagem, direcionando o fluxo de água a ser devolvido para a Lagoa e liberando os sedimentos sobre uma esteira transportadora de 7 m de comprimento (Figura 6-33). Esta, por sua vez, elevaria o material sólido a uma altura de 5 m, sendo possível a estocagem por meio de pilhas e a utilização de uma escavadeira para transbordo. Ficando esses equipamentos alocados dentro da área do bota-espera 1 (Figura 6-34). Este equipamento também pode ser dotado de um dispositivo de separação de finos a depender da necessidade da equipe operacional.

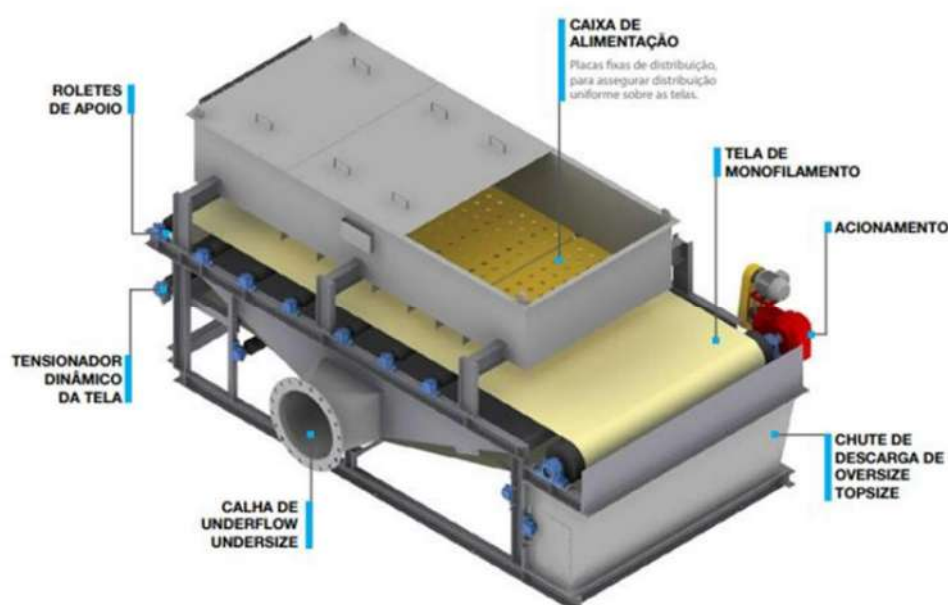


Figura 6-32: Desaguador - Peneira Linear de Descarga

Fonte: VLC Soluções em separação



Figura 6-33: Esteira Transportadora de Areia



Figura 6-34: Possível área do Bota-espera da zona 1

Fonte: TPF Engenharia (2022)

Considerando o modelo computacional realizado no item 6.4.1.2, podemos estimar a partir da quantidade de sólidos a ser dragado na zona 1, o tempo de operação da draga, conforme podemos observar no Quadro 12 a seguir:

Quadro 12: Tempo previsto de Operação da Draga na zona 1

Diâmetro da tubulação de Recalque da Draga utilizada	350 mm
Vazão da Mistura descarregada pela Draga	1394 m ³ /h
Produtividade da descarga de sólidos	199 m ³ /h
Produção Mensal de Sedimentos (Prod. Efet. 500h)	99.283 m ³
Volume Total de Sólidos <i>in situ</i> a dragar	2.317.688 m ³
Tempo estimado de Operação da Draga	23,3 meses

6.4.1.1 Fluxograma da Alternativa I

Visando uma melhor percepção das informações apresentadas, foi construído um resumo dos parâmetros citados nestes itens, através de um fluxograma para a Alternativa I.

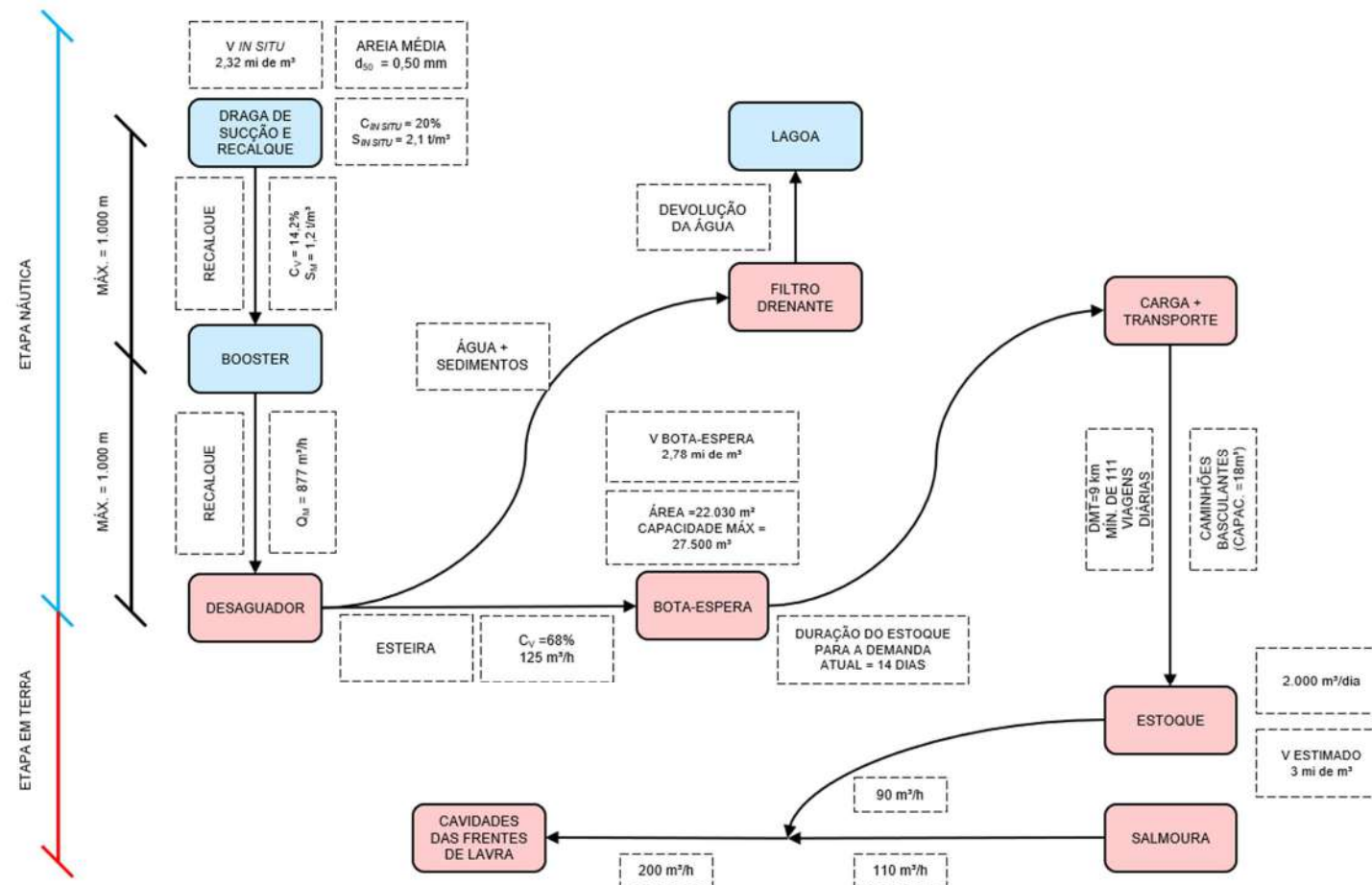


Figura 6-35: Fluxograma da Alternativa I

6.4.1.2 Modelagem da Área a Ser Eventualmente Dragada – Alternativa I

O canal de dragagem localizado na Zona 1, isto é, na área de maior concentração de areia, garante o aproveitamento total do material dragado no preenchimento das cavidades das frentes de lavra. Por dispensar o uso de materiais advindos de jazidas, é aquele com a maior extensão dentre os demais, estendendo-se, portanto, por 2.000 m ao longo do Pontal da Barra (ver Figura 6-36).



Figura 6-36: Localização do canal de dragagem da Zona 1

Fonte: TPF Engenharia (2022)

Em sua extensão, o canal mantém uma distância segura das margens, asseverando com isso uma melhor manobrabilidade para as operações da draga e minorando os impactos na conformação da área. A profundidade máxima alcançada é de 5 m, com declividade de 0,01%. Para os taludes do canal, foi adotada a relação de 1(V):5(H) (*BRITISH STANDARD BS 6349-5*, 1991).

A fim de maximizar o volume de material dragado, o canal acompanha a morfologia local, o que significa que tem largura variável até sua última estaca. A Figura 6-37 a seguir ilustra a seção tipo planejada para as operações da alternativa.

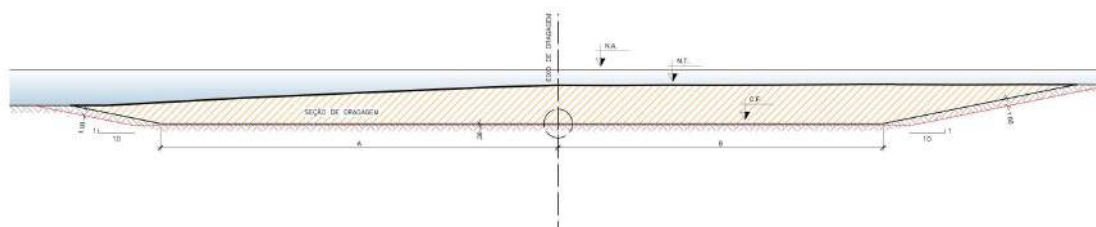


Figura 6-37: Seção tipo do canal de dragagem das zonas 1 e 2

Fonte: TPF Engenharia (2021)

A partir dessa seção tipo e dos parâmetros geométricos citados anteriormente, chegou-se à modelagem da superfície final do canal de dragagem, que pode ser vista na Figura 6-38. Como dito anteriormente, esse canal dispensa o uso de materiais de jazidas, e como resultado disso possui o maior volume a ser dragado. Assim sendo, o canal modelado tem capacidade de provisionar *in situ* 2,5 mi de m³ de material.

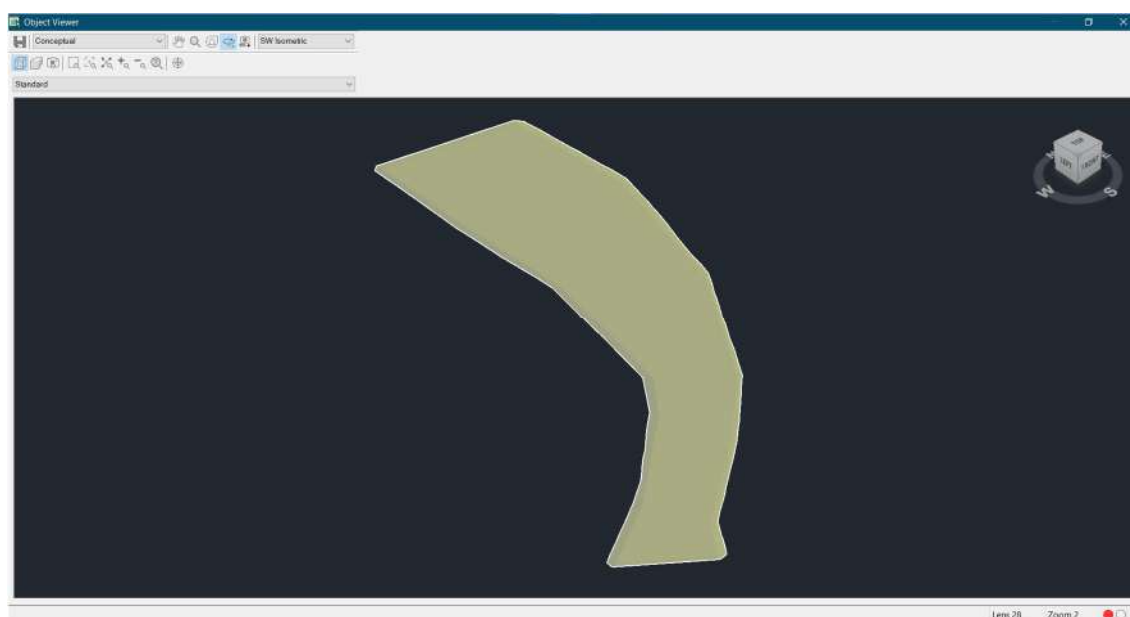


Figura 6-38: Superfície do canal de dragagem da Zona 1

Fonte: TPF Engenharia (2021)

6.4.2 ALTERNATIVA II (ZONA 2)

Nesta alternativa de eventual dragagem, admitiu-se uma abordagem da aplicação do sistema de exploração dos materiais submersos na zona 2, para utilização nas cavidades das cavidades das frentes de lavra de forma complementar, relacionados anteriormente no item 6.3.1. Onde podemos identificar através da Figura 6-39 a seguir, a compartimentação da área tratada neste item:



Figura 6-39: Compartimentação da zona 2

Fonte: TPF Engenharia (2022)

Conforme visto na Figura 6-11, é possível observar a incidência considerável de material arenoso a jusante da Lagoa do Mundaú (entrada do Canal da Assembleia), essa afirmação pode ser confirmada através das análises desenvolvidas da zona 2 (Figura 6-40). E com base nas curvas granulométricas do solo ensaiado na área mencionada, verifica-se a presença de material lamoso e arenoso, identificada na Figura 6-40 abaixo.

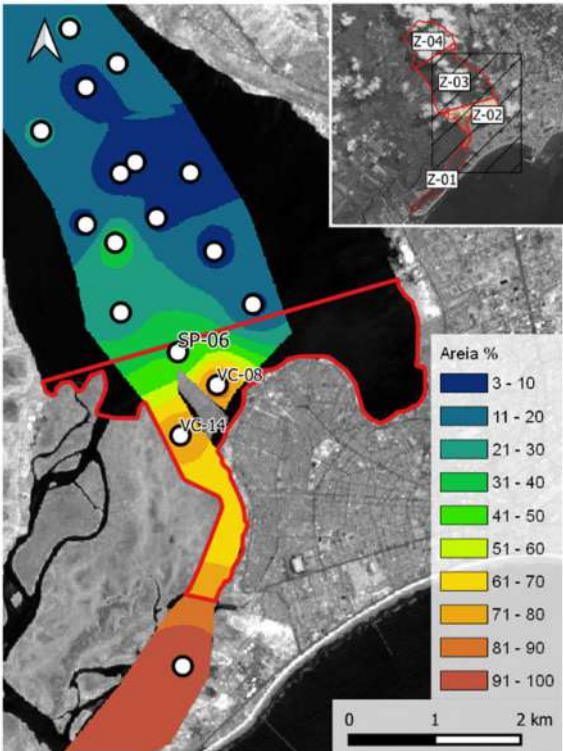


Figura 6-40: Teor de material arenoso na zona 2
Fonte: TPF Engenharia (2022)

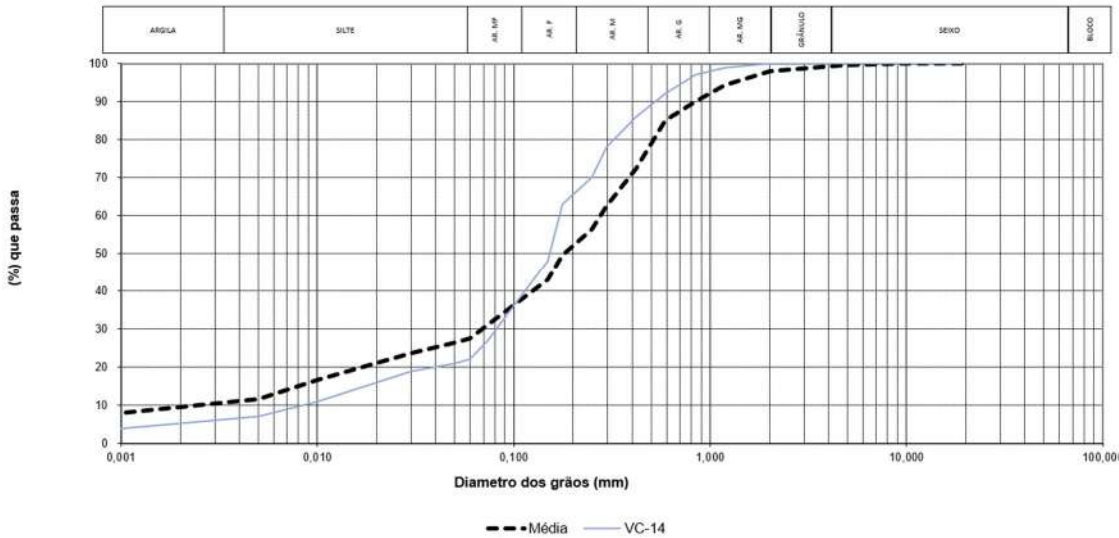


Figura 6-41: Curvas granulométricas na área dragável da zona 2.
Fonte: TPF Engenharia (2022).

Esta área possui um percentual de sedimento arenoso variando de 70 a 80%, sendo possível a aplicação deste material no preenchimento das cavidades, desde que haja a utilização de adição de material complementar, oriundo da exploração de Jazida.

A partir das informações citadas acima, delimitou-se uma área através de modelagem computacional, conforme pode-se observar na Figura 6-42 a seguir. Buscando atender a demanda de sólido envolvidos no eventual processo de preenchimento das cavidades, considerando a mistura de materiais, mencionada anteriormente no item 6.3.1.

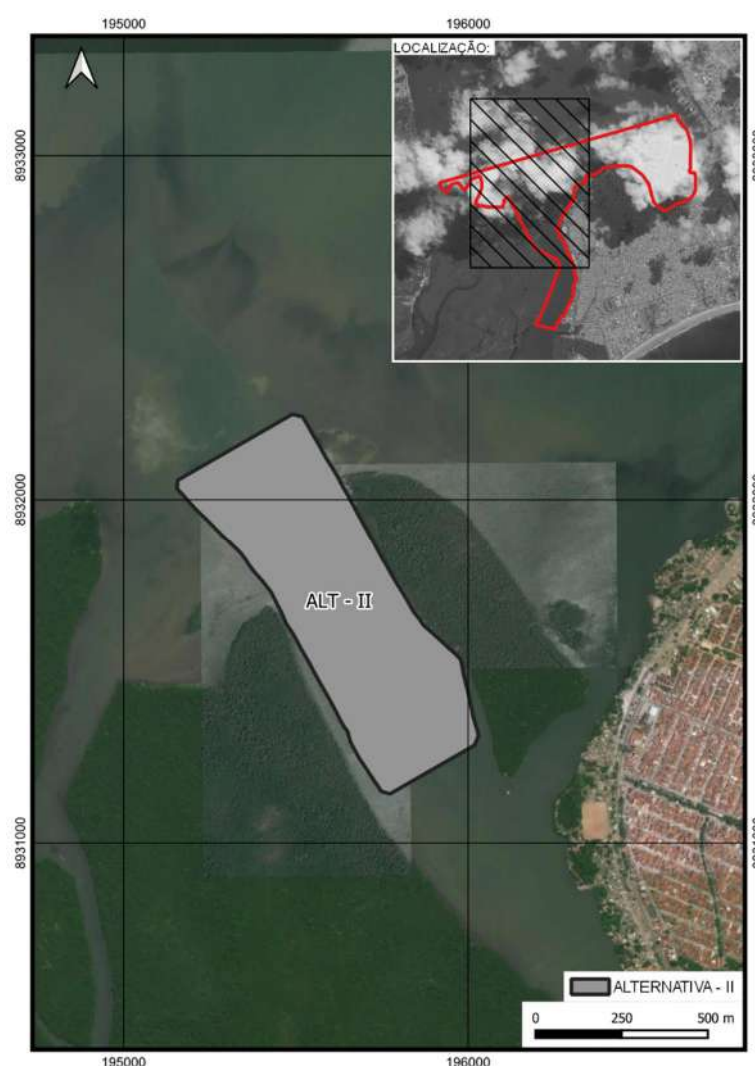


Figura 6-42: Delimitação da área de possível dragagem na zona 2

Fonte: TPF Engenharia (2022)

A área avaliada fica em média a aproximadamente 4 km de distância do pátio de preenchimento das cavidades, onde o manejo de material eventualmente dragado por via aquática causaria um transtorno ao tráfego de embarcações na região, impactando na rotina turística e econômica da localidade.

Com a finalidade de atenuar este impacto gerado, considerou-se a utilização de um espaço específico, próximo à área de operação da draga, para fins de bota-espera (armazenamento temporário). Onde o material eventualmente dragado seria acondicionado logo após a dragagem e em seguida seria transportado por vias urbanas utilizando veículos de carga rodoviários.

A área definida para estoque de sólidos proveniente da eventual dragagem nesta alternativa, pode ser identificada através da Figura 6-43 logo a seguir:



Figura 6-43: Possível área de bota-espera na zona 2

Fonte: TPF Engenharia (2022)

Contendo aproximadamente 1,82 ha, o local possibilita a armazenagem de cerca de 58 pilhas de areia de 5 m de altura cada, totalizando uma capacidade de estoque de cerca de 22.776 m³ de sedimentos. Que devido ao fluxo diário demandado pelo

enchimento das cavidades, é suficiente para alimentar o sistema por cerca de 19 dias, uma vez que sua aplicação deve ser feita em proporção de 58,97%, conforme visto no item 6.3.1, pois sua utilização depende de mistura com material sólido inerte (areia).

O transporte realizado entre o bota-espera e a área de utilização, tem cerca de 10 km de extensão percorrido por vias urbanas, por meio de caminhões basculantes com 18 m³ de capacidade cada. Sendo necessário 66 viagens ao dia para atender o volume necessário na alimentação das cavidades. O processo de enchimento das cavidades hoje, é alimentado por uma jazida com um DMT de aproximadamente 30km.

A quantidade de materiais envolvidos no processo de enchimento das cavidades demanda um volume diário de aproximadamente 2000 m³, conforme orientações obtidas a partir de estudo realizado pela *Tecnosonda*, fornecido a TPF pela contratante. Sendo este parâmetro, um dado inicial para o cálculo de dimensionamento e especificação do sistema de eventual dragagem nesta alternativa.

Na literatura de dragagem, normalmente executa-se serviços em turnos de 24h por dia, entretanto, para efeitos de produtividade são considerados uma produtividade efetiva de 16 h apenas. E com base nesta informação, admite-se que é necessário captar em média 73,7 m³/h de sólidos num bombeamento contínuo para se obter o volume necessário. Ratificando mais uma vez que o material a ser eventualmente dragado nesta alternativa teria que ser complementado com a areia de jazida já explorada.

Nesta alternativa, a área analisada para uma possível dragagem possui sólidos, segundo análise granulométrica, com diâmetro mediano de 200 µm (d₅₀), que conforme ABNT NBR 6502/95 se enquadra como areia fina. E conforme dados de parâmetros físicos ensaiados, a massa específica real, assume o valor médio de 2,42 t/m³, podendo ser observado na **Figura 6-44** a seguir. Sendo o valor descrito, resultado obtido a partir de amostras coletadas no ensaio de sondagem a percussão SP-6, compreendido dentro da área estudada.

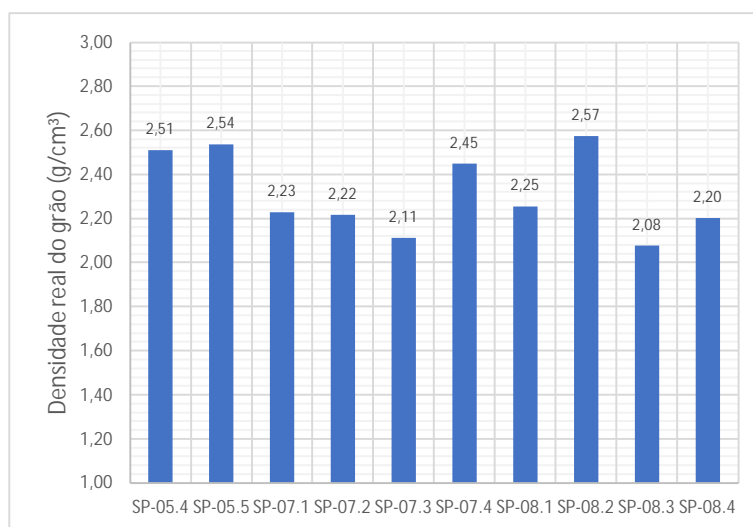


Figura 6-44: Valores de massa específica real dos sedimentos presente na zona 2

Para otimizar o sistema de eventual dragagem adequadamente, tendo em vista a presença de material lamoso em sua composição, conforme experiência de nossos consultores, admitiu-se uma concentração de 14 % em volume de sólidos na mistura a ser bombeada pela draga. Através desses dados podemos resumir no Quadro 13 a seguir, todas as informações sobre a mistura de sólidos e líquido a ser captado pela draga na zona em questão num intervalo de 1h.

Quadro 13: Quantificação da Mistura dragada na zona 2

	Água	Sedimentos	Mistura
Massa (t)	449,9	178,4	628,3
Volume (m³)	445,4	73,7	519,1

Podendo esse fluxo de sólidos, apresentar as seguintes características quanto as informações de concentração da mistura a ser eventualmente dragada:

- Massa específica da mistura – 1,21 t/m³
- Concentração de sólidos em peso na mistura – 28,4%
- Concentração de sólidos na mistura – 344 g/l

Com os índices físicos, citados no item 4.2, é apresentado no quadro a seguir (**Quadro 14**) um resumo dos parâmetros *in situ* do material a ser eventualmente dragado na zona 2.

Quadro 14: Dados dos sedimentos *in situ* na zona 2

Grau de Saturação dos Sólidos <i>in situ</i>	100,0 %
Umidade dos Sólidos <i>in situ</i>	31,7 %
Índice de Vazios	0,8
Porosidade	43,2 %
Massa específica dos Sólidos <i>in situ</i>	1,81 t/m ³
Concentração de Sólidos em Volume <i>in situ</i>	25,0 %
Extração de Sólidos em Volume <i>in situ</i>	129,8 m ³ /h

Tendo o volume de mistura sendo eventualmente dragado em 1 hora (519,1 m³), conforme dado no **Quadro 13**, dimensionou-se a tubulação a ser empregada na eventual dragagem, para atender a esta vazão de 144,2 l/s. Adotando-se um tubo de PEAD de 280 mm (diâmetro externo).

Em seguida, calculou-se a velocidade de bombeamento da mistura como sendo:

$$v = \frac{Q \times 1273}{D_i^2} = 3,01 \text{ m/s}$$

- Q – Velocidade da mistura (l/s);
- D_i - Diâmetro interno da tubulação escolhida (246,8 mm);
- V – Velocidade da mistura (m/s).

Para evitar material decantado ao longo da tubulação, analisou-se a possibilidade de ter sólidos depositados nos dutos, estimando-se a velocidade de assentamento. Com a velocidade nominal alcançando um valor de 13% acima da velocidade crítica (calculada a seguir), conclui-se que há ausência de obstrução durante o bombeamento, como também a tolerância máxima de 30% não foi alcançada (relatado na literatura):

$$v_L = F_L \times \sqrt{2gD \left(\frac{S - S_w}{S_w} \right)} = 2,68 \text{ m/s}$$

- F_L – Parâmetro de Decantação;
- g – Gravidade (9,81 m/s²).

- D_i - Diâmetro interno da tubulação escolhida (246,8 mm);
- S – Massa específica real do Sólido (2,42 t/m³);
- S_w – Massa específica da Água (1,01 t/m³);
- V – Velocidade de Assentamento (m/s).

Esta tubulação de recalque da draga seria distribuída ao longo da lâmina d'água, utilizando flutuadores para tubos e mangotes, conforme pode ser visto na **Figura 6-45** a seguir:



Figura 6-45: Flutuadores para Mangotes e Tubos

Fonte: Soluções Industriais Ltda

Após verificar o atendimento da velocidade da polpa (mistura), foi dimensionada a perda de carga total da linha de bombeamento, considerando uma extensão máxima de 1800 m aproximadamente entre o local de operação da draga nesta alternativa e a área do bota-espera 2, sendo resumidos no quadro a seguir (**Quadro 15**):

Quadro 15: Perda de Carga no Sistema

Soma das singularidades ao longo da linha de bombeamento (Σk)	4,90
Perdas Localizadas ao longo da tubulação	2,27 m
Perdas nas entrada e saída na linha de bombeamento (Ent. $K=1$ e Saí. $K=0,5$)	0,69 m
Fator de Atrito	0,017
Perda por atrito ao longo da linha de bombeamento (H_f)	58,44 m
Desnível Geométrico entre o eixo da bomba e descarga da tubulação (H_g)	8,66 m
Altura Manométrica Total ($H_f + H_g$)	70,06 m

Considerando a capacidade das bombas frequentemente presentes em dragas, o valor da altura manométrica total (H_m) calculado é considerado normal para atendimento, não havendo necessidade de implantação de um sistema auxiliar de reforço no bombeamento da mistura.

Por se tratar de uma mistura de sedimentos, a perda de carga calculada não é diretamente adotada, uma vez que, os cálculos partem da premissa de utilização de escoamento padrão de água, portanto ao considerar a interferência maior causada pelo atrito dos sedimentos e as paredes internas do tubo, considera-se uma correção dos valores. E, a partir da draga adotada, verifica-se a bomba contida na mesma quanto a potência existente para que seja possível atender a potência requerida pelo sistema, possibilitando o bombeamento da mistura. No quadro a abaixo (**Quadro 16**), podemos verificar um resumo das informações relacionadas neste parágrafo.

Quadro 16: Dimensionamento da Bomba da Draga

Fator de Correção da Carga Hidráulica (HR)	0,91
Carga Hidráulica da água equivalente à mistura (H_w)	76,99 m
Velocidade de Rotação de Bomba	1240 rpm
Eficiência da Bomba para Água (E_w)	66,0 %
Fator de Correção da Eficiência (ER)	0,91
Eficiência da Bomba para Mistura (E_m)	60,1 %
Potência requerida da Bomba	219 kW
Potência corrigida da Bomba	263 kW
Potência da Bomba na Draga adotada	294 kW



Figura 6-46: Draga adotada para atuar na zona 2 (alternativa 2) - IHC Beaver 30

Fonte: IHC Holland

Realizada a escolha do tipo de draga, conforme item 6.3.2, e modelo (**Figura 6-46**), analisou-se através de estudo, a descarga e armazenamento dos sedimentos eventualmente dragados. E através de um equipamento desaguador instalado na extremidade da linha de descarga, é possível separar a água e sólidos contidos na mistura.

A adoção de uma peneira linear (**Figura 6-32**), igualmente utilizada na alternativa anterior, mencionada no item 6.4.1, atende exatamente ao requisito de vazão deste processo quanto a composição do material eventualmente dragado neste local. Sendo possível o direcionamento do fluxo de água a ser devolvido à Lagoa (após passagem por um sistema de drenos horizontais filtrante) e a retenção os sedimentos contidos na polpa numa concentração em volume de 68%. Onde estes sólidos seriam entregues sobre uma esteira transportadora de 7 m de comprimento (**Figura 6-33**). E, este por sua vez, elevaria o material a uma altura de 5 m, sendo possível a estocagem em pilhas. A presença de uma escavadeira para transbordo e caminhões para o transporte seriam imprescindíveis dentro da área do bota-espera 2 (**Figura 6-48**).



Figura 6-47: Peneira Rotativa Linear (desaguador)

Fonte: VLC Soluções em separação



Figura 6-48: Possível bota-espera da zona 2

Fonte: TPF Engenharia

Através do modelo computacional gerado no item 6.4.2.2, pode-se estimar a partir da quantidade de sólidos envolvidos no processo de eventual dragagem desta alternativa e o tempo de operação da draga, conforme podemos observar no Quadro 17 a seguir:

Quadro 17: Tempo de Operação da Draga na zona 2

Diâmetro da tubulação de Recalque da Draga utilizada	310 mm
Vazão da Mistura descarregada pela Draga	818 m ³ /h
Produtividade da descarga de sólidos	116 m ³ /h
Produção Mensal de Sedimentos (Prod. Efet. 500h)	58.108,85 m ³
Volume Total de Sólidos in situ a dragar	1.460.323,35 m ³
Tempo estimado de Operação da Draga	25,1 meses

6.4.2.1 Fluxograma da Alternativa II

Visando uma melhor percepção das informações apresentadas, foi construído um resumo dos parâmetros citados nestes itens, através de um fluxograma para a Alternativa II:

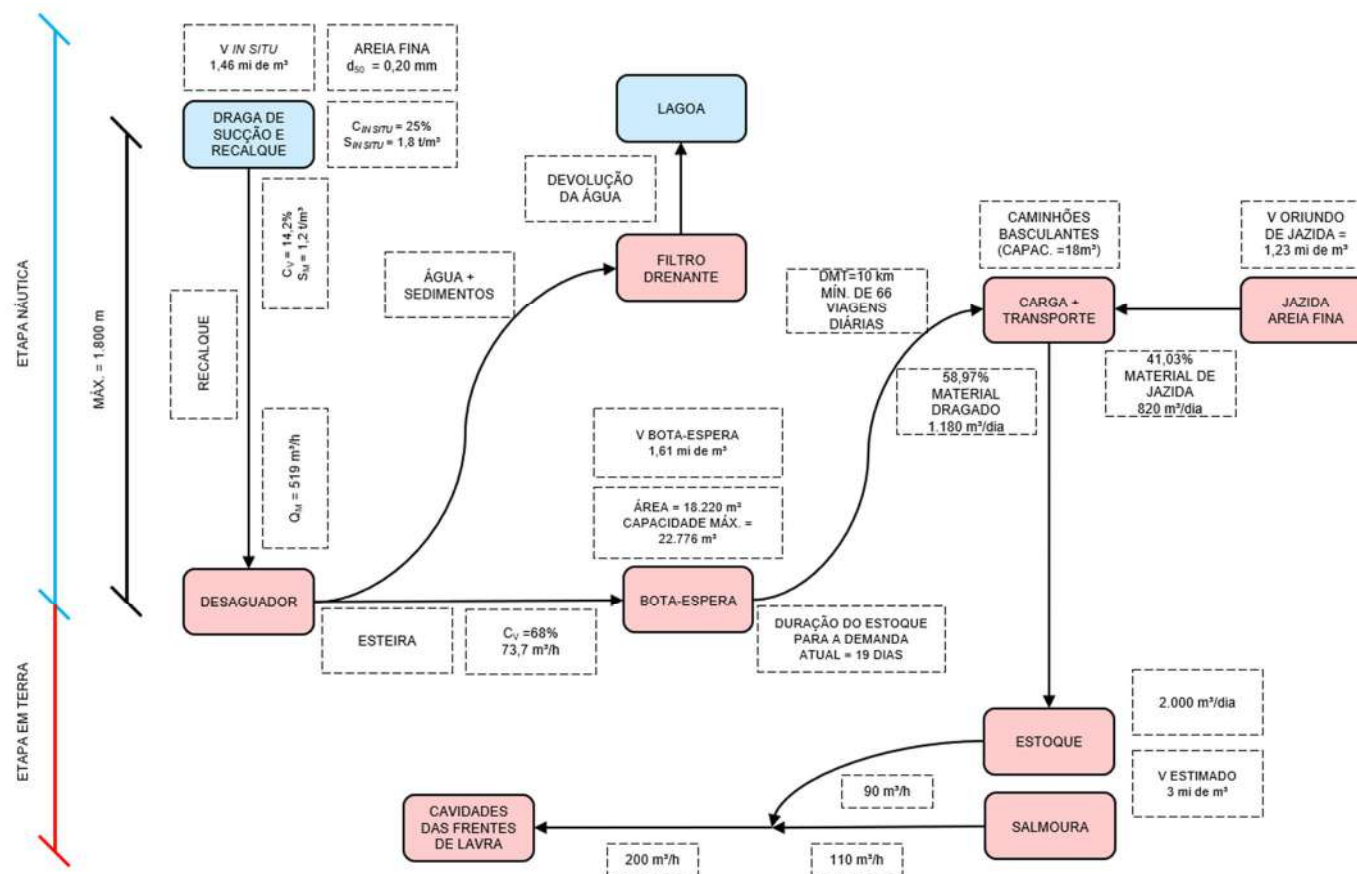


Figura 6-49: Fluxograma da Alternativa II

6.4.2.2 Modelagem da Área a Ser Eventualmente Dragada – Alternativa II

A alternativa de dragagem da Zona 2 está localizada no Canal da Assembleia (ver Figura 6-50), e, devido ao percentual de areia identificado no levantamento de campo, o material eventualmente dragado deve ser combinado com material de jazida; este representará cerca de 41% do resultado da mistura. Por conta disso, sua extensão é menor do que a primeira alternativa, atingindo 1.100 m.



Figura 6-50: Localização do canal de dragagem da Zona 2

Fonte: TPF Engenharia

Do mesmo modo que a Alternativa I, este canal é projetado de forma a garantir um afastamento seguro das margens, o que preserva as características da área. Geometricamente, segue os parâmetros adotados na primeira alternativa, inclusive no que se refere ao offset variável ao longo de seu eixo (ver Figura 6-37).

Com base nas condicionantes mencionadas, pôde-se modelar a superfície resultante do canal da Zona 2, que pode ser verificada na Figura 6-51. Como o material eventualmente dragado será misturado com material sólido inerte (areia), o volume

dragado será menor do que aquele da Alternativa I. Dessa maneira, essa solução consegue fornecer *in situ* 1,7 mi de m³ de material com destino às cavidades.

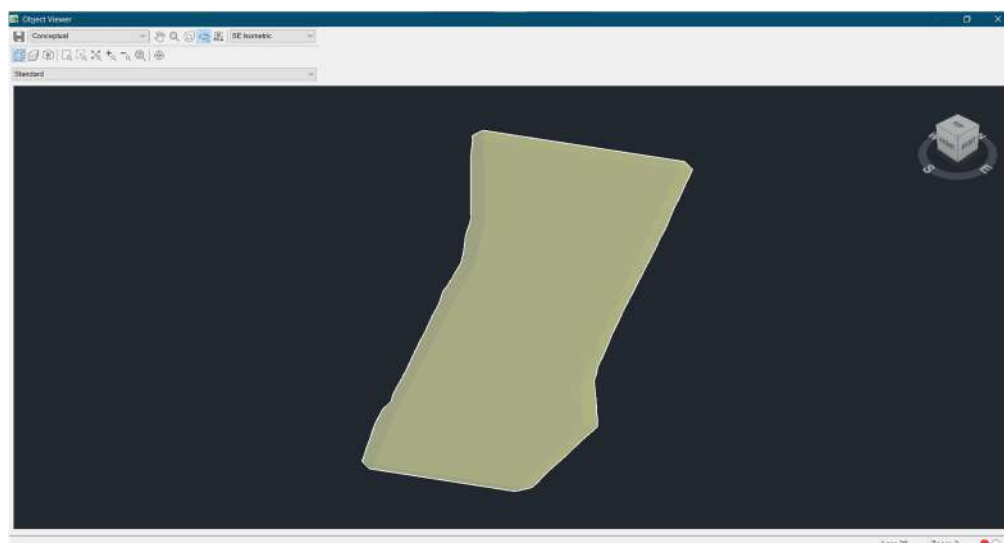


Figura 6-51: Superfície do canal de dragagem da Zona 2

Fonte: TPF Engenharia

6.4.3 ALTERNATIVA III (ZONA 3)

Para esta alternativa de eventual dragagem, é abordada a aplicação de um sistema de exploração de sedimentos com elevado déficit de material arenoso submersos na zona 3, para utilização no eventual preenchimento das cavidades das frentes de lavra, relacionados anteriormente no item 6.3.1. Pode-se identificar através da Figura 6-52 a seguir, a compartimentação da área de interesse.

Esta alternativa foi considerada, mas, posteriormente descartada em função da presença de material lamoso (pouco aproveitável) e contaminado, pois, haveria o risco de contaminação de aquíferos no processo de inserção nas cavidades.

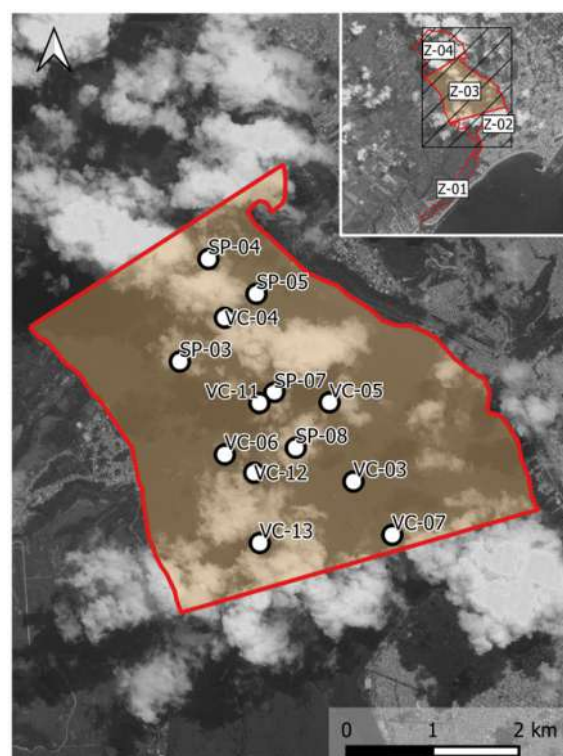


Figura 6-52: Compartimentação da Zona 3

Fonte: TPF Engenharia

Conforme visto na Figura 6-11, é possível observar a baixa incidência de material arenoso no centro da Lagoa do Mundaú, confirmada a afirmação através da Figura 6-53 a seguir. E com base nos estudos de investigação e caracterização do solo ensaiado nesta área mencionada, verifica-se uma elevada concentração de material lamoso, visível nas curvas granulométricas dos ensaios realizados (Figura 6-54).

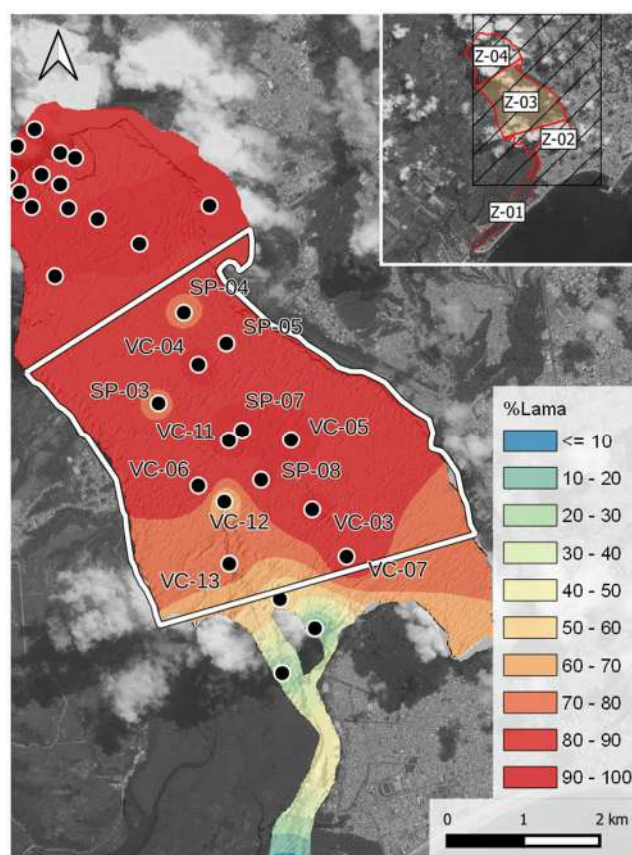


Figura 6-53: Teor de material lamoso na zona 3

Fonte: TPF Engenharia

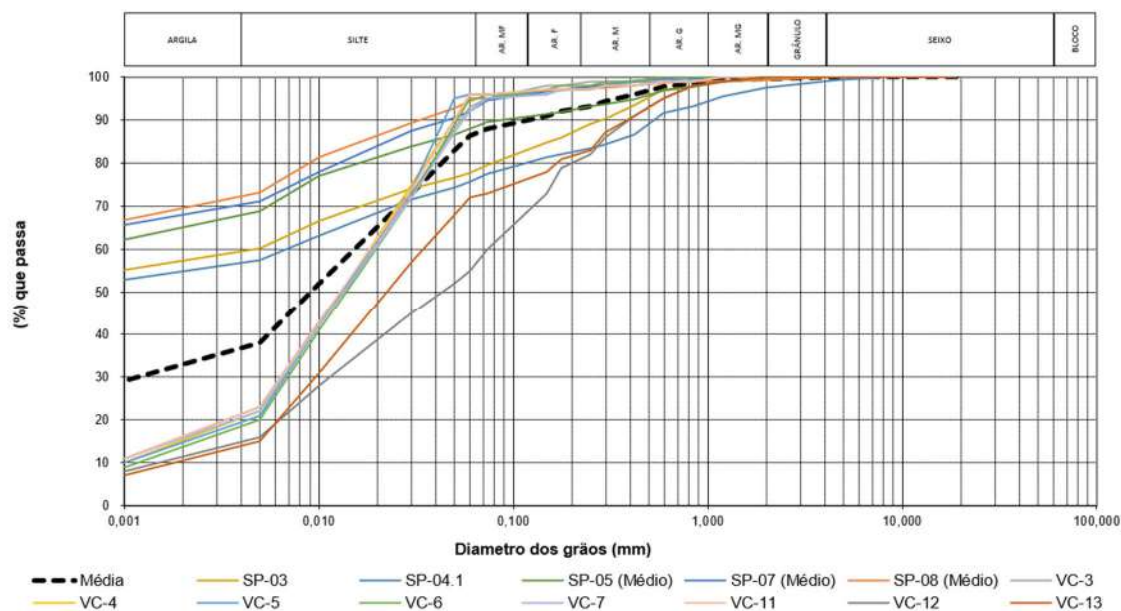


Figura 6-54: Curvas granulométricas na zona 3

Por se tratar de uma área com um percentual de material arenoso extremamente baixo, considerou-se nesta alternativa a não aplicação destes sedimentos diretamente nas cavidades. Fazendo-se apenas uma análise como material complementar caso não houvesse contaminação em seus sedimentos, que garantiria uma redução no volume de material explorado na Jazida, empregada atualmente.

A partir das informações citadas acima, estimou-se uma área através de modelagem computacional, conforme ilustrado na Figura 6-55 a seguir, na busca de atender a necessidade de sedimentos envolvidos no processo de preenchimento das cavidades. Sendo considerado um percentual de mistura dos materiais da lagoa e os já relacionados anteriormente (jazida).



Figura 6-55: Delimitação da área de possível dragagem na zona 3

Fonte: TPF Engenharia

A área adotada fica a aproximadamente 2 km em média de proximidade das frentes de lavra. Além disso, o material identificado através de estudos geotécnicos, por ter em sua composição uma predominância de material lamoso, necessita ter sua umidade removida antecipadamente antes de sua utilização.

Para atenuar o impacto gerado ao tráfego de embarcações e realizar um tratamento prévio, considerou-se a utilização de um espaço específico, próximo à área de operação da draga, para fins de bota-espera (armazenamento temporário). Onde o material dragado seria acondicionado em um sistema de secagem logo após a

dragagem e em seguida transportado por vias urbanas utilizando veículos de carga rodoviários.

A área definida para estoque de sólidos proveniente da eventual dragagem, pode ser identificada através da Figura 6-56 logo a seguir, contendo aproximadamente 2,61 ha:



Figura 6-56: Possível área de bota-espera na zona 3

Fonte: TPF Engenharia

O transporte realizado entre o bota-espera e a área de utilização, tem cerca de 2 km de extensão, percorrido por vias urbanas através de caminhões basculantes com capacidade de 18 m³. Sendo necessário um mínimo de 25 viagens ao dia para atender o volume necessário na alimentação das cavidades.

A necessidade de demanda de materiais para enchimento das cavidades é de aproximadamente 2000 m³ por dia, segundo informações obtidas através de estudo realizado pela *Tecnosonda*, fornecido a TPF pela contratante. Logo, admitiu-se a partir do estudo analítico sobre a mistura de materiais, que seriam necessário a utilização de

22% deste volume, como parâmetro para o cálculo de dimensionamento e especificação do sistema de eventual dragagem nesta alternativa.

Atualmente a literatura de dragagem estipula a execução de serviços em um ritmo contínuo de 24h, entretanto, para efeitos práticos a produtividade efetiva normalmente considera-se um ciclo diário de 16h apenas. Logo, previu-se a necessidade de dragar em média 27,8 m³/h de sedimentos num ritmo contínuo para se obter o volume necessário.

Nesta alternativa, a área analisada para uma possível dragagem possui sedimentos enquadrados, segundo análise granulométrica, como silte (lama), com diâmetro mediano de 9 µm (d₅₀), conforme ABNT NBR 6502/95 que trata da classificação de solos. E conforme dados de parâmetros físicos ensaiados, a massa específica real obtida em laboratório, possui o valor médio de 2,28 t/m³. De acordo com a Figura 6-57 a seguir, é possível observar o valor médio de densidade real do grão descrito, tomado com base nos ensaios de sondagem a percussão, compreendido dentro da área adotada.

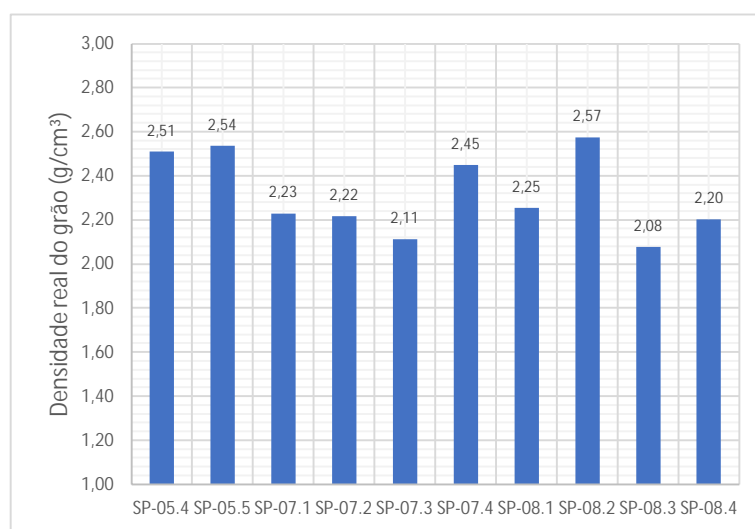


Figura 6-57: Valores de massa específica real dos sedimentos presentes na zona 3

A fim de projetar um sistema de dragagem adequado a realidade do material presente, segundo orientação técnica, adotou-se uma concentração de 6,9 % em volume de sólidos, envolvidos na mistura a ser eventualmente bombeada pela draga. Através desses dados resumiu-se no **Quadro 18** a seguir, todas as informações

sobre a mistura de sólidos e líquido a ser eventualmente captado pela dragado na zona em questão durante o período de 1h.

Quadro 18: Quantificação da mistura dragada na zona 3

	Água	Sedimentos	Mistura
Massa (t)	375,6	63,3	438,9
Volume (m³)	371,9	27,8	399,6

Podendo esse fluxo de sólidos, apresentar as seguintes características quanto as informações de concentração ao longo da eventual dragagem:

- Massa específica da Mistura – 1,10 t/m³
- Concentração de sólidos em peso na mistura – 14,4 %
- Concentração de sólidos na mistura – 158 g/l

Com os dados de índices físicos, citados no item 4.2, é apresentado no quadro a seguir (Quadro 19) um resumo dos parâmetros *in situ* do material a ser eventualmente dragado na zona 3.

Quadro 19: Dados dos sedimentos *in situ* na zona 3

Grau de Saturação dos Sólidos <i>in situ</i>	100,0 %
Umidade dos Sólidos <i>in situ</i>	147,0 %
Índice de Vazios	3,3
Porosidade	76,8 %
Massa específica dos Sólidos <i>in situ</i>	1,30 t/m³
Concentração de Sólidos em Volume <i>in situ</i>	30,0 %
Extração de Sólidos em Volume <i>in situ</i>	119,9 m³/h

Com o volume de mistura eventualmente dragado previsto para cada 1 hora (400 m³), conforme dado no Quadro 18, dimensionou-se a tubulação a ser empregada na eventual dragagem desta alternativa, atendendo a uma vazão de 111 l/s. Adotando-se um tubo de PEAD de 315 mm (diâmetro externo).

Em seguida, calculou-se a velocidade de bombeamento da mistura como sendo:

$$v = \frac{Q \times 1273}{D_i^2} = 1,83 \text{ m/s}$$

- Q – Velocidade da mistura (l/s);
- D_i - Diâmetro interno da tubulação escolhida (277,6 mm);
- V – Velocidade da mistura (m/s).

Analisou-se a possibilidade de ter sólidos depositados nos dutos, estimando-se a velocidade de assentamento. Onde foi verificado a ausência de obstrução durante o bombeamento.

$$v_L = F_L \times \sqrt{2gD \left(\frac{S - S_w}{S_w} \right)} = 1,26 \text{ m/s}$$

- F_L – Parâmetro de Decantação;
- g – Gravidade (9,81 m/s²).
- D_i - Diâmetro interno da tubulação escolhida (277,6 mm);
- S – Massa específica real do Sólido (2,28 t/m³);
- S_w – Massa específica da Água (1,01 t/m³).

Esta tubulação de recalque da draga seria distribuída ao longo da lâmina d'água, utilizando flutuadores para tubos, conforme pode ser visto anteriormente nas Figura 6-29 e Figura 6-45.

Com a verificação da velocidade da polpa (mistura), pode-se dimensionar a perda de carga total da linha de recalque da draga, considerando uma extensão máxima de 3000 m aproximadamente entre o local de operação da draga e a área do bota-espera, e resumi-los no Quadro 20 a seguir:

Quadro 20: Perda de Carga no sistema

Soma das singularidades ao longo da linha de bombeamento (Σk)	4,90
Perdas Localizadas ao longo da tubulação	0,84 m
Perdas nas entrada e saída na linha de bombeamento (Ent. $K=1$ e Saí. $K=0,5$)	0,26 m
Fator de Atrito	0,017
Perda por atrito ao longo da linha de bombeamento (H_f)	31,82 m
Desnível Geométrico entre o eixo da bomba e descarga da tubulação (H_g)	5,66 m
Altura Manométrica Total ($H_f + H_g$)	38,58 m

Considerando a capacidade das bombas de dragas existentes no mercado, com o valor da altura manométrica total (H_m) calculado, analisou-se que não há necessidade de implantação de um sistema de bombeamento auxiliar.

Tratando-se de uma mistura de sedimentos, a perda de carga calculada acima não representa o valor real, uma vez que, ao considerar a interferência causada pelo atrito dos sedimentos nas paredes internas do tubo é necessária uma correção dos valores. E, só após a correção citada, é adotada a draga com base na bomba contida na mesma, verificando-se a potência existente para atender a potência requerida no processo, possibilitando um bombeamento contínuo da mistura. No quadro a abaixo (Quadro 21), podemos verificar um resumo das informações de potência da bomba presente na draga.

Quadro 21: Dimensionamento da bomba da draga adotada

Fator de Correção da Carga Hidráulica (H_R)	0,97
Carga Hidráulica da água equivalente à mistura (H_w)	39,77 m
Velocidade de Rotação de Bomba	950 rpm
Eficiência da Bomba para Água (E_w)	65,0 %
Fator de Correção da Eficiência (E_R)	0,97
Eficiência da Bomba para Mistura (E_m)	63,1 %
Potência requerida da Bomba	75 kW
Potência corrigida da Bomba	90 kW
Potência da Bomba na Draga adotada	294 kW

Sendo escolhido o tipo de draga (item 6.3.2), e o modelo conforme Figura 6-46, analisou-se através de estudo, a descarga e armazenamento dos sedimentos eventualmente dragados. Contudo, devido a prevalência de material lamoso em sua composição, não seria viável a estocagem destes sedimentos em pilhas devido ao ângulo de repouso dos finos captados, havendo a necessidade de separar a água e sólidos da mistura utilizando um sistema de Geobags acondicionada em berços, para onde seria direcionado o fluxo da polpa dragada (Figura 6-58).



Figura 6-58: Berço de Geobags

Fonte: Allonda Soluções

Esse pátio de Geobags, seria alocado dentro da área do bota-espera 3 (Figura 6-59), ficando distribuídos nos 2,6 ha existentes no perímetro.



Figura 6-59: Possível bota-espera da zona 3

Fonte: TPF Engenharia

A adoção de um sistema de enchimento simultâneo de 212 unidades, medindo 20 x 4,6 x 1,0 m cada, sobre um colchão drenante (Figura 6-63), onde seria feito a substituição de todas geobags, exatamente 29 vezes, sempre que atingisse a capacidade máxima de armazenagem de sedimentos, cerca de 20.000 m³.

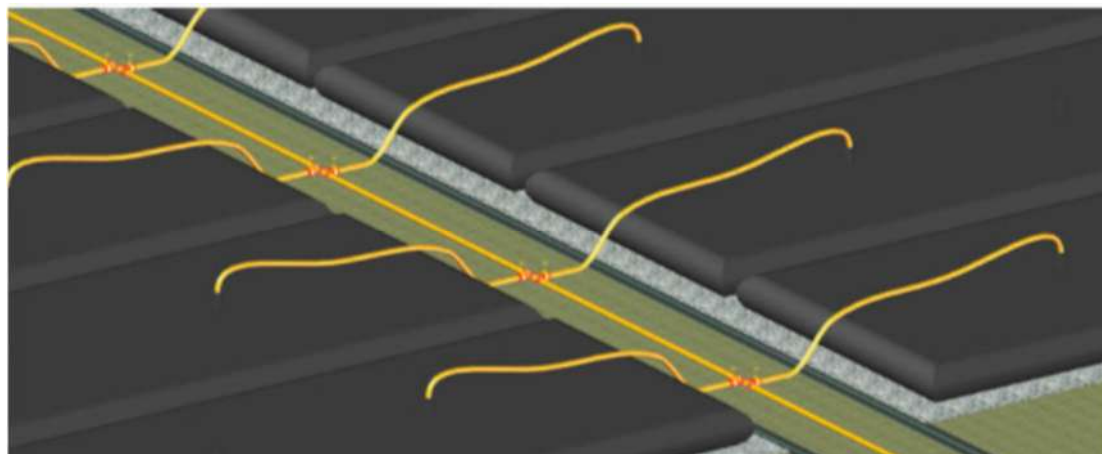


Figura 6-60: Esquema de Alimentação e Drenagem dos berços de Geobags

Fonte: NTC Brasil



Figura 6-61: Distribuição das Geobags no Bota-espera

Fonte: NTC Brasil

Neste local, o fluxo de água e sedimentos (polpa da dragagem) seriam acumulados em várias geobags simultaneamente (Figura 6-60), onde a água passaria

através de suas membrana e em seguida captada pelo sistema de drenos, conforme visto na Figura 6-62 abaixo.

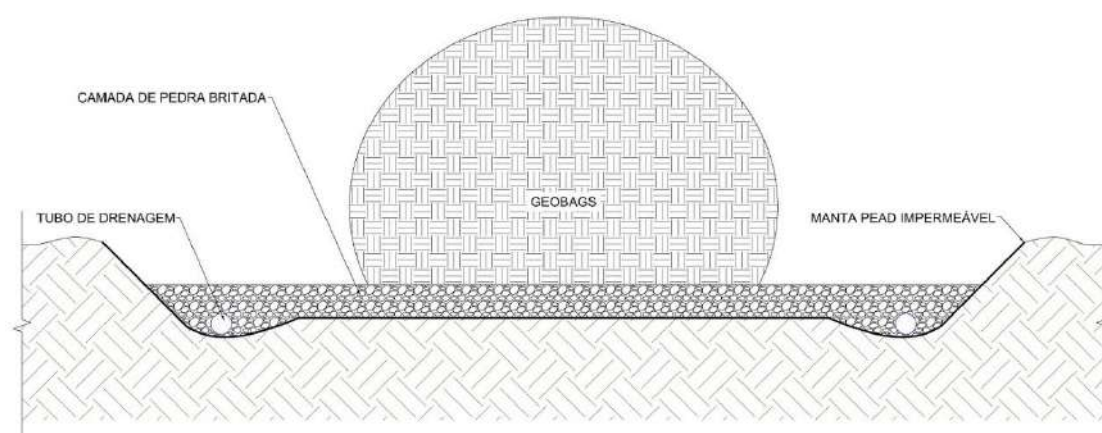


Figura 6-62: Distribuição da drenagem das Geobags

O acúmulo de fluidos captados pela drenagem nos berços das Geobags seria direcionado para um sistema de esgotamento sanitário, devido haver presença de contaminantes, não sendo possível ser devolvidos diretamente a Lagoa. Com isso, faz-se necessário a implantação, provisoriamente, de um sistema de tratamento dos efluentes oriundos do pátio do bota-espera, composto por uma Estação Elevatória – EE para bombear a água contaminada e uma Estação de Tratamento de Esgoto – ETE para realizar a descontaminação.



Figura 6-63: Berço das Geobags

Fonte: NTC Brasil

Os sedimentos dentro das geobags, por sua vez, após secagem (Figura 6-64), seriam encaminhados para caminhões, utilizando-se uma escavadeira hidráulica para o transbordo.



Figura 6-64: Sedimentos lamosos após secagem
Fonte: Naturaltec – Filtração de Resíduos Sólidos

Considerando-se o modelo computacional realizado no item 6.4.3.2, foi possível estimar a partir do volume de sólidos a ser dragado na zona 3 e acumulados dentro das *geobags*, o tempo de operação da draga. Observamos no Quadro 22 a seguir uma estimativa.

Quadro 22: Tempo de operação da draga na zona 3

Diâmetro da tubulação de Recalque da Draga utilizada	310 mm
Vazão da Mistura descarregada pela Draga	498 m ³ /h
Produtividade da descarga de sólidos	35 m ³ /h
Produção Mensal de Sedimentos (Prod. Efet. 500h)	17.298,61 m ³
Volume Total de Sólidos in situ a dragar	544.575,45 m ³
Tempo estimado de Operação da Draga	31,5 meses

6.4.3.1 Fluxograma da Alternativa III

Visando uma melhor percepção das informações apresentadas, foi construído um resumo dos parâmetros citados nestes itens, através de um fluxograma para Alternativa III.

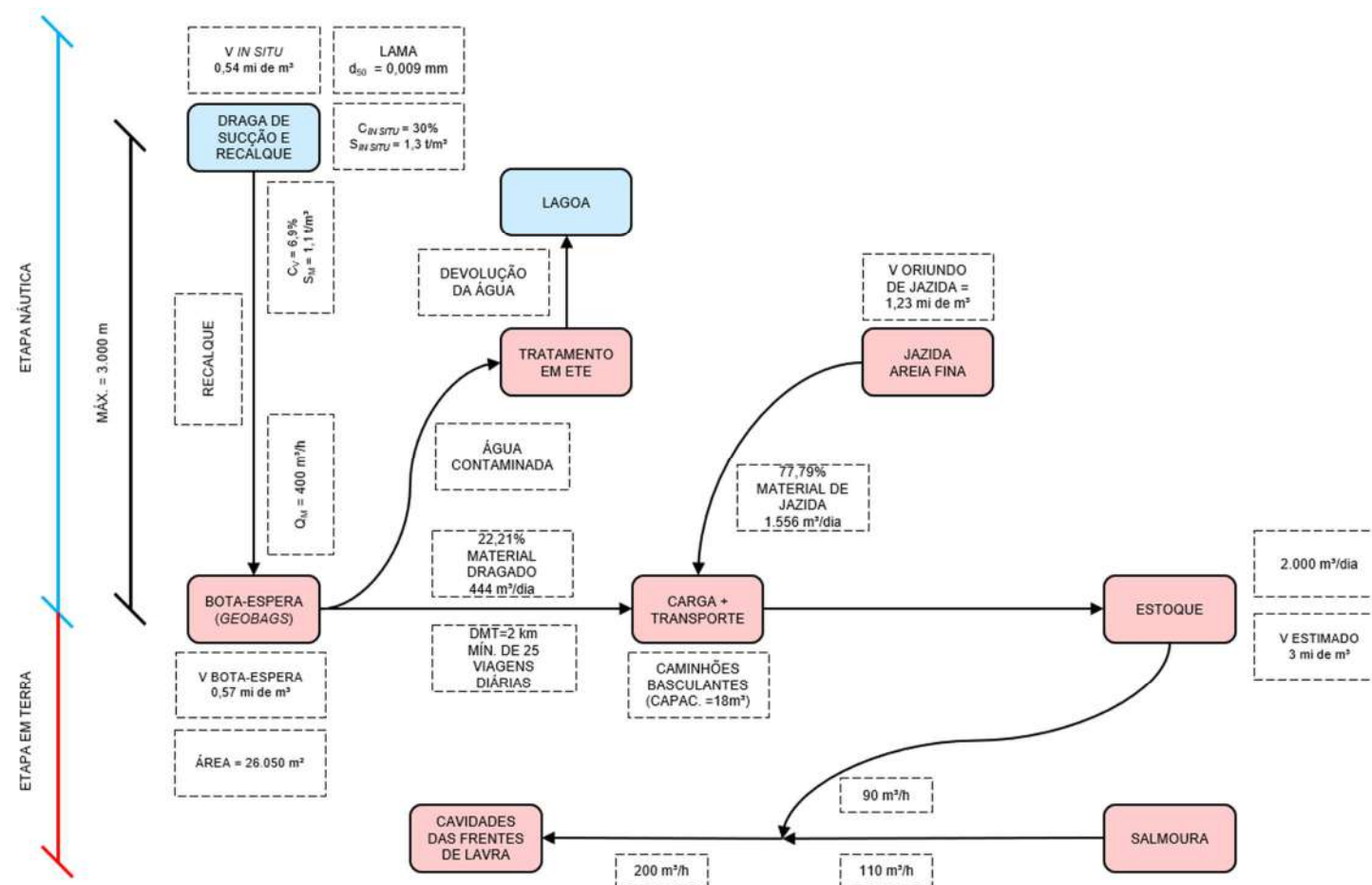


Figura 6-65: Fluxograma da Alternativa III

6.4.3.2 Modelagem da Área a Ser Eventualmente Dragada – Alternativa III

Situada em torno da região central da Lagoa Mundaú (ver Figura 6-66), a terceira alternativa de eventual dragagem é aquela que tem menor aproveitamento do material extraído, sendo a maior parte do material a ser fornecido para o preenchimento das cavidades (78%) oriundo de jazidas. Devido a esse fato, o canal da Zona 3 conta com 500 m de extensão, a menor dentre as alternativas propostas.



Figura 6-66: Localização do canal de eventual dragagem da Zona 3

Fonte: TPF Engenharia (2022)

Sua geometria também difere das demais. Por não estar restrito por margens próximas, manteve larguras fixas de 125 m para cada lado de seu eixo até seus taludes. Os taludes, por sua vez, possuem relação de 1(V):10(H) (*BRITISH STANDARD BS 6349-5, 1991*), aspecto que difere das duas primeiras alternativas em função da baixa concentração de areia identificada na área. Em relação à profundidade máxima e à declividade, mantêm-se os parâmetros de 5 m e 0,01%, respectivamente. A Figura 6-67 traz a seção tipo do projeto de eventual dragagem da Zona 3.

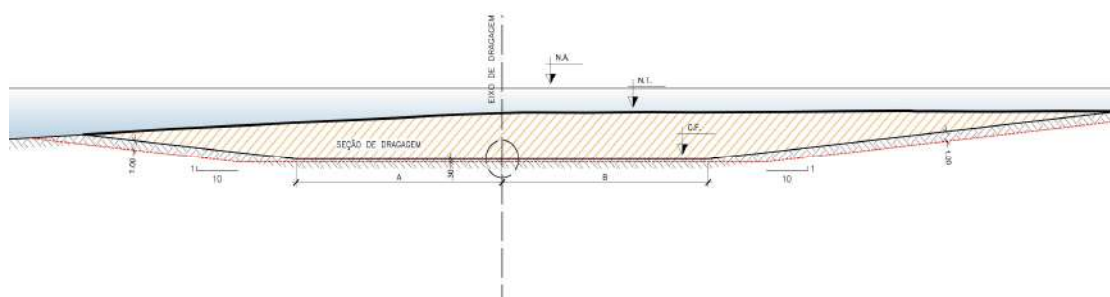


Figura 6-67: Seção tipo do canal de eventual dragagem da Zona 3

Fonte: TPF Engenharia

Com base nessa seção e definida a geometria da alternativa, calcularam-se os volumes de material eventualmente dragado por meio da modelagem 3D do canal (ver Figura 6-68). Como dito anteriormente, esta é a alternativa que demanda a maior quantidade de material proveniente de jazida para a mistura a ser usada no preenchimento das cavidades das frentes de lavra, e por isso o volume de material advindo do canal é o menor, com capacidade de extração *in situ* de 0,6 mi de m³.

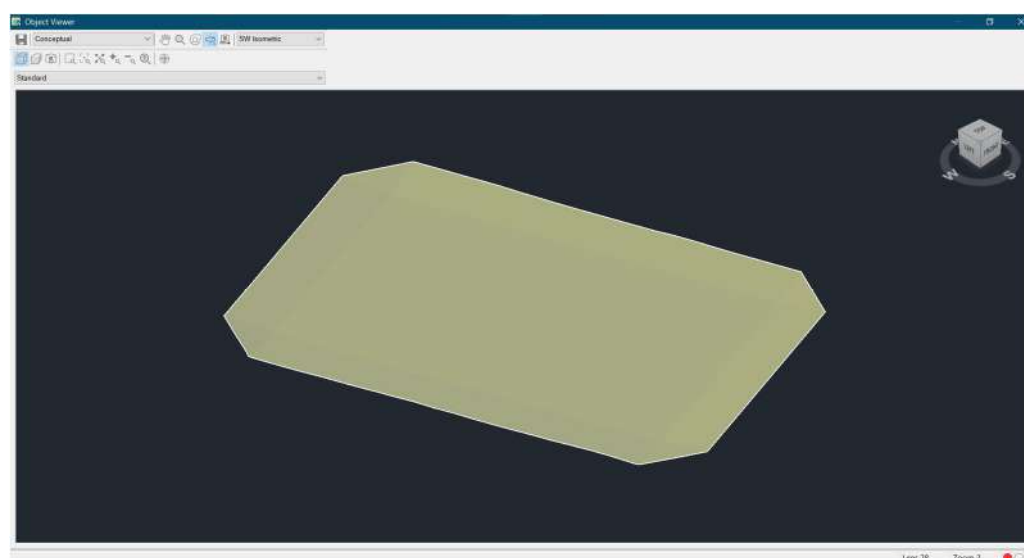


Figura 6-68: Superfície do canal de dragagem da Zona 3

Fonte: TPF Engenharia (2022)

6.5 ANÁLISES DE ESTABILIDADE DOS TALUDES SUBMERSOS

6.5.1 PROPRIEDADES GEOTÉCNICAS DOS MATERIAIS

Tomando-se como base os serviços de campo executados pela TPF Engenharia no âmbito deste contrato foi possível estimar os parâmetros geotécnicos mais importantes para a caracterização dos sedimentos. Do ponto de vista da análise de estabilidade dos taludes em condição submersa foram adotadas correlações consideradas conservativas e bem aceitas na literatura para cada caso.

Os parâmetros de resistência ao cisalhamento dos sedimentos lacustres arenosos, que estão na condição submersa e pouco compacta dentro da profundidade de interesse, foram obtidos por meio da correlação de Teixeira (1996).

$$\varphi' = \sqrt{20 \cdot N} + 15^\circ$$

No que diz respeito aos sedimentos lacustres lamosos, que apresentaram SPT desprezível, estes mesmos parâmetros foram obtidos pela correlação Holtz et al (2011) para solos finos saturados e normalmente consolidados.

$$\frac{S_u}{\sigma'_{v0}} = 0.23 \pm 0,04$$

Deste modo, estão apresentados a seguir os principais parâmetros geotécnicos dos materiais envolvidos nas análises:

Tabela 6-6: Parâmetros Geotécnicos dos materiais identificados na zona 1 (ref. SP10)

Tipo de solo	N (médio)	c' (kPa)	φ' (°)	γ_{sat} (kN/m³)
Sedimentos lacustres arenosos inconsolidados	(6,7 e8) 7,3	0	27	20

Tabela 6-7. Parâmetros Geotécnicos dos materiais identificados na zona 2 (ref. SP-06)

Tipo de solo	σ'_{v0} (kPa)	φ (°)	Su (kPa)	γ_{sat} (kN/m ³)
1ª Camada Sedimentos lacustres lamosos inconsolidados	(14-9,8).(5,90- 3,20)= 11,3	0	3	14
Tipo de solo	N (médio)	c' (kPa)	φ' (°)	γ_{sat} (kN/m ³)
2ª Camada Sedimentos lacustres arenosos inconsolidados	(7 e 8) 7,5	0	~27	20

Tabela 6-8. Parâmetros Geotécnicos dos materiais apresentados na zona 3 (ref. SP-08)

Tipo de solo	σ'_{v0} (kPa)	φ (°)	Su (kPa)	γ_{sat} (kN/m ³)
Sedimentos lacustres lamosos inconsolidados	(14-9,8).(8- 3)= 21	0	5	14

6.5.2 ANÁLISES EM MODELO GEOMECÂNICO

As análises de estabilidade em solos foram tomadas a partir do software SLOPE/W do Geostudio na versão 2021, devidamente licenciado para uso da TPF Engenharia Ltda.

Basicamente foi adotado o Método das Fatias com a solução de Morgenstern-Price, tido como um método rigoroso, pois satisfaz aos critérios de três condições de equilíbrio: i) das forças horizontais; ii) das forças verticais; e iii) dos momentos.

O Método das Fatias admite que a massa em potencial deslizamento se subdivida em fatias e calculam-se os fatores de segurança a partir do cálculo do equilíbrio de cada fatia. Está apresentado a seguir, de forma simplificada, um talude com a representação de uma superfície de deslizamento já subdividida e a representação do diagrama de forças considerado por Morgenstern-Price.

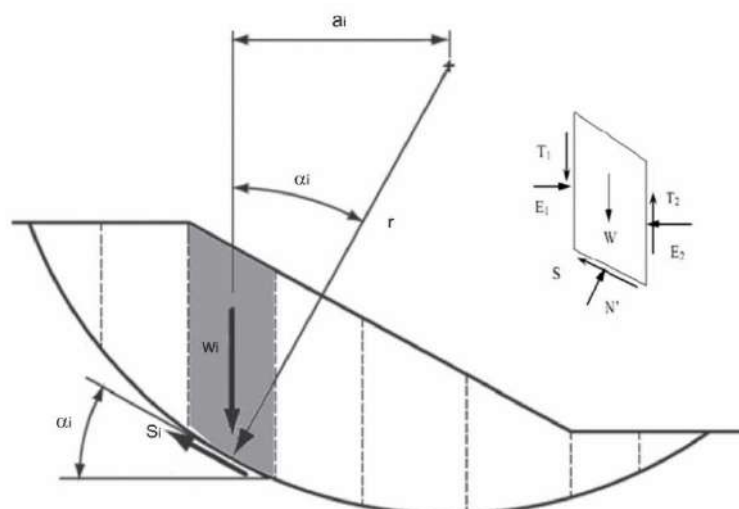


Figura 6-69. Método das Fatias com diagrama de forças de uma fatia seguindo a abordagem de Morgenstern-Price

O método é baseado não somente nos princípios de equilíbrio limite, sendo capaz de simular superfícies de qualquer geometria. A solução assegura que todas as condições de equilíbrio e de contorno são satisfeitas.

Este método permite que sejam aplicadas funções que relacionam as forças normal e tangencial entre fatias, E e T.

$$T = \lambda f(x)E$$

Na figura seguinte, são descritas oito destas funções que podem ser assumidas:

- Assumir força lateral constante. Implica em forças entre fatias paralelas;
- $f(x)$ =curva meio seno;
- $f(x)$ = curva meio seno de amplitude 2 recortada em valor maior do que 1;
- $f(x)$ =onda meio seno para trapézio. Aqui “a” e “b” são especificadas pelo uso de um programa computacional;
- $f(x)$ =onda seno completa ajustada como demonstrado;
- $f(x)$ =onda seno de amplitude 2, mas recortada em valores maiores do que 1;
- $f(x)$ =onda seno completa adicionada a um trapézio;
- $f(x)$ =arbitrário.

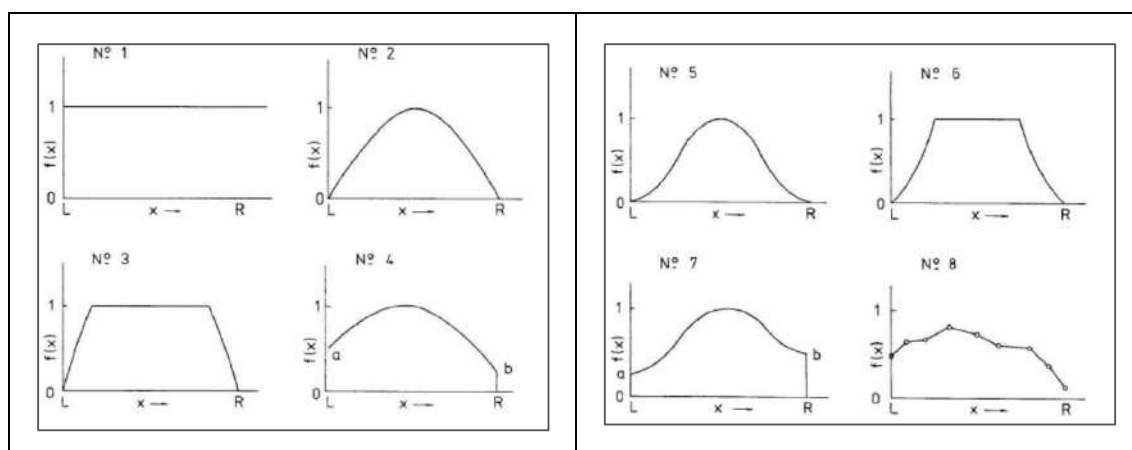


Figura 6-70. Exemplos das forças laterais que podem ser assumidas através do Método Morgenstern and Price. (Chowdury, 2010)

No software SLOPE/W, a solução padrão é a $f(x)$ =meio seno, que está sendo adotada nestas análises.

As equações desta solução foram criadas para cálculos computacionais, sendo impraticável a utilização de cálculos manuais. Cabe ressaltar também que este método só é adequado a problemas bidimensionais como os casos em questão, não sendo confiável em casos nos quais os efeitos tridimensionais de estabilidade sejam importantes.

6.5.2.1 Análise de estabilidade da zona 1

Nestas alternativas os sedimentos são predominantemente arenosos inconsolidados, por isso, fez-se uma única análise para se verificar a estabilidade dos taludes adotados (1V:5H) considerando a máxima profundidade de eventual dragagem prevista, que foi de 5 m.

Cor	Nome	Peso Específico (kN/m³)	Coesão Efetiva (kPa)	Ângulo de Atrito Efetivo (°)
	Sedimentos lacustres arenosos inconsolidados	20	0	27

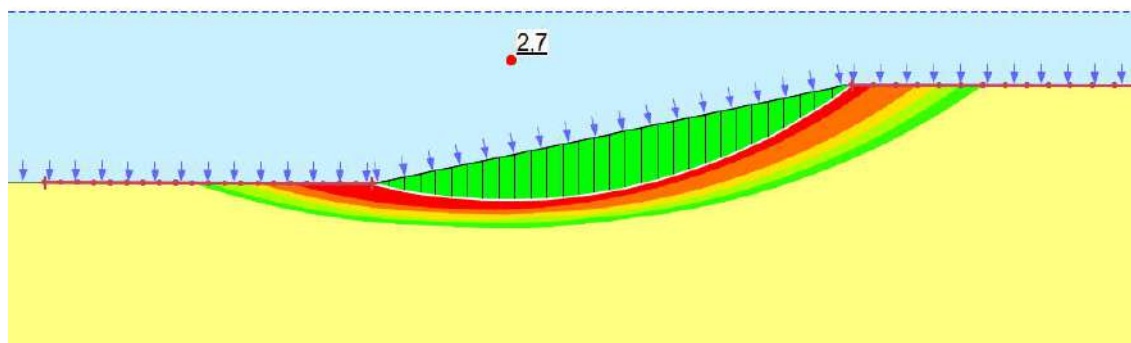


Figura 6-71. Análise de estabilidade - zona 1 - ruptura global.

Fonte: TPF Engenharia (2022)

Cor	Nome	Peso Específico (kN/m³)	Coesão Efetiva (kPa)	Ângulo de Atrito Efetivo (°)
	Sedimentos lacustres arenosos inconsolidados	20	0	27

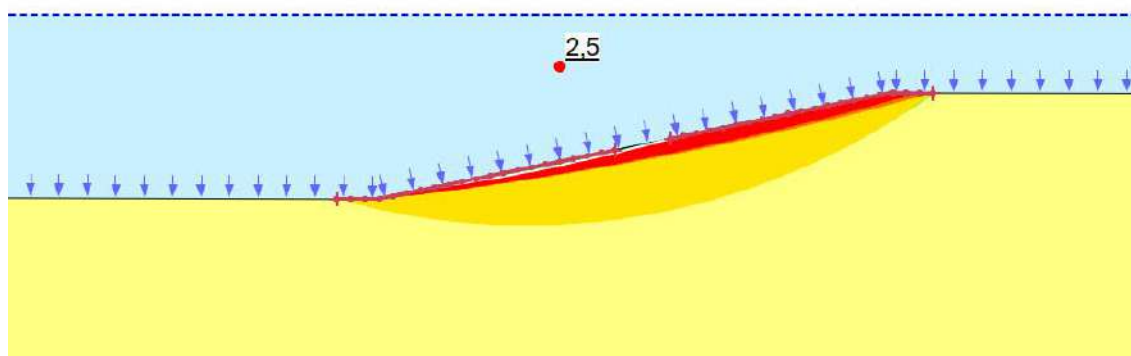


Figura 6-72. Análise de estabilidade - zona 1 - ruptura local.

Fonte: TPF Engenharia (2022)

6.5.2.2 Análise de estabilidade da zona 2

Nesta alternativa os sedimentos são predominantemente formados de lamas e areais inconsolidadas, portanto, se verificou a estabilidade dos taludes adotados

(1V:5H), considerando a mesma profundidade máxima de eventual dragagem prevista para as outras zonas, que foi de 5 m.

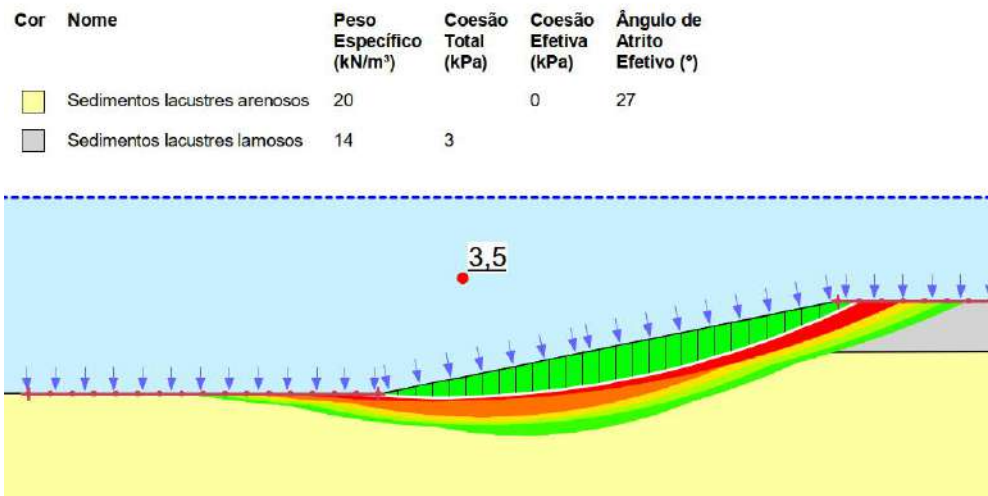


Figura 6-73. Análise de estabilidade - zona 2 - ruptura global.

Fonte: TPF Engenharia (2022)

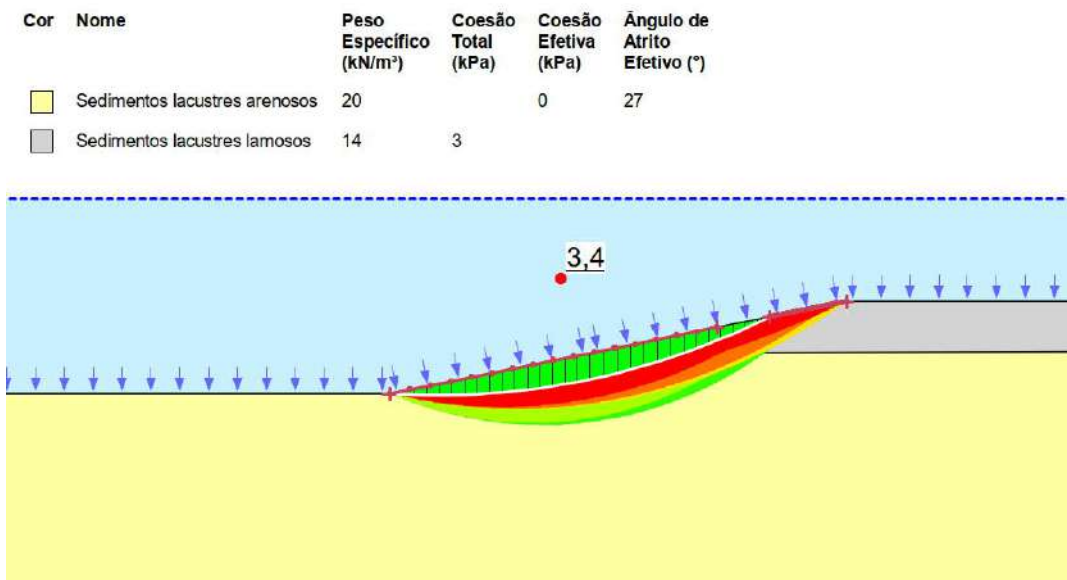


Figura 6-74. Análise de estabilidade - zona 2 - ruptura local.

Fonte: TPF Engenharia (2022)

6.5.2.3 Análise de estabilidade da zona 3

Nesta alternativa os sedimentos são predominantemente formados de lamas inconsolidadas, portanto, se verificou a estabilidade dos taludes adotados (1V:10H),

considerando a mesma profundidade máxima de eventual dragagem prevista para as zonas, que foi de 5 m.

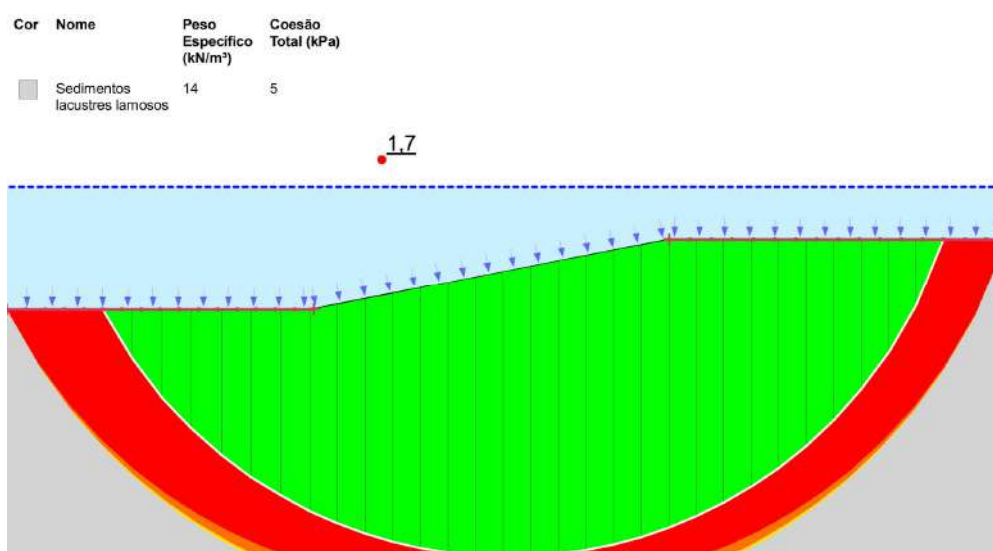


Figura 6-75. Análise de estabilidade - zona 3 - ruptura global.

Fonte: TPF Engenharia (2022)

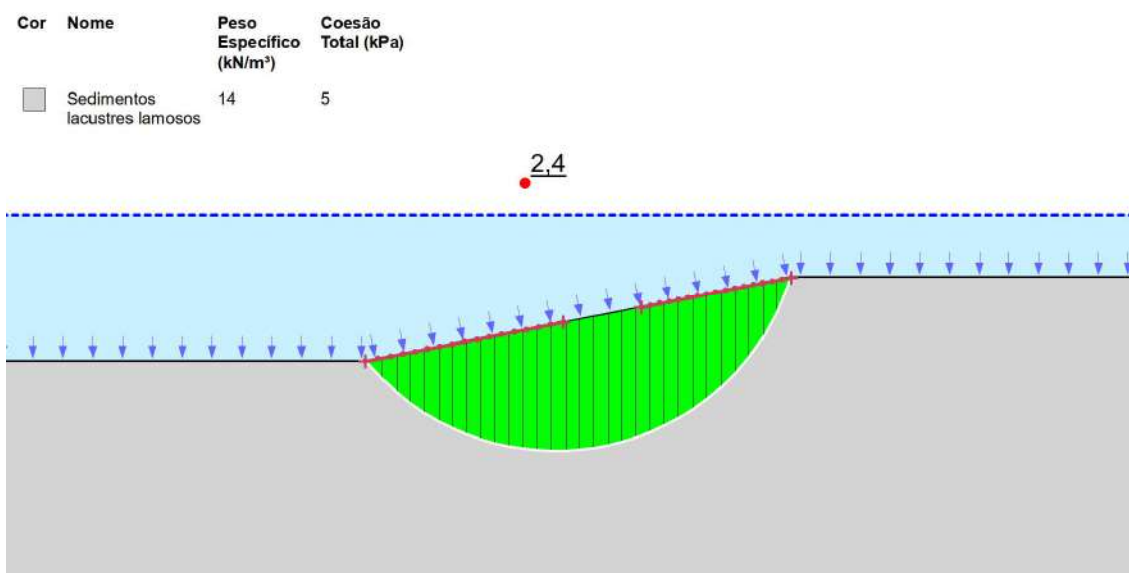


Figura 6-76. Análise de estabilidade - zona 3 - ruptura local.

Fonte: TPF Engenharia (2022)

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.1 ASPECTOS GERAIS

Ao longo do processo de desenvolvimento do Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica, foram antevistas três alternativas para a realização de uma eventual dragagem, cujo objetivo principal seria o de permitir a obtenção de sedimentos para o preenchimento das cavidades das frentes de lava.

Não obstante, para oferecer o resultado esperado no preenchimento das cavidades, o material precisaria atender a algumas especificações, conforme orientações constantes do item 6.3.1, que descreve requisitos como um **teor de areia de pelo menos 80%**, sendo que este material precisaria ser isento de partículas grosseiras, entulhos, pedregulhos, cascalhos, galhos de árvore, entre outros. Um material com esta qualidade é encontrado apenas nas áreas dos canais na região próxima ao Canal do Pontal.

Por outro lado, é importante mencionar que na confluência com os canais e em sua região central, a lagoa tem sedimentos predominantemente lamosos, com teores pequenos de areia que tendem a aumentar quando se aproxima de áreas vizinhas aos canais, assim como foi mencionado nos estudos geológico-geotécnicos.

Nos estudos diretos e indiretos executados, não foi confirmada em profundidade a camada arenosa antevista através de amostras superficiais retiradas do centro da lagoa em **levantamento realizado pela Tetrattech** em 2020.

Considerando então a especificação do material para preenchimento das cavidades e as características dos sedimentos prospectados na lagoa, os estudos tomaram proveito da **possibilidade de se misturar os materiais** mais lamosos com areias puras advindas das jazidas comerciais já em utilização. Isso permitiu que fossem formuladas alternativas considerando tanto a obtenção de material na região dos canais, quanto na região central da laguna.

Sendo assim, foram então criadas as alternativas I, II e III descritas a seguir:

- **Alternativa I** – Fornecimento de material integralmente advindo de dragagem de um canal localizado no Pontal da Barra, dentro do que foi designado como Zona I nos estudos geológico-geotécnicos;
- **Alternativa II** – Fornecimento parcialmente advindo de dragagem no Canal da Assembleia, na Zona 2, e complementado por material sólido inerte (areia) já em utilização;

- **Alternativa III** – Fornecimento parcialmente advindo de uma dragagem localizada no entorno da região central da Lagoa Mundaú, na Zona 3, e complementado por material sólido inerte (areia) já em utilização.

7.2 PERSPECTIVA DA VIABILIDADE TÉCNICA-ECONÔMICA

7.2.1 ALTERNATIVAS DE LOCAIS PARA EVENTUAL DRAGAGEM

Conforme pode-se averiguar no item 6.3, a Zona I é a área com os maiores teores de areia em toda a lagoa, o que a tornaria, portanto, a área mais promissora do ponto de vista da qualidade do material para utilização no preenchimento das cavidades.

No que se refere à disponibilidade em volume, é importante mencionar que com base nos dados de sondagens diretas e levantamento sísmico de reflexão, foi possível identificar um pacote expressivo de sedimentos arenosos no canal em camada superficial (por ex.: no SP-10 foram encontradas camadas intercaladas de areia fina a grossa com fragmentos de conchas até a profundidade de 11,20 m).

Nas seções de escavação modeladas no AutoCAD Civil 3D, era possível, considerando a área proposta, obter os 3 milhões de m³ de material dragando-se a uma profundidade de até 5 m.

A Zona II, que abriga a Alternativa II, é uma área em que os sedimentos arenosos convivem com uma fração significativa de lama, sendo que o teor de areia varia de cerca de 40% até 80%.

Quando comparada com a Alternativa I e com a especificação de material para o preenchimento das cavidades das frentes de lavra, é possível verificar que, para se promover o preenchimento das cavidades, seria necessário haver uma mistura destes sedimentos com os obtidos nas jazidas comerciais em uso.

Referente ao volume disponível na Zona II, o arranjo das escavações previstas permitiu obter cerca de 1,4 milhões de m³ com dragagens de até 5 m profundidade.

Na sondagem SP-06, foi possível observar que há um pacote lamoso com teor de areia de apenas 39% nos primeiros 4,20 m de espessura, contudo há uma camada de areia com argila orgânica apresentando um teor de areia de quase 80% logo abaixo.

Na Zona III, que compreende a Alternativa III, a área apresenta sedimentos predominantemente lamosos, com teor de lama em geral superior a 80%. Quando comparada com a especificação de material para o preenchimento das cavidades das frentes de lavra, é possível verificar que, para que se promovesse o preenchimento das

cavidades, este material entraria no processo praticamente dentro da faixa de tolerância de materiais finos exigida nas especificações de material de enchimento. Com isso, no que se refere ao volume disponível na Zona III, seu uso em termos quantitativos ficaria limitado, podendo-se então tomar proveito de cerca de 545 mil m³, considerando a obtenção de sedimentos a uma profundidade de até 5 m.

Na sondagem SP-08, por exemplo, foi possível observar que há cerca de 10 m de uma camada de argila orgânica, muito mole, com 93% de lama superficialmente.

7.2.2 QUESTÕES RELEVANTES

Por conta da condição atípica para a operação da dragagem (lâmina de água consideravelmente baixa), para as alternativas antevistas foram propostos maquinários e equipamentos de apoio (draga de sucção e recalque com cabeça cortante) adequados às reais condições da Lagoa Mundaú, sendo também levadas em consideração a composição do material a ser eventualmente dragado e as condições mínimas de atendimento às normas ambientais.

Tratando-se do aspecto distância média de transporte - DMT rodoviária, concluiu-se que as alternativas de dragagem superariam sensivelmente a operação atual de obtenção de materiais, pelo fato de os sedimentos poderem ser obtidos em locais relativamente próximos ao ponto de utilização (pátio de enchimento).

Considerando o *drive*: prazo – em todas as alternativas, a eventual dragagem deixaria de ser atrativa, pois sabe-se que um serviço de dragagem com previsão de movimentação de volume tão expressivo (acima de 500 mil m³) requer obtenção de licença ambiental com estudo do tipo EIA-RIMA pela CEPRAM 10/2018 e posterior desenvolvimento de projeto executivo, o que poderia tomar facilmente 18 meses. Considerando ainda três meses para mobilização e instalação dos equipamentos, o serviço de dragagem teria início após cerca de 21 meses, ficando então em descompasso com os prazos emergenciais de preenchimento das cavidades das frentes de lavra. Além disso, esse prazo somado com a atividade de dragagem variando em torno de 2 a 2,5 anos, totalizaria aproximadamente 4 a 4,5 anos até finalizar todo o processo de obtenção dos sedimentos necessários.

É importante mencionar que na Alternativa III de eventual dragagem foi identificada uma contaminação por chumbo acima do limite de nível 1 da resolução CONAMA 454/12 nos sedimentos, o que obrigaria o processo a implantar soluções como o uso de *geobags*, e ainda prever o tratamento do fluido residuário da dragagem em ETE, tornando esta alternativa perigosa, de operação complexa, dispendiosa, além

de atrair riscos ao se inserir material contaminado nas cavidades durante o processo de enchimento.

Com relação ao custo aproximado por m^3 de material adquirido (encontrado no ANEXO II - ORÇAMENTO E VIABILIDADE ECONÔMICA), pode-se destacar que a Alternativa I de dragagem, caracterizada por dispensar o uso de material sólido inerte oriundo de jazida, estando toda sua operação voltada para a dragagem do material, seria a mais atrativa do ponto de vista econômico, alcançando o valor de R\$ 58/ m^3 .

A Alternativa II, além da operação de dragagem, necessitaria da utilização de material sólido inerte (areia) na mistura para as cavidades. Seu arranjo faz com que essa solução apresente uma relação R\$ 131/ m^3 (ANEXO II - ORÇAMENTO E VIABILIDADE ECONÔMICA).

Assim como a segunda alternativa, a Alternativa III demandaria material sólido inerte (areia) advindo de jazida. Todavia, há presença de material contaminante, fazendo com que seja preciso drenar a água contaminada e consequentemente sejam previstas uma estação elevatória de esgoto (EEE) e uma estação de tratamento de esgoto (ETE). Esses fatores resultam em um custo de R\$ 270/ m^3 (ANEXO II - ORÇAMENTO E VIABILIDADE ECONÔMICA). Sendo que merece destaque aqui, o fato de o material ter proveito apenas dentro da tolerância de finos, que torna esta alternativa não atrativa dentre as demais.

Por outro lado, a operação atual, a fim de preencher as cavidades das frentes de lavra, usa material 100% proveniente de jazidas. O emprego exclusivo desse material faz com que o custo unitário estimado dessa solução fique em torno de R\$ 211/ m^3 (ANEXO II - ORÇAMENTO E VIABILIDADE ECONÔMICA).

No cenário de eventual mistura de materiais (alternativa III), com a possibilidade de manuseio de material contaminado a ser considerado durante o processo de mistura e a inserção de sedimentos com presença de metais pesados nas cavidades das frentes de lavra, condiciona-se a inviabilidade desta atividade a possíveis impactos ambientais futuros a serem gerados com a aplicabilidade desta modalidade.

7.3 PERSPECTIVA DA VIABILIDADE AMBIENTAL

7.3.1 LINHA DE COSTA

No que diz respeito ao comportamento da linha de costa, é possível mencionar com base nos estudos que esta é naturalmente instável e já há processos erosivos instalados na região do entorno do pontal arenoso. A posição da entrada do canal

migrou na direção sul durante as últimas décadas. Esta migração causou erosão da margem direita do canal. Este processo é natural e ocorre independentemente das alternativas de eventual dragagem analisadas neste estudo. A erosão da margem direita faz parte de um ciclo em que a foz do canal migra na direção sul sob a influência do transporte litorâneo. O processo continuará até o momento em que a correnteza no canal cause rompimento da margem esquerda e crie uma conexão mais curta com o mar. Depois, o mesmo processo se repete até o próximo rompimento da margem.

Neste contexto, os serviços de eventual dragagem na Zona I, segundo os estudos hidrodinâmicos desenvolvidos ao longo deste EVTE, não teriam efeito negativo importante do ponto de vista das erosões, mas tampouco promoveriam melhorias do ponto de vista geomorfológico. As escavações resultantes teriam um efeito semelhante ao de uma armadilha de sedimentos (*sediment trap*) e provocariam um desequilíbrio no balanço de sedimentos entre o oceano e a lagoa, pois uma parte do material sólido que seria mobilizado pela água no sentido oceano-lagoa ou lagoa-oceano ficaria retido na cavidade. O sistema restabelece uma situação de equilíbrio dinâmico relativamente rápido.

De maneira semelhante à Alternativa I, a segunda e a terceira alternativa pouco teriam influência sobre o processo erosivo presente na linha de costa da região, assim como não trariam ganhos do ponto de vista geomorfológico. As alterações nas correntes para estes casos podem ser consideradas desprezíveis.

7.3.2 DESASSOREAMENTO DA LAGOA E RENOVAÇÃO DA ÁGUA

Um ponto a ser destacado em relação à eventual execução de uma dragagem na Alternativa I é que ela pouco contribuiria para o desassoreamento da lagoa em seu contexto geológico e sedimentológico, devido à proporção entre as áreas de eventual dragagem propostas e a área total da lagoa ser insignificante, representando apenas 2,4% (66 ha / 2.700 ha). Nas alternativas II e III, esta operação alcançaria resultados ainda menores aos da Alternativa I, pouco contribuindo para esse processo.

Tratando-se de promover maior renovação de água, esse objetivo não seria alcançado através da dragagem nas áreas de interesse, pois haveria um aumento de no máximo 5% no prisma de maré na Alternativa I; a Alternativa II aumentaria o prisma em torno de 0,9%, considerado irrelevante; na Alternativa III (região central da Lagoa), esse valor é tomado como desprezível. Além disso, as dragagens em todas as alternativas teriam impactos muito pequenos nos níveis de vazões e velocidades de correntes no canal de ligação com o mar, podendo ser consideradas desprezíveis.

Ao longo dos serviços de eventual dragagem, poderia ocorrer um aumento na presença de partículas em suspensão, alteração da turbidez da água, da salinidade e impactos diretos sobre habitats da fauna e flora aquática, destacando-se entre as alternativas, as realizadas na região da Lagoa, que alcançariam elevados níveis e trazendo maiores efeitos negativos. Isso se dá pelo fato de que na área da lagoa onde as dragas operariam há uma maior concentração de material fino nos sedimentos.

7.3.3 QUESTÕES RELEVANTES

A adoção de qualquer alternativa de eventual dragagem, para efeito de seu licenciamento ambiental e dos dispositivos legais e normativos, deve se enquadrar na tipologia do Estudo Ambiental exigido pelo órgão ambiental de acordo com o volume total dragado, respeitando o que consta na Resolução CEPRAM nº 10/2018, item 10.20.01 – Dragagem e Desassoreamento. Assim sendo, em função das estimativas volumétricas calculadas pelos estudos de engenharia acima de 500 mil m³, seria provável que o estudo ambiental fosse categorizado como EIA/RIMA.

Nesse sentido, em um cenário hipotético de dragagem estudos baseados em dados primários e em campanhas sazonais dos meios físico, biótico e socioeconômico seriam necessários para dar um suporte de informações mais seguras e orientadas às necessidades específicas dos estudos, que precisariam ser consensadas entre o órgão ambiental e o empreendedor por meio do Termo de Referência, o qual também deverá ser aprovado pelo órgão responsável, devido ao notório interesse público.

Nos termos do artigo 1º da Resolução nº 428, de 17 de Dezembro de 2010, o licenciamento de empreendimentos de significativo impacto ambiental ou passíveis de EIA/RIMA, que possam afetar Unidade de Conservação (UC) específica ou sua Zona de Amortecimento (ZA), assim considerados pelo órgão ambiental licenciador, com fundamento em Estudo de Impacto Ambiental e respectivo Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA), só poderá ser concedido após autorização do órgão responsável pela administração da UC. Deve-se ressaltar que as alternativas I e II estão situadas dentro de uma Unidade de Conservação, a Área de Proteção Ambiental (APA) de Santa Rita e, portanto, qualquer intervenção dentro desta área necessitaria de autorização.

O local a ser escolhido para a eventual dragagem poderia afetar de forma localizada o uso da laguna por parte de coletores de mariscos, pescadores e embarcações de turismo e desportos, que desviariam temporariamente das embarcações e maquinários presentes no corpo d'água. Outro fator a ser considerado é que a região da Alternativa I tem um intenso fluxo turístico, que poderia ser prejudicado

pelas operações de dragagem no local. Por fim, a dragagem também poderia afetar as atividades econômicas extrativistas de pesca na região, subtraindo, por exemplo, juntamente aos sedimentos, mariscos, maçunins, entre outros, comprometendo as famílias que dependem da pesca para seu sustento.

Ao mesmo tempo, os ruídos gerados pelas dragas em operação, embarcações e veículos poderiam estressar a fauna aquática e perturbar a própria população no entorno do Canal do Pontal. Além disso, o uso de equipamentos movidos a combustíveis fósseis nas fases de extração e de transporte do sedimento poderia trazer consequências significativas caso ocorressem vazamentos atingindo o curso d'água, dentro de um ambiente estuarino sensível.

A terceira alternativa traz ainda uma particularidade ausente nas alternativas I e II: nela, o material dragado contaria com sedimentos contaminados, fator que pode suscitar variados riscos ao meio ambiente e à população local. Amostras coletadas na área de interesse apresentaram resultados para o nível de Chumbo (Pb) acima do Nível 1 (46,7 mg/kg) referenciado na Resolução do CONAMA N° 454/12 (Nível 1 e Nível 2). Caso se optasse pela execução da alternativa, seria necessária a realização de ensaios de ecotoxicidade, conforme disposto no Art. 12 da Resolução CONAMA N° 454/2012.

Assim sendo, por conta da possível necessidade de construção de uma ETE para tratamento do efluente oriundo da dragagem, poderia ser necessária a supressão da flora terrestre na área de armazenagem temporária, com risco de contaminação dos cursos d'água e até mesmo do lençol freático. Além disso, poderia haver incidência de odor desagradável causado pela deposição dos materiais advindos de camadas nefelóides e ricas em matéria orgânica.

7.4 PANORAMA GERAL

Com base nos resultados elencados neste estudo, estão listados a seguir, de forma resumida, alguns aspectos que merecem destaque:

7.4.1 PERSPECTIVAS GERAIS

- A Lagoa Mundaú é um ambiente estuarino sensível e bastante impactado pela antropização da borda da laguna e da bacia do rio Mundaú;
- A lagoa apresenta problemas na qualidade da água e em seus sedimentos;
- Já há um processo erosivo natural instalado na foz da lagoa com o mar;

- As alternativas em estudo não contribuiriam para o desassoreamento da lagoa;
- As alternativas de dragagem não provocariam aumento significativo do prisma de maré, e, portanto, não trariam ganhos no quesito de renovação da água;
- As três alternativas de eventual dragagem, em especial a Alternativa III, aumentariam a presença de partículas em suspensão, elevando significativamente a turbidez, a salinidade e os impactos sobre a fauna e a flora locais, de modo temporário.

7.4.2 ALTERNATIVA I

- A alternativa está localizada na APA de Santa Rita e qualquer intervenção nessas áreas demandaria autorização;
- Está na vizinhança de áreas residenciais e de intensa atividade turística, havendo também atividade pesqueira;
- Poderia promover o desequilíbrio no balanço de sedimentos entre lagoa e oceano devido à cava resultante da eventual dragagem servir como uma armadilha de sedimento (*sediment trap*).

7.4.3 ALTERNATIVA II

- Devido ao fato de estar na APA de Santa Rita, esta alternativa necessitaria de autorização para intervenções em sua área de influência;
- A alternativa afetaria consideravelmente área de intensa pesca do sururu;
- Esta solução considera a necessidade de mistura entre sedimentos dragados e o material sólido inerte (areia) advindo de jazida comercial para que o sedimento esteja na qualidade adequada para preenchimento das cavidades.

7.4.4 ALTERNATIVA III

- É a alternativa que mais demandaria material sólido inerte (areia) oriundo de jazida comercial para a mistura destinada ao preenchimento das cavidades;
- A solução traria consigo a possibilidade de revolvimento de material contaminado, que poderia piorar ainda mais a qualidade da água, além

disso, a possível inserção de sedimentos contendo contaminantes em outro ambiente (interior das cavidades), é um fator que inviabiliza a adoção desta alternativa;

- Por manusear sedimento contaminado, a alternativa necessitaria da utilização de *geobags* para armazenamento e secagem do material dragado;
- A alternativa traria consigo a necessidade de tratamento do efluente devido ao sedimento estar contaminado, o que, na prática, inviabiliza as operações de dragagem nesta área.

8 CONCLUSÃO

Perante os aspectos expostos em relação às opções para enchimento das cavidades, verifica-se que as alternativas de dragagem possuem restrições, sendo algumas de caráter proibitivo, como por exemplo:

- 1) A escavação no canal do Pontal da Barra (Alternativa I) é a única que resultaria num grande volume de extração, por ser o material diretamente aproveitável. Este material tem baixo risco de contaminação. Esta escavação, porém:
 - Aumentaria a instabilidade da foz, na medida que o estudo hidrodinâmico conclui que “algum impacto na margem direita é esperado”. Além de indicar também que algum material hoje ali depositado, viria a ser transferido pelo fluxo de enchente e vazante, seria aprisionado no vazio da área dragada;
 - Não contribuiria para o desassoreamento da lagoa;
 - Afetaria áreas de intensa atividade turística.
- 2) A escavação no Canal da Assembleia (Alternativa II):
 - Não resultaria em volume expressivo, por exigir a necessidade de mistura com material sólido inerte (areia) proveniente de jazida, na ordem de 40%;
 - Não traria efeito de desassoreamento;
 - Poderia gerar repercussão sobre a atividade pesqueira.
- 3) A escavação na região central da lagoa (Alternativa III):
 - Dado que o material é preponderantemente lamoso, o processo de dragagem estaria contando com um material a ser utilizado dentro da tolerância de finos estabelecida, e não podendo estes sedimentos serem misturado com o material sólido inerte (areia) oriundo de jazida, devido a contaminação presente em sua composição, o que torna tecnicamente não recomendável;
 - Não traria efeito relevante no que diz respeito ao desassoreamento da lagoa;

- Traria risco de contaminação, dada a presença de metais pesados durante o revolvimento de material, aliado a possível inserção de sedimentos contaminados em um ambiente novo (cavidades), podendo trazer problemas ambientais futuros não previsíveis.
- Tornaria o processo de enchimento das cavidades sensivelmente mais complexo, oneroso, lento, por necessitar da utilização de geobags e ainda, do tratamento dos efluentes em ETE.

Estas restrições, associadas a outros aspectos, como o fato de a lagoa ser um ambiente estuarino sensível e já bastante impactado pela antropização da bacia do rio Mundaú e da borda da lagoa, apresentando ainda problemas de qualidade da água e de sedimentos, levam ao entendimento de que a dragagem para fins de obtenção de material para enchimento das cavidades é uma atividade de alto risco ambiental. Aliada a isso, tem-se a premissa que as alternativas de eventuais dragagens não promoverão melhorias ambientais na qualidade da água e/ou do sedimento na lagoa, bem como efeito significativo de desassoreamento, conforme explicitado anteriormente.

Outro aspecto importante de ser mencionado é que num cenário de dragagem as operações de *backfilling* das cavidades estariam sujeitas a uma série adicional de equipamentos hidro e eletromecânicos, aumentando consideravelmente as chances de paralisação, pois, a cadeia de produção de sedimentos e preenchimento das cavidades teria mais equipamentos suscetíveis a falhas, como por exemplo, as dragas de sucção e recalque, o *booster*, os geradores e transformadores e outros equipamentos auxiliares.

Pode-se ainda destacar a questão de prazo, que incluiria o desenvolvimento de projeto executivo (estimado em 18 meses), mobilização e instalação dos equipamentos (estimado em 3 meses) e o processo de obtenção dos sedimentos necessários via dragagem (estimado em cerca de 24 a 30 meses), totalizando aproximadamente 4 a 4,5 anos para finalização de todo o processo, realidade que seria desenvolvida em descompasso com os prazos emergenciais de preenchimento das cavidades das frentes de lavra.

Fundamentando-se em todos os dados trazidos ao longo deste documento e considerando que a operação atual de enchimento com uso de material sólido inerte advindos de jazidas comerciais, já está em andamento, conclui-se que o processo vigente se sobressai diante das demais alternativas analisadas do ponto de vista ambiental e socioeconômico. Suas vantagens incluem: maior facilidade para obtenção do material (oriundo de uma jazida que já é explorada) e um boa aderência aos prazos

emergenciais para o preenchimento das cavidades. Além disso, vale ressaltar que esta alternativa já possui autorizações e licenças de operação.

Foi avaliado que a Alternativa I de eventual dragagem é atrativa economicamente, entretanto seu passivo ambiental é bastante expressivo, tornando-a inviável ao se comparar algum ganho financeiro advindo dessa alternativa para a obtenção dos sedimentos à intervenção em um ambiente tão sensível, sem que se promovam melhorias ambientais significativas. Portanto, esta consultoria entende que a manutenção da operação atual é a que melhor se adequa ao bom andamento do procedimento de enchimento das cavidades das frentes de lavra. Sendo assim, este estudo conclui pela inviabilidade técnica das alternativas de eventual dragagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA BRASIL. Projeto Juntos pelo Araguaia quer recompor áreas florestais. Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2019-06/projeto-juntos-pelo-araguaia-quer-recompor-areas-florestais>>. Acesso em: 04 de abril de 2022.

AGÊNCIA BRASIL. Projeto Juntos pelo Araguaia quer recompor áreas florestais. Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2019-06/projeto-juntos-pelo-araguaia-quer-recompor-areas-florestais>>. Acesso em: 28 mar. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS - ANA. HidroWeb v3.2.6. Disponível em: <<https://www.snirh.gov.br/hidroweb/apresentacao>>. Acesso em: 10 de abril de 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS - ANA. HidroWeb v3.2.6. Disponível em: <<https://www.snirh.gov.br/hidroweb/apresentacao>>. Acesso em: 10 ago. de 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. Estudos Hidrogeológicos Para Subsidiar A Gestão Sustentável Dos Recursos Hídricos Subterrâneos Na Região Metropolitana De Maceió: Relatório Final, Vol. 1 – Aspectos Gerais da Área do Projeto. Maceió, AL: Ministério do Meio Ambiente, 2011.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. Estudos Hidrogeológicos Para Subsidiar A Gestão Sustentável Dos Recursos Hídricos Subterrâneos Na Região Metropolitana De Maceió: Relatório Final, Vol. 1 – Aspectos Gerais da Área do Projeto. Maceió, AL: Ministério do Meio Ambiente, 2011.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. Plano de Ações e Gestão Integrada do Complexo Estuarino-Lagunar Mundaú/Manguaba - CELMM: Resumo Executivo. Brasília, DF. 2006, 124p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Projeto Proágua Semi-Árido: RP 04 - Diagnóstico da oferta de água bruta e avaliação preliminar de alternativas técnicas no Estado de Minas Gerais - Parte C. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2005.

AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMAS – APAC. Bacia Hidrográfica do Mundaú. Disponível em: <http://www.srh.srh.pe.gov.br/apac/pagina.php?page_id=5&subpage_id=19>. Acesso em: 04 de abril de 2022.

AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMAS – APAC. Bacia Hidrográfica do Mundaú. Disponível em: <

http://www.sirh.srh.pe.gov.br/apac/pagina.php?page_id=5&subpage_id=19>. Acesso em: 15 de junho de 2021.

AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMAS – APAC. Monitoramento Pluviométrico. Disponível em: <<http://old.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php#>>. Acesso em: 04 de abril de 2022.

AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMAS – APAC. Monitoramento Pluviométrico. Disponível em: <<http://old.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php#>>. Acesso em: 10 de agosto de 2021.

ALVES, R.R.N.; NISHIDA, A.K. (2003) - Aspectos socioeconômicos e percepção ambiental dos catadores de caranguejo-uçá *Ucides cordatus cordatus* (L. 1763) (Decapoda, Brachyura) do estuário do rio Mamanguape, Nordeste do Brasil. Revista Interciencia (ISSN:0378- 1844), 28(1):36-43, Caracas, Venezuela.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (2006) - Plano de Ações e Gestão Integrada do Complexo Estuarino-Lagunar MUNDAÚ/ MANGUABA (CELMM) - RESUMO EXECUTIVO. 124P.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Projeto Proágua Semi-Árido: RP 04 - Diagnóstico da oferta de água bruta e avaliação preliminar de alternativas técnicas no Estado de Minas Gerais - Parte C. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2005.

ANTONIO THOMAZ GONZAGA DA MATTA MACHADO et al. (EDS.). Revitalização de rios no mundo: América, Europa e Ásia. 1a ed ed. Belo Horizonte, MG: Instituto Guaicuy, 2010.

ANTONIO THOMAZ GONZAGA DA MATTA MACHADO et al. (EDS.). Revitalização de rios no mundo: América, Europa e Ásia. 1a ed ed. Belo Horizonte, MG: Instituto Guaicuy, 2010.

APG IV (The Angiosperm Phylogeny Group). 2016. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. Botanical Journal of the Linnean Society, 181: 1-20.

ASSIS, J.S. 2000. Biogeografia e conservação da biodiversidade: projeções para Alagoas. Maceió: Catavento. 200 p. BFG. Growing knowledge: an overview of Seed Plant diversity in Brazil. Rodriguésia, v.66, n.4, p.1085-1113. 2015. (DOI: 10.1590/2175- 7860201566411).

BARRETO, Cristiane Gomes. Devastação e proteção da mata atlântica nordestina: formação da paisagem e políticas ambientais. 2013. 294 f., il. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) —Universidade de Brasília, 2013.

BARROS, H.M.; ESKINAZI-LEÇA, E.; PARANAGUÁ, M.N. The dismapa

earing fish: an understanding of sustainability among estuarine fishermen communities of Bragança, PA. Aquatic Ecosystem Health and Management, 3:553- 560. 2000.

BIBBY, CJ, JONES, MJ E MARSDEN, SJ (1998) Técnicas de campo de expedição: levantamentos de aves. Londres: Expedition Advisory Centre, Royal Geographic Society/BirdLife International.

BIBBY, Colin J. et al. Putting biodiversity on the map: priority areas for global conservation. International Council for Bird Preservation, Cambridge (RU), 1992.

BRASIL. Lei 12.651/2012. Novo Código Florestal Brasileiro.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Brasília, DF. 2000. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm. Acesso em: 04 de abril de 2022.

BUTTERWORTH, J.; IRC INTERNATIONAL WATER AND SANITATION CENTRE; SUSTAINABLE WATER IMPROVES TOMORROW'S CITIES HEALTH (PROJECT). SWITCH in the city: putting urban water management to the test. [s.l: s.n.].

CALLIARI, L.J; MUEHC. D, GEMAEL H. F & TOLDO E. Morfodinâmica praial: uma breve revisão Rev. bras, oceanogr. 5l(único):63-78. 2003.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. Comissão aprova normas para revitalização de bacias hidrográficas. Câmara Notícias. Notícia publicada em 10 jul, 2017. Brasília, DF. 2017. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/camaranoticias/noticias/MEIO>

AMBIENTE/537737-COMISSAO-APROVA-NORMAS-PARA-REVITALIZACAO-DE-BACIAS-HIDROGRAFICAS.html. Acesso em: 04 de abril de 2022.

CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; MELO, D. C. R. Mapeamento temporal e espacial da precipitação pluviométrica da região metropolitana de Goiânia. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.4594. Disponível em: <<http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte/2011/07.25.14.18/doc/p1354.pdf>>. Acesso em: 27 de julho de 2021.

CARVALHO, N. O. Hidrossedimentologia Prática. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2008. 599 p.

CARVALHO, N. O.; FILIZOLA JR, N. P.; SANTOS, P. M. C.; LIMA, J. E. F. W. Guia de práticas sedimentométricas. Brasília: ANEEL, 2000, 132p.

CARVALHO, N. O.; MARQUES, F. B.; STRASSER, M. A.. A realização de medições de vazão e de carga de sedimentos visando a boa consistência de dados. XI Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos. João Pessoa, PB, 2014. Disponível em: <https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/170/eb16c633cde0b7021a405f6db67e3f78_5e4495ec4650a9c30f493fd9907c5a84.pdf>. Acesso em: 28 de agosto de 2021.

CASATTI, L., FERREIRA, C. P. & CARVALHO, F. R. 2009. Grass-dominated stream sites exhibit low fish species diversity and dominance by guppies: an assessment of two tropical pasture river basins. *Hydrobiologia*, 632: 273-283

CBH RIO DAS VELHAS. Programa Revitaliza. Disponível em: <<http://cbhvelhas.org.br/programarevitaliza/>>. Acesso em: 28 de março de 2021.

CETESB. Relatório de qualidade das águas interiores no estado de São Paulo 2009. São Paulo, 2010. (Série Relatórios).

CHIEW, F.; SIRIWARDENA, L.. TREND User Guide: Catchment modelling toolkit. CRC for catchment hydrology, Australia, 2005.

CICES. Common International Classification of Ecosystem Services. Disponível em: <<https://cices.eu/>>. Acesso em: 23 de março de 2021.

CIRANO, M., LESSA, G.C., 2007. Oceanographic Characteristics of Baía de Todos os Santos, Brazil. Rev. Bras. Geofísica 25, 363–387.

CLOERN, JAMES & DUFFORD, R.). Phytoplankton community ecology: Principles applied in San Francisco Bay. Marine Ecology Progress Series. 285. 11-28. 2005.

COLLINS, A.L.; WALLING, D.E. & LEEKS, G.J.L. Source type ascription for fluvial suspended sediment based on a quantitative composite fingerprinting technique. Catena, 29:1-27, 1997.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS. Pro-Mananciais - Programa Socioambiental de Proteção e Recuperação de Mananciais. Belo Horizonte, MG: [s.n.]. Disponível em:
<http://www.arsae.mg.gov.br/images/documentos/audiencia_publica/15/ProMananciais.pdf>. Acesso em: 04 de abril de 2022.

COORDENADORIA DE RECURSOS HÍDRICOS. Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo. Disponível em:
<<http://www.sigrh.sp.gov.br/cbhat/apresentacao>>. Acesso em: 28 de março de 2020.

COSTA, F. (1980) - Documentário da ictiofauna da região das lagoas Mundaú/Manguaba. 200p., SEPLAN/CDCT/ Governo do Estado de Alagoas, Alagoas, Brasil.

COSTA-NETO, E.M. A cultura pesqueira do litoral Norte da Bahia. 159p., Salvador, Maceió, AL, Brasil. EDUFBA/EDUFAL. 2001.

DE CASTRO, C. N.; PEREIRA, C. N. Revitalização da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco - Histórico, Diagnóstico e Desafios. Brasília, DF: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 2019.

DE CASTRO, C. N.; PEREIRA, C. N. Revitalização do Rio São Francisco. p. 8, 2017.

DIÁRIO DE GOIÁS. Juntos pelo Araguaia apresenta estudo com áreas prioritárias para recuperação de bacia. Disponível em: <<https://diariodegoias.com.br/juntos-pelo-araguaia-apresenta-estudo-com-areas-prioritarias-para-recuperacao-de-bacia/>>. Acesso em: 28 de março de 2021.

EMBRAPA. Proágua Semi-Árido. Disponível em:

<<http://www.cnpma.embrapa.br/projetos/ecoagua/index.html>>. Acesso em: 28 de março de 2022.

EMBRAPA. Proágua Semi-Árido. Disponível em:

<<http://www.cnpma.embrapa.br/projetos/ecoagua/index.html>>. Acesso em: 28 de março de 2020.

ESKINAZI-LEÇA, E. e SANTANA, MR., 1977-1978. Diatomáceas da Laguna Mundaú (Alagoas-Brasil). Anais da Universidade Federal Rural de Pernambuco, vol. 2, não. 3, pág. 181-206.

ESKINAZI-SAIN´ANNA, E. M., & TUNDISI, J. G. (1996). Zooplâncton do estuário do Pina (Recife Pernambuco-Brasil): composição e distribuição temporal. Revista Brasileira de Oceanografia, 44(1), 23-33.

ESPÍNDOLA, E. L. G.; BARBOSA, D. S.; MENDIONDO, E. M. Diretrizes ecológicas em projetos de recuperação de rios urbanos tropicais: estudo de caso no rio Tijuco Preto. p. 11, 2005.

ESTADO DE MINAS GERAIS. Revitalização do Rio São Francisco vai exigir mais de R\$ 30 bilhões. Disponível em:
<https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2018/06/25/interna_gerais,969128/revitalizacao-do-rio-sao-francisco-vai-exigir-mais-de-r-30-bilhoes.shtml>. Acesso em: 28 de março de 2020.

FADIGAS, A.B.M.; GARCIA, L.G. (2012) - Conservation of the estuarine zone of the Goiana and Megaó rivers in northeastern Brazil: an analysis of the strategies adopted by fisherwomen communities. Revista da Gestão Costeira Integrada, 12(4):577-582.

FERREIRA, C. P. Estrutura da ictiofauna e integridade biótica de riachos em fragmentos biótica de riachos em fragmentos florestais remanescentes no Noroeste Paulista. 2010. 167p. Tese (Mestrado em Biologia Animal) – Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, 2010.

FERREIRA, C. P.; CASATTI, L. Influência da estrutura do hábitat sobre a ictiofauna de um riacho em uma microbacia de pastagem, São Paulo, Brasil. Revista Brasileira de

Zoologia. v. 23, n. 3, p. 642 – 651, 2006. <<https://doi.org/10.1590/S0101-81752006000300006>>. Acesso em: 04 de abril de 2022.

FIELD, C. B.; Primary Production of the Biosphere: Integrating Terrestrial and Oceanic Components. Science, 281, 237. 1998.

FJELDSÅ, Jon. The impact of human forest disturbance on the endemic avifauna of the Udzungwa Mountains, Tanzania. Bird Conservation International, v. 9, n. 1, p. 47-62, 1999.

FLORA DO BRASIL 2020. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/listaBrasil/>>. Acesso em: 15 de fevereiro de 2022.

FRAGA, M. S.; ABREU, M. C.; REIS, G. B.; TOZI, T.; PINHEIRO, S. A. R..Análise de tendência em séries históricas de precipitação e vazão na UGRH2 Piracicaba, Minas Gerais. Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais, v.11, n.2, p.136-144, 2020. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.002.0016>.

GARCIAS, C. M.; AFONSO, J. A. C. Revitalização de Rios Urbanos. v. 1, n. 1, p. 131–144, 2013.

GONZAGA, L. P. Composição da avifauna em uma parcela de mata perturbada na baixada. Majé, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. Rio de Janeiro, 1986.

GRIZZETTI, B. et al. Assessing water ecosystem services for water resource management. Environmental Science & Policy, v. 61, p. 194–203, jul. 2016.

HALLIDAY, S. Death and miasma in Victorian London: an obstinate belief. BMJ, v. 323, n. 7327, p. 1469–1471, 22 dez. 2001.

HEPP, L. U.; SANTOS, S. Benthic communities of stream related to different land uses in a hydrographic basin in southern Brazil. Environmental Monitoring Assessment. v. 157, n. 1, p. 305 – 318, 2008.Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10661-008-0536-7>. Acesso em: 23 de março de 2022.

HERZOG, S.K., KESSLER, M. & CAHILL, T.M. Estimating species richness of tropical bird communities from rapid assessment data. Auk, 119, 749– 769. 2002.

HOPKINSON, C. J., SMITH, E. M., DEL GIORGIO, P. A., AND WILLIAMS, P. J. LE B.: Estuarine respiration: an overview of benthic, pelagic and whole system respiration, in: Respiration in Aquatic Ecosystems, edited by: del Giorgio, P. A. and Williams, P. J. le B., Oxford University Press, New York, 2005.

IADC - International Association Of Dredging Companies, Environmental Aspects of Dredging, Guide 4, 1997.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE BIOGEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. População. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/al/>. Acesso em: 13 de abril de 2022.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Malha Digital dos Setores Censitários 2010. Municipal. [2010]. Disponível em: [https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html?caminho=organizacao_do_territorio/malhas_territoriais/malhas_de_setores_censitarios__divisoes_intramunicipais/2020/Malha_de_setores_\(shp\)_por_UFs](https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html?caminho=organizacao_do_territorio/malhas_territoriais/malhas_de_setores_censitarios__divisoes_intramunicipais/2020/Malha_de_setores_(shp)_por_UFs). Acesso em: 23 de março de 2022.

ICMBIO - Atlas dos Manguezais do Brasil / Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. – Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2018.

IN:< http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.html>. Acesso em: 15 de março de 2022.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. Atlas de Mananciais de Abastecimento Público do Estado do Rio de Janeiro. [s.l: s.n.].

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. Pacto pelas Águas. Disponível em: <https://inea.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=bfe87a4210b342f9b094f62e3938e299>>. Acesso em: 28 de março de 2020.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. Programa de Proteção e Recuperação de Mananciais do Estado do Rio de Janeiro. [s.l.] Governo do Estado do Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2019/01/Cartilha_Pacto-pelas-%C3%81guas.pdf>. Acesso em: 04 de abril de 2022.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO.

Resolução Inea no 158 de 27-11-18. . 2018 a.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DE ÁGUAS. Gestão de Bacias Hidrográficas: Critérios para definição de áreas prioritárias para revitalização. Belo Horizonte, MG: [s.n.].

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DE ÁGUAS. Somos Todos Água. Belo Horizonte, MG: Governo do Estado de Minas Gerais, 2019.

IUCN 2017. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2017-3. <http://www.iucnredlist.org>. Acesso em: 20 de maio de 2018.

JACOMINE, P. K. T., et al. Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado de Alagoas. EMBRAPA-CPP, 1975. Recife, PE, Brasil.

JOUENNE, F; LEFEBVRE, S; LAGADEUC, V. Y.. Phytoplankton community structure and primary production in small intertidal estuarine-bay ecosystem (eastern English Channel, France), Mar Biol (2007) 151:805–825

LIMA, B.B.; VELASCO, G. (2012) - Estudo piloto sobre o autoconsumo de pescado entre pescadores artesanais do estuário da Lagoa dos Patos, RS, Brasil. Boletim do Instituto de Pesca (ISSN: 1678-2305), 38(4):357-367, São Paulo, SP, Brasil.

LITAKER, W; DUKE, C. S; KENNEY, B. E. E RAMUS, J. Short-term environmental variability and phytoplankton abundance in a shallow tidal estuary. II. Spring and fall Marine Ecology Progress Series Vol. 94, No. 2 (April 13 1993), pp. 141-154

LOBO-ARAÚJO et al. Avifauna - Fauna de Vertebrados Terrestres APA do Catolé e Fernão Velho, Alagoas. 2019.

LOBO-ARAÚJO, LAHERT & TOLEDO, MÁRIO & EFE, MÁRCIO & MALHADO, ANA & VITAL, MARCOS & TOLEDO-LIMA, GUILHERME & MACARIO, PHOEVÉ & SANTOS, JHONATAN & LADLE, RICHARD. (2013). Bird communities in three forest types in the Pernambuco Centre of Endemism, Alagoas, Brazil. Iheringia. Série Zoologia. 103. 85-96. 10.

MAC- herbário do Instituto do Meio Ambiente de Alagoas (www.mac.org.br). Acesso em: 20 de fevereiro de 2018.

MACEIÓ. LEI MUNICIPAL Nº 5.486 DE 30/12/2005. Plano Diretor do Município de Maceió. Disponível em: <http://www.sedet.maceio.al.gov.br/servicos/pdf/plano_diretor/>. Acesso em: 22 de fevereiro de 2022.

MACEIÓ. Programa de Requalificação Urbana da Orla Lagunar de Maceió (BR – L1430). Avaliação de Impactos Ambientais – AIA. Maceió: PMM, 697 p., 2017.

MACKINNON, J. 1991. Field guide to the birds of Java and Bali. Gadjah Mada University Press, Bulaksumur, 390p.

MARCHETTI, M.P. & MOYLE, P.B. 2001. Effects of flow regime on fish assemblages in a regulated California stream. Ecol. appl. 11(2):530-539.

MARCUZZO, Francisco Fernando Noronha; ROMERO, Vanessa; CARDOSO, Murilo Raphael Dias. DETALHAMENTO HIDROMORFOLÓGICO DA BACIA DO RIO MUNDAÚ. XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Maceió, AL. 2011.

MARQUES, J.G.W. (1991) - Aspectos ecológicos na etnoictiologia dos pescadores do Complexo Estuarino – Lagunar Mundaú Manguaba, Alagoas. 280p., Tese de Doutorado, Universidade de Campinas, Campinas.

MATTA-MACHADO, A. T. G. A Construção de um Programa de Revitalização na Bacia do Rio São Francisco. Estudos Avançados, v. 22, p. 195-210. Universidade de São Paulo, Instituto de Estudo Avançados. São Paulo, SP. 2008.

MELO-MAGALHÃES, E. M., MEDEIROS P. R. P., LIRA, M. C. A., KOENING, M. L., & MOURA, A. N. Determination of eutrophic areas in Mundaú/Manguaba lagoons, AlagoasBrasil, through studies of the phytoplanktonic community. Brazilian Journal Biology. V. 62, n. 2, p. 271 – 280, 2009.

MELO-MAGALHÃES, E.M. e NAVARRO, LFSBS., 1994. Levantamento preliminar da composição fitoplanctônica do complexo estuarino-Lagunar Mundaú/Manguaba (Alagoas-Brasil). Boletim de Estudos Ciências do Mar, vol. 8, pág. 65-72.

MELO-MAGALHÃES, E.M., CAVALCANTI, MO. e LIRA, MCA., 1998. Florações de algas cianofíceas no Complexo Estuarino-Lagunar Mundaú/Manguaba-Al. Boletim de Estudos Ciências do Mar, vol. 10, pág. 1-13.

MELO-MAGALHÃES, E.M., KOENING, ML. e SANT'ANNA, CL., 2004a. Fitoplâncton e variáveis ambientais nos canais do sistema estuarino lagunar Mundau/Manguaba, Alagoas, Brasil. Hoehnea, vol. 31, não. 1, pág. 73-86.

MELO-MAGALHÃES, E.M.; MEDEIROS, P.R.P.; LIRA, M.C.A.; KOENING, M.L.; MOURA, A.N. (2009) - Determination of eutrophic areas in Mundaú/Manguaba lagoons, Alagoas-Brazil, through studies of the phytoplanktonic community. Brazilian Journal of Biology (ISSN: 1519- 6984), 69(2)271-280, São Carlos, SP, Brasil. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/bjb/v69n2/06.pdf>>. Acesso em: 04 de abril de 2022.

MENDES, Newton César de Lima. Análise dos indicadores físico-químicos, microbiológicos e parasitológicos de contaminação ambiental em amostras de água da Lagoa Mundaú-AL2019. 67 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Análise de Sistemas Ambientais). Programa de Pós-graduação em Análise de Sistemas Ambientais, Centro Universitário CESMAC, Maceió-AL, 2019.

MENEZES, F. P.; FERNANDES, L. L.. Análise de tendência e variabilidade da precipitação no estado do Pará, Belém, PR. DOI: 10.18677/EnciBio_2016B_146. Acesso em: 10 de julho de 2021.

MILLENNIUM ASSESSMENT. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Island Press, Washington, DC. 2005. Disponível em: <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>. Acesso em: 04 de abril de 2022.

MINELLA, J.P.G. et al. Identificação e implicações para a conservação do solo das fontes de sedimentos em bacias hidrográficas. Revista Brasileira de Ciência do Solo [online]. 2007, v. 31, n. 6 [Acessado 21 Junho 2021], pp. 1637-1646. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-06832007000600039>>. Acesso em: 04 de abril de 2022.

MINELLA, J.P.G. Identificação de fontes de sedimentos em uma pequena bacia rural. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003. 90p. (Tese de Mestrado).

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA, 2014. Portaria n. 443, de 17 dezembro de 2014. Diário Oficial da União, 18 de dezembro de 2014, Seção 1, p. 110-121.

MIRANDA, J. C. Ameaças aos peixes de riachos da Mata Atlântica. *Natureza on line*, v. 10, n. 3, p. 136 – 139, 2012.

MMA. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Evento O Brasil Que Cuida de Suas Águas. Brasília, DF. 2018a. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/component/k2/item/15100-eventos-brasil-que-cuida-de-suas-aguas.html>. Acesso em: 04 de abril de 2022.

MMA. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Programa Nacional de Revitalização de Bacias Hidrográficas. Governo Federal. Apresentação realizada em 28 de junho de 2018. Brasília, DF. 2018b. Disponível em: <http://www.cnrh.gov.br/reunioes- plenarias/cnrh-2018/reuniao-1-de-2018/apresentacoes-3/2312-item-7-3-programa-nacional-de-revitalizacao-de-bacias-cnrh-junho-2018/file>>. Acesso em: 14 de março de 2022.

MORATELLI, Ricardo et al. Geographic variation in South American populations of *Myotis nigricans* (Schinz, 1821) (Chiroptera, Vespertilionidae), with the description of two new species. *Mammalian Biology-Zeitschrift für Säugetierkunde*, v. 76, n. 5, p. 592-607, 2011.

MOURÃO, J.S.; NORDI, N. (2003) - Etnoictiologia de pescadores artesanais do estuário do rio Mamanguape, Paraíba, Brasil. *Boletim do Instituto da Pesca* (ISSN: 1678- 2305), 29(1)9-17, São Paulo, Brasil.

MULLER, I. I.; KRUGER C. M.; KAVISKI, E.. Análise de estacionariedade de séries hidrológicas na bacia incremental de Itaipu, Curitiba, PR. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.3, n.4, p.51-71, 1998.

NASCIMENTO ET AL. Mastofauna terrestre. IN: *Fauna de Vertebrados Terrestres APA do Catolé e Fernão Velho*, Alagoas. 2019.

NASCIMENTO, M.S.V.; SASSI, R. (2007) - Análise da atividade pesqueira e das condições socioeconômicas dos pescadores artesanais de Cajueiro da Praia, Estado do Piauí, Brasil. *Gaia Scientia* (ISSN: 1981-1268), 1(2):141-154, João Pessoa, PB, Brasil.

ODEA, N.; WATSON, J.E.M. & WHITTAKER, R.J. 2004. Rapid assessment in conservation research: a critique of avifaunal assessment techniques illustrated by Ecuadorian and Madagascan case study data. *Diversity and Distributions*, 10:55-63.

OLIVEIRA SILVA MARINS, MARÍLIA; ZANON DE OLIVEIRA PASSAVANTÉ, JOSÉ. A utilização da Microalga *Skeletonema Costatum* (Greville) Cleve (Bacillariophyceae) na avaliação da qualidade ambiental de áreas estuarinas de Pernambuco. 2007.

Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Gestão e Políticas Ambientais, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007.

OLIVEIRA, A. M. & B. KJERFVE (1993). Environmental Responses of a Tropical Coast Lagoon to Hydrological Variability: Mundaú-Manguaba, Brazil. *Estuarine, Coast and Shelf Science*, 575-591.

OLIVEIRA, A. M. (2000). Hidrodinâmica do Complexo. In: Apoio à proteção ambiental em Alagoas: uma experiência de cooperação técnica. Maceió: SEPLAN/IMA/GTZ. 66-77.

OPERA MUNDI. Maravilhas da engenharia: o complexo sistema de esgoto que salvou Londres de seus excrementos. Disponível em:

<<https://operamundi.uol.com.br/samuel/43399/maravilhas-da-engenharia-o-complexo-sistema-de-esgoto-que-salvou-londres-de-seus-excrementos>>. Acesso em: 30 de março de 2020.

PAERL HW. 1988. Growth and reproductive strategies of freshwater bluegreen algae (Cyanobacteria). In: Sandgreen CD (Ed.). Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton. Cambridge University Press, p: 261–315.

PAULO HENRIQUE PEREIRA et al. Projeto Conservador Das Águas. Extrema, MG: Prefeitura Municipal de Extrema, 2016.

PENEREIRO, J. C.; ORLANDO, D. V.. Análises de tendências em séries temporais anuais de dados climáticos e hidrológicos na bacia do Rio Parnaíba entre os estados do Maranhão e Piauí/Brasil. *Revista Geográfica Acadêmica*, v.7, n.2, 2013. Disponível em: <<https://revista.ufrr.br/rga/article/view/2988>>. Acesso em: 30 de julho de 2021.

PIELKE, R. Climate Vulnerability: Understanding and Addressing Threats to Essential Resources. Academic Press. Amsterdam, Netherlands. 2013.

PORCHER, L.C.F.; POESTER, G.; LOPES, M.; SCHONHOFEN, P.; SILVANO, R.A.M. (2010) - Percepção dos moradores sobre os impactos ambientais e as mudanças na

pesca em uma lagoa costeira do litoral sul do Brasil. Boletim do Instituto de Pesca (ISSN: 1678-2305), 36(1):61–72.

PREFEITURA MUNICIPAL DE EXTREMA. 2100. Lei no 2.100 De 21 de dezembro de 2005.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO CARLOS. Prefeitura Municipal de São Carlos. Disponível em: <<http://www.saocarlos.sp.gov.br/>>. Acesso em: 28 de março de 2020.

QUEIROZ, M. A.. Avaliação de tendências em séries de precipitação diária máxima anual na faixa central do estado de Minas Gerais. Dissertação de mestrado do programa de pós-graduação em saneamento, meio ambiente e recursos hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, MG, 2013. Disponível em: <<https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/BUBD-9HMJ6Y>>. Acesso em: 30 de julho de 2021.

RAMIRES, M.; BARRELLA, W.; ESTEVES, A.M. (2012) - Caracterização da pesca artesanal e o conhecimento pesqueiro local no Vale do Ribeira e litoral sul de São Paulo. Revista Ceciliana (ISSN: 2175-7224), 4(1): 37-43.

REFLORA - Herbário Virtual. Disponível em: <http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/herbarioVirtual>. Acesso em 28 de janeiro de 2022.

REIS, Nelio Roberto et al. (Ed.). Morcegos do Brasil: guia de campo. Technical Books Editora, 2013.

Robert Holtz, William Kovacs, Thomas C. Sheahan. 2011. Na Introduction to Geotechnical Engineering. Second Edition. Person.

RODRIGUES, M.N. Levantamento florístico e análise da estrutura fitossociológica de um fragmento de Mata Atlântica na APA do Catolé – Estado de Alagoas – dissertação de mestrado, Rio Largo, 2002.

ROSA, I.L.; OLIVEIRA, T.P.R.; OSÓRIO, F.M.; MORAES, L.E.; CASTRO, A.L.C.; BARROS, G.M.L.; ALVES, R.R.M. (2011) – Fisheries and trade of seahorses in Brazil: historical perspective, current trends, and future diretions. Biosiversity Conservation, 20(9):1951-1971.

ROUND, FE., 1981. A ecologia das algas. Cambridge: Universidade de Cambridge. 747p.

SALGUEIRO, J.H.P.B. (2005). Avaliação de Rede Pluviométrica e Análise de Variabilidade Espacial da Precipitação: Estudo de caso na Bacia do Rio Ipojuca em Pernambuco. 189 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil na Área de Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) – Grupo de Recursos Hídricos, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

SANDIFER, Paul A.; SUTTON-GRIER, Ariana E.. Connecting stressors, ocean ecosystem services, and human health. Natural Resources Forum, [s.l.], v. 38, n. 3, p.157-167, 2 jun. 2014. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/1477-8947.12047>

SANTOS, C. A. C.; BRITO, J. I. B.; RAO, T. V. R.; MENEZES, H. E. A.. Tendências dos índices de precipitação no estado do Ceará, Campina Grande, PB. Revista Brasileira de Meteorologia, v.24, n.1, p.39-47, 2009. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbmet/a/GFQyN99bw6kYM8yLzctygGJ/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 30 de julho de 2021.

SANTOS, E. C.; SAMPAIO, C. L. S. A Pesca Artesanal na Comunidade de Fernão Velho, Maceió (Alagoas, Brasil): de Tradicional a Marginal. Journal of Integrated Coastal Zone Management, v. 13, n. 4, 513-524 pp., 2013.

SANTOS, MAYARA COSTA DOS. Níveis de elementos potencialmente tóxicos na água e no sururu da lagoa Mundaú (Alagoas, Brasil) : contaminação ambiental e potencial exposição à saúde humana / Mayara Costa dos Santos. – 2021

SARDEIRO, MS., 1987. Diatomáceas da Coroa do Segredo: Laguna Mundaú, Maceió - AL. Boletim de Estudos de Ciências do Mar, vol. 6, pág. 92-102.

SCHVARTZMAN, A. S. Avaliação de alternativas para suprimento de água para consumo humano na região semi-árida de Minas Gerais. Belo Horizonte, MG: Universidade Federal de Minas Gerais, 2007.

SCOLFORO, J. R.; DE OLIVEIRA, A. D. Zoneamento Ecológico-Econômico de Minas Gerais. p. 15, 2008.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL DO ESTADO DE GOIÁS. Ministro do Desenvolvimento Regional
elogia Juntos pelo Araguaia: “Modelo a ser seguido”. Disponível em:
<<http://www.meioambiente.go.gov.br/noticias/1728-ministro-do-desenvolvimento-regional-elogia-juntos-pelo-araguaia-%E2%80%9Cmodelo-a-ser-seguido%E2%80%9D.html>>. Acesso em: 28 de março de 2020.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DE EXTREMA. Conservador das Águas.
Extrema, MG: [s.n.]. Disponível em:
<https://www.extrema.mg.gov.br/conservadordasaguas/wp-content/uploads/2019/11/Conservador-da-%C3%81guas_Livreto_12_ANOS_WEB.pdf>. Acesso em: 28 de março de 2020.

SICK, H. Ornitologia Brasileira, edição revista e ampliada por José Fernando Pacheco.
Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997.

SILVA MOTA, M. C. Diagnóstico Biótico de Flora da APA do Catolé e Fernão Velho
Universidade Federal de Alagoas. 2018.

SILVA, C.S.; PEREIRA-BARROS, J.B. (1987) - Inventário da malacofauna do
Complexo Lagunar Mundaú-Manguaba, Alagoas. Boletim de Estudo da Ciência do
Mar, (6): 65-74.

SILVA, D. F. & SOUZA, F. A. S. Degradação ambiental, ocupação irregular e manejo
sustentável no Complexo Estuarino-Lagunar Mundaú/Manguaba, estado de Alagoas
(AL). Revista Engenharia Ambiental. v. 5, n. 3, p. 152 – 170, 2008.

SILVA, D. F., SOUSA, F. A. S., KAYANO, M. T. Escalas temporais da variabilidade
pluviométrica na bacia hidrográfica do Rio Mundaú. Revista Brasileira de Meteorologia
[online]. 2010, v. 25, n. 3, pp. 324-332. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0102-77862010000300004>>. Acessado em: 28 de março de 2022.

SILVA, D. F., SOUSA, F. A. S., KAYANO, M. T. Escalas temporais da variabilidade
pluviométrica na bacia hidrográfica do Rio Mundaú. Revista Brasileira de Meteorologia
[online]. 2010, v. 25, n. 3 [Acessado 21 Junho 2021], pp. 324-332. Disponível em:
<<https://doi.org/10.1590/S0102-77862010000300004>>. Acesso em: 04 de abril de
2022.

SILVA-FILHO, R., SANTOS, N., SANTOS, M. C., NUNES, A., PINTO, R., MARINHO, C., LIMA, T., FERNANDES, M. P., SANTOS, J. C. C., LEITE, A. C., Impact of environmental mercury exposure on the blood cells oxidative status of fishermen living around Mundaú lagoon in Maceió – Alagoas (AL), Brazil. 2021.

SILVA, L. H. et al. Estimativa da taxa de assoreamento baseada em perfis transversais em um sistema estuarino lagunar Mundaú: Integração Ecobatímetro e RTK. 2019.

SILVA, M.H. DA, SILVA-CUNHA, M.D.G.G. DA, PASSAVANTE, J.Z.D.O., GREGO, C.K.D.S., MUNIZ, K., Estrutura sazonal e espacial do microfitoplâncton no estuário tropical do rio Formoso, PE, Brasil. Acta Bot. Brasilica 23, 355–368. 2009.

SILVA, R. G. A. Ferramentas de Avaliação Ambiental Integrada em Córregos Inseridos no Complexo Estuarino Lagunar Mundaú-Manguaba – CELMM/AL. IN. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL DO COMPLEXO ESTUARINOLAGUNAR MUNDAÚ-MANGUABA-CELMM, ALAGOAS: UMA ABORDAGEM BIOLÓGICA E DA PAISAGEM Dissertação de Mestrado, UFAL, 2020.

SILVA, S. A. Análise das interações entre variabilidade climática e cobertura da terra no regime hidrológico da Bacia Hidrográfica Interestadual do Rio Mundaú (Pernambuco/Alagoas). 2020. Disponível em: <<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/38160>>. Acesso em: 04 de abril de 2022.

SILVEIRA, V. P.; CAVALCANTI, I. F. A.. Teste de tendência e incertezas dos índices climáticos para a região do litoral de São Paulo usando o modelo Eta-CPTEC. CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 17. (CBMET)., 2012, Gramado, RS. 2012. Disponível em: <<http://urlib.net/rep/J8LNKAN8RW/3D5424L>>. Acesso: 30 de julho de 2017.

SOUZA, M.R.M.; NEUMANN-LEITÃO, S. Consequências socioeconômicas dos impactos antrópicos no estuário do rio São Francisco em Brejo Grande, Sergipe – Brasil. Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco (ISSN: 1679-3013), 28(1):97-116. 2000.

SPATHARIS, SOFIE & DANIELIDIS, DANIEL & TSIRTSIS, GEORGE. (2007). Recurrent Pseudo-nitzschia calliantha (Bacillariophyceae) and Alexandrium insuetum (Dinophyceae) winter blooms induced by agricultural runoff. Harmful Algae. 6. 811-822.

SPEED, R., et al. River Restoration: A strategic approach to planning and management.

UNESCO. ISBN: 978-92-3-100165-9. Paris, France. 2016.

STEHMANN, J.R., FORZZA, R.C., SALINO, A., SOBRAL, M., COSTA, D.P. & KAMINO, L.H.Y.. Plantas da Floresta Atlântica. – Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2009.

STOTZ, Douglas F. et al. Neotropical birds: ecology and conservation. University of Chicago Press, 1996.

STRASSBURG, B. B. N. et al. Strategic approaches to restoring ecosystems can triple conservation gains and halve costs. Nature Ecology & Evolution, v. 3, n. 1, p. 62–70, jan. 2019.

STRAUBE, FERNANDO & BIANCONI, GLEDSON. (2002). Sobre a grandeza e a unidade utilizada para estimar esforço de captura com utilização de redes-de-neblina. Chiroptera Neotropical. 8. 150-152.

SUGIYAMA, M. 1995. A flora do manguezal. In: Schaeffer-Novelli, Y. (Ed.). Manguezal: Ecossistema entre a Terra e o mar. Caribbean Ecological Research, São Paulo, Brasil, p.17-21.

SUHOGUSOFF, V.G.; PILIACKAS, J.M. (2007) - Breve histórico da ação antrópica sobre os ecossistemas costeiros do Brasil com ênfase nos manguezais do estado de São Paulo. Revista Integração (ISSN: 1413-6147), 51:343-352.

SUN, X.; LI, C.; KUIPER, K. F.; ZHANG, Z.; GAO, J.; WIJBRANS, J. R. Human impact on erosion patterns and sediment transport in the Yangtze River. Global And Planetary Change, v. 143, p.88-99, ago. 2016.

TEIXEIRA & SÁ. Abundância de macrocrustáceos decápodos nas áreas rasas do complexo lagunar Mundaú/Manguaba, AL. Rev. Brasil. Biol., 58(3): 393-404. 1998.

TEIXEIRA, R.L.; FALCÃO, G.A.F. (1992) - Composição da fauna nectônica do Complexo Lagunar Mundaú/Manguaba, Maceió, AL. Atlântica (ISSN: 0102-1656), 4:43-58.

UN Water (2013): What is Water Security? Infographic. Disponível em:

<https://www.unwater.org/publications/water-security-infographic/>

VEIGA, H. P. Revitalização de Bacias Hidrográficas: em busca de um conceito.

Brasília, DF: Universidade de Brasília, 2011.

VEIGA, H. P.. Revitalização de Bacias Hidrográficas: em busca de um conceito.

Monografia de Especialização. Centro de Desenvolvimento Sustentável. Universidade de Brasília (UnB),

Brasília, 2011. 59 p. Disponível em: http://www.consultaesic.cgu.gov.br/busca/dados/Lists/Pedido/Attachments/573609/RESPOSTA_PEDIDO_Revitalizacao_de_Bacias_Conceito.pdf. Acesso em: 04 de abril de 2022.

VERWEIJ, M. The remarkable restoration of the Rhine: plural rationalities in regional water politics. *Water International*, v. 42, n. 2, p. 207–221, 17 fev. 2017.

VIDAL, E. R. O.; HENRIQUES, I. M. S. Comparação entre três métodos de

preenchimento de falhas para série de dados de vazões. Trabalho de Conclusão de Curso. Graduação em engenharia civil. Universidade Federal de São João Del Rei

(UFSJ), Minas Gerais, 2017. Disponível em: <<https://www.ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/labhidromec/Comparacao%20entre%20tres%20metodos%20de%20preenchimentos%20de%20falhas%20para%20series%20de%20dados%20de%20vazoes.pdf>>. Acesso: 27 de julho de 2021.

WALLING, D.E.; HE, Q. & WHELAN, P.A. Using Cs-137 measurements to validate the application of the AGNPS and ANSWERS erosion and sediment yield models in two small Devon catchments. *Soil Till. Res.*, 69:27:43, 2003.

WHITTAKER, R. H. Community structure and composition. In: *Communities and ecosystems*. New York, MacMillan Publishing, 1975.

WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME. Relatório mundial das Nações Unidas sobre desenvolvimento dos recursos hídricos 2018: soluções baseadas na natureza para a gestão da água, resumo executivo. Perúgia, Itália: [s.n.].

WWAP. WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME; UN-WATER. UNITED NATIONS WATER. The United Nations World Water Development Report 2018:

Nature-Based Solutions for Water. UNESCO. Paris, France. 2018. Disponível em:
<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000261424>

ANEXO I - CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL

1 ASPECTOS DO MEIO FÍSICO

1.1 CLIMA

O Estado de Alagoas tem como principais características climáticas as irregularidades da precipitação pluviométrica e a pouca variação sazonal da radiação solar, do fotoperíodo e da temperatura do ar. A proximidade da linha do Equador é fator que condiciona um número elevado de horas de incidência da luz solar ao longo do ano e, conseqüentemente, índices acentuados de evapotranspiração. O regime de chuvas no estado está diretamente relacionado com as configurações da circulação atmosférica e oceânica em grande escala sobre os trópicos.

1.1.1 TEMPERATURA

Pécora (2005) define temperatura como a medição do nível de calor que existe no ambiente, variando conforme a influência dos raios solares incidentes ou o nível de calor que existe em um corpo. Este parâmetro afeta diretamente o processo de evapotranspiração, visto que, quanto mais aquecido estiver o ar próximo à superfície, maiores serão as taxas de evapotranspiração do local.

Para os dados de temperatura, foram utilizadas as Normais Climatológicas disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Os dados são obtidos pelo cálculo das médias de parâmetros meteorológicos, obedecendo a critérios recomendados pela Organização Meteorológica Mundial (OMM). Assim como os estudos publicados pela ANA em 2011, referente à gestão sustentável dos recursos hídricos subterrâneos em Maceió, foram obtidos neste trabalho, as normais climatológicas representativas de uma série histórica de 30 anos, embora englobando o período de 1981 a 2010. Para uma melhor caracterização e representação da região em estudo, foi utilizada a Estação Meteorológica Convencional de Maceió (82994), tomando como base a sua localização e proximidade à lagoa.

Os dados disponibilizados pela estação meteorológica de Maceió representam as temperaturas médias compensadas, em graus celsius, para cada mês do ano, onde

o valor mensal foi obtido através da média aritmética dos 30 anos de dados. Os resultados encontrados podem ser observados na Figura 1-1.

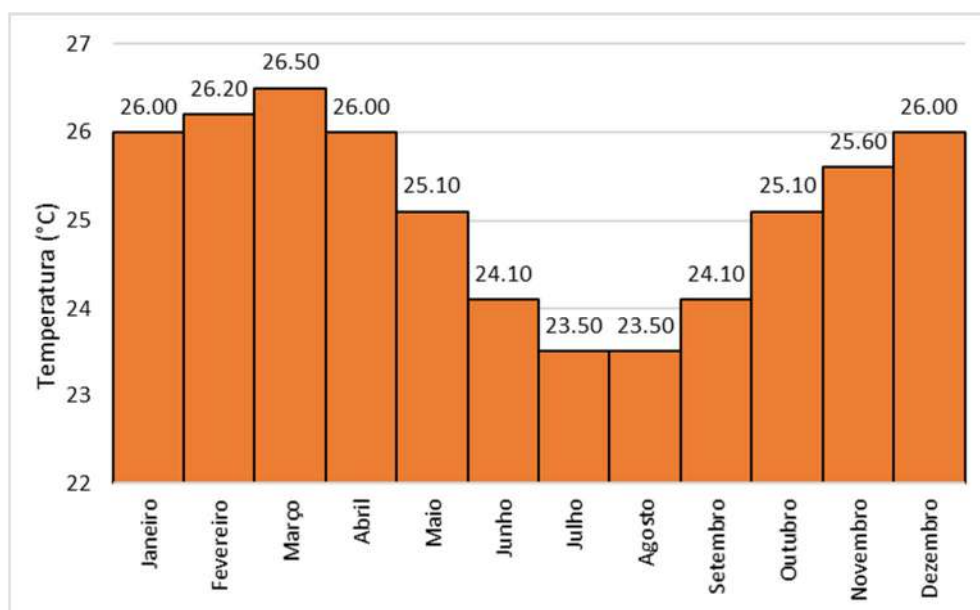


Figura 1-1: Comportamento da Temperatura Média medida na estação climatológica de Maceió ao longo do ano.

Fonte: TPF Engenharia (2021).

É possível notar na Figura 1-1, que as maiores temperaturas mensais se distribuem entre os meses de dezembro a abril, apresentando uma média mensal superior a 26°C, enquanto os meses de julho e agosto se destacam como os de temperaturas mais baixas, apresentando uma média mensal de 23,5°C. O comportamento apresentado para a série de dados é análogo aos valores de temperatura discutidos pela ANA (2011), que demonstram que a região metropolitana de Maceió não apresenta alta amplitude térmica ao longo do ano. Um possível fator que explique essa baixa variação anual de temperatura é o efeito da maritimidade, pois o município de Maceió se localiza em uma região costeira, sofrendo influência das águas marítimas, as quais possuem a capacidade de reter o calor e liberá-lo de forma lenta.

1.1.2 UMIDADE DO AR

A umidade do ar é um representativo do percentual de vapor de água na atmosfera, sendo um fator determinante nos valores de temperatura, sensação térmica e precipitação local. Os fatores que mais influenciam na umidade atmosférica de uma região são o efeito da maritimidade, continentalidade, a cobertura vegetal e as massas de ar.

Assim como empregados anteriormente, os dados de umidade do ar são provenientes das Normais Climatológicas, que se encontram disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A Estação Meteorológica Convencional de Maceió (82994) foi a utilizada para obtenção dos dados, contendo uma série histórica de 30 anos que engloba o período de 1981 a 2010. Os dados obtidos através do posto climatológico estão exibidos na Figura 1-2, a qual caracteriza a variação da umidade relativa do ar ao longo do ano. O valor médio apresentado foi obtido através da média aritmética da umidade do ar nos 30 anos da série, representados em porcentagem.

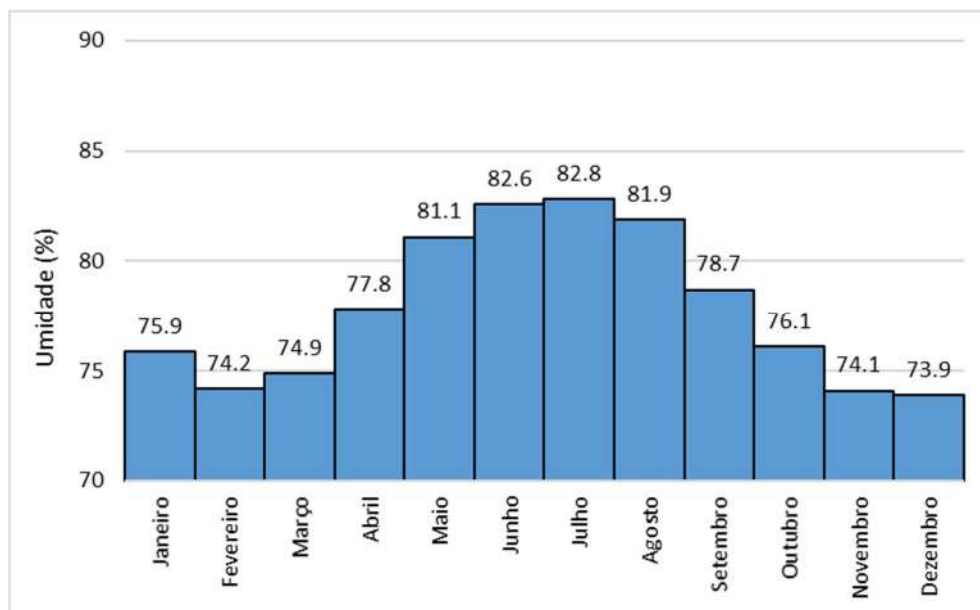


Figura 1-2: Evolução da Umidade Relativa do ar na estação climatológica de Maceió ao longo do ano.

Fonte: TPF Engenharia (2021).

A partir da análise dos resultados encontrados, foi possível observar uma média anual de umidade de cerca de 77,8%, obtida através da Estação Climatológica de Maceió (82994). Foram observados que os meses de maior umidade se classificam entre maio e agosto, quando a média de umidade relativa alcança valores acima de 80%. Por outro lado, os meses com menores taxas de umidade estão entre novembro e março, quando a média de umidade relativa é inferior a 76%.

Ao comparar com a temperatura média observada no item anterior, é possível notar coerência quando se evidencia que os meses com menores percentuais de umidade também é o período em que as temperaturas são maiores, assim como os meses com maiores percentuais de umidade são os mais frios. O maior valor de umidade relativa mensal do ar é observado no mês de julho, quando a média de

umidade atinge o valor de 82,8%. Já o mês de dezembro se destaca por apresentar as menores taxas de umidade, apresentando um valor médio de 73,9%. As elevadas taxas de umidade do ar observadas na região metropolitana de Maceió podem ser ocasionadas pelo fato do município se localizar em uma região litorânea, sendo, assim, submetida ao efeito da maritimidade.

1.1.3 EVAPORAÇÃO

A evaporação é o fenômeno físico de transformação da água em vapor. A transpiração é um fenômeno biológico ligado à cobertura vegetal. Os dois fenômenos são reunidos sob o nome de evapotranspiração (ETP), que exprime a soma de todas as perdas por transformação da água em vapor. Essa variável é um importante parâmetro climático hidrológico, pois influencia diretamente o balanço hídrico da região.

Assim como os dados de temperatura e umidade, para obtenção dos dados relativos à evaporação total, utilizou-se a estação climatológica de Maceió (82994) devido à sua proximidade em relação a Lagoa Mundaú. Essa estação faz parte da série de dados provenientes das normais climatológicas do INMET, relativas a um período de 30 anos (1981-2010).

Para a caracterização da evaporação total da região, foram trabalhados os dados médios das evaporações mensais. Obtidas essas informações, foi possível realizar o estudo da variação mensal da evaporação, visando uma análise geral de como este parâmetro se comporta ao longo de um ano. Os resultados obtidos através dessa análise podem ser observados na Figura 1-3.

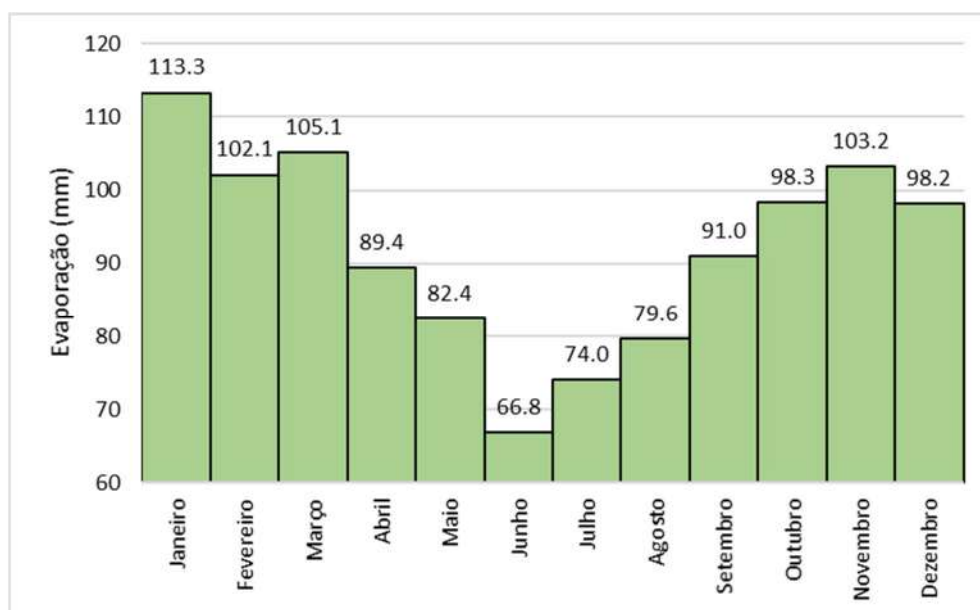


Figura 1-3: Comportamento da evaporação média total ao longo de um ano para a estação climatológica de Maceió.

Fonte: TPF Engenharia (2021).

Como pode ser visto na Figura 1-3, os maiores valores médios de evaporação podem ser observados no período entre janeiro e fevereiro, assim como no mês de novembro, os quais apresentam níveis de evaporação totais superiores a 100 mm ao mês. O período entre junho e agosto, por outro lado, se destaca pelos baixos valores de evaporação, apresentando valores inferiores a 80 mm ao mês. Janeiro se destaca por seu maior valor de precipitação mensal, evaporando cerca de 113,3 mm, enquanto o mês de junho apresenta os menores níveis de evaporação, com um total de 66,8 mm evaporados. Dessa forma, observa-se uma tendência à evaporação total anual de aproximadamente 1.103 mm ao ano. Os resultados de evaporação total encontrados apresentaram coerência com os valores estudados para as demais variáveis climatológicas obtidas através da estação climatológica de Maceió, de modo que os meses de maiores taxas de evaporação coincidem com os meses em que a temperatura é mais elevada, e os meses em que os valores de evaporação são reduzidos, observa-se temperaturas mais amenas e um elevado percentual de umidade.

1.1.4 CARACTERIZAÇÃO PLUVIOMÉTRICA

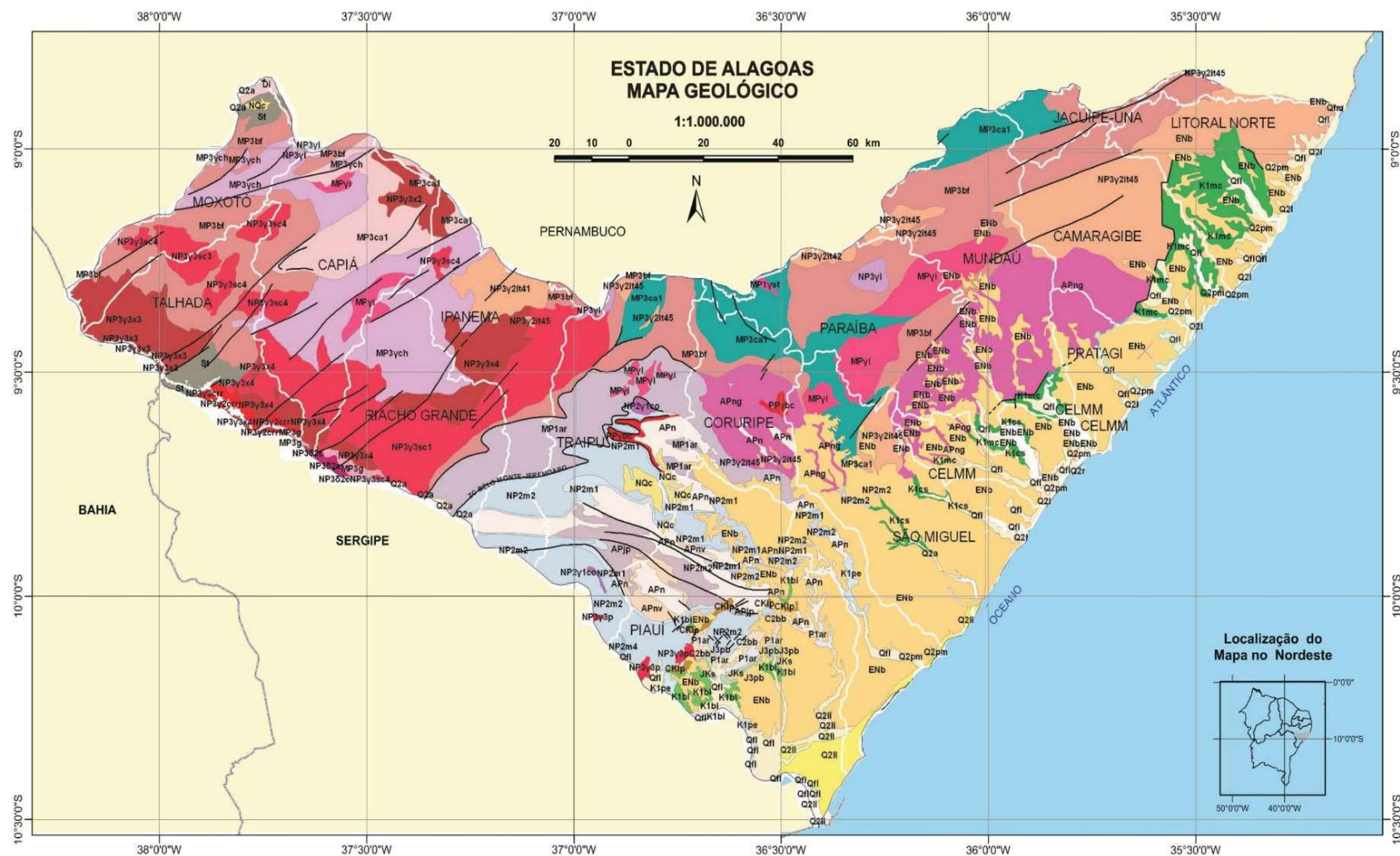
A caracterização pluviométrica está descrita no tópico 5.1 neste documento, no qual são apresentados os estudos hidrológicos contemplando a caracterização pluviométrica, caracterização fluviométrica e análise e caracterização de sedimentos.

1.2 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

O conhecimento das unidades geológicas e sua distribuição geográfica têm importância significativa na delimitação e definição das classes de solos, uma vez que interferem diretamente nas suas características e propriedades físicas, químicas e morfológicas.

O Leste Alagoano localiza-se sobre terrenos sedimentares neoceno-zóicos (Formação Barreiras) e quaternários (resultante da ação marinha, fluvial e eólica nos últimos 120.000 anos), dando origem à planície litorânea e lagunar com terraços marinhos, cordões arenosos e antigos estuários afogados que dão origem às lagoas (COSTA; RAMOS, 2004).

Segundo Oliveira (2004), a região possui geomorfologicamente duas formas específicas de paisagem física: a planície marinho-lagunar e o planalto sedimentar do tabuleiro. A planície litorânea é constituída de praias, restinga, terraços, recifes, dunas, mangues e rios, estando situada a cinco metros do nível do mar. A planície marinha é constituída de sedimentos de praia. A planície lagunar, apesar de receber muitos sedimentos dos rios afluentes do Mundaú, sofre com a ação antrópica de aterramento dos canais fluviais para a construção de habitações.



Fonte: CPRM2001

Figura 1-4: Mapa Geológico do Estado de Alagoas.

Fonte: Governo de Alagoas, 2022.

Em termos geomorfológicos, a área em estudo está localizada na faixa sedimentar costeira, mais especificamente em uma encosta que limita uma área de baixos platôs costeiros (tabuleiros) com a baixada litorânea. Os tabuleiros costeiros são caracterizados pelas suas grandes superfícies, cujo topo é de configuração geral plana, em forma de mesetas, recortados por vales profundos, que se apresentam ora estreitos e encaixados, em forma de V, e ora abertos e com amplas várzeas do quaternário.

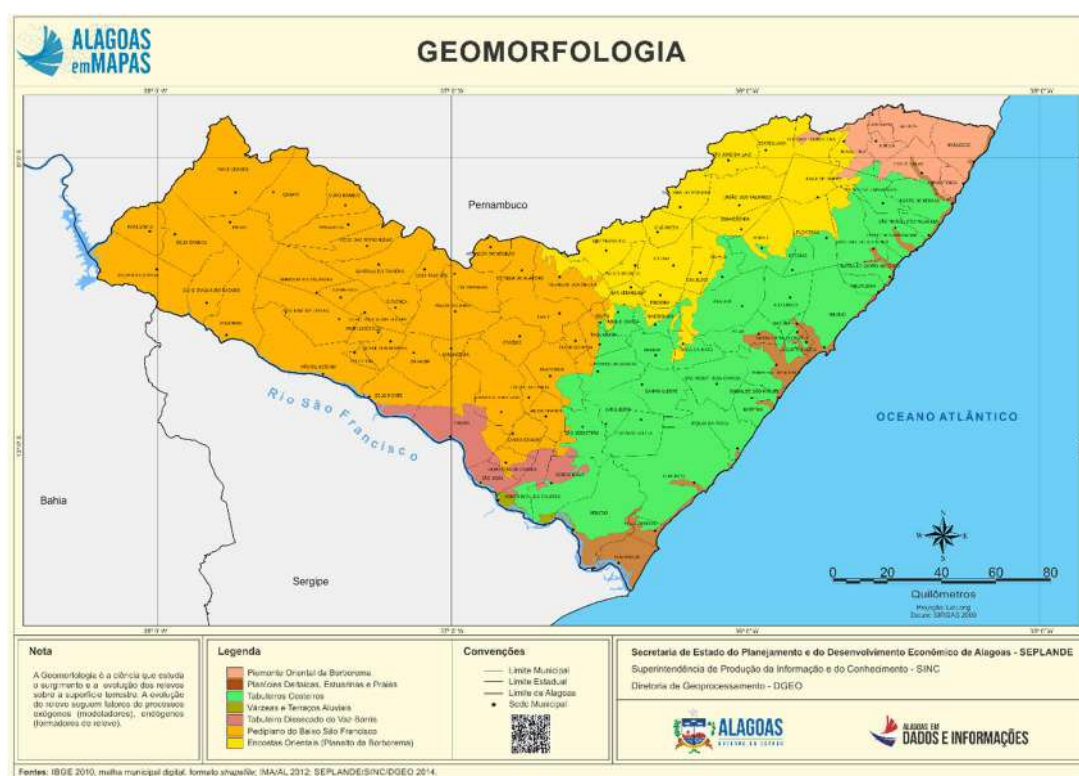


Figura 1-5: Mapa Geomorfológico do Estado de Alagoas

Fonte: SEPLANE, 2022.

1.3 PEDOLOGIA

De acordo com o mapa exploratório de reconhecimento de solos do estado de Alagoas, compatível com a escala de 1:400.000, elaborado pela EMBRAPA junto à SUDENE no estudo “Levantamento Exploratório – Reconhecimento de Solos do Estado de Alagoas” (1975), a área de interesse está entre as unidades de mapeamento de solos: PV10 (associação entre solo podzólico vermelho amarelo e latossolo vermelho amarelo distrófico), AMd1 (associação de areia quartzosas marinhas A fraco e podzol A

fraco moderado e proeminente), AMd2 (areia quartzosas marinhas distróficas (dunas)), SM2 (associação de solos indiscriminados de mangues e solos hidromórficos indiscriminados), e LVd2 (associação de latossolo vermelho amarelo distrófico coeso e podzólico vermelho amarelo latossólico).

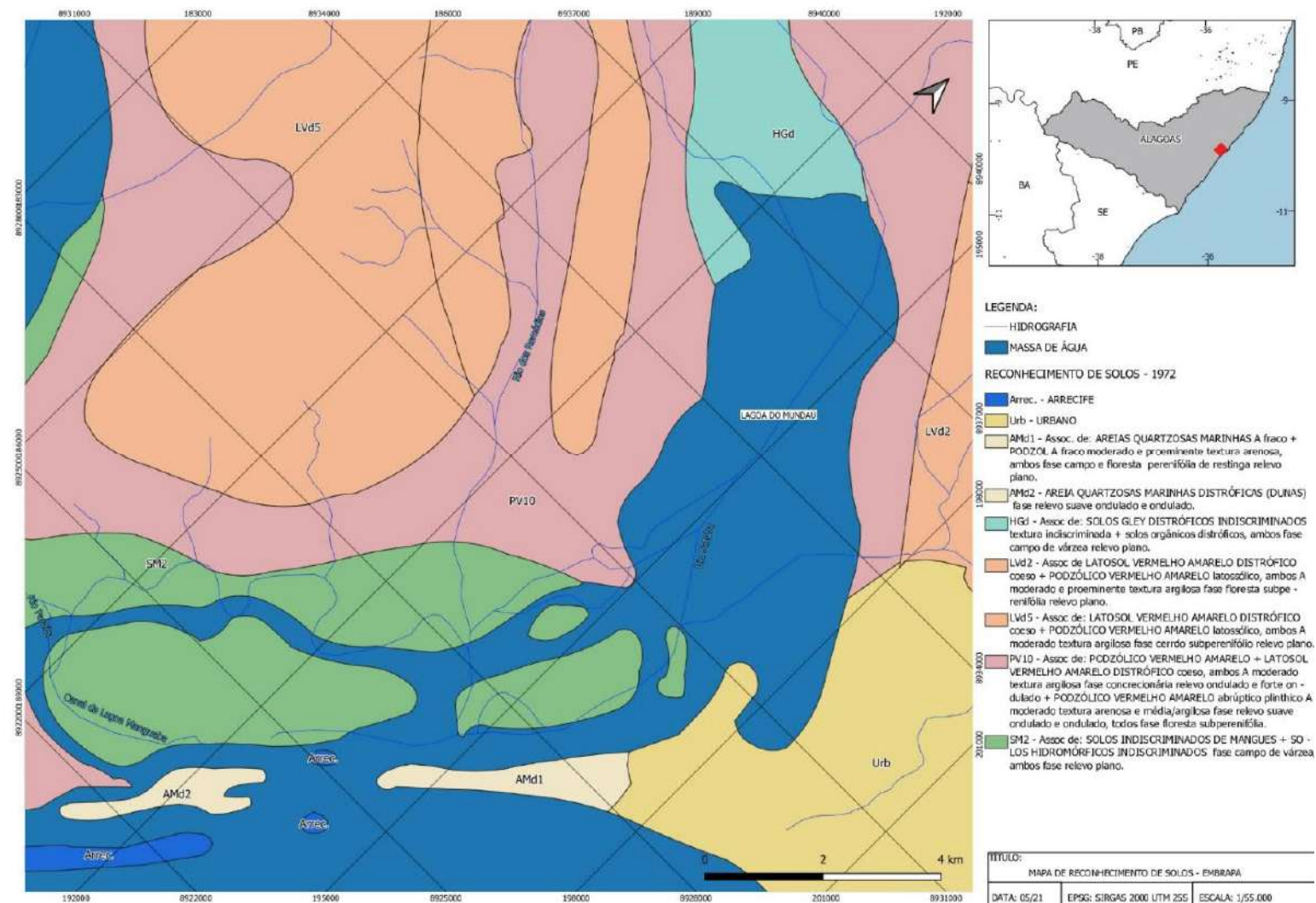


Figura 1-6: Mapa de reconhecimento de solos – EMBRAPA

Fonte: Elaborado pela TPF com base em dados da EMBRAPA, 2021.

1.4 QUALIDADE DA ÁGUA

1.4.1 VISÃO GERAL

A integridade da qualidade de águas superficiais é definida por suas características físico-químicas, sendo determinadas em sua maior parte por análises laboratoriais e análises de campo (MEDEIROS & PINTO, 2017). No Brasil, esta qualidade é avaliada seguindo principalmente a resolução CONAMA nº 357/2005, que estabelece os valores limites dos elementos físico-químicos que definem a qualidade ambiental e enquadramento de um corpo hídrico (BRASIL, 2005). A legislação brasileira lista entre os principais parâmetros para qualidade da água: oxigênio dissolvido, turbidez, pH, nitrogênio total e fósforo total.

Nos corpos d'água inseridos em drenagens urbanas, em geral, ocorrem processos de eutrofização que funcionam da seguinte maneira: resíduos ricos em matéria orgânica provocam reações químicas e bioquímicas que resultam em alto consumo de oxigênio, diminuição de pH e o aumento do teor de nutrientes, elevando a toxicidade da água e afetando a biota aquática (HEPP & SANTOS, 2008). Nesse tipo de situação, ocorre ainda o aumento da condutividade elétrica, que segundo BETEMPS et al. (2014), relaciona-se com a quantidade de sais presentes na coluna d'água, portanto é uma medida indireta da concentração de poluentes (BETEMPS et al., 2014). Em riachos e córregos urbanos a elevada presença de nitrogênio e fósforo na água é atribuído aos esgotos domésticos e descarte de produtos químicos (BETEMPS et al., 2014).

HEPP & SANTOS (2008) atribuem os baixos valores nas métricas biológicas aos altos valores de condutividade elétrica nos córregos.

De acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005, a água contém diversos componentes, provenientes do próprio ambiente natural ou introduzidos a partir de atividades humanas (CONAMA, 2005). Para caracterizar um corpo d'água, são analisados vários parâmetros, os quais representam suas características físicas, químicas e biológicas. Esses parâmetros são indicadores da qualidade da água e, quando alcançam valores superiores aos estabelecidos para determinado uso, podem provocar danos tanto à saúde marinha quanto à humana.

Do ponto de vista biológico os indicadores baseados nos dados secundários analisados para o fito e zooplâncton mostram que a qualidade da água de uma maneira

geral não é boa. Do ponto de vista do fitoplâncton, os altos valores de densidade fitoplanctônica obtidos na lagoa Mundaú, a caracteriza como um ambiente fortemente impactado (MELO-MAGALHÃES et al, 2009).

Nas áreas mais impactadas da lagoa Mundaú, a comunidade fitoplanctônica apresentou baixa diversidade específica, com predomínio de espécies oportunistas como a floração de *Skeletonema cf. costatum* em estações com maiores níveis de salinidade e das espécies de *Microcystis aeruginosa* e *Anabaena spiroides cyanophyceae* em estações com menores níveis de salinidade.

Em geral, houve a clara dominância de diatomáceas e cianofíceas r-estrategistas, grupos de microalgas conhecidos como responsáveis pela formação de florações que afetam a lagoa nos dois períodos estudados (seco e chuvoso), provocando um desequilíbrio ecológico, com consequente alteração na composição e produção pesqueira da região, além da deterioração ambiental devido a fins recreativos (MELO-MAGALHÃES et al, 2009).

Em relação ao zooplâncton, de acordo com o diagnóstico recente realizado por Macias (2018) no Complexo Estuarino Mundaú-Mangaba, a riqueza de espécies da comunidade zooplanctônica foi baixa. A densidade total da comunidade zooplanctônica apresentou o mesmo padrão tanto na estação seca, como na chuvosa. No entanto, na Lagoa Mundaú, somente duas regiões foram estudadas, as proximidades da área urbana de Coqueiro Seco (A2) e a região do Pontal da Barra (A1), apresentando menor densidade zooplanctônica na área A1 e maior densidade na área A2, não houve diferenças estatisticamente significativas entre as áreas, nem entre as estações. No entanto, os pontos localizados nas áreas A2, apresentaram estados eutróficos a supereutróficos, enquanto os pontos das áreas A1, apresentaram estado oligotrófico, e baixa produtividade. Este resultado pode ser entendido pela maior intensidade de troca de água da região do canal com o ambiente marinho, cuja maior dinâmica da água reflete em menor produtividade, em comparação a águas mais lânticas. Segundo BRITO JR et al. (2018), a Lagoa de Mundaú apresenta um sistema de entrada e canal muito dinâmico, com o tempo de descarga de 12,6 dias durante a maré de quadratura (lua no quarto minguante/crescente), e de 5,7 dias durante a maré de sizígia (lua cheia/nova), quando ocorrem maiores amplitudes, havendo uma troca de água mais pronunciada. Assim, pode-se inferir que o ingresso da maré, permite diluir a concentração de matéria orgânica contida no esgoto que entra na área do canal conector da Lagoa Mundaú.

Paralelamente, Mendes (2019) realizou um estudo transversal, do tipo experimental e quantitativo, na Lagoa Mundaú, entre os meses de junho de 2018 a maio de 2019. O estudo teve como objetivo principal analisar as propriedades físico-químicas (pH, temperatura, amônia, nitrato e oxigênio dissolvido) e realizar análises microbiológica e parasitológica em amostras de água da Lagoa Mundaú, em Alagoas. Todas as análises foram feitas no Laboratório de Pesquisa do Centro Universitário Cesmac e no Laboratório Central Analítica Alagoas Ltda., através de equipamentos clássicos e kits alternativos.

A partir das análises microbiológicas da qualidade da água da Lagoa Mundaú, observa-se que esta apresentou resultados preocupantes e insatisfatórios quanto a condições propícias para a balneabilidade, tendo em vista que, em todas as amostras de água analisadas (100%), observou-se a presença de coliformes totais e *Escherichia coli*. As análises parasitológicas não revelaram a presença de nenhum parasita de importância médica.

Todos os dados físico-químicos foram analisados e comparados segundo as Resoluções CONAMA n.º 357/2005 (CONAMA, 2005) e 430/2011 (CONAMA, 2011). Por meio dos resultados obtidos no estudo de Mendes (2019), foi possível demonstrar que as análises físico-químicas de amostras de água captadas na lagoa Mundaú revelaram que o corpo de água apresenta elementos que induzem processos de eutrofização, principalmente, devido à presença de alta carga de matéria orgânica, indicada pelos altos níveis de amônia e fosfatos. As determinações de amônia e fosfatos revelaram valores acima do permitido em 100% dos pontos de coleta, enquanto os valores de oxigênio dissolvido se apresentaram inferiores ao recomendado em aproximadamente 40% das amostras. As análises de nitrito e nitrato estavam em conformidade com a legislação em todas as amostras de água coletadas. Contudo, a elevada presença de coliformes nos pontos avaliados sugere contaminação fecal das águas da lagoa Mundaú. As análises parasitológicas não revelaram a presença de nenhum parasito de importância médica, com os métodos empregados. Ressalta-se que o documento não apresenta a espacialização dos pontos de coleta para análise mais detalhada.

O oxigênio dissolvido (OD) presente em águas naturais é um componente essencial para o metabolismo dos microrganismos aeróbicos, para o desenvolvimento de espécies aquáticas e para o consumo humano, sendo indispensável para os seres

vivos, especialmente os peixes, que não resistem a concentrações inferiores a 4 mg/L. Valores fora dos padrões podem indicar má qualidade da água utilizada, ocasionada principalmente pelo crescimento atípico de microrganismos anaeróbios. A Resolução CONAMA nº 357/2005 prevê uma concentração de oxigênio dissolvido (OD) não inferior a 5 mg/L para águas da classe 2 (utilizadas para pesca e recreação). Os resultados da pesquisa de MENDES (2019) demonstraram que, entre os 10 pontos de coleta, os pontos PC2, o PC3, o PC6 e o PC7 apresentaram valores inferiores a 5 mg/L. Esses baixos valores de OD podem estar relacionados com a alta carga de matéria orgânica lançada na lagoa, que é verificada pelos altos valores de amônia encontrados.



Figura 1-7: Lagoa Mundaú, pontos de coleta.

Fonte: Mendes, 2019.

Analisando agora os dados da empresa TETRATECH (2021), os estudos encontraram parâmetros superiores às Resoluções CONAMA nº 274/00 e CONAMA nº 357/05 art.21 para os seguintes elementos:

- Carbono orgânico total - O carbono orgânico total é uma medida da quantidade de compostos orgânicos contidos numa amostra de água. A matéria orgânica pode entrar na água naturalmente e através de fontes/processos criados pelo homem. A depender da quantidade a matéria orgânica pode ser tóxica para o ambiente em rios ou correntes, mesmo que os seus compostos não sejam diretamente tóxicos, uma vez

que ao diminuir os níveis de oxigênio na água, os resíduos orgânicos podem levar à asfixia dos peixes e afetar os ecossistemas hídricos de muitas outras formas negativas. Esse parâmetro foi superior à Resolução CONAMA em todos os pontos, em alguns deles chegando ao dobro e ao triplo do valor máximo adotado pela Resolução, indicando processos de eutrofização da água e corroborando com as conclusões de MENDES (2019) sobre a alta carga de matéria orgânica presente na Lagoa.

- Alumínio dissolvido - O alumínio é liberado ao ambiente principalmente por processos naturais, porém vários fatores influenciam sua mobilidade e subsequente transporte no ambiente. O metal entra na atmosfera como material particulado oriundo de erosão natural do solo, atividade agrícola, combustão de carvão, aditivo alimentar, na fabricação de latas, telhas, papel alumínio, na indústria farmacêutica etc. (CETESB, 2010). Esse parâmetro foi superior à Resolução CONAMA em quase todos os pontos, indicando a ocorrência de um ou mais dos processos mencionados acima.
- Boro - Ácido bórico e os boratos são utilizados na manufatura de vidraria (fibra de vidro, vidros de borossilicato), em sabonetes e detergentes, retardantes de chamas etc. O ácido bórico, os boratos e os per-boratos também são utilizados em antissépticos, farmacêuticos (como tampão de pH), na denominada terapia por captura de nêutrons terapia (no tratamento do câncer), na formulação de pesticidas e de fertilizantes agrícolas (CETESB, 2010). Parâmetros superiores de boro, em relação à Resolução CONAMA foram encontrados em vários pontos, indicando a ocorrência de um ou mais dos processos mencionados acima.
- Ferro - Nas águas superficiais, o nível de ferro aumenta nas estações chuvosas devido ao carreamento de solos e a ocorrência de processos de erosão das margens. Também pode ser importante a contribuição devida a efluentes industriais, pois muitas indústrias metalúrgicas desenvolvem atividades de remoção da camada oxidada (ferrugem) das peças antes de seu uso, processo conhecido por decapagem, que normalmente é procedida através da passagem da peça em banho ácido. Nas águas tratadas para abastecimento público, o emprego de

coagulantes a base de ferro provoca elevação em seu teor. O ferro, apesar de não se constituir em um tóxico, traz diversos problemas para o abastecimento público de água. Confere cor e sabor à água, provocando manchas em roupas e utensílios sanitários. Também traz o problema do desenvolvimento de depósitos em canalizações e de ferro-bactérias, provocando a contaminação biológica da água na própria rede de distribuição. Por estes motivos, o ferro constitui-se em padrão de potabilidade, tendo sido estabelecida a concentração limite de 0,3 mg/L n (CETESB, 2010). Vários pontos analisados pela Tetrattech apresentaram teores de ferro superiores à Resolução da CETESB.

- Fósforo Total e Nitrogênio amoniacal - O fósforo aparece em águas naturais devido, principalmente, às descargas de esgotos sanitários. A matéria orgânica fecal e os detergentes em pó empregados em larga escala domesticamente constituem a principal fonte. Alguns efluentes industriais, como os de indústrias de fertilizantes, pesticidas, químicas em geral, conservas alimentícias, abatedouros, frigoríficos e laticínios, apresentam fósforo em quantidades excessivas. As águas drenadas em áreas agrícolas e urbanas também podem provocar a presença excessiva de fósforo em águas naturais (CETESB, 2010). Assim como o nitrogênio, o fósforo constitui-se em um dos principais nutrientes para os processos biológicos, ou seja, é um dos chamados macronutrientes, por ser exigido também em grandes quantidades pelas células. Níveis elevados de fosfatos na água de nascente podem acelerar tipos de algas e crescimento de plantas, o que pode levar à eutrofização e ao aparecimento de algas. Quando isto ocorre, os peixes e vida aquática são privados de oxigênio, resultando em grandes mortes de peixes e habitats destruídos. A campanha realizada pela Tetra Tech em abril/2021 apresentou 10 pontos com valores superiores de fósforo e nitrogênio amoniacal.
- Coliformes fecais – a campanha realizada pela Tetra Tech em 2021 indicou 7 pontos, ou cerca de 35% da amostragem com valores acima dos estabelecidos pelo CONAMA. A presença de coliformes fecais tem

como origem o esgoto sanitário e a precarização do sistema de saneamento básico no entorno da Lagoa.

Concluindo, foram também analisados dados secundários bastante recentes que apresentaram resultados sobre os parâmetros físico-químicos de qualidade da água e bacteriológicos (MENDES, 2019; TETRATECH, 2021), foram também analisados parâmetros biológicos, fitoplâncton (MELO-MAGALHÃES *et al*, 2009) e zooplâncton (Macias, 2018), que podem ser utilizados como indicadores de qualidade da água. De uma maneira geral, todos os estudos apontam para processos de eutrofização da água da Lagoa Mundaú, em maior ou menor grau, a depender da localização, período e procedimentos de coleta e análise distintos. Os estudos de SILVA (2020), de Avaliação Ambiental Integrada em Córregos Inseridos no Complexo Estuarino Lagunar Mundaú-Manguaba – CELMM, concluíram que as condições ecológicas nos riachos do Complexo estão fortemente ligadas ao uso da terra e que ambientes com cobertura vegetal (arbórea ou gramínea), têm maior riqueza de espécies, já os ambientes com influência de efluentes urbanos tem alta abundância percentual do lebiste ou *Poecilia reticulata*.

No entanto, aparentemente a relação entre a qualidade da água e a troca de água com o mar parece não ter sido abordada nesses estudos. Considerando que, segundo BRITO JR *et al.* (2018), a Lagoa do Mundaú apresenta um sistema de entrada e canal bastante dinâmico, com o tempo de descarga de 12,6 dias durante a maré de quadratura (lua no quarto minguante/crescente), e de 5,7 dias durante a maré de sizígia (lua cheia/nova), momento de ocorrência das maiores amplitudes e da troca de água mais pronunciada. Duas das três áreas analisadas quanto a viabilidade técnica e econômica para eventual dragagem e utilização do material no enchimento das frentes de lavra se situam no canal (Pontal da Barra). Caso uma delas seja selecionada, pode-se inferir que o ingresso da maré permite diluir a concentração de matéria orgânica contida no esgoto que entra na área do canal conector da Lagoa Mundaú.

1.4.2 TESE DE DOUTORADO E ARTIGOS PUBLICADOS PELA UFAL

A seguir estão sendo destacados alguns pontos relevantes, do ponto de vista de qualidade da água, com base na tese de doutorado Santos (2021) e nos artigos de Silva-Filho *et al* (2021) e Santos *et al* (2021).

De acordo com Santos (2021), foram analisadas as amostras de água coletadas na Lagoa Mundaú (Maceió-AL) em 7 campanhas, sendo adotado 10 locais distintos para as coletas. Estão apresentadas na Tabela 9 abaixo as condições do meio físico na época de cada campanha de amostragem:

Tabela 9: Condições de amostragem de água e bivalves (molusco)

Fonte: Santos (2021)

Ponto (P)	Amostragem 1 (A1) (Jun 2017)		Amostragem 2 (A2) (Set 2017)		Amostragem 3 (A3) (Dez 2017)		Amostragem 4 (A4) (Abr 2018)		Amostragem 5 (A5) (Set 2018)		Amostragem 6 (A6) (Dez 2018)		Amostragem 7 (A7) (Abr 2019)	
	Hora	pH	Hora	pH	Hora	pH	Hora	pH	Hora	pH	Hora	pH	Hora	pH
P01	08:32	7,80	08:45	9,14	08:37	8,46	08:55	7,35	08:50	8,38	09:03	7,72	09:00	6,72
P02	08:46	7,67	09:00	8,95	08:50	8,61	09:06	7,49	09:05	8,27	09:14	7,64	09:16	6,81
P03	08:58	7,63	09:12	8,42	09:00	8,66	09:28	7,21	09:27	8,33	09:27	7,73	09:32	6,72
P04	09:15	7,59	09:22	8,49	09:10	8,37	09:42	7,18	09:48	8,55	09:42	8,27	09:45	7,05
P05	09:26	7,40	09:33	8,48	09:30	8,50	10:04	7,91	10:06	8,85	10:04	8,08	10:01	7,86
P06	09:48	7,17	09:45	8,46	09:45	8,28	10:15	7,56	10:30	8,85	10:18	8,54	10:15	7,35
P07	09:58	7,30	10:01	8,80	10:00	8,22	10:45	7,70	11:00	8,80	10:44	8,04	10:35	8,11
P08	10:10	7,10	10:16	7,77	10:15	7,98	11:15	7,68	11:31	8,83	11:04	8,11	10:58	8,18
P09	10:25	7,12	10:35	7,67	10:35	8,15	11:46	8,09	12:00	9,05	11:39	9,39	11:24	8,50
P10	10:45	7,34	10:56	8,67	10:53	9,11	12:10	7,84	12:24	8,89	12:04	8,67	11:46	8,37
Tábua	Baixa		Baixa		Baixa		Alta		Baixa		Baixa		Alta	
^a Bivalve	a		a		a		Amostragem 1 (AS1)		Amostragem 2 (AS2)		Amostragem 3 (AS3)		Amostragem 4 (AS4)	
^b IP (mm)	462		106		25		308		30		48		107	

^aBivalve (*Mytella charruana*): a ausência de sururu; ^bIP: Índice pluviométrico (Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Alagoas, Brasil); P: Ponto de amostragem; AS: Amostragem de Sururu.

É importante se ter atenção quanto ao índice pluviométrico (IP) de cada campanha de amostragem, pois parece haver uma correlação entre a pluviometria e as concentrações obtidas nas análises realizadas em Santos (2021).



Figura 1-8: Localização dos pontos de amostragem das coletas de água, onde todos os locais possuem alto índice de Pb, e os locais em vermelho representam os pontos em que a concentração de Hg está acima do permitido pela legislação vigente.

Fonte: TPF Engenharia (2022), com base nas concentrações médias do estudo de Santos (2021).

Os resultados do estudo apresentaram os valores de concentração total de Al, Cu, Fe, Hg, Mn, Pb e Zn, ambos em patamares acima do permitido pela legislação nacional vigente. Destacando-se 4 elementos listados na Tabela 10 a seguir:

Tabela 10: Elementos em maior concentração no estudo

Elementos	Quantidade de vezes o limite máximo permitido pela legislação
Cu	2,5
Zn	1,3 - 11
Hg	14,2
Pb	19 - 144

Conforme o estudo, o ambiente analisado apresenta sinais de contaminação dos elementos presentes na Tabela 10, corroborado através da medição dos valores do Índice de Qualidade de Água (IQA). A tese levantada pelo estudo, é que estes elementos estão presentes na água da lagoa Mundaú devido a diversos fatores e todos eles por interferência antrópica.

Cotejando os resultados obtidos das análises dos sedimentos efetuadas no EVTE com as análises de qualidade da água do estudo em questão, pode-se destacar que há uma correspondência entre os resultados, pois há também contaminação por Pb no sedimento, principalmente na região central da Lagoa. Por outro lado, não se verifica a mesma relação de contaminação (água/sedimento) para o Hg, pois em análises realizadas no sedimento, não foram identificadas quantidades relevantes. Uma justificativa para o fato é que, segundo Zhang et al (2014) apud Remor, M.B. (2018), o mercúrio em ambiente aquático de baixa energia tende a ser adsorvido pelas partículas em suspensão e podendo ser convertido em Metilmercúrio em processo biológico, ficando biodisponíveis em maior concentração na água do que nos sedimentos.

2 ASPECTOS DO MEIO BIÓTICO

2.1 FLORA TERRESTRE

O estado de Alagoas, assim como outros estados nordestinos margeados pelo oceano Atlântico, é pertencente ao domínio fitogeográfico da Mata Atlântica. De acordo com Barreto (2013), a análise histórica da formação territorial da Mata Atlântica em Alagoas, Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte pressupõe que, no período anterior ao descobrimento, ela foi ocupada por centenas de anos por uma grande população indígena. Dessa forma, a maior parte da paisagem natural já teria sofrido

alterações antrópicas na época do Descobrimento, encontrando-se em diferentes estágios de regeneração, o que pode ser mapeado a partir das crônicas dos séculos XVI e XVII. Com a colonização portuguesa, foram introduzidas espécies exóticas e novos modos produtivos. Contudo, a intensificação da atividade agrícola ocorreu apenas a partir do Império (1822-1889) e da Primeira República (1889-1930), contribuindo para a substituição de grandes áreas naturais por monoculturas, principalmente de cana-de-açúcar. Ao apresentar a evolução da paisagem natural, a pesquisa de Barreto (2013) desmistifica a ideia de que a devastação da Mata Atlântica seria uma herança colonial ou do Império, considerando que, na verdade, é o resultado de eventos modernos ligados à industrialização agrícola do século XX, especialmente no Nordeste.

É interessante se notar, em relação à vegetação ainda existente, que parte é composta por fragmentos da paisagem natural resultantes da regeneração de áreas anteriormente modificadas pelo ser humano. Outras são áreas relictuais protegidas por proprietários particulares, antigos senhores de engenhos e usineiros, por motivos que variam entre ética ambiental e a manutenção da beleza cênica. Ou seja, fato de que 90% das áreas conservadas serem privadas revela que a distribuição das florestas atuais não é fruto somente de fatores geográficos, nem tampouco de políticas públicas (BARRETO, 2013).

Observando-se o entorno da Lagoa Mundaú pode-se averiguar que grande parte da região leste é dominada pela área urbana de Maceió, já a região oeste é dominada pelo plantio da cana-de-açúcar e suas APPS - Áreas de Preservação Permanente, sob a forma de matas ciliares e fragmentos de mata, principalmente na porção norte da área, notadamente na mata do Catolé.

2.1.1 MATA

Os dados apresentados a seguir são parte do Diagnóstico Biótico de Flora da APA do Catolé e Fernão Velho (SILVA MOTA, 2018), como demonstra a Figura 4-1. As coletas de dados botânicos foram realizadas através de consulta à bibliografia pré-existente relacionada à APA do Catolé e Fernão Velho. A lista florística, organizada a partir de dados secundários, foi realizada por um biólogo experiente em inventários florísticos e em identificação das plantas ocorrentes nos biomas e nas fitofisionomias

existentes no estado de Alagoas (SILVA MOTA, 2018). Foram realizadas visitas à área de estudo com o objetivo de complementar observações relacionadas à ecologia das espécies. Nesse sentido, as considerações a respeito da distribuição das espécies dentro da APA do Catolé foram realizadas com base em observações *in loco* a partir dos elementos presentes na lista florística organizada. Os registros disponibilizados na base de dados *online* do Herbário Virtual REFLORAM (2018), foram utilizados na elaboração da lista apresentada. Vale ressaltar que todos as famílias botânicas listadas foram atualizadas conforme sistema de classificação APG IV 2016 (Angiosperm Phylogeny Group 2016 - quarta versão do moderno sistema de classificação das plantas com flor), e que, os binômios científicos foram também conferidos na LISTA DA FLORA DO BRASIL (2020). Quanto às formas de vida das espécies seguiram o sistema de classificação de WHITTAKER (1975) e as informações apresentadas se basearam em coletas de campo e etiquetas de herbário. As áreas de cerrado e de várzea não serão aqui abordadas, pois restringem-se à região norte da APA, distintamente das matas que possuem distribuição mais abrangente na forma de fragmentos.

Nos trechos de encosta das matas, a estrutura da vegetação é caracterizada por indivíduos de grande porte, que chegam a atingir entre 20 e 25 m de altura. As espécies que caracterizam o dossel destes trechos são *Eschweilera ovata* (Cambess.) Miers - embiriba (*Lecythidaceae*), *Tapirira guianensis* Aubl. – cupiúba (*Anacardiaceae*), *Ocotea glomerata* - louro (*Lauraceae*), *Didymopanax morototoni* (Aubl.) Decne. & Planch - sambacuim (Aubl.) Maguire, Steyerl. & Frodin. (*Araliaceae*), *Lecythis pisonis* - sapucaia (*Lecythidaceae*), *Pogonophora schomburgkiana* Miers ex Benth. (*Peraceae*), *Chamaecrista ensiformis* (Vell.) H. S. Irwin & Barneby - coração-de-negro (*Fabaceae*), *Parkia pendula* Benth. ex Walp. – Visgueiro (*Fabaceae*), *Aspidosperma discolor* A.DC. - pau-falha (*Apocynaceae*), *Eriotheca macrophylla* - munguba (*Malvaceae*), *Simarouba amara* Aubl. – *praíba* (*Simaroubaceae*). Na área de estudo realizado por Silva Mota (2018), as espécies supracitadas podem ser encontradas principalmente nos trechos mais íngremes e úmidos, favorecendo a formação de um sub-bosque com microclima bastante úmido. Além destas espécies, vale destacar que a palmeira *Attalea oleífera* Barb.Rodr., popularmente conhecida por coco-católé na região metropolitana de Maceió, embora não se trate de uma espécie arbórea, atinge aproximadamente 20 m de altura, configurando-se um componente determinante na paisagem desta fitofisionomia APA do Catolé e Fernão Velho. Além de exercer grande importância

ecológica e ecossistêmica em escala local, ainda é relevante considerar sua importância cultural, determinante na nomeação desta Unidade de Conservação.

As epífitas ocorrentes nesta fitosionomia foram as bromélias *Aechmea stelligera* L.B.Sm., (Schult. & Schult.f.) Mez, paraenses Mez; e orquídeas da espécie *Vanilla bahiana* Hoehne, e orquídeas *Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews. É esperado, de acordo com conhecimento do componente epifítico Mata Atlântica, que com estudos em que coletas mais sistemáticas sejam empreendidas, a riqueza de orquídeas e bromélias seja aumentada para a APA do Catolé e Fernão Velho.

Em seu estudo fitossociológico, para o ambiente de encosta, Rodrigues (2002), registrou uma maior representatividade em número de indivíduos, para as famílias *Anacardiaceae*, *Fabaceae*, *Sapindaceae*, *Polygonaceae*, *Apocynaceae*, *Myrtaceae*, *Lecythidaceae*, *Lauraceae* e *Euphorbiaceae*. Constatou também que a espécie com maior frequência absoluta foi *Pogonophora schomburgkiana* Miers ex Benth., seguida de *Chamaecrista ensiformis* (Vell.) H. S. Irwin & Barneby, *Ocotea longifolia* H.B. & K. e *Eschweilera ovata* (Cambess.) Miers. No sub-bosque da vegetação de encosta, foi observada uma representatividade significativa de arvoretas, arbustos e ervas, associadas a estágio médio a avançado de regeneração. As arvoretas geralmente com porte entre três e quatro metros tiveram como representantes mais conspícuos: *Anaxagorea dolichocarpa* Sprague & Sandwith- praxim (*Annonaceae*), *Miconia prasina* (Sw.) DC. - caiuia (*Melastomataceae*), *Miconia cuspidata* Naudin, (*Melastomataceae*), *Miconia hypoleuca* (*Melastomataceae*), *Eugenia umbrosa* O.Berg, - araquá-da-mata (*Myrtaceae*), *Posoqueria longiflora* Aubl. – Dor-de-cabeça (*Rubiaceae*), *Guapira opposita* (Vell.) Reitz – piranha (*Nyctaginaceae*), *Tocoyena* sp. (*Rubiaceae*), *Pera glabrata* (Schott) Poepp. ex Baill. (*Peraceae*), *Schoepfia brasiliensis* (*Schoepfiaceae*).

Entre os arbustos presentes no sub-bosque, marcando a estrutura e caracterização desse extrato vegetal, *Rubiaceae* foi a família mais representativa, com as seguintes espécies: *Chiococca alba* (L.) Hitchc., *Chomelia obtusa* Cham. & Schltdl., *Margaritopsis chaenotricha* (DC.) C.M.Taylor, *Palicourea blanchetiana* Schltdl., *P. marcgravii* A.St.-Hil., *Psychotria capitata* Ruiz & Pav., *P. carthagenensis* Jacq., *P. colorata* (Willd. ex Schult.) Müll. Arg., *P. hoffmannseggiana* (Willd. ex Schult.) Müll.Arg., *P. poeppigiana* Müll. Arg.

Outros representantes arbustivos mostraram-se importantes na caracterização do sub-bosque desta fitofisionomia: *Hirtella racemosa* Lam. (*Chrysobalanaceae*),

Pavonia malacophylla (Nees & Mart.) Garcke. (Malvaceae), *Clidemia debilis* Crueg. (Melastomataceae), *Miconia ciliata* (Rich.) DC. (Melastomataceae), *Piper marginatum* Jacq. (Piperaceae), *Siparuna guianensis* Aubl. (Siparunaceae) e *Daphnopsis* sp. (Thymelaeaceae). Vale destacar que, embora conceitualmente sejam consideradas ervas, as palmeiras *Bactris ferruginea* Burret e *B. pickelii* Burret atingem em estatura as árvores e pequenas arvoretas do sub-bosque.

Já a presença de algumas espécies no extrato herbáceo indica estágio médio a avançado de conservação desta fitofisionomia na APA de Catolé e Fernão Velho. Os seguintes nomes foram provenientes de registros catalogados e depositados em herbário, mas também observados em campo: *Cryptanthus diana* Leme (Bromeliaceae), *Spigelia* sp. (Loganiaceae), *Eltroplectris calcarata* (Sw.) Garay & Sweet (Orchidaceae), *Liparis nervosa* (Thumb.) Lindl. (Orchidaceae), *Pelexia* sp. (Orchidaceae), *Sarcoglottis grandiflora* (Hook.) Klotzsch. (Orchidaceae), *Ichnanthus* sp. (Poaceae), *Olyra* sp. (Poaceae) e *Hexasepalum apiculatum* (Willd.) Delprete & J.H. Kirkbr. (Rubiaceae).

Nas bordas, no dossel, nas clareiras naturais e nas trilhas existentes na APA de Catolé e Fernão Velho, pode-se encontrar plantas trepadeiras e lianas em quantidades expressivas, como se observa na Figura 2-1). Entre as plantas lenhosas que figuram na lista florística, estão *Adenocalymma comosum* (Cham.) DC. (Bignoniaceae), *Anemopaegma* sp. (Bignoniaceae), *Davilla nitida* (Vahl) Kubitzki (Dilleniaceae), *Tetracera breyniana* Schltdl. (Dilleniaceae), *Calopogonium mucunoides* Desv. (Fabaceae), *Dioclea wilsonii* (Fabaceae), *Rhynchosia phaseoloides* (Sw.) DC. (Fabaceae), *Denscantia cymosa* (Spreng.) E.L. Cabral & Bacigalupo (Rubiaceae), *Solanum lycopersicum* L. (Solanaceae), *Serjania salzmannaiana* Schltr. (Sapindaceae), *Senna angulata* (Vogel) H.S. Irwin & Barneby. (Fabaceae).



Figura 2-1 - A - Exemplar de cipó e vegetação; B - *Bonamia agrostopolis* (Vell.) Hallier f.; C - *Adenocalymma comosum* (Cham.) DC.

Registro fotográfico: Maurício Caruaíba (apud SILVA MOTA, 2018).

• ESPÉCIES AMEAÇADAS

Entre as espécies que aparecem na Lista Vermelha da IUCN (União Internacional para a Conservação da Natureza), *Centella asiatica* (L.) Urb. (Apiaceae), *Acmella uliginosa* (Sw.) Cass. (Asteraceae), *Scleria bracteata* (Cyperaceae), *Tonina fluvialis* (Eriocaulaceae), *Chamaecrista ensiformis* (Vell.) H. S. Irwin & Barneby (Fabaceae), *Chamaecrista nictitans* (L.) Moench aparecem na categoria “pouco preocupante”; *Attalea oleifera* Barb.Rodr. (Arecaceae) e *Helicostylis tomentosa* (Poepp. & Endl.) Macbride (Moraceae) estão listadas na categoria “menor risco/menor preocupação”; *Chiococca alba* (L.) Hitchc. (Rubiaceae) aparece na categoria “menor risco/população desconhecida”; *Lecythis lurida* (Miers) S.A.Mori (Lecythidaceae) figura na categoria “menor risco/dependente de conservação”; por fim, na categoria “vulnerável”, aparecem *Bactris pickelii* Burret (Arecaceae) e *Abarema filamentosa* (Benth.) Pittier (Fabaceae). Na lista oficial de espécies ameaçadas do Ministério do Meio

Ambiente, *Erythroxylum membranaceum Plowman* (Erythroxylaceae) aparece na categoria “em perigo”.

Assim, por todas as informações descritas percebe-se que existem fragmentos de mata em estágio médio a avançado de sucessão, ainda que perceba-se pela interpretação das imagens de satélite que a maioria dos fragmentos de mata se localizam ao norte da Lagoa Mundaú, essa riqueza expressiva descrita por SILVA MOTA (2018).

Por fim, uma das principais conclusões do estudo de SILVA MOTA (2018) é a necessidade de políticas que deem maior atenção à conservação e a recuperação da vegetação da foz do Rio Mundaú.

2.1.2 MANGUE E FORMAÇÕES ASSOCIADAS

O termo mangue é empregado para designar um grupo floristicamente diverso de árvores tropicais que, embora pertençam a famílias botânicas distintas, compartilham características fisiológicas similares. As adaptações especiais de que são dotadas permitem que tais espécies cresçam em ambientes abrigados, banhados por águas salobras ou salgadas, com reduzida disponibilidade de oxigênio e substrato inconsolidado. Por esse motivo a diversidade da vegetação dos manguezais é baixa, apesar de sua elevada importância ecológica.

Os manguezais podem ser reconhecidos à distância pelas árvores pouco diversas, que estruturam formações vegetais relativamente homogêneas, formadas por três ou quatro espécies principais crescendo em ambientes de águas salgadas ou salobras. Além da sustentação da árvore em sedimento lamoso, o conjunto das estruturas de sustentação das árvores acaba sendo muito eficiente na redução do fluxo das águas, o que garante estabilidade e proteção contra erosão para as zonas costeiras tropicais com manguezais (ICMBIO, 2018).

Embora a feição colonizada pelas árvores de mangue chame a atenção como uma floresta à beira-mar, o ecossistema propriamente dito é constituído por um conjunto de feições ao longo da faixa entremarés, ou seja, entre os limites inferior e superior das marés. De acordo com o (ICMBIO, 2018) são elas:

- **Lavado:** Feição que possui contato direto com o estuário ou com as águas costeiras, o lavado corresponde a um banco de lama exposto somente por ocasião das baixamares de lua cheia ou lua nova – marés de lua ou marés grandes.

Sobre a superfície desses bancos de lodo vivem ricas comunidades de microalgas bentônicas, responsáveis por grande parte da síntese de fitomassa exportada pelo ecossistema aos corpos de água adjacentes. Alguns lavados podem ser colonizados por gramíneas, principalmente do gênero *Spartina* (capim-praturá). Enterrados no lodo do lavado são encontrados mariscos como chumbinho, unha-de-velho e lambreta, além de invertebrados muito apreciados pelas aves nas baixamares e por peixes nas preamares.

- **Bosque de mangue (ou Mangue propriamente dito):** Após à feição “lavado” segue-se a feição coberta pelas árvores características do ecossistema, o mangue propriamente dito ou bosque de mangue. No Brasil são três os gêneros, com um total de seis espécies típicas de mangue: o mangue-vermelho, o mangue-verdadeiro ou “sapateiro” (gênero *Rhizophora*, com as espécies *R. mangle*, *R. harrisonii* e *R. racemosa*); o mangue-branco, o mangue-manso ou tinteira (*Laguncularia racemosa*, gênero com uma única espécie), e o mangue-preto, siriba ou sereiba (gênero *Avicennia*, com as espécies *A. schaueriana* e *A. germinans*). Nessa feição, uma faixa de lama bem escura fica exposta durante a baixamar, quando se destacam raízes de árvores semelhantes a uma armação de guarda-chuva ou candelabro e outras, do tipo que vem de baixo para cima, denominadas pneumatóforos, adaptações ao substrato inconsolidado e salobro. Assim, a vegetação do mangue é adaptada a suportar baixas concentrações de oxigênio no sedimento, vivem em ambientes quase anóxicos, convivem com água salgada (plantas halófitas) e conseguem se sustentar em substrato lodoso (pouco consolidado). Espécies típicas de mangue têm seus propágulos dispersos em meio aquático (diásporos). As espécies vegetais típicas de mangue são consideradas halófitas facultativas, pois também podem conviver com ambientes de água doce (ICMBIO, 2018).

Crescendo sobre as árvores de mangue, podem ser encontradas epífitas, como líquens, musgos, samambaias, gravatás, filodendros, orquídeas, cactos e até uma hemiparasita (erva de passarinho), além de algas que se fixam na parte inferior de troncos, rizóforos e pneumatóforos. Galhos e troncos de mangue podem servir de substrato para epífitas – bromeliáceas, orquidáceas, aráceas (Sugiyama, 1995). Em muitas áreas, a faixa de transição entre o manguezal e a terra firme apresenta espécies vegetais que ocupam terrenos mais altos, raramente atingidos pelas marés, como o

algodoeiro-da-praia ou embira-do-mangue (*Hibiscus tiliaceus*), o avencão (*Acrostichum aureum*) e o mangue-de-botão (*Conocarpus erectus*) (SUGIYAMA, 1995 apud ICMBIO, 2018).

2.1.3 RESTINGA

De acordo com o Novo Código Florestal (BRASIL, 2012), o termo de restinga é conceituado como depósito arenoso paralelo à linha da costa, de forma geralmente alongada, produzido por processos de sedimentação, onde se encontram diferentes comunidades que recebem influência marinha, com cobertura vegetal em mosaico, encontrada em praias, cordões arenosos, dunas e depressões, apresentando, de acordo com o estágio sucessional, estrato herbáceo, arbustivo e arbóreo, este último mais interiorizado (art. 2º, VIII)."

As restingas possuem grande importância ecológica, uma vez que formam não só um ecossistema rico em espécies de fauna e flora endêmicas, mas também protegem o litoral de eventos erosivos das ondas e marés, fixam de dunas litorâneas, e não atuam somente como uma barreira física, mas também fornece e fixa sedimentos que auxiliam na formação e recuperação das praias e na formação das ondas e dos bancos de areia.

Na área de estudo, como anteriormente mencionado, parte da vegetação característica da área é formada pelas Formações Pioneiras de influência Fluvio-marinha arbórea, os manguezais e vegetação associada; e parte pela vegetação de influência marinha herbácea, as restingas. Nas formações vegetais da restinga, a vegetação é altamente adaptada a variados tipos de stress, como extremos de temperatura, ventos, escassez de água, salinidade e solo arenoso. Entre essas plantas altamente adaptadas correm espécies como o alecrim da praia *Remirea maritima*, o capim da praia *Paspalum vaginatum*, a salsa da praia *Ipomoea pescapae* e o feijão da praia *Canavalia obtusifolia* (DA SILVA & SOUZA, 2008).

2.2 FLORA AQUÁTICA

2.2.1 MACRÓFITAS AQUÁTICAS

Conforme já mencionado, a lagoa Mundaú, devido à sua localização em uma área de transição parcialmente rural, parcialmente urbana, tem sido bastante atingida por processos de antropização desordenada. Os estudos disponíveis mostram que a

lagoa sofre em termos de qualidade de água devido à vários fatores como: a recepção de dejetos orgânicos advindos de matadouros, efluentes domésticos sem tratamento, galerias e canais dos sistemas de drenagem das cidades que desaguam na lagoa, águas de chuva associadas com esgoto, e ainda, lançamento de defensivos agrícolas e efluentes agroindustriais, principalmente por meio do próprio rio Mundaú. Além disso, também recebe os impactos provenientes dos processos de ocupação irregular das margens e do lançamento de resíduos sólidos e efluentes advindos das embarcações de turismo.

Durante a visita técnica realizada pela TPF em janeiro de 2022 foi constatada a presença, em diversos pontos ao redor da lagoa, de resíduos sólidos de composição diversa, entre eles: plástico, isopor, papel, cascas de mariscos, animais mortos, resíduos domiciliares, borracha, vidro, entre outros. Além disso, de acordo com MACEIÓ (2017) ainda que haja um serviço de coleta de lixo, tanto por meio de veículos de coleta, quanto utilizando-se depósitos fixos (caçambas, lixeiras etc.), um número significativo de domicílios declarou despejar seus resíduos nos canais e na Lagoa Mundaú.

Assim, como seria de se esperar observou-se a ocorrência macrófitas aquáticas em quase todas as áreas da Lagoa Mundaú, somente na foz, provavelmente devido a intensa troca de água com mar, e na região de Coqueiro Seco, não foram observadas macrófitas aquáticas indicadoras de baixa qualidade da água.

2.2.2 FITOPLANCTÔN

A comunidade fitoplanctônica responde, anualmente, por mais de 45 % da produtividade primária mundial (FIELD et al, 1998), sendo base das cadeias alimentares oceânicas. Como se sabe o fitoplâncton é afetado por diversos fatores ambientais como temperatura, salinidade, quantidade de luz, disponibilidade de nutrientes, competição inter e intraespecífica e predação (CLOERN & DUFFORD, 2005; SPATHARIS et al, 2007), constituindo um excelente indicador ambiental dos ambientes aquáticos, pois responde rapidamente a esses diferentes fatores, em função do seu tamanho reduzido e ciclo de vida curto. Assim, mudanças na estrutura da comunidade fitoplanctônica podem ocorrer em períodos curtos em resposta às oscilações ambientais (LITAKER et al, 1993; PAERL, 2010), podendo afetar as funções ecológicas do ambiente (JOUENNE et al, 2007). Os fatores ambientais das zonas costeiras, especialmente nos estuários e

nas praias, variam em função da escala espacial e vertical de curto prazo devido a variações da maré. Por conseguinte, as flutuações diárias nos parâmetros físico-químicos (pH, salinidade, temperatura, oxigênio dissolvido, entre outros) e no transporte de material particulado e dissolvido (sedimentos, nutrientes, contaminantes e organismos) (CIRANO & LESSA, 2007; SILVA, 2008; CALLIARI, 2003) são intensos. Os estuários possuem um elevado transporte de material particulado e dissolvido, oriundos do escoamento continental, devido a sua conexão ao continente, que favorecem o enriquecimento da água com nutrientes, especialmente após eventos de precipitação, responsáveis por carrear os nutrientes do solo para a água. Em outras palavras, os aumentos excessivos da concentração de nitrogênio e fósforo na coluna de água, ocasionados pelo aumento do aporte fluvial e da carga de nutrientes de origem terrestre ou devido à influência antrópica, associados ao revolvimento dos sedimentos, implicam num aumento da produtividade primária local (HOPKINSON et al, 2005), tornando-os ambientes de alta produtividade primária.

Nesse contexto, as lagoas Mundaú e Manguaba são consideradas as maiores e mais produtivas do estado de Alagoas e foram estudadas por Melo-Magalhães (2009), com o objetivo de identificar a existência de impactos antrópicos, nos períodos chuvoso e seco, com base na composição, diversidade e densidade fitoplanctônica.

Os inventários taxonômicos da comunidade fitoplanctônica até agora estabelecidos no Complexo Estuarino-Lagunar Mundaú/Manguaba revelam a ocorrência de uma alta riqueza específica (ESKINAZI-LEÇA & SANTANA, 1977; 1978; SARDEIRO, 1987; MELO-MAGALHÃES E NAVARRO, 1994; MELO-MAGALHÃES et al., 1998; MELO-MAGALHÃES et al., 2004, apud MELO-MAGALHÃES et al., 2009). Em relação à densidade fitoplanctônica e biomassa, os únicos estudos conhecidos são: o estudo ecológico/cultural do CELMM (ALAGOAS, 1980) já bastante antigo (42 anos) e o estudo realizado por Melo-Magalhães et al. (2004), que determinaram a composição fitoplanctônica, biomassa e densidade nos canais do Complexo Estuarino-Lagunar Mundaú/Manguaba. Os dados apresentados a seguir são do estudo de Melo-Magalhães et al. (2009).

As amostras do material fitoplanctônico foram coletadas em 8 estações fixas das Lagoas Manguaba e Mundaú, durante a maré baixa e alta, nos períodos chuvoso e seco. Para o estudo de densidade fitoplanctônica e biomassa, a água foi coletada da área superficial, com o auxílio de uma garrafa tipo Van Dorn, e para o estudo específico de

composição, abundância e diversidade, as amostras foram coletadas com rede de plâncton de 45 µm tela (fixada com formaldeído, 4% neutralizado).

O microfitoplâncton correspondeu a 155 táxons nas duas lagoas destacando-se as divisões Bacillariophyta e Cyanophyta, nos dois períodos estudados, e foi representado pelas divisões Cyanophyta (31), Euglenophyta (7), Dinophyta (3), Bacillariophyta (90) e Chlorophyta (24).

A diversidade oscilou entre 0,17 bits cell/L e 4,81 bits cell/L. A ligeira maioria das espécies identificadas em ambas as lagoas e nos dois períodos estudados era de origem dulcícola (51%). Os altos valores da densidade fitoplanctônica caracterizam as lagoas como ambientes fortemente impactados, indicando a existência de condições eutróficas na maioria das estações estudadas por Melo-Magalhães *et al* (2009). As espécies de origem nerítica ou nerítica/marinha representaram 47%, evidenciando a forte influência exercida pelas marés que transportam essas espécies para o interior do estuário. Apenas 2% das espécies eram restritamente de origem estuarina, ou salobra.

Especificamente em relação a Lagoa Mundaú a espécie mais abundante foi *Skeletonema cf. costatum*, onde as baixas diversidades observadas principalmente nas estações 5 e 6 foram relacionadas a florações de *Skeletonema cf. costatum* que ocorreu nos dois períodos estudados. Observa-se que a espécie diatomácea *Skeletonema costatum* é citada na literatura (Proença *et al.* 2010) por produzir elevada biomassa e tornar-se potencialmente nociva à comunidade podendo causar a morte de outros organismos pela redução do oxigênio da água.

Predominante na Lagoa Mundaú, é uma das diatomáceas neríticas mais comuns do mundo, facilmente encontrada em águas salgadas, próximas à descarga dos rios. Este organismo, embora planctônico, é um exemplo de espécie nerítica bentônica, podendo viver tanto em sedimento quanto em suspensão, onde se desenvolve, formando florações (ROUND, 1981). Na Lagoa Mundaú, esta microalga foi citada por ESKINAZI-LEÇA & SANTANA (1977; 1978), MELO-MAGALHÃES & NAVARRO (1994). No entanto, a contribuição quantitativa desta microalga só foi reconhecida em estudo realizado nos canais do Complexo Estuarino-Lagunar Mundaú/Manguaba por Melo-Magalhães *et al.* (2004). Neste estudo de Melo-Magalhães *et al.* (2009, a alta importância desta diatomácea foi novamente observada na Lagoa Mundaú, como a espécie que forma florações, sendo considerada como bioindicadora no referido ecossistema.

Em geral, nas áreas do estudo realizado por Melo-Magalhães *et al* (2009) mais impactadas das lagoas Mundaú e Manguaba, a comunidade fitoplanctônica apresentou baixa diversidade específica, com predomínio de espécies oportunistas como a floração de *Skeletonema cf. costatum* em estações com maiores níveis de salinidade e das espécies de *Microcystis aeruginosa* e *Anabaena spiroides cyanophyceae* em estações com menores níveis de salinidade. PAERL (1991) refere-se às cianofíceas como um grupo de algas extremamente oportunistas que necessitam da estabilidade da coluna d'água, iluminação intensa e temperatura constante para seu desenvolvimento e reprodução, a diversidade pode ser muito baixa em condições de florações fitoplanctônicas.

Em geral, mesmo com a clara dominância de diatomáceas e cianofíceas r-estrategistas, as lagoas Mundaú e Manguaba apresentaram uma microflora variada. Esses grupos de microalgas foram responsáveis pela formação de florações que afetaram as lagoas nos dois períodos estudados, provocando um desequilíbrio ecológico, com consequente alteração na composição e produção pesqueira da região, além da deterioração ambiental devido a fins recreativos (MELO-MAGALHÃES *et al*, 2009).

Concluindo, os altos valores de densidade fitoplanctônica obtidos nas lagoas Mundaú e Manguaba caracterizaram as duas lagoas como ambientes fortemente impactados (MELO-MAGALHÃES *et al*, 2009).

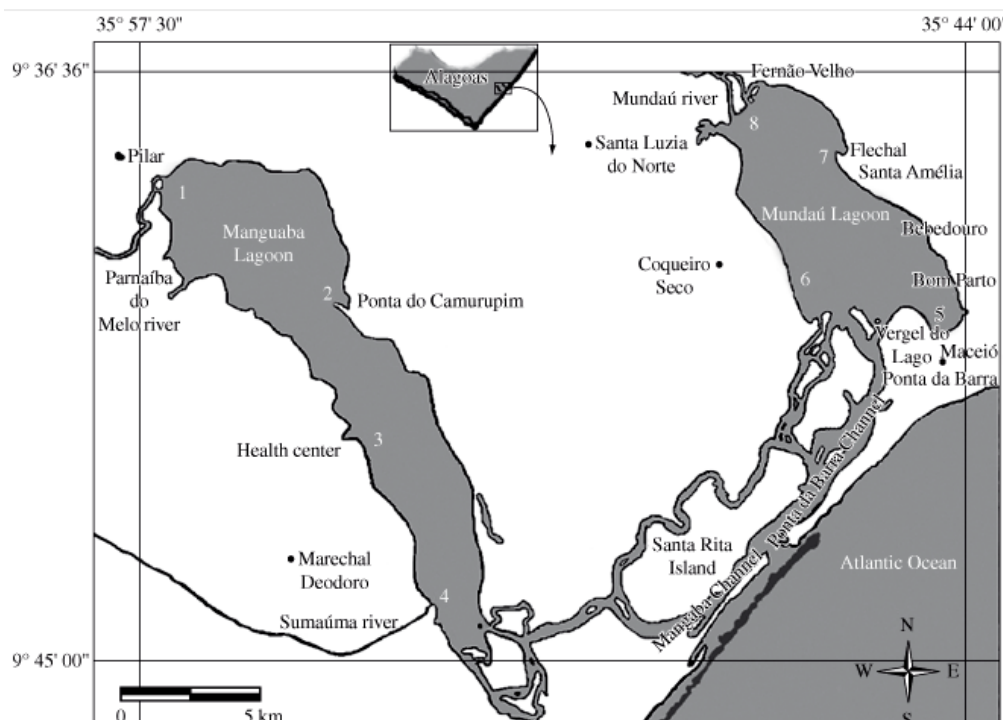


Figura 2-2 - Mapa das estações de amostragem para fitoplâncton no Complexo Estuarino das Lagoas Mundaú/Mangaba

Fonte: retirado de Melo-Magalhães et al, 2009.

2.3 FAUNA TERRESTRE

Os dados relativos à fauna terrestre foram retirados da publicação Fauna de Vertebrados Terrestres APA do Catolé e Fernão Velho, Alagoas (2019). Para a caracterização da fauna foram escolhidos dois grupos considerados como bons indicadores da biodiversidade, a avifauna, relevante ainda pela capacidade de detecção de aves migratórias e ninhas nas ilhas e na beira da lagoa e o grupo dos mamíferos.

2.3.1 AVIAFAUNA

A APA do Catolé e Fernão Velho está inserida dentro do Centro Endemismo Pernambuco, mas a sua real diversidade de aves ainda não é conhecida Lobo-Araújo et al. (2019). O único levantamento realizado dentro da APA aconteceu na Mata do Catolé e registrou 100 espécies, entre elas cinco táxons endêmicos do CEP que estão ameaçados de extinção (LOBO-ARAÚJO et al. 2013). As aves são sensíveis às

interferências antrópicas, e por esse motivo são consideradas excelentes bioindicadores (GONZAGA 1995 & SICK 1997). Quantificar a riqueza e abundância das comunidades de aves vem tendo importância crescente nas avaliações de impacto ambiental (FJELDSA, 1999) e no planejamento de estratégias de conservação (BIBBY et al. 1992; STOTZ et al. 1996).

O levantamento da avifauna, realizado por Lobo-Araújo et al. (2019), aconteceu por meio de busca ativa em campo entre os dias 20 e 25 de fevereiro do ano de 2018, em horários diurnos e noturnos. Quatro localidades foram estudadas na APA do Catolé e Fernão Velho, são elas: Mata do Catolé (9°33'19.86"S, 35°47'50.74"O), Enclave de Cerrado da Mata do Catolé (9°32'24.68"S, 35°48'13.13"O), Mata da Goiabeira (9°35'56.05"S, 35°46'26.10"O) e a Lagoa Mundaú (9°35'55.79"S, 35°47'27.44"O). O interior dos fragmentos florestais, suas bordas, áreas urbanizadas e as margens e interior da Lagoa foram visitados.

As buscas para elaboração do estudo “Avifauna - Fauna de Vertebrados Terrestres APA do Catolé e Fernão Velho, Alagoas.” (LOBO-ARAÚJO et al, 2019). foram iniciadas nas primeiras horas do dia até as 11h00, enquanto os levantamentos noturnos eram iniciados as 17h00 até as 21h00, totalizando uma média de 10 horas de levantamento por dia. Foram utilizados dois métodos de amostragem de acordo com o local e horário amostrado. Pela manhã, o método usado foi o de listas de MACKINNON. Já no período noturno o método utilizado foi o de lista por hora. O método de lista por hora também foi utilizado na amostragem da Lagoa Mundaú.



Figura 2-3 - Busca na Lagoa Mundaú por aves aquáticas e limícolas.

Fonte: retirado de LOBO-ARAÚJO et al., 2019.

O estudo realizado por Lobo-Araújo *et al* (2019), utilizado como dado secundário, fez uso do método de MACKINNON todas as espécies visualizadas ou escutadas são registradas em listas de 10 espécies, sendo cada lista uma unidade amostral. Nesse método, além de se obter a riqueza de espécies da área estudada, também é possível calcular o índice de frequência por lista (IFL). Ou seja, saber quais as espécies que mais se repetem nas listas. Dessa forma, conferindo informações a respeito da abundância relativa das aves. (MACKINNON 1991; BIBBY ET AL. 1998; HERZOG ET AL. 2002; O'DEA ET AL. 2004). O método de lista por hora consiste em registrar a riqueza e abundância das aves observadas e escutadas durante o intervalo de uma hora. Para auxiliar no registro visual e auditivo das espécies foram utilizados binóculos Leitz Trinovid 7x42, câmera fotográfica Nikon D7200 acoplada a uma lente de 70-300mm de alcance e um gravador Zoom H5, com microfone direcional Yoga H81. As espécies não identificadas em campo foram fotografadas, gravadas e posteriormente identificadas.

No total foram elaboradas 85 listas de MACKINNON e 24 listas por hora registrando 153 espécies de aves distribuídas em 40 famílias e 18 ordens. *Tyrannidae* foi a família mais abundante com 18 espécies registradas, seguida pelas famílias *Thraupidae* (n = 13), *Trochilidae* (n = 9), *Columbidae* (n = 8) e *Thamnophilidae* (n = 7). Lobo-Araújo (2013), registrou 162 espécies de aves em 5 remanescentes florestais no Centro de Endemismo de Pernambuco, Alagoas, Brasil. As famílias mais abundantes foram *Tyrannidae* (n = 20), *Thraupidae* (n = 15), *Trochilidae* (n = 10). A curva de acúmulo de espécie apresentou uma tendência a estabilizar, o estimador de riqueza *Jackknife* 1 estimou a ocorrência de 190 espécies na área de estudo. Isso representa uma superfície amostral de 74,2%, esse resultado está próximo do esforço de campo satisfatório, que seria igual ou maior que 80% de superfície amostral.

As aves que apresentaram maior Índice de frequência por lista (IFL) foram: o Bico-chato-amarelo (*Tolmomyias flaviventris*) (IFL=0,282), Maracanã-pequena (*Diopsittaca nobilis*) (IFL=0,247), Bem-ti-vi (*Pitangus sulphuratus*) (IFL=0,247), Guaracava-de-barriga-amarela (*Elaenia flavogaster*) (IFL=0,235), *Arremon taciturnus* (IFL=0,224). Entre as aves de hábito noturno o Bacurau, *Nyctidromus albicollis* foi a espécie mais registrada.

- Status de conservação e ameaças

Das 153 espécies registradas na APA do Catolé e Fernão Velho, 7 táxons estão ameaçados de extinção (MMA 2014), ressalta-se que nenhuma das aves ameaçadas de extinção foi registrada na área da Lagoa Mundaú, são eles: Picapauzinho-de-Pernambuco, *Picumnus exilis pernambucensis*; Choca-da-mata, *Thamnophilus caerulescens cearensis*; Cuspidor-de-máscara-preta, *Conopophaga melanops nigrifrons*; Maria-de-barriga-branca, *Hemitriccus griseipectus naumburgae* e Pintor Verdadeiro, Tangara fastuosa na categoria Vulnerável. Enquanto a Choca-lisa, *Thamnophilus aethiops distans* e o Arapaçu pardo-do-nordeste, *Dendrocicla fuliginosa taunayi* estão na categoria Em Perigo (Tabela).

Tabela 2-1 - Lista dos táxons ameaçados de extinção em nível nacional de acordo com os fragmentos visitados. Localidades: MC, Mata do Catolé; EC, Enclave de Cerrado da Mata do Catolé; MG, Mata da Goiabeira. Categoria de ameaça de extinção: EN, em perigo; VU, vulnerável; LC, pouco preocupante

TÁXON	NOME POPULAR	MC	EC	MG	MMA
<i>Picumnus pernambucensis</i> (Zimmer, 1947)	picapauzinho-de-pernambuco	X	X	X	VU
<i>Thamnophilus caerulescens cearensis</i> (Cory, 1919)	choca-da-mata	X	X	X	VU
<i>Thamnophilus aethiops distans</i> (Pinto, 1954)	choca-lisa	X			EN
<i>Conopophaga melanops nigrifrons</i> (Pinto, 1954)	cuspidor-de-máscara-preta	X			VU
<i>Dendrocicla taunay</i> (Pinto, 1939)	arapaçu-pardo-do-nordeste	X			EN
<i>Hemitriccus griseipectus naumburgae</i> (Zimmer, 1945)	maria-de-barriga-branca	X			VU
<i>Tangara fastuosa</i> (Lesson, 1831)	pintor verdadeiro	X			VU

Lagoa Mundaú: Com base nos estudos realizados por Lobo-Araújo *et al* (2019), foram registradas 27 espécies distribuídas em 13 famílias e 9 ordens. As famílias mais abundantes foram *Ardeidae* com seis espécies (Figura) e *Rallidae* com quatro. A espécie mais abundante foi a Garça-vaqueira, *Bubulcus ibis*, indicando um grande grau de antropização na Lagoa. A maioria das aves registradas na Lagoa Mundaú e em seus ambientes associados são tolerantes a antropização, nenhuma espécie ameaçada de extinção foi registrada. Vale ressaltar que na amostragem da Lagoa Mundaú foi observada uma grande quantidade de lixo e poluentes, sendo esse um grande problema para a conservação das aves que usam a lagoa como área de descanso e alimentação, não foi possível acessar a foz do Rio Mundaú nem mesmo outras áreas relevantes para a avifauna por conta do grande nível de assoreamento presentes nas margens da lagoa. Áreas essas com grande potencial para a ocorrência de aves limícolas e aves que

utilizam ambientes alagadas para a alimentação como é o caso do gavião-caranguejeiro, *Buteogallus aequinoctialis*, que possui hábitos associados aos manguezais.



Figura 2-4 - Garça- branca grande (Ardea Alba) na Lagoa Mundaú.

Fonte: retirado de Lobo-Araújo et al., 2019.

2.3.2 MASTOFAUNA

As informações de fauna foram compiladas do Relatório “Fauna de Vertebrados Terrestres APA do Catolé e Fernão Velho, Alagoas” (NASCIMENTO et al., 2019)

Amostragem: O levantamento da mastofauna foi realizado, preferencialmente, em parcelas de vegetação em solo firme ou próximo a elas, não ocorrendo na região de várzea ao longo da margem esquerda da Lagoa Mundaú. Foram amostradas três regiões com diferentes coberturas vegetais e de solo: A1 – Cerrado, A2 – Floresta e A3/A4 – Pequenos remanescentes florestais inseridos em área de expansão urbana de Fernão Velho e Goiabeira (Figura 2-5).



Figura 2-5 - Áreas de estudo de mastofauna

Fonte: NASCIMENTO et al., 2019.

Os enclaves de Cerrado compreendem a região de platô de tabuleiro costeiro, ladeada por bairros residenciais de Maceió e contínua ao sul com a área de floresta. Na área A2 (Floresta Ombrófila), foram amostrados ambientes como: parte florestal do platô de tabuleiro (morcegos); floresta de encosta em borda de açude (morcegos e pequenos mamíferos); área aberta com habitação humana (morcegos) e floresta de baixio com alagado (pequenos mamíferos). Na tentativa de englobar diferentes fitofisionomias na área florestal, o esforço amostral foi diferenciado e será descrito posteriormente.

A metodologia foi específica para cada grupo de mamíferos, a saber:

- a) Pequenos mamíferos não-voadores (Ordem Rodentia e Didelphimorphia): Foi montada uma linha de amostragem, composta de 20 estações de captura, distantes 10m, cada qual com duas armadilhas “live traps” tipo Sherman (tamanhos de 43x12,5x14,5cm e 30x8x9cm).

Em ambiente de floresta, foram ainda instaladas duas armadilhas do tipo Tomahawk de 45x16x16cm e nove tipo Sherman em ambiente de alagado. Cada armadilha foi iscada com uma mistura de sardinha, pasta de amendoim, banana e fubá, foram dispostas no chão e, quando possível, no sub-bosque. As armadilhas foram revisadas no início da manhã. Por questões de logística, cada área não foi amostrada o mínimo de 5 (cinco) noites consecutivas, como é indicado para levantamentos de pequenos mamíferos não-voadores (Cáceres et al., 2012). As áreas A1 e A3/A4 foram amostradas apenas uma noite, com um esforço amostral de 40 armadilhas noite cada. A área A2 foi amostrada por duas noites seguidas, a primeira com uma linha de amostragem e a segunda com adição das armadilhas extras, totalizando 171 armadilhas noite de esforço.

- b) Morcegos (Ordem Chiroptera): Foram utilizadas 2 (duas) redes de neblina de 10x2,5m e 1 (uma) de 12x3m, distribuídas em 2 (duas) estações de captura, armadas entre 17:30h e 21:30h e vistoriadas a cada 30 minutos. O esforço amostral por área foi de: A1 = 344 m².h; A2= 832 m².h e A3/A4= 244 m².h; totalizando 1.420 m².h ao final do estudo, segundo o modelo de STRAUBE E BIANCONI (2002).
- c) Outros mamíferos terrestres: Ao longo do dia e da noite – entre revisões de redes de neblina – foi realizada busca ativa de outros mamíferos e seus vestígios. Em silêncio, os animais foram procurados no substrato e em árvores. Alguns dos animais capturados em armadilhas foram coletados como espécimes testemunhos, sendo eutanasiados por via respiratória com um chumaço de algodão com isofluorano (CFMV, 2012). Em seguida, foram pesados, medidos (cabeça-corpo, cauda, pé posterior direito com e sem unha, orelha direita, além de antebraço e trago em quirópteros) e verificados quanto ao estado reprodutivo e classificação etária baseando-se em caracteres morfológicos externos. Após eutanásia, foram coletadas amostras de tecido (fígado) para futuras análises moleculares. Os espécimes foram taxidermizados ou conservados em via úmida e foram depositados na Coleção de Mamíferos do Museu de História Natural da Universidade Federal de

Alagoas para tombamento. Em julho de 2018, uma campanha extra de cinco dias foi realizada na área de Cerrado (A1) da APA do Catolé, com a mesma metodologia e somando-se o uso de cinco armadilhas fotográficas (camera trap) para verificar a diversidade de mamíferos de médio porte. As câmeras foram ajustadas para fotografar e filmar, operando 24h por quatro dias consecutivos. As mesmas foram amarradas em trocos de árvores e dispostas a aproximadamente 40 cm do solo, sendo utilizadas iscas diversas para atrair os animais, como batata doce, cachaça, coxa de frango, milho, coco seco, entre outros. Por fim, foi incorporado ao resultado um registro de espécie ameaçada de porco-espinho realizado pelo Batalhão da Polícia Ambiental de Alagoas (BPA/AL) na APA do Catolé, em fevereiro de 2019. Os resultados da campanha adicional e do resgate foram apenas incorporados à lista de espécies da mastofauna, contabilizando para a riqueza total da UC.

2.3.3 DIVERSIDADE DE MAMÍFEROS (RESULTADOS)

Com base no estudo realizado por Nascimento *et al.* (2019), foram registradas 20 espécies de mamíferos, distribuídas em 7 (sete) Ordens e 11 (onze) Famílias. A Família *Phyllostomidae* de morcegos foi a mais representativa, com 7 (sete) espécies. Entretanto, a ausência de estabilização na curva do coletor (Figura 2-6) comprova que um esforço amostral adicional certamente levaria ao registro de novas espécies. Vale reforçar que não existe informação disponível para mamíferos na APA, sendo esses dados primários os únicos levados em consideração.

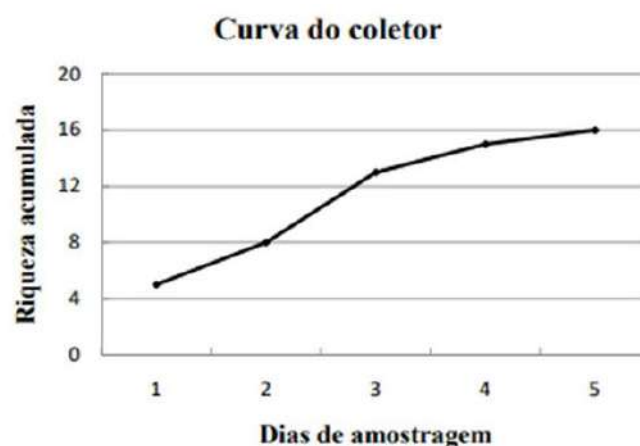


Figura 2-6 - Curva do coletor (ou de acumulação de espécies). Riqueza acumulada por dias de amostragem

Fonte: NASCIMENTO et al., 2019.

A área com maior riqueza de espécies foi a de Floresta (A2) com N=11; enquanto nas outras áreas, Cerrado (A1) e pequenos fragmentos de floresta (A3/A4), foi de N=6 em ambas. Para a área de Cerrado (A1), entretanto, ao somar-se os resultados com os dados secundários obtidos a posteriori, o número de espécies sobe para 16 mamíferos no ambiente, distribuídos em 6 (seis) ordens e 9 (nove) famílias. A família *Phyllostomidae* de morcegos continua sendo a mais representativa, com 6 (seis) espécies. Esse aumento (mais que o dobro) na riqueza para a área de Cerrado reforça a importância de campanhas adicionais nos outros ambientes da APA.

A Tabela traz a lista sistemática das espécies amostradas, com os respectivos nomes populares, apontando as áreas e metodologias de registro.

Tabela 2-2 - Lista das espécies de mamíferos amostradas na APA do Catolé e Fernão Velho. As metodologias de registro foram separadas em LT= “live traps”; RN= rede de neblina; VV= Visualização ou vestígio; CT= “camera trap”. As áreas correspondem a: A1= Cerrado; A2= Floresta e A3/A4= pequenos remanescentes florestais de Fernão Velho.

Fonte: NASCIMENTO et al., 2019.

ESPÉCIE	NOME POPULAR	REGISTRO				ÁREA		
		LT	RN	VV	CT	A1	A2	A3/4
Ordem Didelphimorphia								
Família Didelphidae								
<i>Didelphis albiventris</i> Lund, 1840	cassaco, saruê, timbu			X			X	X
<i>Gracilinanus agilis</i> (Burmeister, 1854)	cuica graciosa	X						X
<i>Marmosa murina</i> (Linnaeus, 1758)	cuica	X ³		X ¹		X ³	X	
<i>Marmosa (Micoureus) demerarae</i> (Thomas, 1905)	cuica	X				X ³	X	
Ordem Cingulata								
Família Dasypodidae	tatu			X ³		X ³		
Ordem Pilosa								
Família Bradypodidae								
<i>Bradypus variegatus</i> Schinz, 1875	preguiça			X			X	X ²
Ordem Primates								
Família Callitrichidae								
<i>Callithrix jacchus</i> (Linnaeus, 1758)	sagui			X		X ³	X	X
Ordem Chiroptera								
Família Phyllostomidae								
<i>Glossophaga soricina</i> (Pallas, 1766)	morcego		X			X		
<i>Carolina perspicillata</i> (Linnaeus, 1758)	morcego-da-pimenta		X			X	X	X
<i>Artibeus lituratus</i> (Olfers, 1818)	morcego		X			X ³	X	X
<i>Artibeus obscurus</i> (Schinz, 1820)	morcego		X			X	X	
<i>Artibeus planirostris</i> Spix, 1823	morcego		X				X	
<i>Dermanura cinerea</i> (Gervais, 1856)	morcego		X			X	X	
<i>Glossophaga soricina</i> (Pallas, 1766)	morcego		X			X		
<i>Carollia perspicillata</i> (Linnaeus, 1758)	morcego-da-pimenta		X			X	X	X
<i>Artibeus lituratus</i> (Olfers, 1818)	morcego		X			X ³	X	X
<i>Artibeus obscurus</i> (Schinz, 1820)	morcego		X			X	X	
<i>Artibeus planirostris</i> Spix, 1823	morcego		X				X	
<i>Dermanura cinerea</i> (Gervais, 1856)	morcego		X			X	X	
<i>Platyrrhinus lineatus</i> (É. Geoffroy, 1810)	morcego		X			X ³		
Família Vespertilionidae								
<i>Myotis cf. lavalii</i> (Moratelli, Peracchi, Dias & Oliveira, 2011)	morcego		X	X ³		X ³	X	
Ordem Carnívora								
Família Canidae								
<i>Cerdocyon thous</i> (Linnaeus, 1766)	raposa			X	X ³	X		
Família Mustelidae								
<i>Eira barbara</i> (Linnaeus, 1758)	papa-mel			X ³		X ³		
Família Procyonidae								
<i>Procyon cancrivorus</i> (G. [Baron] Cuvier, 1798)	guaxinim			X		X		
Ordem Rodentia								
Família Dasyproctidae								
<i>Dasyprocta ct. Prymnolopha</i> Wagler, 1831	cutia			X ³		X ³		
Família Erethizontidae								
<i>Coendou speratus</i> Pontes et al. 2013	porco-espinho			X ⁴		X ⁴		

¹ Indivíduos visualizados, coletados manualmente e depositados na Coleção de Mamíferos do MHN/UFAL.

² Crânio encontrado, coletado e depositados na Coleção de Mamíferos do MHN/UFAL.

³ Registro da campanha adicional na área do Cerrado.

⁴ Registro efetuado pelo BPA/AL.

- Mamíferos não voadores

Oito espécies foram registradas apenas por busca ativa ou “câmera trap”, enquanto três foram capturadas em armadilhas. Importante ratificar que em nenhuma área houve esforço de armadilhagem, o que interfere nos resultados aqui apresentados. Desse modo, nenhum roedor de pequeno porte foi capturado. Além de ser a Ordem de mamíferos mais diversa no Brasil e no mundo, o último levantamento realizado para o Centro de Endemismo de Pernambuco apontou que das 15 espécies de pequenos mamíferos não-voadores encontradas, sete eram roedores, ratificando a importância de se incentivar estudos adicionais na APA. Com relação aos marsupiais, *D. albiventris* é uma espécie generalista, que consegue viver próximo a habitações humanas. Já *G. agilis*, *M. murina* e *M. (M.) demerarae* possuem hábito arborícola e estão mais associados a ambientes florestais, de maneira que o fato destas duas últimas terem sido amostrados na área de Cerrado, demonstra a importância deste ambiente como área de vida dessas espécies. *G. agilis* é o único destes três que é encontrado na Caatinga, porém, apenas em ambientes arbóreos desse bioma, demonstrando sua relativa sensibilidade a alterações ambientais em ambientes florestais. A preguiça, *B. variegatus*, é um animal de ampla distribuição geográfica no Brasil. Por ser altamente arborícola, só ocorre em ambientes com muitas árvores e que apresentem conexão de copas das mesmas, o que torna essa espécie extremamente sensível à fragmentação e destruição dos ambientes florestais. Os tatus são conhecidos pelo hábito terrestre e fossorial, tendo o costume de cavar o substrato para forrageio ou construir tocas. Não são tão sensíveis a alterações ambientais, porém suas populações têm sido reduzidas e localmente extintas devido à caça ilegal, em sua maioria, para consumo alimentício humano. Único primata amostrado, o sagui-de-tufo-branco - *C. jacchus* - é endêmico da região nordeste e apresenta grande plasticidade ecológica, sendo, até certo ponto, resistente à urbanização, podendo ser facilmente encontrado próximo a áreas arborizadas nas grandes cidades. A raposa (ou cachorro do mato), *C. thous*, é um canídeo de ampla distribuição, habitat generalista e que comumente pode ser observado atropelado em rodovias. O mesmo pode ser dito para o único procionídeo amostrado, o

guaxinim – *P. cancrivorus*. Apesar de também apresentar ampla distribuição geográfica, o papa-mel – Eira barbara – é mais sensível à destruição de habitat, já que são essencialmente florestais. Estes últimos foram amostrados apenas na área do “Cerrado”. Contudo, vale lembrar que este é um ambiente mais aberto, assim como o solo fica mais exposto (ao contrário da serrapilheira comumente encontrada em áreas florestais), facilitando a visualização desses animais, assim como de seus vestígios. Roedores de médio porte, as cutias – *Dasyprocta* sp. – dentre outros aspectos, são importantes na dispersão de sementes vegetais de grande tamanho. Possuem hábito diurno, porém costumam alterar seu período de atividade quando submetidas à interferência antrópica. Importante ressaltar a pressão de caça a qual esses animais também são submetidos. O *Coendou speratus*, é uma espécie de porco-espinho recém descrita, endêmica do Centro de Endemismo de Pernambuco e que se encontra Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção (ICMBio, 2018) classificada como EN (em perigo), a categoria mais crítica. A proteção às áreas de ocorrência dessa espécie deve ser prioritária. Por ocasião de outros estudos na área foram observadas duas espécies de marsupiais (*Monodelphis americana* e *M. doméstica*), outra espécie de porco-espinho (*Coendou prehensilis*), cutia (*Dasyprocta* sp.), esquilo (*Guerlinguetus brasiliensis*), duas espécies de tatu (*Dasytus* sp. e *Euphtactus sexcinctus*) e tapiti (*Sylvilagus brasiliensis*) (Ubiratan Gonçalves, comunicação pessoal). No entanto, m estudo de maior duração seria imprescindível para confirmar a presença desses animais, fato que ampliaria a riqueza de mamíferos não voadores da UC para, no mínimo, 24 espécies.

- Mamíferos voadores

Foram capturados 57 quirópteros de 8 (oito) espécies diferentes, das quais 7 (sete) pertencem a Família *Phyllostomidae*, a mais diversa dentro da Ordem, e uma da Família *Vespertilionidae*. Os filostomídeos possuem a maior diversidade alimentar dentro dos mamíferos, havendo espécies frugívoras, nectarívoras, carnívoras e os famosos morcegos hematófagos, que se alimentam de sangue. Para elaboração do estudo “*Morcegos do Brasil: guia de campo*”, as espécies capturadas neste estudo são consideradas comuns, de ampla distribuição no território nacional (REIS ET AL., 2013), em ambiente natural ou antropizado. Exceto *Glossophaga soricina* - que é majoritariamente nectarívoro e polinizador de várias espécies de plantas - a maioria dos

morcegos amostrados desta família são frugívoros e importante dispersores de sementes. Sendo assim, os filostomídeos são comprovadamente importantes na recuperação de áreas degradadas. *C. perspicillata* foi a única espécie capturada em todos os ambientes e em todas as noites, sendo a mais abundante (N=31). Conhecida como morcego-da-pimenteira, apresenta preferência alimentar pelo gênero *Piper* (REIS ET AL., 2013). Os vespertilionídeos são morcegos estritamente insetívoros, que costumam capturar suas presas em pleno voo (REIS ET AL., 2013). *M. lavalii* é geralmente encontrado em biomas mais secos, como Caatinga e Cerrado. Entretanto, por ter sido descrito há poucos anos (MORATELLI ET AL., 2011), muito pouco se sabe sobre sua história natural, incluindo distribuição geográfica, assim como ainda não foi definido seu status de conservação.

2.4 FAUNA AQUÁTICA

2.4.1 PEIXES, MOLUSCOS E CRUSTÁCEOS

De acordo com SANTOS & SAMPAIO (2013), os estuários estão entre os mais produtivos e complexos ecossistemas costeiros do mundo e têm sido um dos ambientes mais favoráveis à ocupação humana, pois agrupam a disponibilidade de água doce e alimentos e a facilidade de transporte. Nesse contexto, a pesca artesanal desenvolvida em região estuarina exerce um relevante papel no contexto econômico e social de comunidades tradicionais, tornando-se fundamental para a subsistência dos pescadores e de suas famílias (BARROS ET AL., 2000; SOUZA & NEUMANN-LEITÃO, 2000; COSTA-NETO, 2001; ALVES & NISHIDA, 2003; NASCIMENTO & SASSI, 2007; SILVA ET AL., 2007; RAMIRES ET AL., 2012; LIMA & VELASCO, 2012).

A rotina dos pescadores em convivência com o ambiente natural assegura um conhecimento acurado quanto à classificação, ao comportamento, à biologia e à utilização dos recursos naturais da região onde vivem (MOURÃO & NORDI, 2003; FADIGAS & GARCIA, 2012), gerando informações importantes que podem subsidiar uma grande variedade de ações de pesquisa, conservação e manejo dos estoques pesqueiros (PORCHER ET AL., 2010; ROSA ET AL., 2011; FADIGAS & GARCIA, 2012 apud SANTOS & SAMPAIO, 2013). As comunidades de peixes foram consideradas por Karr (1998) como sentinelas do ecossistema, por refletirem os impactos causados na qualidade ambiental dos rios.

Entre as principais ações antropogênicas que impactam os ecossistemas de estuários estão a introdução de espécies invasoras, a pesca predatória e a poluição por esgotos de diversas origens, que contribuem para a diminuição da diversidade e da estabilidade desse ambiente (SUHOGUSOFF & PILIACKAS, 2007). Além desses fatores, FERREIRA (2010) indica que a estrutura das comunidades de peixes sofre alterações na composição de acordo com presença ou não de mata ripária.

O Complexo Estuarino-Lagunar Mundaú-Manguaba (CELMM) é uma das mais importantes áreas úmidas da costa nordeste do Brasil, apresentando grande relevância histórica, turística, cultural, biológica e pesqueira (COSTA, 1980; SILVA & PEREIRA-BARROS, 1987; TEIXEIRA & FALCÃO, 1992; TEIXEIRA & SÁ, 1998). Porém, já há muitos anos, o CELMM sofre impactos de diversas origens, em geral associados à urbanização desordenada e irregular, como a favelização de áreas marginais, o lançamento de esgotos domésticos e industriais não tratados, o assoreamento, ocorrência de cheias (MARQUES, 1991; AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2006; MELO-MAGALHÃES ET AL., 2009; SILVA & SOUZA 2009). Também, a pesca ilegal, associada ao aumento da pressão pesqueira para atender às necessidades alimentares da população crescente, tem contribuído para o declínio dos estoques nativos, afetando o modo de vida nas comunidades banhadas pelas lagoas Mundaú e Manguaba (COSTA, 1980; MARQUES, 1991; AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2006).

Além dos fatores associados à urbanização desordenada, outro fator relevante para a degradação do ecossistema é que desde sua nascente, a lagoa Mundaú recebe efluentes de diferentes indústrias sucroenergéticas associadas às áreas rurais do entorno (SILVA & SOUZA, 2009).

Nos trabalhos de campo realizados pela TPF em janeiro de 2022, todos esses impactos foram verificados e confirmados por meio de observações e questionários informais realizados nas comunidades de pescadores e coletores de moluscos e crustáceos.

Ainda de acordo com SANTOS & SAMPAIO (2013), a riqueza de espécies na lagoa Mundaú é relativamente bem conhecida. Para o CELMM, COSTA (1980) registrou 53 famílias e 95 espécies; MARQUES (1991), cerca de 80 espécies, e TEIXEIRA & FALCÃO (1992) registram 39 famílias e 86 espécies de teleósteos demersais. Durante entrevistas Santos & Sampaio (2013) registraram 41 etnoespécies, ou seja, espécies conhecidas de peixes segundo o nome popular. Entre as citadas, destacam-se a tainha

(*Mugil liza* Valenciennes, 1836), o curimã (*Mugil curema* Valenciennes, 1836) e o boca de cavalo (*Anchovia clupeioides* Swainson, 1839), por apresentarem valor comercial. Em 2008, a tainha foi a espécie de maior importância nos desembarques para o estado de Alagoas, com cerca de 2.500 t anuais (IBAMA/SEAP/PROZEE, 2008).

A grande maioria dos peixes da família Mugilidae habitam regiões tropicais e subtropicais, são peixes euritérmicos e eurialinos, estuarino-dependentes, ou seja, necessitam dos estuários para alimentação e crescimento, realizando migrações reprodutivas entre o mar e o estuário. Quando atingem a maturidade sexual migram para os ambientes marinhos costeiros para desovar, retornando ao estuário após a desova. No Brasil, ocorre apenas o gênero *Mugil*, conhecidos tainhas e curimãs. Trata-se de um gênero comumente explorado para pesca artesanal na costa brasileira. A espécie *Mugil liza* é a mais explorada, por atingir maior tamanho, peso (pode chegar a 8 kg) e preço.

Porém, mesmo sendo consideradas abundantes na lagoa Mundaú, percebe-se no discurso dos entrevistados que, ao longo do tempo, houve redução na produção pesqueira. De acordo com o relato dos moradores (...) o peixe está se acabando, mas tainha e curimã ainda têm muito, a gente sempre pega, mas não como antes. Hoje a gente pega de 10 a 15 kg de tainha em uma semana, antigamente era 10 kg em um lance de minjuada, mas em comparação com os outros peixes, tem muita. [sic] (J.B., 68 anos).

Já o mandim (*Cathorops spixii* Spix & Agassiz, 1829), o mororó (*Gobionellus oceanicus* Pallas, 1770) e o morongo (*Gobioides broussonnetii* Lacepède, 1800) são espécies de baixo valor de mercado, todavia de grande valor social, pois são acessíveis à comunidade de baixa renda, sendo, muitas vezes, comercializados secos e salgados. O mandim era o peixe mais comum da lagoa Mundaú segundo Costa (1980), que relatou ocasiões em que esse peixe chegou a aborrecer os pescadores, que veem suas redes repletas pelo referido peixe, tendo que abandonar a pescaria para desmalhá-los, a cerca de 40 anos.

Atualmente, durante a verificação de campo realizada, os pescadores citaram os seguintes peixes nativos que ainda podem ser encontrados (janeiro de 2022) na Lagoa Mundaú: Tainha (*Mugil liza*), Curimã (*Mugil curema*), Boca de cavalo (*Anchovia clupeioides*), Mandim (*Cathorops spixii*), Mororó (*Gobionellus oceanicus*) e o Morongo (*Gobioides broussonnetii*). No entanto, várias espécies de peixes exóticos já são

encontradas atualmente na lagoa como: a Tilápia (*Oreochromis niloticus*), os Tucunarés (*Cichla* spp.), o Bagre africano (*Clarias* sp.) e a Pirambeba (*Serrasalmus branditi*). Ecologicamente, a introdução de espécies exóticas é outro fator apontado por MIRANDA (2012) para a diminuição e desaparecimento de espécies nativas, justificado pelas relações de competição e predação, além da destruição do hábitat e locais de desova.

MARCHETTI & MOYLE (2001) e CASATTI et al. (2009) afirmam que a manutenção da vegetação ripária é um importante fator contribuinte da qualidade ambiental, promovendo diversificação do hábitat e estruturação das assembleias de peixes em riachos. SILVA (2020), reforça essa afirmação a partir dos seus estudos de Avaliação Ambiental Integrada em Córregos Inseridos no Complexo Estuarino Lagunar Mundaú-Manguaba – CELMM, constatou que as condições ecológicas nos riachos do CELMM estão fortemente ligadas ao uso da terra e que ambientes com cobertura vegetal (arbórea ou gramínea), têm maior riqueza de espécies, já os ambientes com influência de efluentes urbanos tem alta abundância percentual do lebiste ou *Poecilia reticulata*, ressaltando que para melhorar os resultados biológicos no CELMM, é fundamental a restauração de fragmentos florestais e proteção dos corpos hídricos que atuam nesta unidade hidrográfica.

Dentro do contexto dos estudos de SILVA (2020), o autor também realizou um estudo sobre a como a estrutura da comunidade de peixes atua na detecção de perturbação ambiental em riachos inseridos na drenagem do Complexo Estuarino Lagunar Mundaú-Manguaba – CELMM. Nesse estudo, o autor realizou o levantamento de descritores físicos, químicos e biológicos de 24 córregos inseridos no CELMM e analisou a sua relação com a estruturação das comunidades de peixes por trechos. Os resultados apontam a espécie *Anablepsoides bahianus* relacionada aos solos cobertos por vegetação arbórea; *Geophagus brasiliensis*, *Leporinus piau* e *Prochilodus brevis* aos cobertos por vegetação gramínea; e *Poecilia reticulata* e *Oreochromis niloticus* aos riachos com influência urbana. Os trechos foram separados em três eixos: o primeiro representado pelos solos de cobertura arbórea, onde as espécies *A. bahianus* e *Astyanax* cf. *bimaculatus* foram associadas com os descritores substrato rocha e oxigênio dissolvido. O segundo eixo, representado pelos trechos com cobertura de gramíneas, onde as espécies *Serrapinus piaba* e *G. brasiliensis* estiveram associadas aos descritores profundidade do canal e substrato areia. O terceiro eixo, representado

pelos trechos de solo exposto, onde as espécies *P. reticulata* e *O. niloticus* estão relacionadas com as variáveis bioquímicas nitrato, mercúrio e coliformes. No mesmo eixo, a espécie *Poecilia vivipara* estava relacionada ao ferro.

No total, foram coletados 33.191 exemplares de peixes, pertencentes a nove ordens, 17 famílias, 22 gêneros e 24 espécies (Tabela 2-3).

Tabela 2-3 - Abundância de espécies de peixes do CELMM de acordo com as três classificações espaciais de uso e ocupação do solo. Arbo - solo com vegetação arbórea, Gram - solo com vegetação arbustiva e gramíneas e Exp - solo com estrutura urbana e solo exposto. * espécies não nativas.

Fonte: Silva, 2020.

ORDEM	FAMÍLIA	ESPÉCIE	REFERÊNCIAS
Characiformes	Anostomidae	<i>Leporinus piau</i> Fowler, 1941	Silva (2020).
	Characidae	<i>Astyanax cf. bimaculatus</i> (Linnaeus, 1758)	Silva (2020).
		<i>Hyphessobrycon eques</i> (Steindachner, 1882)*	Silva (2020).
		<i>Psellogrammus kennedyi</i> (Eigenmann, 1903)	Silva (2020).
		<i>Serrapinnus piaba</i> (Lütken, 1875)	Silva (2020).
		<i>Serrasalmus branditi</i> Lütken, 1875	Santos e Sampaio (2013)
	Erythrinidae	<i>Hoplias aff. malabaricus</i> (Bloch, 1794)	Silva (2020).
		<i>Hoplias cf. brasiliensis</i> (Spix & Agassiz, 1829)	Silva (2020).
	Lebiasinidae	<i>Nannostomus beckfordi</i> Günther, 1872	Silva (2020).
Siluriformes	Prochilodontidae	<i>Prochilodus brevis</i> Steindachner, 1875	Silva (2020).
	Ariidae	<i>Cathorops spixii</i> Spix & Agassiz, 1829	Santos e Sampaio (2013)
	Callichthyidae	<i>Callichthys callichthys</i> (Linnaeus, 1758)	Silva (2020).
	Loricariidae	<i>Parotocinclus cf. jumbo</i> Britski & Garavello, 2002	Silva (2020).
	Heptapteridae	<i>Rhamdia aff. quelen</i> (Quoy & Gaimard, 1824)	Silva (2020).
Gymnotiformes	Gymnotidae	<i>Gymnotus cf. darwini</i> Campos-da-Paz & de Santana, 2019	Silva (2020).
Cyprinodontiformes	Poeciliidae	<i>Poecilia vivipara</i> Bloch & Schneider, 1801	Silva (2020).
	Cynolebiidae	<i>Poecilia reticulata</i> Peters, 1859*	Silva (2020).
		<i>Anablepsoides bahianus</i> Huber, 1990	Silva (2020).
Syngnathiformes	Syngnathidae	<i>Microphis lineatus</i> (Kaup, 1856)	Silva (2020).
Gobiiformes	Gobiidae	<i>Awaeus tajasica</i> (Lichtenstein, 1822)	Silva (2020).
	Eleotridae	<i>Eleotris pisonis</i> (Gmelin, 1789)	Silva (2020).
Synbranchiformes	Synbranchidae	<i>Synbranchus aff. madeirae</i> Rosen & Rumney, 1972	Silva (2020).
Anabantiformes	Osphronemidae	<i>Trichopodus trichopterus</i> (Pallas, 1770)*	Silva (2020).
Perciformes	Cichlidae	<i>Cichlasoma orientale</i> Kullander, 1986	Silva (2020).
		<i>Geophagus cf. brasiliensis</i> (Quoy & Gaimard, 1824)	Silva (2020).
		<i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus, 1758)*	Silva (2020); Santos e Sampaio (2013)
	Gobiidae	<i>Gobionellus oceanicus</i> Pallas, 1770	Santos e Sampaio (2013)
		<i>Gobioides broussonnetii</i> Lacépède, 1800	Santos e Sampaio (2013)
	Haemulidae	<i>Haemulopsis corvinaeformis</i> (Steindachner, 1868)	Teixeira e Falcão (1992)
	Sciaenidae	<i>Larimus breviceps</i> (Cuvier, 1830)	Teixeira e Falcão (1992)
		<i>Paralanchurus brasiliensis</i> (Steindachner, 1875)	Teixeira e Falcão (1992)
		<i>Stellifer brasiliensis</i> (Schultz, 1945)	Teixeira e Falcão (1992)
		<i>Stellifer rastriifer</i> (Jordan, 1889)	Teixeira e Falcão (1992)
		<i>Stellifer stellifer</i> (Bloch, 1790)	Teixeira e Falcão (1992)
Mugiliformes	Mugilidae	<i>Mugil liza</i> Valenciennes, 1836	Santos e Sampaio (2013)
		<i>Mugil curema</i> Valenciennes, 1836	Santos e Sampaio (2013)
Clupeiformes	Engraulidae	<i>Anchovia clupeoides</i> Swainson, 1839	Santos e Sampaio (2013)
	Pristigasteridae	<i>Chirocentrodon bleekermanus</i> (Poey, 1867)	Teixeira e Falcão (1992)
		<i>Pellona harroweri</i> (Fowler, 1917)	Teixeira e Falcão (1992)
Rhinopristiformes	Pristidae	<i>Pristis perotteti</i> Müller & Henle, 1841	Santos e Sampaio (2013)

A coleta de mariscos e crustáceos (exceto os camarões) é considerada uma das principais atividades extrativistas da Lagoa Mundaú, sendo a forma de coleta realizada de forma manual, ou usando recipientes (baldes e latas de metal) furados para dragar o sedimento e separar a areia/lama.

Segundo Pereira-Barros & Pereira-Barros, (1987) o principal recurso pesqueiro da região não é um peixe, mas um molusco, o sururu (*Mytella falcata*), cujos bancos que se formam principalmente na Lagoa de Mundaú, e criam microhabitats à parte, cuja complexidade deve contribuir com a distribuição e a abundância de vários organismos.

Assim, os mariscos (Filo Mollusca) diagnosticados na lagoa pelas entrevistas em campo pelo TPF (2022) foram os seguintes: Sururu-de-manta ou de pasta (*Mytella charruana*), Sururu-de-dedo ou bico-de-ouro (*Mytella guyanensis*), Ostra do mangue (*Crassostrea rhizophorae*) e o Maçunim (*Anomalocardia Brasiliiana*).

Já os crustáceos identificados na lagoa foram: Guaiamúm (*Cardisoma guanhumi*), Siri-azul (*Callinectes sapidus*), Camarão-branco (*Litopenaeus schmitti*), Camarão-rosa (*Farfantepenaeus subtilis*) e o Camarão-sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*).

A Figura 2-7 apresentada abaixo mostra a localização das áreas de extração de mariscos na Lagoa Mundaú, apontadas pelos pescadores durante a visita técnica.

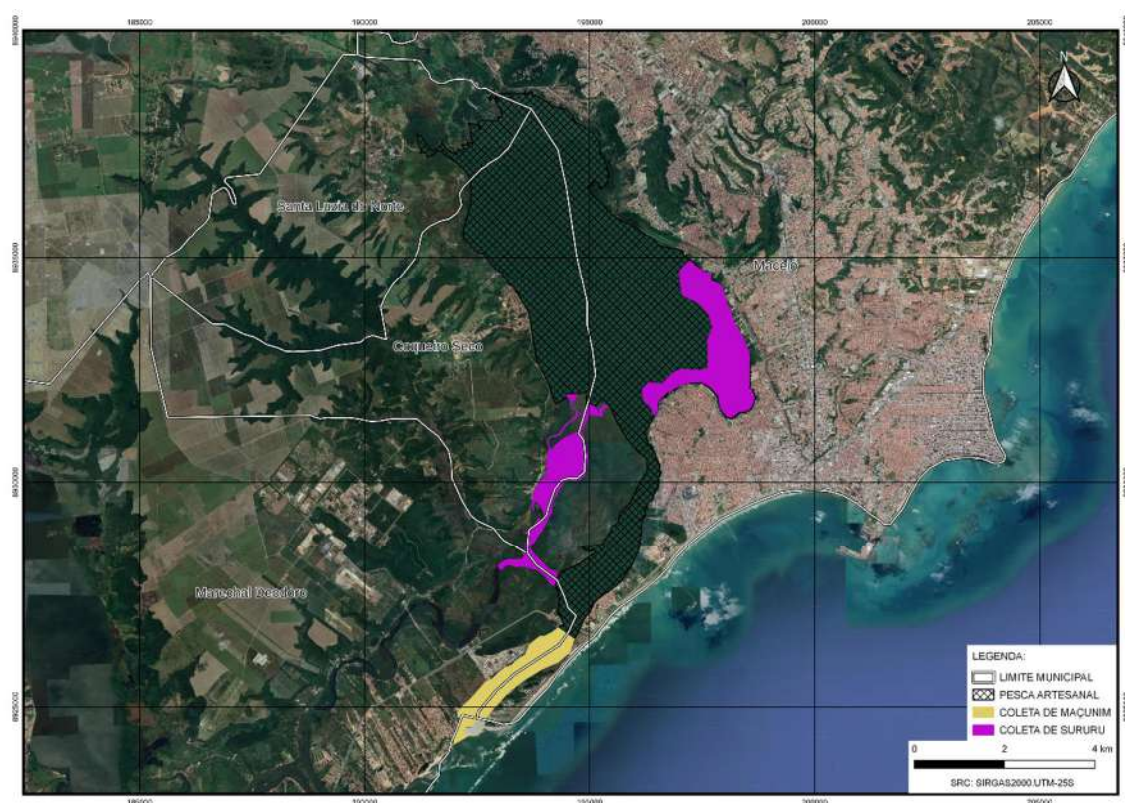


Figura 2-7 - Mapa da Lagoa Mundaú com as áreas de pesca de Sururu e macuim

Fonte: TPF Engenharia (2022)

2.4.2 ZOOPLÂNTON

Nos ecossistemas aquáticos, mudanças na composição de espécies de pequeno tamanho e organismos de rápida reprodução com amplo poder de dispersão como os organismos planctônicos, têm sido considerados entre os primeiros e mais sensíveis em resposta ecossistêmica a stress antropogênico (SCHINDLER, 1987).

Apesar do elevado potencial como indicadores de alterações ambientais e de possuírem importante papel na transferência de energia e ciclagem de nutrientes em ecossistemas aquáticos, as assembleias de zooplâncton são pouco usadas como indicadores de impacto dos ecossistemas (STEMBERGER & LAZORCHAK, 1994).

O estudo do zooplâncton pode ajudar no monitoramento dos efeitos poluidores de despejos domésticos e industriais (MARTINS *et al.* 2006), pois esses organismos possuem grande sensibilidade ambiental e respondem a diversos tipos de impactos, tanto pela alteração na sua quantidade como na composição e diversidade da

comunidade (Martins *et al.* 2006). Em pesquisas com impactos ambientais em ambientes aquáticos, o conhecimento do zooplâncton é fundamental, pois além de ser um elo importante na transferência de energia na rede trófica, responde também rapidamente às modificações ambientais, sendo excelentes bioindicadores (GALDINO *et al.* 2007).

Assim, de acordo com o diagnóstico recente realizado por Macias (2018), a riqueza de espécies da comunidade zooplancônica do CELMM foi baixa, foram identificadas seis espécies, divididos em dois filos, quatro ordens e quatro famílias. Ocorreram apenas duas espécies de Copepoda, uma da ordem Cyclopoida – cf. Apocyclops – e uma da Ordem Calanoida; duas espécies de Cladocera – *Moina minuta* Hansen (1899) e *Ceriodaphnia cornuta* Sars (1885); e duas espécies de Rotífera – *Brachionus plicatilis* Müller, 1786 e *Brachionus calyciflorus* Pallas, 1766. Para o grupo Copepoda, foi identificada a fase larval náuplio pequeno e a fase juvenil copepodito. A densidade total da comunidade zooplancônica do CELMM apresentou o mesmo padrão nas duas estações (seca e chuvosa), com menor densidade na área A1 e maior densidade na área A2 (Figura 2-8); não houve diferenças estatisticamente significativas entre as áreas, nem entre as estações. Os copépodos foram os organismos que contribuíram com a maior parte da densidade (66% na estação seca e 77% na chuvosa), seguidos pelos rotíferos (29% na seca e 23% na chuvosa) e cladóceros (5% na seca e menos que 1% na estação chuvosa).

Pelas avaliações e diferenças na densidade e composição do zooplâncton foi possível conferir o efeito do gradiente de poluição por esgoto no período chuvoso nas áreas avaliadas. A área A2 apresentou estados eutróficos a super eutróficos. Por outro lado, a área A1 apresentou estado oligotrófico.

As variáveis preditoras mais importantes foram oxigênio dissolvido (associado com as densidades do *B. calyciflorus* e de cf. *Apocyclops*) e a temperatura d'água (relacionada com a densidade dos cladóceros) para um lado; e condutividade para o outro lado (associada com a densidade de *B. plicatilis* e *Calanoida* sp1).



Figura 2-8 - Pontos de coleta de zooplâncton na Lagoa Mundaú

Fonte: Macias, 2018.

Segundo Olivera & Kjerfve (1993), o tempo de residência das águas na Lagoa Mundaú é de uma a duas semanas, e na Lagoa Manguaba é de cinco a sete semanas. Assim, a diferença na temperatura encontrada entre as áreas pode ser explicada à luz do tempo de residência das águas. As menores temperaturas foram registradas nas áreas A1 e A2, ou seja, no canal conector, que recebe influência mais direta da maré; e a margem esquerda da Lagoa Mundaú. A diferença encontrada entre os valores de temperatura no CELMM segundo a estação deve-se ao aumento da precipitação e diminuição da radiação solar durante a estação chuvosa, como reportado por Oliveira & Kjerfve (1993); mas também pela variação de outras temperaturas como a da água dos rios que drenam o complexo, do fluxo da água do mar e do ar, como reportam Lira *et al.* (1978). Segundo Prado (1999) a concentração de oxigênio dissolvido em um corpo d'água pode ajudar a determinar a sua qualidade. Assim, quanto menor a concentração de oxigênio dissolvido, pode-se inferir que mais poluído é o corpo hídrico; a redução dessa concentração, segundo Campos *et al.* (2000), pode ser decorrente da oxidação da matéria orgânica (e.g. esgotos e efluentes industriais) introduzida, por meio da

decomposição. Estes argumentos podem explicar os menores valores de oxigênio dissolvido registrados nas áreas A1 e A2 na estação chuvosa, onde há a maior quantidade de esgoto urbano do CELMM, no entanto, também há maior quantidade e capacidade de diluição da água. As diferenças encontradas segundo a estação podem ser entendidas em função da maior concentração de matéria orgânica na estação seca, com maiores taxas de decomposição e consequente maior consumo de oxigênio dissolvido.

Em relação ao pH, a diferença entre os valores de pH entre as áreas, deve-se ao aumento observado na área A2 (Mundaú-Coqueiro Seco), que pode ser explicado em função do despejo de esgoto na Lagoa Mundaú; das duas áreas avaliadas a área A2 seria a mais poluída pela influência da margem oposta onde está a cidade de Maceió. No entanto, observa-se a necessidade de mais pontos na Lagoa Mundaú, pois, é evidente pela localização que os resultados em A1 são diferenciados e melhores que A2, visto que A1 possui uma maior e significativa influência marinha.

Segundo o mapa batimétrico do CELMM apresentado por de Brito Jr. *et al.* (2018), a área A1, o canal conector, é o compartimento mais profundo ($\approx 9,7$ m). Os valores de profundidade registrados no respectivo estudo apresentam uma tendência semelhante à descrita anteriormente. O canal conector próximo à entrada da Lagoa Mundaú serve como um filtro dinâmico, reduzindo as flutuações e as correntes das marés dentro da lagoa (Kjerfve & Magill, 1989; de Brito Jr. *et al.* 2018). A diferença encontrada entre o canal conector (A1) e as áreas restantes (A2) na estação chuvosa, pode explicar-se pela hidrodinâmica do sistema, esta região é mais profunda devido ao intercâmbio da água que entra e sai do sistema e esse fluxo diminui os processos de sedimentação.

Foi possível conferir o efeito do gradiente de poluição por esgoto no período chuvoso nas áreas avaliadas. Os pontos das áreas A2, apresentaram estados eutróficos a supereutróficos. Conforme Lamparelli (2004), estes pontos eutróficos e supereutróficos podem apresentar produtividade em relação às condições naturais, menores valores de transparência, aumento da concentração de nutrientes derivados de atividades antrópicas, afetar negativamente a qualidade d'água; e podem apresentar florações de algas. A área A2 recebe o esgoto de Coqueiro Seco, mas também tem influência do esgoto de Maceió. O padrão do índice de estado trófico encontrado no presente estudo, coincide com o reportado por Melo-Magalhães *et al.* (2009) e Cotovicz

Jr *et al.* (2012), que apontam que as duas lagoas estão poluídas, e que a Lagoa Mundaú está mais eutrofizada que a Lagoa Manguaba. O número de habitantes/km² por cidade, sem contar Maceió, reflete as áreas que apresentaram os maiores valores de índices de estado trófico.

Por outro lado, a área A1 apresentou estado oligotrófico, conforme Lamparelli (2004), os pontos oligotróficos podem apresentar produtividade baixa. Este resultado pode ser entendido à luz da troca de água do CELMM com o ambiente marinho. Brito Jr *et al.* (2018) investigaram a importância das marés para a troca de água na Lagoa Mundaú, que apresenta um sistema de entrada e canal muito dinâmico. Segundo Brito Jr *et al.* (2018), o tempo de descarga da Lagoa de Mundaú é de 12,6 dias durante a maré de quadratura (lua no quarto minguante/crescente), e de 5,7 dias durante a maré de sizígia (lua cheia/nova), onde ocorrem maiores amplitudes da maré, havendo uma troca de água mais pronunciada. Assim, infere-se que o ingresso da maré, permite diluir a concentração de matéria orgânica contida no esgoto que entra ao CELMM na área do canal conector da Lagoa Mundaú (A1).

Finalmente, à luz dos resultados obtidos, Macias (2018) conclui que tanto as características limnológicas, como a densidade da comunidade zooplanctônica em diferentes escalas, estão sendo afetadas negativamente pelo despejo de esgoto doméstico (não tratado), e pelos processos hidrodinâmicos do Complexo Lagunar Estuarino, como o efeito de tamponamento da maré, o tempo de residência das águas, e o regime de precipitação.

- Existem diferenças nos fatores físicos e químicos da água, pH, temperatura, oxigênio dissolvido, condutividade, profundidade, salinidade e clorofila-a, sob o gradiente de poluição antrópica. Existem diferenças nos fatores físicos e químicos da água, pH, temperatura, oxigênio dissolvido e condutividade, sob a escala temporal. Existem diferenças nas densidades dos estágios Copepodito e Copepoda; e nas seis espécies que compõem a comunidade, sob o gradiente de poluição antrópica. Existem diferenças nas densidades dos estágios náuplio pequeno, Copepodito e Copepoda; e nos copépodes, cf. *Apocyclops* e *Calanoida* sp1; e nos cladóceros, *M. minuta* e *C. cornuta*, sob a escala temporal.

- O gradiente de poluição antrópica afeta o nível trófico das lagoas que compõem o CELMM, a área menos impactada pela eutrofização é a A1 devido a processos hidrodinâmicos do sistema.
- Na estação seca houve associação entre: o oxigênio dissolvido e as espécies *B. calyciflorus* e cf. *Apocyclops*; a temperatura e *M. minuta* e *C. cornuta*; a condutividade e as espécies *B. plicatilis* e *Calanoida* sp1. Na estação chuvosa houve associação entre: a condutividade e a salinidade e as espécies *B. calyciflorus* e cf. *Apocyclops*; a temperatura e a clorofila-a e as espécies *B. plicatilis* e *Calanoida* sp1. Por fim, sugere-se que as escalas, fase de desenvolvimento e espécie, permitem detectar as alterações de origem antrópico (eutrofização artificial) ou natural (gradiente de salinidade por influência da maré). O autor, Macias (2018), sugere que seja feito dois grupos de resposta às alterações: - Os organismos tolerantes às alterações (Copepodito, Copepoda adulto, *B. plicatilis* e *B. calyciflorus*. - Os organismos mais sensíveis às alterações (cf. *Apocyclops*, *Calanoida* sp1, *Moina minuta*, e *Cerodaphnia cornuta*).

3 ASPECTOS DO MEIO SOCIOECONÔMICO

Este capítulo apresenta o Diagnóstico do Meio Socioeconômico do Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica Ambiental (EVTE) para a Dragagem da Lagoa Mundaú. Os dados empregados no presente diagnóstico visam a assegurar uma avaliação dos aspectos sociais e principais modos de vida, econômicos e demográficos, considerando ainda as condições históricas de uso e ocupação da região e as possíveis interferências e repercussões que uma eventual dragagem poderia impor para região e sua população.

3.1 ORGANIZAÇÃO POLÍTICO-ADMINISTRATIVA

O diagnóstico foi elaborado com base em dados secundários, principalmente nas informações do Censo 2010 (IBGE, 2010) e primários a partir de avaliações em campo, por meio de campanha realizada em fevereiro de 2022.

A área do entorno da Lagoa Mundaú situa-se totalmente no estado de Alagoas, abrangendo os municípios de Marechal Deodoro, Coqueiro Seco, Santa Luiza do Norte e a capital alagoana, Maceió. (Figura 3-1).



Figura 3-1: Delimitação dos municípios localizados no entorno da Lagoa Mundaú.

Fonte: TPF Engenharia (2022).

Para a avaliação populacional foram selecionados os setores censitários dos municípios de: Maceió, especificamente os bairros do Pontal da Barra, Trapiche da Barra, Vergel do Lago, Levada, Ponta Grossa, Bom Parto, Bebedouro, Fernão Velho e Rio Novo (margeantes da Laguna Mundaú), excluindo apenas o bairro do Mutange da análise, visto que sua população foi realocada; Marechal Deodoro; Coqueiro Seco; e Santa Luzia do Norte.

Também foram utilizadas como fontes de informação os dados secundários do Atlas do Desenvolvimento Humano Municipal, Secretaria de Estado do Planejamento e Gestão (SEPLAG), Departamento de Estradas de Rodagem (DER), entre outros, a fim de ilustrar as condições de vida da população, suas principais características sociais, além da identificação e caracterização da infraestrutura existente no que concerne à prestação de serviços urbanos básicos, saneamento, sistema viário de transportes, demanda de empregos e estrutura comunitária.

3.2 CARACTERIZAÇÃO SOCIOECONÔMICA DAS ÁREAS DO ENTORNO DA LAGUNA MUNDAÚ

3.2.1 USO E OCUPAÇÃO DO ENTORNO DA LAGOA

A área objeto deste capítulo corresponde a toda a área ocupada pela Lagoa Mundaú, e conseqüentemente, os municípios que fazem parte do entorno (Figura 3-1). Para o município de Maceió foram excluídos os bairros que não fazem margem com a lagoa, acrescido do bairro do Mutange, que teve sua população realocada.

Ao se observar as imagens de satélite nota-se que a Lagoa Mundaú se caracteriza por dois tipos de uso principais, o uso urbano em toda a mancha urbana de Maceió que margeia a Lagoa e os uso rural, principalmente marcados pela agricultura canavieira e extensas áreas de mata ciliar e de encosta, associadas aos municípios de Marechal Deodoro, Coqueiro Seco e Santa Luiza do Norte (Figura 4-1). Manchas de manguezais e vegetação associada são evidenciadas no interior da Lagoa, ao sul, áreas denominadas como “ilhas” pela população local.

Assim, a margem associada à Maceió possui uma população significativa e parte dos impactos dessa população acabam por vir parar na Lagoa por falta de estrutura de saneamento básico, coleta de resíduos sólidos, entre outros. A margem associada aos municípios de Coqueiro Seco, Marechal Deodoro e Santa Luzia do Norte, detém uma população mais reduzida.

Tabela 3-1: População estimada para 2021.

MUNICÍPIO	POPULAÇÃO (2010)	POPULAÇÃO ESTIMADA (2021)
Maceió	932.748	1.031.597
Coqueiro Seco	5.526	5.882
Marechal Deodoro	45.977	52.848
Santa Luzia do Norte	6.891	7.344

Fonte: IBGE. Instituto Brasileiro de Biogeografia e Estatística. População. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/al/>. Acesso em: 13 de abr. de 2022.

As áreas localizadas nos bairros de Maceió detêm um grande adensamento populacional, principalmente por se tratar de uma região de uso majoritariamente residencial e comercial. Já nas áreas dos demais municípios limítrofes, a densidade populacional é considerada de baixo adensamento populacional, como encontrado em Santa Luzia do Norte/AL, Coqueiro Seco/AL e Marechal Deodoro/AL. Segundo os dados dos setores censitários do IBGE, em 2010, as áreas de entorno detinham um contingente populacional de 123.616 habitantes. O Tabela 3-2 apresenta o número de moradores de cada localidade.

Tabela 3-2: Número de moradores dos municípios* e bairros do entorno da Laguna Mundaú.

MUNICÍPIO/ BAIRRO	NÚMERO DE MORADORES
Pontal da Barra	2.458
Trapiche da Barra	25.231
Vergel do Lago	31.453
Ponta Grossa	21.778
Levada	10.820
Bom Parto	12.827
Bebedouro	9.977
Fernão Velho	5.746
Rio Novo	1.093
Santa Luzia do Norte*	241
Coqueiro Seco*	384
Marechal Deodoro*	1.608
TOTAL	123.616

Fonte: Setores censitários do IBGE (2010).

Associados a alta produtividade das regiões estuarinas, as margens da lagoa também são caracterizadas pela moradia de pescadores e catadores de mariscos e crustáceos.

Visando um melhor conhecimento da situação atual no tocante aos aspectos socioambientais e as formas de uso da lagoa pela população, foram realizadas vistorias expeditas em toda a área do entorno da Lagoa Mundaú. Foram identificados locais com criações de animais, comunidades da orla lagunar de baixa renda ocupando moradias sem infraestrutura sanitária e a deposição de resíduos sólidos de forma desordenada no solo.

Durante a visita técnica foi constatada a presença, em diversos pontos ao redor da lagoa, de resíduos sólidos de composição diversa, entre eles: plástico, isopor, papel, cascas de mariscos, animais mortos, resíduos domiciliares, borracha, vidro, entre outros.

O serviço de coleta de lixo realiza-se tanto por meio de veículos de coleta quanto utilizando-se depósitos fixos (caçambas, lixeiras etc.). Contudo, um número significativo de domicílios declarou despejar seus resíduos nos canais e na Lagoa Mundaú (MACEIÓ, 2017).

A Figura 3-2 abaixo apresenta parte da orla lagunar de Coqueiro Seco, onde é possível observar a variedade de resíduos ocupando a margem da lagoa.



Figura 3-2: Registro fotográfico da presença de resíduos sólidos na margem da orla de Coqueiro Seco/AL.

Fonte: TPF Engenharia (2022)

A Figura 3-3 mostra imagens do bairro Mutange cuja população foi totalmente realocada por recomendação da defesa civil e onde se prevê a demolição das estruturas.



Figura 3-3: Registros fotográficos da área da encosta do bairro Mutange, sem moradores.

Fonte: TPF Engenharia (2021).

A região da Orla Lagunar, na porção de Maceió, é habitada por uma população de baixa e baixíssima renda, que ali se fixaram por ser um local que permitia aos moradores possibilidades de renda e sobrevivência, devido à proximidade ao centro da cidade e exploração da própria lagoa através da pesca (Maceió, 2017).

No estudo de Avaliação dos Impactos Ambientais, para o Programa de Requalificação Urbana e Ambiental da Orla Lagunar, realizado pela Prefeitura de Maceió e que abrangeu os bairros do Bom Parto, Bebedouro, Mutange e Levada foram identificados locais com criações de animais, comunidades da orla lagunar de baixa renda ocupando moradias sem infraestrutura sanitária e a deposição de resíduos sólidos de forma desordenada no solo (MACEIÓ, 2017).

3.2.2 BASE ECONÔMICA E MODOS DE VIDA

- Pesca e Extrativismo

A pesca e o extrativismo de moluscos e crustáceos configuram como as mais importantes atividades econômicas das populações do redor da Lagoa e determinam seus modos de vida. Estima-se que 4 mil famílias de pescadores obtêm destas lagoas o seu sustento e que, completando-se as ligações indiretas representadas pelo setor de

serviço, cerca de 100 mil pessoas vivem na dependência desse ambiente (SOUZA et al., 2004).

A Lagoa Mundaú é ecossistema rico e abundante em recursos pesqueiros, onde o sururu (*Mytella falcata* Orbigny, 1846) é usado para preparar o prato típico da região e, mais que os peixes propriamente ditos, representa o maior volume de produção pesqueira (MARQUES, 1991).



Figura 3-4: Estrutura familiar presente na atividade de beneficiamento do sururu.

Fonte: TPF Engenharia (2022).

A atividade de pesca desenvolvida pelas comunidades é artesanal e caracteriza-se pelo trabalho familiar, no qual os homens são predominantes e atuam, principalmente, na captura do pescado, enquanto o beneficiamento de moluscos, crustáceos e a salga dos peixes são realizados tipicamente pelas mulheres (SANTOS; SAMPAIO, 2013).

As embarcações utilizadas pelas comunidades para a pesca, em sua maioria, são as canoas construídas em uma única peça de jaqueira (*Artocarpus heterophyllus* Lamarck) ou de visgueiro (*Parkia pendula* (Willd.) Benth. ex Walp.) (Figura 3-5). Outras embarcações como o “bote” feito em madeira e isopor, e o “barco de voga” conhecido como “tilapeiro” também são encontrados nas comunidades (SANTOS; SAMPAIO, 2013).

Como atratores de pesca, que são as estruturas usadas como locais de abrigos artificiais e locais de alimentação para os peixes, a caiçara é a mais utilizada, sendo composta por galhos de árvores concentrados em um único ponto é a técnica mais

utilizada. Cada caiçara tem um responsável, que faz a vigília para garantir que os peixes ali atraídos sejam pescados por ele. O tempo de permanência da caiçara até a despesca é de 3 a 6 meses. As “pitimbóias” são atratores compostos por galhos e presos em uma escaca. Sua utilização é igual ao da caiçara, o de fornecer abrigo artificial e local de alimentação para siri e camarões (Figura 3-6).



Figura 3-5: Embarcação do tipo “canoa”, registrada na orla lagunar de Coqueiro Seco/AL.

Fonte: TPF Engenharia (2022).

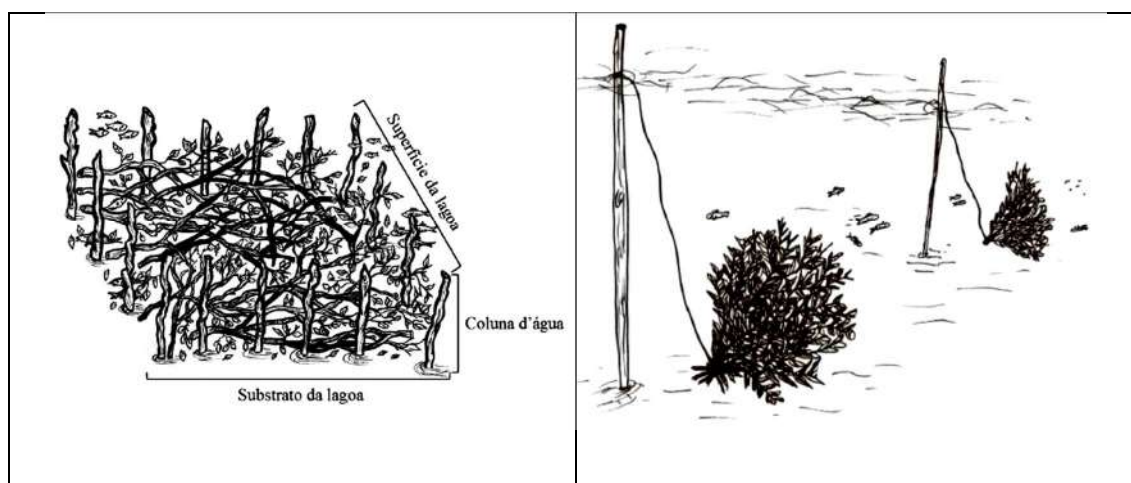


Figura 3-6: Desenho esquemático de uma caiçara (esquerda) e da pitimbóia (direita).

Fonte: SANTOS; SAMPAIO (2013).

Já como petrechos utilizados na pesca passiva, ou seja, aquela em que a armadilha permanece implantada no local de 8 a 12h consecutivas têm-se: as redes-de-

espera (com 2m de altura e comprimento variável) (Figura 3-7) e o covo (para pesca de camarões) (Figura 3-8). Como petrechos ativos têm-se o jereré, reduchos e as tarrafas (Figura 3-10).

Alguns desses petrechos são estritamente proibidos o uso (Art. 26 do Código de Caça e Pesca - Decreto nº 23.672/34), como o arrasto de fundo com o reducho de malha fina, com abertura de 7 a 15mm; e também a “pesca de batida”, que consiste em colocar uma rede de pesca cercando a vegetação marginal e bater com madeira a fim de espantar os peixes abrigados nessas áreas.



Figura 3-7: Petrecho de pesca do tipo rede-de-espera.

Fonte: TPF Engenharia (2022).



Figura 3-8: Petrecho de pesca do tipo covo.

Fonte: TPF Engenharia (2022).



Figura 3-9: Petrecho de pesca usado para cercamento das caiçaras.

Fonte: TPF Engenharia (2022).



Figura 3-10: Petrecho de pesca do tipo tarrafa.

Fonte: TPF Engenharia (2022).

- **Comércio e Turismo**

O comércio e o turismo também possuem um papel bastante relevante no entorno da Lagoa Mundaú, tendo grande representatividade para a cidade de Maceió. Em Maceió, a produção e a comercialização de artesanatos confeccionados em palha, cerâmica, madeira, couro, casca de coco e fibra de bananeira é bastante dinâmica e bem representada no bairro do Pontal da Barra (Figura 3-11).

Neste bairro também se localizam as rendeiras, com suas rendas típicas e características. Famoso por seu bordado único, o “filé”, além de outros bordados como

a renda e o labirinto é uma das principais fontes de renda das comunidades e insere-se entre as atividades do mercado informal do município.

A culinária é outro ponto forte de representação no bairro do Pontal da Barra. Diversos restaurantes se especializaram em vender comidas elaboradas com frutos do mar, sendo um atrativo turístico para quem visita as praias do litoral sul alagoano.



Figura 3-11: Lojas de comercialização do artesanato no bairro Pontal da Barra.

Fonte: TPF Engenharia (2022).

A comercialização de passeios turísticos na Lagoa Mundaú também está presente no bairro Pontal da Barra (Figura 3-12). Na rua principal do bairro há diversas empresas de turismo que exploram o passeio de catamarã pelas 9 ilhas (regiões de manguezais e ecossistemas associados), todas localizadas na lagoa. O passeio tem início no bairro do Pontal, segue pelas ilhas e tem como ponto de parada a “Prainha”, uma estreita faixa de restinga localizada na desembocadura da Lagoa Mundaú. No bairro do Pontal da Barra também são encontrados píeres e marinas onde usuários da lagoa guardam suas embarcações. Também é possível alugar embarcações para passeios privados.



Figura 3-12: Empresas do Pontal da Barra que oferecem alimentação, passeio para as 9 ilhas da Lagoa Mundaú e guarda de embarcações.

Fonte: TPF Engenharia (2022).

3.3 INFRAESTRUTURA

3.3.1 ABASTECIMENTO D'ÁGUA

Com relação ao abastecimento d'água, a maioria da população pertencente às áreas do entorno da Laguna Mundaú são abastecidos pela rede geral de água (28.837 ou 82%) disponibilizada pela empresa BRK Ambiental, já 481 moradias (correspondente a 1%) são abastecidas por meio de água de poço ou nascente na propriedade, 600 moradias (correspondente a 2%) são abastecidos por meio de cisternas e 5268 moradias (correspondente a 15%) são abastecidas por meio de outras formas de abastecimento, tais como poço ou nascente fora da propriedade ou caminhão pipa, por exemplo (Figura 3-13). A Figura 3-14 apresenta a representatividade das formas de abastecimento d'água existente nas residências para cada município/ bairro.

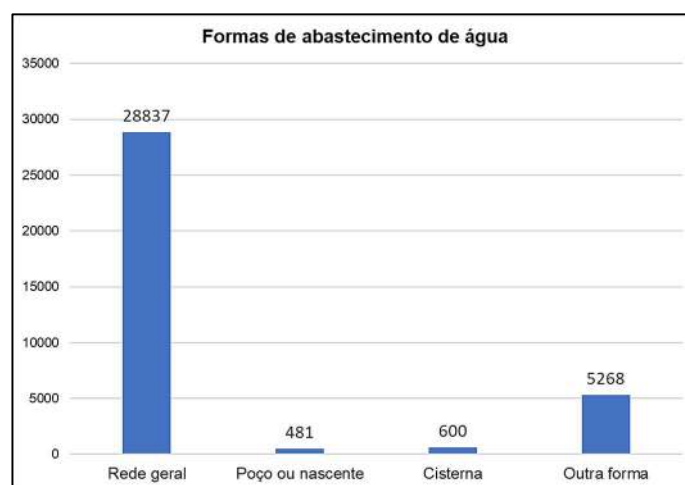


Figura 3-13: Formas de abastecimento d'água existente existentes nas áreas do entorno da Laguna Mundaú.

Fonte: TPF Engenharia (2021).

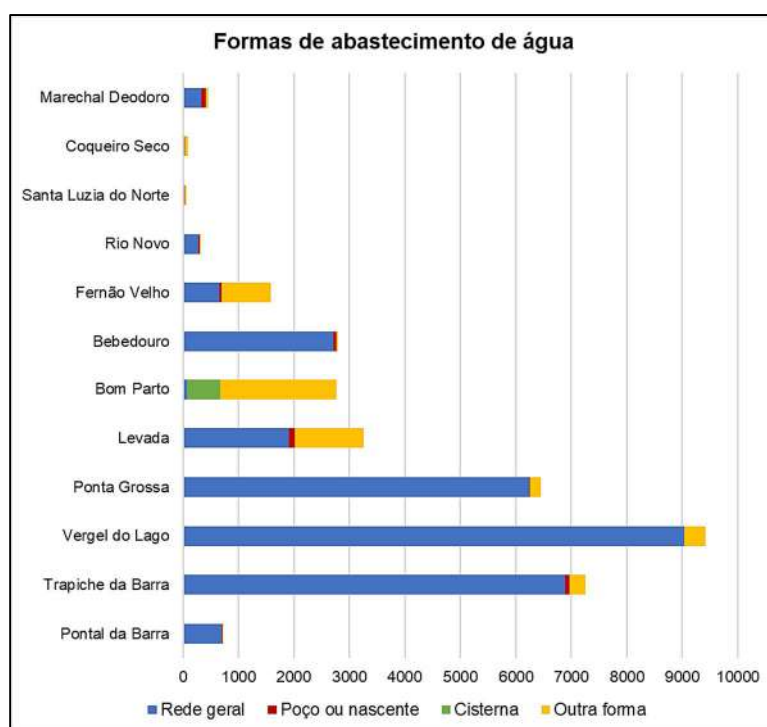


Figura 3-14: Representatividade das formas de abastecimento d'água existente nas residências.

Fonte: TPF Engenharia (2021).

3.3.2 RESÍDUOS SÓLIDOS

Com relação à coleta e destinação final dos resíduos sólidos gerados pela população das áreas do entorno da Laguna Mundaú, 29.501 moradias (correspondente a 85%) é atendida pelo serviço de coleta pública da Prefeitura que posteriormente encaminha para a Central de Tratamento de Resíduos (CTR) de Maceió.

Moradias que tem seus resíduos coletados em Caçamba de serviço de limpeza são 3.633 (correspondente a 10,5%). Os que declararam que os resíduos eram Queimados na propriedade foram 205 (ou o correspondente a 0,6%); 137 moradias (ou 0,4%) declararam enterrar os resíduos na propriedade; 491 moradias (ou 1,4%) declararam jogar em terreno baldio ou logradouro; 107 moradias (ou 0,3%) declararam jogar em rio, lago ou mar, e 632 moradias (ou 1,8%) informaram dar outro destino do lixo (Figura 3-15).

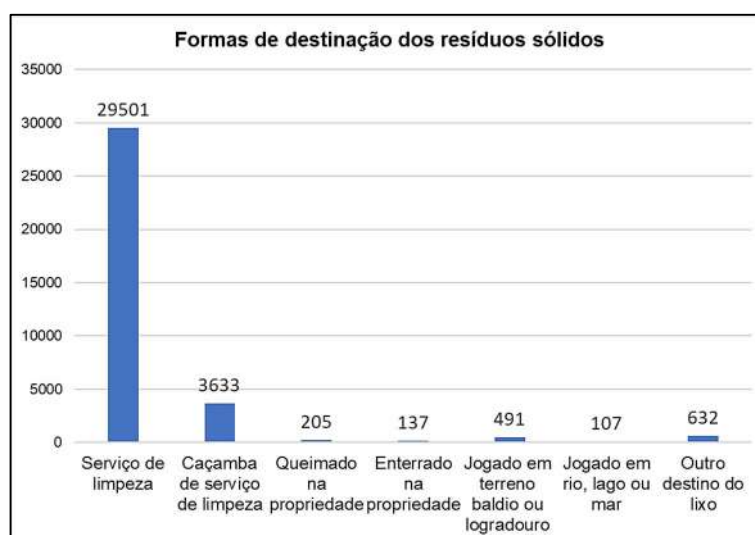


Figura 3-15: Formas de destinação dos resíduos sólidos das moradias.

Fonte: TPF Engenharia (2021).

Estas destinações de queima e despejo em rio, lago, mar, terrenos baldios, se aparentam como um grave problema socioambiental, considerando que a fumaça oriunda das queimadas, produzem particulados que comprometam à saúde da população, contribuindo veementemente para a poluição dos ambientes.

A Figura 3-16 apresenta a representatividade dos tipos de destinação dos resíduos sólidos para cada município/ bairro.

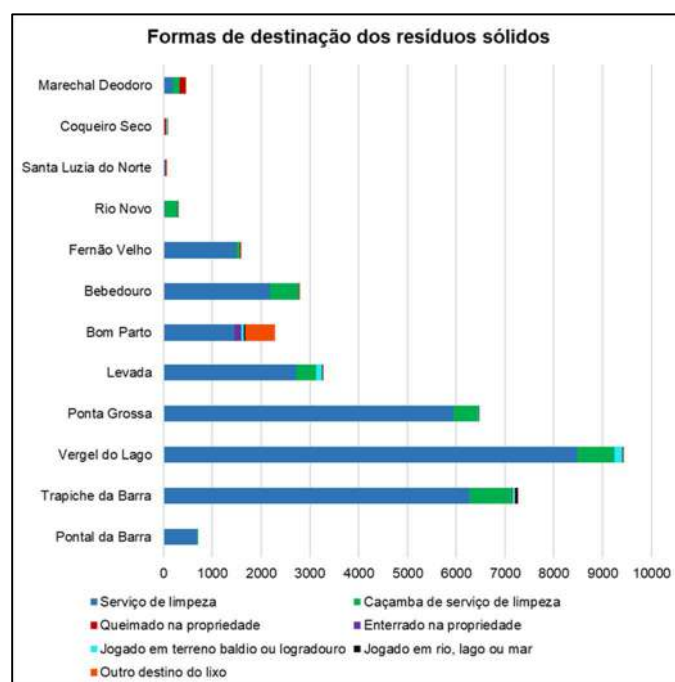


Figura 3-16: Representatividade das formas de destinação dos resíduos sólidos das moradias.

Fonte: TPF Engenharia (2021).

3.3.3 ESGOTAMENTO SANITÁRIO

O aumento da urbanização da região acarreta a constante adequação da sua infraestrutura no que diz respeito ao saneamento básico, que acaba sendo um dos maiores problemas encontrados na maioria das cidades brasileiras.

As residências das áreas do entorno da Laguna Mundaú dispõem 11.354 domicílios (ou 36,1%) com o sistema de esgotamento sanitário ligado a Fossa rudimentar. Outras 9.927 moradias são ligadas a Rede geral de esgotos (ou 31,5%). As ligações em fossa séptica correspondem a 5.350 moradias (ou 17%); ligados em Vala são 2.006 moradias (6,4%).

Ao todo 1.690 moradias (ou 5,4%) declararam que não possuem sistemas de esgotamento sanitário; 966 moradias (ou 3,1%) despejam no Rio, lago ou mar, e 180 moradias (ou 0,6%) declararam que despejam em outro escoadouro (Figura 3-17). A Figura 3-18 apresenta a representatividade das formas de esgotamento sanitário existentes nas moradias para cada município/ bairro.



Figura 3-17: Formas de esgotamento sanitário existentes nas moradias.

Fonte: TPF Engenharia (2021).

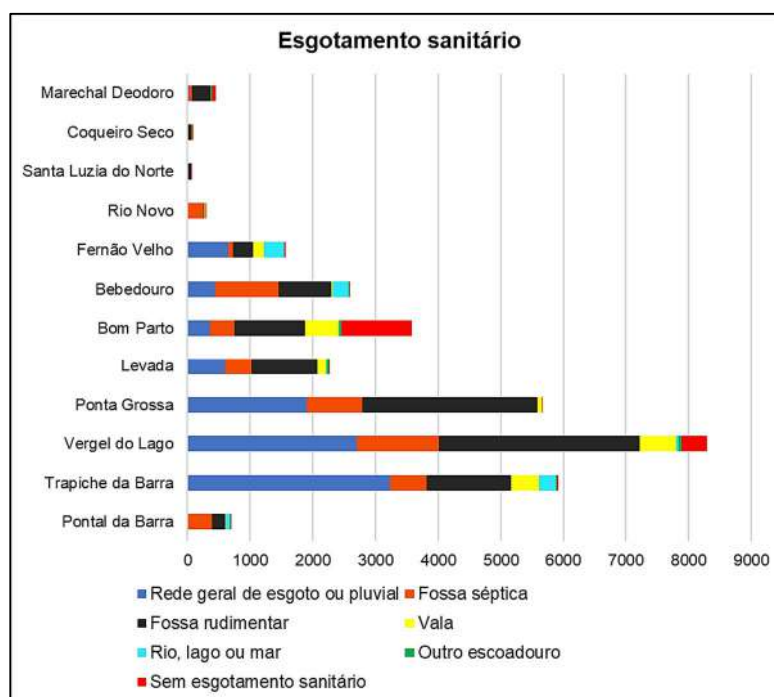


Figura 3-18: Representatividade das formas de esgotamento sanitário existentes nas moradias.

Fonte: TPF Engenharia (2021).

3.3.4 ENERGIA ELÉTRICA

O fornecimento de energia elétrica na região ocorre pela concessionária Equatorial Energia, que atualmente atende as áreas de influência do estudo.

4 ASPECTOS LEGAIS

4.1 ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE E UNIDADES DE CONSERVAÇÃO

Considerando a abordagem municipal da Legislação, consta no código ambiental de Maceió, que toda a região da laguna Mundaú é área de preservação permanente, prevista na Lei 4.548/96, incluindo a vegetação do entorno da Lagoa, a vegetação remanescente de mata atlântica em todo o município de Maceió e as ilhas pertencentes à Lagoa (Artigo 66º).

De acordo com a Secretaria Municipal de Proteção do Meio Ambiente de Maceió, (SEMPMA), além de equipes de fiscalização em solo no entorno da "Lagoa Mundaú", há o trabalho na água, com duas motos aquáticas e uma lancha para identificar efluentes vindos de estabelecimentos comerciais ou residências. Ainda de acordo com a SEMPMMA, “também é realizado o monitoramento de áreas de manguezal para verificar se há supressão obras de construção irregulares nas margens da lagoa, e feito acompanhamento para identificar avanço para as margens da Lagoa com atividades que configuram crime ambiental como o assoreamento – a prática criminosa de depositar sedimentos que acaba por desregular fluxo de águas e que está associada a enchentes e alagamentos. Essas ações são passíveis de fiscalização com a expedição de auto de infração, com geração de multa, aos responsáveis”.

Considerando a Legislação Federal, toda a áreas de mangue e ecossistemas associados, restringa e as margens da Lagoa em 30 metros em áreas urbanas e 100 metros em áreas rurais também configuram Áreas de Preservação Permanente.

Assim, considerando o “Novo Código Florestal” de 2012 (Lei Federal 12.651 de 25 de maio de 2012), são APPs - Áreas De Preservação Permanente:

- **Lagos** (Artigo 4º da Lei Federal 12.651 de 25 de maio de 2012II - as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de: a) 100 (cem) metros, em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20 (vinte) hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros; b) 30 (trinta) metros, em zonas urbanas;

- **Manguezais e restinga** (Artigo 4º da Lei Federal 12.651 de 25 de maio de 2012, VI - as restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues; VII - os manguezais, em toda a sua extensão)

Também protegidos por lei são os terrenos da marinha, de acordo com a Legislação os terrenos da marinha pertencem à União e ocupam na costa marítima a linha compreendida a partir da linha da preamar até 33 metros em direção à terra. A linha da preamar, ou média das marés altas, deve ser considerada com base no Decreto-Lei 9760/46 referente ao ano de 1831. Também são considerados terrenos da marinha aqueles localizados nas margens de rios e lagoas que contornam ilhas sujeitas à influência das marés. Atualmente, uma emenda para retirada dessa Lei foi aprovada pela câmara dos deputados, mas tramita agora no Senado.

Além dessas restrições a área também está inserida em uma UC - Unidade de Conservação Federal, três UCs estaduais, uma UC municipal e uma UC particular, são elas (Figura 4-1):

4.1.1 UNIDADES DE CONSERVAÇÃO

- Federal

- APP do IBAMA (Decreto Federal nº 1.709 de 20 de novembro de 1995)

- Estadual

- Área de Proteção Ambiental (APA) do Catolé e de Fernão Velho (Lei Estadual nº 5347 de 27 de maio de 1992)

- Área de Proteção Ambiental (APA) de Santa Rita (Lei Estadual nº 4.607, de 19 de dezembro de 1984)

- Reserva Ecológica (RESEC) do Saco da Pedra (Decreto Estadual nº 6.274, de 05 de junho de 1985.

- Municipal

- Parque Municipal de Maceió (Lei Municipal nº 4952 do ano 2000)

- Particulares

- RPPN Tobogã (Portaria da IMA/AL nº 016/07 de 22.11.2000)

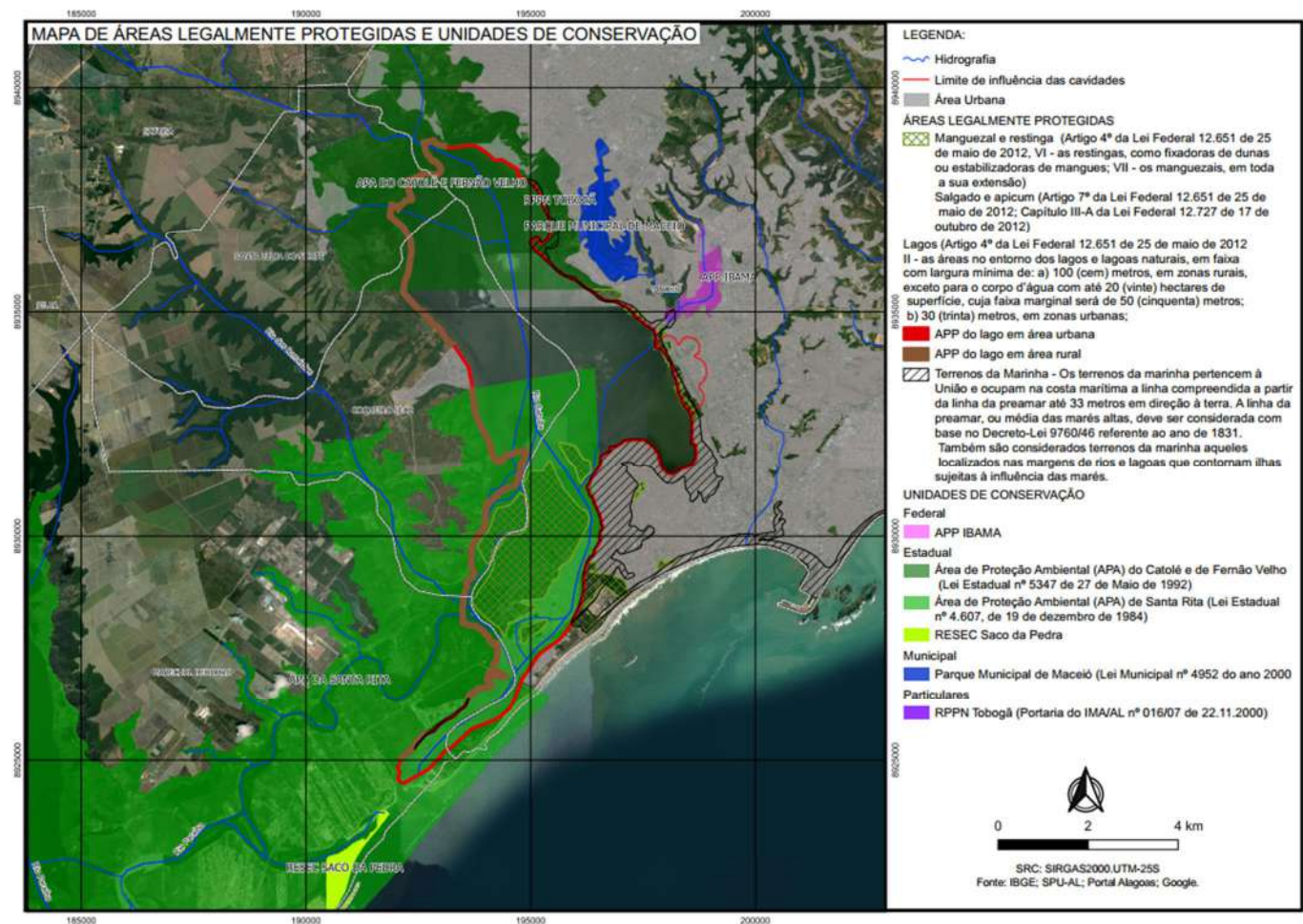


Figura 4-1 - Mapa de Áreas Legalmente Protegidas e Unidades de Conservação
Fonte: TPF Engenharia (2022)

02021-RTE-GER-V1-GER-001

4.2 LEGISLAÇÃO VIGENTE

4.2.1 RESOLUÇÕES DO CONAMA

- Licenciamento Ambiental

Resolução Conama nº 01/1988 - Dispõe sobre os critérios e procedimentos básicos para implantação do Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental, bem como a sua obrigatoriedade para os fins de elaboração dos estudos de impacto ambiental; e

Resolução Conama nº 237/1997 - Dispõe sobre conceitos, sujeição, e procedimento para obtenção de Licenciamento Ambiental, e dá outras providências.

- Flora e Fauna

Resolução Conama nº 28/1994 - Indica a vegetação primária e secundária nos estágios inicial, médio e avançado de regeneração da Mata Atlântica, a fim de nortear as formas de procedimentos de licenciamento de exploração de recursos florestais no estado de Alagoas;

Resolução Conama nº 388/2007 - Define sobre a convalidação das resoluções que determinam a respeito da vegetação primária e secundária nos estágios inicial, médio e avançado de regeneração da Mata Atlântica, com a finalidade exposta no Art. 4, § 1º da Lei nº 11.428, de 22/12/06.

- Recursos Hídricos

Resolução Conama nº 357/2005 - Dispõe a respeito da classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, como também delibera as condições e padrões de lançamento de efluentes. Foi alterada pela Resoluções Conama nº 370/2006; 397/2008; 410/2009. Complementada pela Resolução Conama nº 393/2007 e complementada e alterada pela Resolução Conama nº 430/2011.

- Controle da Poluição Sonora

Resolução Conama nº 01/1990 - Delibera sobre os critérios e padrões para todo o território nacional quanto à emissão de ruídos.

- Resíduos Sólidos

Resolução Conama nº 307/2002 - Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Alterada pelas Resoluções nº 469/2015; nº 448/2012; nº 431/2011; e nº 348/2004;

Resolução CONAMA nº 454/2012, a qual dispõe sobre as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional; e

Resolução CONAMA nº 420/2009, que dispõe acerca dos critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por estas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.

4.2.2 LEGISLAÇÃO FEDERAL

- Licenciamento Ambiental

Lei nº 6.938/1981 - Política Nacional de Meio Ambiente: institui a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) e definiu o licenciamento ambiental como um de seus instrumentos;

Lei Complementar nº 140/2011 - Editada para regulamentar o Art. 23 da Constituição Federal, fixou as normas de cooperação entre os entes federativos nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum relativas à proteção do meio ambiente. A respeito do licenciamento ambiental, ratificou e regulamentou as competências da União, Estados e Municípios, antes estabelecidas na Resolução Conama nº 237/1997;

Instrução Normativa IBAMA nº 04/2011 - Estabelece procedimentos para elaboração de Projeto de Recuperação de Área Degradada - PRAD ou Área Alterada, para fins de cumprimento da legislação ambiental, bem como dos Termos de Referência constantes dos Anexos I e II desta Instrução Normativa;

Instrução Normativa IBAMA nº 10/2013 - Regulamenta o Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental - CTF/AIDA, nos termos desta Instrução Normativa; e

Novo Código Florestal: Lei nº 12.651. - Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de

setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências.

- **Proteção do Meio ambiente**

Constituição Federal de 1988 - É de competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios proteger o meio ambiente e combater a poluição, em qualquer de suas formas, conforme descrito no Art. 23 da Constituição Federal de 1988. Em seu Art. 225, a Constituição Federal estabelece que “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”;

Lei Federal nº 9.605/1998 - Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências;

Lei nº 9.795/1999 - Determina com relação à Educação Ambiental e institui a Política Nacional de Educação Ambiental; e

Decreto nº 6.514/2008 - Dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações, e dá outras providências.

- **Unidades de Conservação**

Lei Federal nº 9.985/2000 - Dispõe sobre o Sistema Nacional das Unidades de Conservação; e

Decreto Federal nº 4.340/2002 - Regulamenta artigos da Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC, e dá outras providências.

- **Patrimônio Cultural, Turístico e Natural**

Decreto nº 80.978/1977 - Decreta a Convenção Relativa à Proteção do Patrimônio Mundial, Cultural e Natural, de 1972; e

Lei nº 7.347/1985 - Dispõe sobre a ação civil pública de responsabilidade por danos causados ao meio ambiente, ao consumidor, a bens e direitos de valor artístico, estético, histórico, turístico e paisagístico e dá outras providências.

- **Flora e Fauna**

Lei da Mata Atlântica - Lei nº 11.428/2006 - Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências;

Instrução Normativa MMA nº 01/2008 - Dispõe os procedimentos administrativos das entidades vinculadas ao Ministério do Meio Ambiente em relação ao embargo de obras ou atividades que impliquem no desmatamento, na supressão, bem como na degradação florestal, quando constatadas as infrações penais e administrativas contra a flora;

Portaria Ministério do Meio Ambiente - MMA nº 443/2014 - Reconhece como espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção aquelas constantes da "Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção" – Lista, conforme Anexo I da referida Portaria; e

Portaria Ministério do Meio Ambiente - MMA nº 444/2014 - Reconhece como espécies da fauna brasileira ameaçadas de extinção aquelas constantes da "Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção".

- Recursos Hídricos

Lei nº 9.433/1997 - Estabelece a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do Art. 21 da Constituição Federal e altera o Art. 1º da Lei nº 8.001/90, que modificou a Lei nº 7.990/89;

Lei nº 9.984/2000 - Delibera acerca da criação da Agência Nacional de Águas (ANA), entidade federal de implantação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de Coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos; e

Resolução CNRH nº 91/2008 - Dispõe sobre procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos.

Lei nº 10.257/2001 - Regulamenta Arts. 182 e 183 da Constituição Federal, que especificam a política urbana, e estabelece diretrizes gerais dessa política. Delibera sobre o Plano Diretor que é obrigatório para cidades com mais de 20 mil habitantes.

- Resíduos Sólidos

Lei nº 12.305/2010 - Política Nacional de Resíduos Sólidos - Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 e dá outras providências;

Decreto Federal nº 7.404/2010 - Regulamenta a Lei nº 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências;

Decreto Federal nº 9.177/2017: regulamenta o art. 33 da Lei nº 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, e complementa os art. 16 e art. 17 do Decreto nº 7.404/10 e estabelece normas para assegurar a isonomia na fiscalização e no cumprimento das obrigações imputadas aos fabricantes, aos importadores, aos distribuidores e aos comerciantes de produtos, seus resíduos e suas embalagens sujeitos à logística reversa obrigatória; e

Resolução Conama nº 275/2001 - Estabelece o código de cores para os diferentes tipos de resíduos, a ser adotado na identificação de coletores e transportadores.

4.2.3 LEGISLAÇÃO ESTADUAL

- Licenciamento ambiental

Lei nº 6.787/2006 – Delibera com relação a consolidação dos procedimentos adotados conforme ao licenciamento ambiental e as infrações. Alterada pela Lei Estadual nº 7.625, de 22 de maio de 2014;

Resolução CEPRAM nº 140/2015 – Determina as tipologias classificadas como Atividades de Impacto Local que serão sujeitas ao licenciamento ambiental. São sujeitas a aprovação do licenciamento através da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos – SEMARH, e do Instituto do Meio Ambiente – IMA/AL, e a Prefeitura Municipal de Maceió, através da Secretaria Municipal de Proteção do Meio Ambiente – SEMPMA;

Resolução CEPRAM nº 170/2015 – Dispõe a respeito do Licenciamento Ambiental considerando o potencial poluidor e a natureza os empreendimentos de pequeno e médio potencial de impacto ambiental;

Resolução CEPRAM nº 10/2018 – Define os procedimentos de aprovação dos processos de licenciamento de competência estadual, aprova a Listagem das Atividades Consideradas Potencialmente Causadoras de Degradação Ambiental passíveis de licenciamento ambiental pelo Instituto do Meio Ambiente do Estado de Alagoas – IMA/AL, e dá outras providências.

- **Proteção ao Meio ambiente**

Lei nº 4.090/1979 - Delibera a respeito à Proteção do Meio Ambiente do Estado de Alagoas;

Decreto nº 4.302/1980 (Regulamenta a Lei nº 4.090, de 05 de dezembro de 1979) - Estabelece sobre o Meio Ambiente no Estado de Alagoas, bem como dá providências correlatas. Alterado pelo Decreto nº 4.385/80, de 20/08/80, os Arts. 30, 32 e 34; e

Lei nº 6.011/1998 – Dispõe acerca das penalidades por infrações às normas legais de Proteção ao Meio Ambiente, assim como sobre os valores do sistema de licenciamento e dá outras providências.

- **Fauna e Flora**

Lei nº 5.854/1996 – Determina acerca da Política Florestal no Estado de Alagoas.

- **Recursos Hídricos**

Lei nº 5.965/1997 – Define com relação a Política Estadual de Recursos Hídricos, bem com institui o Sistema Estadual de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos e demais providências;

Decreto nº 37.784/1998 - Regulamenta sobre o Conselho Estadual de Recursos Hídricos;

Decreto nº 06/2001 - Estabelece a respeito do direito do uso de recursos hídricos e atos administrativos. O Decreto nº 170, de 31/05/02 altera os Art. 21 e 22 do primeiro Decreto mencionado; e

Decreto nº 658/2002 – Delibera sobre o Conselho Estadual de Recursos Hídricos, com as funções normativas e deliberativas pertinentes à formulação, implantação e acompanhamento da filosofia e da política de recursos hídricos do Estado.

- **Controle de Poluição do Ar e Sonora**

Lei nº 7.653/2014 - Dispõe sobre as atividades pertinentes ao controle da poluição atmosférica, padrões e gestão da qualidade do ar.

- Resíduos Sólidos

Lei nº 7.749/2015 - Dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos e Inclusão Produtiva, e dá outras providências; e

Decreto nº 61.571/2018 - Regulamenta o art. 4º da Lei Estadual nº 7.749, de 13 de outubro de 2015, que trata da criação do Sistema de Informação Estadual de Resíduos Sólidos, para instituir o Sistema de Gerenciamento Online de Resíduos Sólidos do Estado de Alagoas - SGORS/AL e dá outras providências.

4.2.4 LEGISLAÇÃO MUNICIPAL

Lei nº 4.214/1993 – Cria a Secretaria Municipal de Meio Ambiente, regulamenta o Conselho Municipal de Proteção Ambiental - COMPRAM e dá outras providências;

Lei nº 4.548/1996 – Institui o código municipal de meio ambiente e dispõe sobre a administração do uso dos recursos ambientais, da proteção da qualidade do meio ambiente, do controle das fontes poluidoras da ordenação do uso do solo do território do município de Maceió, de forma a garantir o desenvolvimento sustentável;

Decreto nº 6.228/2002 – Dispõe sobre o Conselho Municipal de Proteção Ambiental – COMPRAM, intitulado como órgão consultivo em questões referentes à preservação, conservação, defesa, recuperação e melhoria do meio ambiente natural, em todo o território do município de Maceió. Alterado pelo Decreto nº 6.269, de 06 de setembro de 2002, e pelo Decreto nº 6.561, de 26 de agosto de 2005;

Decreto nº 6.429/2004 – Dispõe sobre o funcionamento do Sistema Municipal de Meio Ambiente e dá outras providências;

Lei nº 5.486/2005 - Institui o plano diretor do município de Maceió, estabelece diretrizes gerais de política de desenvolvimento urbano e dá outras providências; e

Lei nº 5.593/2007 – Código de Urbanismo e Edificações do Município de Maceió.

ANEXO II - ORÇAMENTO E VIABILIDADE ECONÔMICA

Para a elaboração dos orçamentos das alternativas dos eventuais canais de dragagem, inclusive da operação atual de enchimento das cavidades das frentes de lavra mediante material sólido inerte advindo de jazidas comerciais, foram adotados custos unitários de bases orçamentárias oficiais, cotações de empresas especializadas e quantitativos fundamentados nos projetos e nas modelagens tridimensionais das operações de dragagem.

Dito isso, cabe mencionar a utilização das bases do Sistema de Custos Referenciais de Obras (SICRO) de outubro de 2021 e do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) de fevereiro de 2022, ambos referentes ao estado de Alagoas e as mais atualizadas quando da estruturação dos orçamentos.

Em relação ao BDI (Benefícios e Despesas Indiretas), foi aplicado um percentual de 35% sobre os custos diretos levantados.

Os orçamentos contemplaram três diferentes alternativas de eventual dragagem na Lagoa Mundaú, e ainda o cenário atual com uso de material 100% proveniente de jazidas. Essas diferentes perspectivas embasam a análise de viabilidade econômica a ser validada ao longo deste trabalho.

Nos itens a seguir, estão descritas as premissas usadas para o desenvolvimento da orçamentação.

1 ALTERNATIVA I

O orçamento da primeira alternativa de canal de eventual dragagem foi estruturado em quatro itens principais:

1. Mobilização / desmobilização;
2. Movimento de terra;
3. Transporte de material; e
4. Sinalização.

No primeiro item, é considerada a aquisição da área de bota-espera onde será armazenado o material eventualmente dragado, bem como sua limpeza no início da operação e no fim das atividades. Conta-se também com a demolição de estruturas existentes nessa área para possibilitar um armazenamento apropriado. A fim de

resguardar o material, é prevista a instalação de tapumes no perímetro dos trabalhos; naturalmente, está prevista a remoção dessas estruturas ao fim das operações.

Para o pleno funcionamento dos procedimentos de trabalho, é previsto um canteiro de obras para os serviços diários, além de um espaço destinado para tarefas de escritório. Com isso, contempla-se o pessoal responsável pela administração do canteiro.

Na fase de movimento de terra, é considerada a operação de eventual dragagem do material da lagoa, onde está incluída a draga, a embarcação empurradora, *booster* e demais itens necessários para as tarefas. Acrescentam-se os trabalhadores diretamente envolvidos na operação, assim como a equipe de apoio presente em campo.

Em relação ao transporte de material, considera-se o funcionamento de uma peneira linear e de uma esteira transportadora de areia para provisionar o material eventualmente dragado em local estabelecido para posterior carregamento em caminhões basculantes até o destino da operação.

O último item da estruturação do orçamento diz respeito à segurança das atividades de dragagem do canal. Nele, são levantados os itens de sinalização, compostos por boias fundeadas e lanternas com alcance luminoso para que a eventual dragagem seja feita de modo a proteger diuturnamente todos envolvidos nos trabalhos.

Assim sendo, no Quadro 23 a seguir pode-se verificar resumidamente os valores estimados para a Alternativa I, que tem duração prevista de 24 meses.

Quadro 23: Valores dos componentes do orçamento da Alternativa I

ITEM	DESCRIÇÃO	VALOR (R\$)
1.0	Mobilização / desmobilização	64.372.678,48
2.0	Movimento de terra	50.306.915,40
3.0	Transporte de material	59.161.165,87
4.0	Sinalização	53.087,82
-	Total	173.893.847,57

Fonte: TPF Engenharia (2022)

O valor total da alternativa, ao ser considerado um volume total de 3 mi de m³ previsto para o preenchimento das cavidades das frentes de lavra, se traduz em uma relação de 57,96 R\$/m³ de material.

2 ALTERNATIVA II

Seguindo a mesma estrutura de itens principais da Alternativa I, o canal de eventual dragagem localizado na Zona 2, por necessitar de material de jazida na mistura utilizada para preenchimento das cavidades das frentes de lavra, tem em seu orçamento diferenças relevantes quanto a seus subitens.

Além de se distinguir por conta de aspectos como área de bota-espera a ser adquirida e volume dragado, a distância de recalque e consequentemente o tipo de draga a ser eventualmente utilizada têm influência direta no tempo previsto para a conclusão das atividades, que devem durar em torno de 26 meses.

Outro fator importante se refere à necessidade de material sólido inerte na mistura para enchimento das cavidades, que será executada mediante a instalação de uma usina misturadora de solos. O terceiro item passa a considerar o fornecimento desse material por meio de jazidas, e, portanto, acrescentam-se estes volumes e o respectivo transporte no cálculo orçamentário. Os resultados obtidos podem ser verificados no Quadro 24.

Quadro 24: Valores dos componentes do orçamento da Alternativa II

ITEM	DESCRIÇÃO	VALOR (R\$)
1.0	Mobilização / desmobilização	61.764.275,76
2.0	Movimento de terra	34.902.288,36
3.0	Transporte de material	297.562.645,34
4.0	Sinalização	53.087,82
-	Total	394.282.297,28

Fonte: TPF Engenharia (2022)

Considerando um volume de 3 mi de m³ destinado às cavidades das frentes de lavra, chega-se a uma relação de 131,43 R\$/m³ de material a ser utilizado na segunda alternativa de canal de eventual dragagem.

3 ALTERNATIVA III

A terceira alternativa de canal de eventual dragagem foi estruturada em cinco itens principais, listados a seguir, visto que apresenta suas particularidades.

1. Mobilização / desmobilização;
2. Movimento de terra;
3. Transporte de material;
4. Drenagem e tratamento do material dragado; e
5. Sinalização.

O tipo de material e seu volume eventualmente dragado, assim como a distância de recalque definem o dimensionamento da draga eventualmente utilizada. Por estar situada em uma área de baixa concentração de areia, é a solução que mais necessita de material sólido inerte na mistura para as cavidades, o que aumenta substancialmente os custos relativos ao fornecimento desse item. Ao mesmo tempo, será demandada a instalação de uma usina misturadora de solos para processar a combinação dos materiais.

Outra peculiaridade do canal localizado na Zona 3 é a de que o material eventualmente dragado nessa região possui contaminantes. Devido a esse fato, faz-se necessário drenar a água contaminada e secar os sedimentos eventualmente dragados. Esse processo é realizado por meio de bolsas desidratadoras (*geobags*) instaladas sobre uma camada de brita acima de uma manta impermeabilizante. Para o deságue do fluido, deverá existir uma estação elevatória de esgoto (EEE), levando-o até uma estação de tratamento de esgoto (ETE), que deve ser dimensionada para receber aproximadamente 370 m³/h. A EEE, do mesmo modo que a ETE, foram estimadas com base em projetos similares que integram o portfólio da TPF Engenharia.

Esses procedimentos, que devem durar cerca de 32 meses, são refletidos nos resultados do Quadro 25.

Quadro 25. Valores dos componentes do orçamento da Alternativa III.

ITEM	DESCRIÇÃO	VALOR (R\$)
1.0	Mobilização / desmobilização	99.479.950,06
2.0	Movimento de terra	26.678.919,48

ITEM	DESCRIÇÃO	VALOR (R\$)
3.0	Transporte de material	498.331.066,03
4.0	Drenagem e tratamento do material dragado	184.691.804,25
5.0	Sinalização	53.087,82
-	Total	809.234.827,64

Fonte: TPF Engenharia (2022)

Tendo em consideração o mesmo volume de material das alternativas I e II, esses resultados mostram que o canal de eventual dragagem localizado na Zona 3 possui uma relação de 269,74 R\$/m³ de material para preencher as cavidades das frentes de lavra.

4 OPERAÇÃO ATUAL

Com o intuito de comparar os resultados das alternativas de eventual dragagem com o processo realizado atualmente, no qual jazidas fornecem 100% do material usado, foi elaborado um levantamento com os itens que o compõem.

A operação consiste na retirada de material de jazidas e transporte para o local de armazenamento para subsequente preenchimento das cavidades. O Quadro 26 exhibe o valor total estimado para esse procedimento.

Quadro 26: Valores dos componentes do orçamento da operação atual

ITEM	DESCRIÇÃO	VALOR (R\$)
1.0	Transporte de material	633.660.000,00

Fonte: TPF Engenharia (2022)

Da mesma forma que as alternativas anteriores, tendo em conta um volume de 3 mi de m³ destinado às cavidades das frentes de lavra, a relação encontrada é de 211,22 R\$/m³ de material.

ANEXO III – ANOTAÇÕES DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-PE

ART OBRA / SERVIÇO
Nº PE20220783537

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco

COMPLEMENTAR à
PE20210684073
EQUIPE - ART PRINCIPAL

1. Responsável Técnico

JOÃO JOAQUIM GUIMARÃES RECENA
Título profissional: **ENGENHEIRO CIVIL**

RNP: **1806405385**
Registro: **PE005101 PE**

Empresa contratada: **TPF ENGENHARIA LTDA**

Registro : **0000045444-PE**

2. Dados do Contrato

Contratante: **BRASKEM S.A.**
RUA ETENO
Complemento:
Cidade: **CAMAÇARI**

CPF/CNPJ: **42.150.391/0001-70**
Nº: **1.561**
Bairro: **POLO PETROQUÍMICO**
UF: **BA** CEP: **42810000**

Contrato: **4800000530** Celebrado em: **24/03/2021**
Valor: **R\$ 2.159.388,00** Tipo de contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Privado**
Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

AVENIDA MAJOR CÍCERO DE GÓES MONTEIRO
Complemento:
Cidade: **MACEIÓ**
Data de Início: **24/03/2021**
Finalidade: **Outro**
Proprietário: **BRASKEM S.A.**

Nº: **2.889**
Bairro: **MUTANGE**
UF: **AL** CEP: **57017515**
Coordenadas Geográficas: **0, 0**
Código: **Não Especificado**
CPF/CNPJ: **42.150.391/0001-70**

4. Atividade Técnica

10 - Coordenação	Quantidade	Unidade
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > ENGENHARIA COSTEIRA > AÇÕES DE ENGENHARIA EM ESTUÁRIOS E LAGUNAS > DE AÇÕES DE ENGENHARIA EM ESTUÁRIOS E LAGUNAS > #8.3.1.1 - EVOLUÇÃO DE SISTEMAS ESTUARINOS	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > ENGENHARIA COSTEIRA > AÇÕES DE ENGENHARIA EM PRAIAS E COSTAS > DE AÇÕES DE ENGENHARIA EM PRAIAS E COSTAS > #8.2.1.1 - SEDIMENTAÇÃO (EVOLUÇÃO MORFOLÓGICA E SEDIMENTOLÓGICA)	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > GEODÉSIA > GEOPROCESSAMENTO > #34.5.8 - DE BANCO DE DADOS GEOGRÁFICOS	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > GEODÉSIA > GEOPROCESSAMENTO > #34.5.4 - DE MAPEAMENTO TEMÁTICO	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > GEOLOGIA ECONÔMICA E PESQUISA MINERAL > PESQUISA MINERAL > #29.2.5 - DE LEVANTAMENTO GEOFÍSICO DE PROSPECÇÃO MINERAL	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > GEOLOGIA ECONÔMICA E PESQUISA MINERAL > PESQUISA MINERAL > #29.2.3 - DE MAPEAMENTO GEOLÓGICO	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > GEOLOGIA ECONÔMICA E PESQUISA MINERAL > PESQUISA MINERAL > #29.2.8 - DE MODELAGEM DE DEPÓSITOS E JAZIDAS MINERAIS	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > GEOTECNIA E GEOLOGIA DA ENGENHARIA > SONDAGENS > DE SONDAGEM GEOTÉCNICA > #3.2.1.2 - A PERCUSSÃO	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > GEOTECNIA E GEOLOGIA DA ENGENHARIA > SONDAGENS > DE SONDAGEM GEOTÉCNICA > #3.2.1.1 - A TRADO	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > MEIO AMBIENTE > GESTÃO AMBIENTAL > #7.6.7 - DE IMPACTO AMBIENTAL	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > MEIO AMBIENTE > MANEJO E GESTÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS > #7.3.3 - DE CARACTERIZAÇÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > METEOROLOGIA > CLIMATOLOGIA > DE ESTUDO CLIMATOLÓGICO > #41.2.4.2 - DE ÁREAS URBANAS	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > CANAIS > #5.4.2 - DE DRAGAGEM DE CANAIS	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > TOPOGRAFIA > LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS ESPECIAIS E NIVELAMENTOS DE PRECISÃO > #33.2.1 - DE LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO	8,00	h/d

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <http://crea-pe.sitac.com.br/publico>, com a chave: 7wZ60
Impresso em: 16/05/2022 às 17:45:18 por: , ip: 179.124.137.194





Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-PE

ART OBRA / SERVIÇO
Nº PE20220783537

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco

COMPLEMENTAR à
PE20210684073
EQUIPE - ART PRINCIPAL

43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > TOPOGRAFIA > LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS ESPECIAIS E NIVELAMENTOS DE PRECISÃO > #33.2.2 - DE LEVANTAMENTO ECOBATIMÉRICO

8,00

h/d

43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > GEOTECNIA E GEOLOGIA DA ENGENHARIA > SONDAGENS > DE SONDAGEM GEOTÉCNICA > #3.2.1.5 - SÍSMICA POR REFRAÇÃO

8,00

h/d

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

Coordenador Geral dos estudos técnicos para avaliar a viabilidade técnica e econômica para a utilização, no enchimento das cavidades decorrentes das frentes de lavra de sal gema que vier a ser realizado pelo Braskem, de material coletado na dragagem a ser eventualmente realizada na Lagoa Mundaú, possibilitando contribuir para o seu desassoreamento. 1º Termo Aditivo de Prazo.

6. Declarações

- Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei no. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio do Centro de Mediação e Arbitragem - CMA vinculado ao Crea-PE, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar

- Declaro que estou cumprindo as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

7. Entidade de Classe

NÃO OPTANTE

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima


JOÃO JOAQUIM GUIMARÃES RECENA - CPF: 070.411.104-78

_____, _____ de _____ de _____
Local data

BRASKEM S.A. - CNPJ: 42.150.391/0001-70

9. Informações

* Conforme Art. 4º da Resolução 1025/2009: O registro da ART efetiva-se após o seu cadastro no sistema eletrônico do CREA e o recolhimento do valor correspondente

10. Valor

Esta ART é isenta de taxa

Registrada em: 13/05/2022





Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-PE

ART OBRA / SERVIÇO
Nº PE20210684073

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco

SUBSTITUIÇÃO à
PE20210627499
EQUIPE - ART PRINCIPAL

1. Responsável Técnico

JOÃO JOAQUIM GUIMARÃES RECENA

Título profissional: **ENGENHEIRO CIVIL**

RNP: **1806405385**

Registro: **PE005101 PE**

Empresa contratada: **TPF ENGENHARIA LTDA**

Registro: **0000045444-PE**

2. Dados do Contrato

Contratante: **BRASKEM S.A.**

CPF/CNPJ: **42.150.391/0001-70**

RUA ETENO

Nº: **1.561**

Complemento:

Bairro: **POLO PETROQUÍMICO**

Cidade: **CAMAÇARI**

UF: **BA**

CEP: **42810000**

Contrato: **4800000530**

Celebrado em: **24/03/2021**

Valor: **R\$ 2.159.388,00**

Tipo de contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Privado**

Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

AVENIDA MAJOR CÍCERO DE GÓES MONTEIRO

Nº: **2.889**

Complemento:

Bairro: **MUTANGE**

Cidade: **MACEIÓ**

UF: **AL**

CEP: **57017515**

Data de Início: **24/03/2021**

Previsão de término: **24/03/2022**

Coordenadas Geográficas: **0, 0**

Finalidade: **Outro**

Código: **Não Especificado**

Proprietário: **BRASKEM S.A.**

CPF/CNPJ: **42.150.391/0001-70**

4. Atividade Técnica

10 - Coordenação	Quantidade	Unidade
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > ENGENHARIA COSTEIRA > AÇÕES DE ENGENHARIA EM ESTUÁRIOS E LAGUNAS > DE AÇÕES DE ENGENHARIA EM ESTUÁRIOS E LAGUNAS > #8.3.1.1 - EVOLUÇÃO DE SISTEMAS ESTUARINOS	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > ENGENHARIA COSTEIRA > AÇÕES DE ENGENHARIA EM PRAIAS E COSTAS > DE AÇÕES DE ENGENHARIA EM PRAIAS E COSTAS > #8.2.1.1 - SEDIMENTAÇÃO (EVOLUÇÃO MORFOLÓGICA E SEDIMENTOLÓGICA)	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > GEODÉSIA > GEOPROCESSAMENTO > #34.5.8 - DE BANCO DE DADOS GEOGRÁFICOS	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > GEODÉSIA > GEOPROCESSAMENTO > #34.5.4 - DE MAPEAMENTO TEMÁTICO	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > GEOLOGIA ECONÔMICA E PESQUISA MINERAL > PESQUISA MINERAL > #29.2.5 - DE LEVANTAMENTO GEOFÍSICO DE PROSPECÇÃO MINERAL	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > GEOLOGIA ECONÔMICA E PESQUISA MINERAL > PESQUISA MINERAL > #29.2.3 - DE MAPEAMENTO GEOLÓGICO	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > GEOLOGIA ECONÔMICA E PESQUISA MINERAL > PESQUISA MINERAL > #29.2.8 - DE MODELAGEM DE DEPÓSITOS E JAZIDAS MINERAIS	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > GEOTECNIA E GEOLOGIA DA ENGENHARIA > SONDAGENS > DE SONDAGEM GEOTÉCNICA > #3.2.1.2 - A PERCUSSÃO	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > GEOTECNIA E GEOLOGIA DA ENGENHARIA > SONDAGENS > DE SONDAGEM GEOTÉCNICA > #3.2.1.1 - A TRADO	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > MEIO AMBIENTE > GESTÃO AMBIENTAL > #7.6.7 - DE IMPACTO AMBIENTAL	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > MEIO AMBIENTE > MANEJO E GESTÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS > #7.3.3 - DE CARACTERIZAÇÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > METEOROLOGIA > CLIMATOLOGIA > DE ESTUDO CLIMATOLÓGICO > #41.2.4.2 - DE ÁREAS URBANAS	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > CANAIS > #5.4.2 - DE DRAGAGEM DE CANAIS	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > TOPOGRAFIA > LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS ESPECIAIS E NIVELAMENTOS DE PRECISÃO > #33.2.1 - DE LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO	8,00	h/d

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <http://crea-pe.sitac.com.br/publico>, com a chave: BbDww
Impresso em: 28/09/2021 às 16:30:30 por: , ip: 179.124.137.194

www.creape.org.br

creape@creape.org.br

Tel: (81) 3423-4383

Fax: (81) 3423-4383



CREA-PE
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia de Pernambuco





Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-PE

ART OBRA / SERVIÇO
Nº PE20210684073

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco

SUBSTITUIÇÃO à
PE20210627499
EQUIPE - ART PRINCIPAL

43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > TOPOGRAFIA > LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS ESPECIAIS E NIVELAMENTOS DE PRECISÃO > #33.2.2 - DE LEVANTAMENTO ECOBATIMÉRICO

8,00

h/d

43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > GEOTECNIA E GEOLOGIA DA ENGENHARIA > SONDAGENS > DE SONDAGEM GEOTÉCNICA > #3.2.1.5 - SÍSMICA POR REFRAÇÃO

8,00

h/d

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

Coordenador Geral dos estudos técnicos para avaliar a viabilidade técnica e econômica para a utilização, no enchimento das cavidades decorrentes das frentes de lavra de sal gema que vier a ser realizado pelo Braskem, de material coletado na dragagem a ser eventualmente realizada na Lagoa Mundaú, possibilitando contribuir para o seu desassoreamento.

6. Declarações

- Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei no. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio do Centro de Mediação e Arbitragem - CMA vinculado ao Crea-PE, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar

- Declaro que estou cumprindo as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

7. Entidade de Classe

NÃO OPTANTE

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

JOÃO JOAQUIM GUIMARÃES RECENA - CPF: 070.411.104-78

_____, _____ de _____ de _____
Local data

BRASKEM S.A. - CNPJ: 42.150.391/0001-70

9. Informações

* Conforme Art. 4º da Resolução 1025/2009: O registro da ART efetiva-se após o seu cadastro no sistema eletrônico do CREA e o recolhimento do valor correspondente

10. Valor

Esta ART é isenta de taxa

Registrada em: 28/09/2021

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <http://crea-pe.sitac.com.br/publico>, com a chave: BbDww
Impresso em: 28/09/2021 às 16:30:30 por: , ip: 179.124.137.194

www.creape.org.br
Tel: (81) 3423-4383

creape@creape.org.br
Fax: (81) 3423-4383



CREA-PE
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia de Pernambuco





Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-PE

ART OBRA / SERVIÇO
Nº PE20220783557

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco

COMPLEMENTAR à
PE20210684802
EQUIPE à PE20210684073

1. Responsável Técnico

RICARDO MEDEIROS PEREIRA DE CARVALHO

Título profissional: **ENGENHEIRO CIVIL**

RNP: **1801043159**

Registro: **PE017397 PE**

Empresa contratada: **TPF ENGENHARIA LTDA**

Registro : **0000045444-PE**

2. Dados do Contrato

Contratante: **BRASKEM S.A**

CPF/CNPJ: **42.150.391/0001-70**

RUA ETENO

Nº: **1.561**

Complemento:

Bairro: **POLO PETROQUÍMICO**

Cidade: **CAMAÇARI**

UF: **BA**

CEP: **42810000**

Contrato: **4800000530**

Celebrado em: **24/03/2021**

Valor: **R\$ 2.159.388,00**

Tipo de contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Privado**

Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

AVENIDA MAJOR CÍCERO DE GÓES MONTEIRO

Nº: **2.889**

Complemento:

Bairro: **MUTANGE**

Cidade: **MACEIÓ**

UF: **AL**

CEP: **57017515**

Data de Início: **24/03/2021**

Previsão de término: **24/03/2023**

Coordenadas Geográficas: **0, 0**

Finalidade: **Outro**

Código: **Não Especificado**

Proprietário: **BRASKEM S.A**

CPF/CNPJ: **42.150.391/0001-70**

4. Atividade Técnica

10 - Coordenação	Quantidade	Unidade
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > ENGENHARIA COSTEIRA > AÇÕES DE ENGENHARIA EM ESTUÁRIOS E LAGUNAS > DE AÇÕES DE ENGENHARIA EM ESTUÁRIOS E LAGUNAS > #8.3.1.1 - EVOLUÇÃO DE SISTEMAS ESTUARINOS	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > ENGENHARIA COSTEIRA > AÇÕES DE ENGENHARIA EM PRAIAS E COSTAS > DE AÇÕES DE ENGENHARIA EM PRAIAS E COSTAS > #8.2.1.1 - SEDIMENTAÇÃO (EVOLUÇÃO MORFOLÓGICA E SEDIMENTOLÓGICA)	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > GEODÉSIA > GEOPROCESSAMENTO > #34.5.8 - DE BANCO DE DADOS GEOGRÁFICOS	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > GEODÉSIA > GEOPROCESSAMENTO > #34.5.4 - DE MAPEAMENTO TEMÁTICO	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > GEOLOGIA ECONÔMICA E PESQUISA MINERAL > PESQUISA MINERAL > #29.2.5 - DE LEVANTAMENTO GEOFÍSICO DE PROSPECÇÃO MINERAL	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > GEOLOGIA ECONÔMICA E PESQUISA MINERAL > PESQUISA MINERAL > #29.2.3 - DE MAPEAMENTO GEOLÓGICO	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > GEOLOGIA ECONÔMICA E PESQUISA MINERAL > PESQUISA MINERAL > #29.2.8 - DE MODELAGEM DE DEPÓSITOS E JAZIDAS MINERAIS	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > GEOTECNIA E GEOLOGIA DA ENGENHARIA > SONDAGENS > DE SONDAGEM GEOTÉCNICA > #3.2.1.2 - A PERCUSSÃO	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > GEOTECNIA E GEOLOGIA DA ENGENHARIA > SONDAGENS > DE SONDAGEM GEOTÉCNICA > #3.2.1.1 - A TRADO	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > MEIO AMBIENTE > GESTÃO AMBIENTAL > #7.6.7 - DE IMPACTO AMBIENTAL	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > MEIO AMBIENTE > MANEJO E GESTÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS > #7.3.3 - DE CARACTERIZAÇÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > METEOROLOGIA > CLIMATOLOGIA > DE ESTUDO CLIMATOLÓGICO > #41.2.4.2 - DE ÁREAS URBANAS	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > CANAIS > #5.4.2 - DE DRAGAGEM DE CANAIS	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > TOPOGRAFIA > LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS ESPECIAIS E NIVELAMENTOS DE PRECISÃO > #33.2.1 - DE LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO	8,00	h/d

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <http://crea-pe.sitac.com.br/publico>, com a chave: 68cZ1
Impresso em: 16/05/2022 às 17:47:13 por: , ip: 179.124.137.194

www.creape.org.br

creape@creape.org.br

Tel: (81) 3423-4383

Fax: (81) 3423-4383



CREA-PE
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia de Pernambuco





Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-PE

ART OBRA / SERVIÇO
Nº PE20220783557

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco

COMPLEMENTAR à
 PE20210684802
 EQUIPE à PE20210684073

43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > TOPOGRAFIA > LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS ESPECIAIS E NIVELAMENTOS DE PRECISÃO > #33.2.2 - DE LEVANTAMENTO ECOBATIMÉRICO

8,00

h/d

43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > GEOTECNIA E GEOLOGIA DA ENGENHARIA > SONDAGENS > DE SONDAGEM GEOTÉCNICA > #3.2.1.5 - SÍSMICA POR REFRAÇÃO

8,00

h/d

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

Coordenador Adjunto dos estudos técnicos para avaliar a viabilidade técnica e econômica para a utilização, no enchimento das cavidades decorrentes das frentes de lavra de sal gema que vier a ser realizado pelo Braskem, de material coletado na dragagem a ser eventualmente realizada na Lagoa Mundaú, possibilitando contribuir para o seu desassoreamento. 1º Termo Aditivo de Prazo.

6. Declarações

- Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei no. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio do Centro de Mediação e Arbitragem - CMA vinculado ao Crea-PE, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar

- Declaro que estou cumprindo as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

7. Entidade de Classe

NÃO OPTANTE

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

RICARDO MEDEIROS PEREIRA DE CARVALHO - CPF: 499.674.364-68

_____, _____ de _____ de _____
 Local data

BRASKEM S.A - CNPJ: 42.150.391/0001-70

9. Informações

* Conforme Art. 4º da Resolução 1025/2009: O registro da ART efetiva-se após o seu cadastro no sistema eletrônico do CREA e o recolhimento do valor correspondente

10. Valor

Esta ART é isenta de taxa

Registrada em: 13/05/2022

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <http://crea-pe.sitac.com.br/publico>, com a chave: 68cZ1
 Impresso em: 16/05/2022 às 17:47:13 por: , ip: 179.124.137.194

www.creape.org.br
 Tel: (81) 3423-4383

creape@creape.org.br
 Fax: (81) 3423-4383



CREA-PE
 Conselho Regional de Engenharia
 e Agronomia de Pernambuco





Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-PE

ART OBRA / SERVIÇO
Nº PE20210684802

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco

SUBSTITUIÇÃO à
PE20210629837
EQUIPE à PE20210684073

1. Responsável Técnico

RICARDO MEDEIROS PEREIRA DE CARVALHO

Título profissional: **ENGENHEIRO CIVIL**

RNP: **1801043159**

Registro: **PE017397 PE**

Empresa contratada: **TPF ENGENHARIA LTDA**

Registro: **0000045444-PE**

2. Dados do Contrato

Contratante: **BRASKEM S.A**

CPF/CNPJ: **42.150.391/0001-70**

RUA ETENO

Nº: **1.561**

Complemento:

Bairro: **POLO PETROQUÍMICO**

Cidade: **CAMAÇARI**

UF: **BA**

CEP: **42810000**

Contrato: **4800000530**

Celebrado em: **24/03/2021**

Valor: **R\$ 2.159.388,00**

Tipo de contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Privado**

Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

AVENIDA MAJOR CÍCERO DE GÓES MONTEIRO

Nº: **2.889**

Complemento:

Bairro: **MUTANGE**

Cidade: **MACEIÓ**

UF: **AL**

CEP: **57017515**

Data de Início: **24/03/2021**

Previsão de término: **24/03/2022**

Coordenadas Geográficas: **0, 0**

Finalidade: **Outro**

Código: **Não Especificado**

Proprietário: **BRASKEM S.A**

CPF/CNPJ: **42.150.391/0001-70**

4. Atividade Técnica

10 - Coordenação	Quantidade	Unidade
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > ENGENHARIA COSTEIRA > AÇÕES DE ENGENHARIA EM ESTUÁRIOS E LAGUNAS > DE AÇÕES DE ENGENHARIA EM ESTUÁRIOS E LAGUNAS > #8.3.1.1 - EVOLUÇÃO DE SISTEMAS ESTUARINOS	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > ENGENHARIA COSTEIRA > AÇÕES DE ENGENHARIA EM PRAIAS E COSTAS > DE AÇÕES DE ENGENHARIA EM PRAIAS E COSTAS > #8.2.1.1 - SEDIMENTAÇÃO (EVOLUÇÃO MORFOLÓGICA E SEDIMENTOLÓGICA)	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > GEODÉSIA > GEOPROCESSAMENTO > #34.5.8 - DE BANCO DE DADOS GEOGRÁFICOS	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > GEODÉSIA > GEOPROCESSAMENTO > #34.5.4 - DE MAPEAMENTO TEMÁTICO	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > GEOLOGIA ECONÔMICA E PESQUISA MINERAL > PESQUISA MINERAL > #29.2.5 - DE LEVANTAMENTO GEOFÍSICO DE PROSPECÇÃO MINERAL	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > GEOLOGIA ECONÔMICA E PESQUISA MINERAL > PESQUISA MINERAL > #29.2.3 - DE MAPEAMENTO GEOLÓGICO	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > GEOLOGIA ECONÔMICA E PESQUISA MINERAL > PESQUISA MINERAL > #29.2.8 - DE MODELAGEM DE DEPÓSITOS E JAZIDAS MINERAIS	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > GEOTECNIA E GEOLOGIA DA ENGENHARIA > SONDAGENS > DE SONDAGEM GEOTÉCNICA > #3.2.1.2 - A PERCUSSÃO	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > GEOTECNIA E GEOLOGIA DA ENGENHARIA > SONDAGENS > DE SONDAGEM GEOTÉCNICA > #3.2.1.1 - A TRADO	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > MEIO AMBIENTE > GESTÃO AMBIENTAL > #7.6.7 - DE IMPACTO AMBIENTAL	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > MEIO AMBIENTE > MANEJO E GESTÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS > #7.3.3 - DE CARACTERIZAÇÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > METEOROLOGIA > CLIMATOLOGIA > DE ESTUDO CLIMATOLÓGICO > #41.2.4.2 - DE ÁREAS URBANAS	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > CANAIS > #5.4.2 - DE DRAGAGEM DE CANAIS	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > TOPOGRAFIA > LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS ESPECIAIS E NIVELAMENTOS DE PRECISÃO > #33.2.1 - DE LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO	8,00	h/d

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <http://crea-pe.sitac.com.br/publico>, com a chave: 8c5ZD
Impresso em: 29/09/2021 às 18:01:04 por: , ip: 179.124.137.194

www.creape.org.br

creape@creape.org.br

Tel: (81) 3423-4383

Fax: (81) 3423-4383



CREA-PE
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia de Pernambuco





Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-PE

ART OBRA / SERVIÇO
Nº PE20210684802

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco

SUBSTITUIÇÃO à
PE20210629837
EQUIPE à PE20210684073

43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > TOPOGRAFIA > LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS ESPECIAIS E NIVELAMENTOS DE PRECISÃO > #33.2.2 - DE LEVANTAMENTO ECOBATIMÉRICO

8,00

h/d

43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > GEOTECNIA E GEOLOGIA DA ENGENHARIA > SONDAGENS > DE SONDAGEM GEOTÉCNICA > #3.2.1.5 - SÍSMICA POR REFRAÇÃO

8,00

h/d

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

Coordenador Adjunto dos estudos técnicos para avaliar a viabilidade técnica e econômica para a utilização, no enchimento das cavidades decorrentes das frentes de lavra de sal gema que vier a ser realizado pelo Braskem, de material coletado na dragagem a ser eventualmente realizada na Lagoa Mundaú, possibilitando contribuir para o seu desassoreamento.

6. Declarações

- Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei no. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio do Centro de Mediação e Arbitragem - CMA vinculado ao Crea-PE, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar

- Declaro que estou cumprindo as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

7. Entidade de Classe

NÃO OPTANTE

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

RICARDO MEDEIROS PEREIRA DE CARVALHO - CPF: 499.674.364-68

_____, _____ de _____ de _____
Local data

BRASKEM S.A - CNPJ: 42.150.391/0001-70

9. Informações

* Conforme Art. 4º da Resolução 1025/2009: O registro da ART efetiva-se após o seu cadastro no sistema eletrônico do CREA e o recolhimento do valor correspondente

10. Valor

Esta ART é isenta de taxa

Registrada em: 29/09/2021

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <http://crea-pe.sitac.com.br/publico>, com a chave: 8c5ZD
Impresso em: 29/09/2021 às 18:01:04 por: , ip: 179.124.137.194

www.creape.org.br
Tel: (81) 3423-4383

creape@creape.org.br
Fax: (81) 3423-4383



CREA-PE
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia de Pernambuco





Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-PE

ART OBRA / SERVIÇO
Nº PE20220783534

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco

COMPLEMENTAR à
PE20210684820
EQUIPE à PE20210684073

1. Responsável Técnico

TAREK TARCISIO FERREIRA QUINTELLA FARAH

Título profissional: **ENGENHEIRO CIVIL, ENGENHARIA GEOTÉCNICA**

RNP: **1810017890**

Registro: **PE047432 PE**

Empresa contratada: **TPF ENGENHARIA LTDA**

Registro : **0000045444-PE**

2. Dados do Contrato

Contratante: **BRASKEM S.A**

CPF/CNPJ: **42.150.391/0001-70**

RUA ETENO

Nº: **1561**

Complemento:

Bairro: **POLO PETROQUÍMICO**

Cidade: **CAMAÇARI**

UF: **BA**

CEP: **42810000**

Contrato: **4800000530**

Celebrado em: **24/03/2021**

Valor: **R\$ 2.159.388,00**

Tipo de contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Privado**

Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

AVENIDA MAJOR CÍCERO DE GÓES MONTEIRO

Nº: **2.889**

Complemento:

Bairro: **MUTANGE**

Cidade: **MACEIÓ**

UF: **AL**

CEP: **57017515**

Data de Início: **24/03/2021**

Previsão de término: **24/03/2023**

Coordenadas Geográficas: **0, 0**

Finalidade: **Outro**

Código: **Não Especificado**

Proprietário: **BRASKEM S.A**

CPF/CNPJ: **42.150.391/0001-70**

4. Atividade Técnica

10 - Coordenação	Quantidade	Unidade
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > ENGENHARIA COSTEIRA > AÇÕES DE ENGENHARIA EM ESTUÁRIOS E LAGUNAS > DE AÇÕES DE ENGENHARIA EM ESTUÁRIOS E LAGUNAS > #8.3.1.1 - EVOLUÇÃO DE SISTEMAS ESTUARINOS	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > ENGENHARIA COSTEIRA > AÇÕES DE ENGENHARIA EM PRAIAS E COSTAS > DE AÇÕES DE ENGENHARIA EM PRAIAS E COSTAS > #8.2.1.1 - SEDIMENTAÇÃO (EVOLUÇÃO MORFOLÓGICA E SEDIMENTOLÓGICA)	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > GEODÉSIA > GEOPROCESSAMENTO > #34.5.8 - DE BANCO DE DADOS GEOGRÁFICOS	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > GEODÉSIA > GEOPROCESSAMENTO > #34.5.4 - DE MAPEAMENTO TEMÁTICO	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > GEOLOGIA ECONÔMICA E PESQUISA MINERAL > PESQUISA MINERAL > #29.2.5 - DE LEVANTAMENTO GEOFÍSICO DE PROSPECÇÃO MINERAL	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > GEOLOGIA ECONÔMICA E PESQUISA MINERAL > PESQUISA MINERAL > #29.2.3 - DE MAPEAMENTO GEOLÓGICO	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > GEOLOGIA ECONÔMICA E PESQUISA MINERAL > PESQUISA MINERAL > #29.2.8 - DE MODELAGEM DE DEPÓSITOS E JAZIDAS MINERAIS	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > GEOTECNIA E GEOLOGIA DA ENGENHARIA > SONDAGENS > DE SONDAGEM GEOTÉCNICA > #3.2.1.2 - A PERCUSSÃO	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > GEOTECNIA E GEOLOGIA DA ENGENHARIA > SONDAGENS > DE SONDAGEM GEOTÉCNICA > #3.2.1.1 - A TRADO	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > MEIO AMBIENTE > GESTÃO AMBIENTAL > #7.6.7 - DE IMPACTO AMBIENTAL	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > MEIO AMBIENTE > MANEJO E GESTÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS > #7.3.3 - DE CARACTERIZAÇÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > METEOROLOGIA > CLIMATOLOGIA > DE ESTUDO CLIMATOLÓGICO > #41.2.4.2 - DE ÁREAS URBANAS	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > CANAIS > #5.4.2 - DE DRAGAGEM DE CANAIS	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > TOPOGRAFIA > LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS ESPECIAIS E NIVELAMENTOS DE PRECISÃO > #33.2.1 - DE LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO	8,00	h/d

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <http://crea-pe.sitac.com.br/publico>, com a chave: 5704x
Impresso em: 16/05/2022 às 17:43:05 por: , ip: 179.124.137.194

www.creape.org.br

creape@creape.org.br

Tel: (81) 3423-4383

Fax: (81) 3423-4383



CREA-PE
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia de Pernambuco





Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-PE

ART OBRA / SERVIÇO
Nº PE20220783534

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco

COMPLEMENTAR à
PE20210684820
EQUIPE à PE20210684073

43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > TOPOGRAFIA > LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS ESPECIAIS E NIVELAMENTOS DE PRECISÃO > #33.2.2 - DE LEVANTAMENTO ECOBATIMÉRICO

8,00

h/d

43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > GEOTECNIA E GEOLOGIA DA ENGENHARIA > SONDAGENS > DE SONDAGEM GEOTÉCNICA > #3.2.1.5 - SÍSMICA POR REFRAÇÃO

8,00

h/d

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

Coordenador Adjunto dos estudos técnicos para avaliar a viabilidade técnica e econômica para a utilização, no enchimento das cavidades decorrentes das frentes de lavra de sal gema que vier a ser realizado pelo Braskem, de material coletado na dragagem a ser eventualmente realizada na Lagoa Mundaú, possibilitando contribuir para o seu desassoreamento. 1º Termo Aditivo de Prazo.

6. Declarações

- Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei no. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio do Centro de Mediação e Arbitragem - CMA vinculado ao Crea-PE, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar

- Declaro que estou cumprindo as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

7. Entidade de Classe

NÃO OPTANTE

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Tarek Tarcisio Ferreira Quintella Farah

TAREK TARCISIO FERREIRA QUINTELLA FARAH - CPF: 054.344.304-33

_____, _____ de _____ de _____
Local data

BRASKEM S.A - CNPJ: 42.150.391/0001-70

9. Informações

* Conforme Art. 4º da Resolução 1025/2009: O registro da ART efetiva-se após o seu cadastro no sistema eletrônico do CREA e o recolhimento do valor correspondente

10. Valor

Esta ART é isenta de taxa

Registrada em: 13/05/2022

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <http://crea-pe.sitac.com.br/publico>, com a chave: 5704x
Impresso em: 16/05/2022 às 17:43:05 por: , ip: 179.124.137.194





Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-PE

ART OBRA / SERVIÇO
Nº PE20210684820

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco

SUBSTITUIÇÃO à
PE20210629851
EQUIPE à PE20210684073

1. Responsável Técnico

TAREK TARCISIO FERREIRA QUINTELLA FARAH

Título profissional: **ENGENHEIRO CIVIL, ENGENHARIA GEOTÉCNICA**

RNP: **1810017890**

Registro: **PE047432 PE**

Empresa contratada: **TPF ENGENHARIA LTDA**

Registro: **0000045444-PE**

2. Dados do Contrato

Contratante: **BRASKEM S.A**

CPF/CNPJ: **42.150.391/0001-70**

RUA ETENO

Nº: **1561**

Complemento:

Bairro: **POLO PETROQUÍMICO**

Cidade: **CAMAÇARI**

UF: **BA**

CEP: **42810000**

Contrato: **4800000530**

Celebrado em: **24/03/2021**

Valor: **R\$ 2.159.388,00**

Tipo de contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Privado**

Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

AVENIDA MAJOR CÍCERO DE GÓES MONTEIRO

Nº: **2.889**

Complemento:

Bairro: **MUTANGE**

Cidade: **MACEIÓ**

UF: **AL**

CEP: **57017515**

Data de Início: **24/03/2021**

Previsão de término: **24/03/2022**

Coordenadas Geográficas: **0, 0**

Finalidade: **Outro**

Código: **Não Especificado**

Proprietário: **BRASKEM S.A**

CPF/CNPJ: **42.150.391/0001-70**

4. Atividade Técnica

10 - Coordenação	Quantidade	Unidade
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > ENGENHARIA COSTEIRA > AÇÕES DE ENGENHARIA EM ESTUÁRIOS E LAGUNAS > DE AÇÕES DE ENGENHARIA EM ESTUÁRIOS E LAGUNAS > #8.3.1.1 - EVOLUÇÃO DE SISTEMAS ESTUARINOS	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > ENGENHARIA COSTEIRA > AÇÕES DE ENGENHARIA EM PRAIAS E COSTAS > DE AÇÕES DE ENGENHARIA EM PRAIAS E COSTAS > #8.2.1.1 - SEDIMENTAÇÃO (EVOLUÇÃO MORFOLÓGICA E SEDIMENTOLÓGICA)	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > GEODÉSIA > GEOPROCESSAMENTO > #34.5.8 - DE BANCO DE DADOS GEOGRÁFICOS	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > GEODÉSIA > GEOPROCESSAMENTO > #34.5.4 - DE MAPEAMENTO TEMÁTICO	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > GEOLOGIA ECONÔMICA E PESQUISA MINERAL > PESQUISA MINERAL > #29.2.5 - DE LEVANTAMENTO GEOFÍSICO DE PROSPECÇÃO MINERAL	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > GEOLOGIA ECONÔMICA E PESQUISA MINERAL > PESQUISA MINERAL > #29.2.3 - DE MAPEAMENTO GEOLÓGICO	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > GEOLOGIA ECONÔMICA E PESQUISA MINERAL > PESQUISA MINERAL > #29.2.8 - DE MODELAGEM DE DEPÓSITOS E JAZIDAS MINERAIS	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > GEOTECNIA E GEOLOGIA DA ENGENHARIA > SONDAGENS > DE SONDAGEM GEOTÉCNICA > #3.2.1.2 - A PERCUSSÃO	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > GEOTECNIA E GEOLOGIA DA ENGENHARIA > SONDAGENS > DE SONDAGEM GEOTÉCNICA > #3.2.1.1 - A TRADO	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > MEIO AMBIENTE > GESTÃO AMBIENTAL > #7.6.7 - DE IMPACTO AMBIENTAL	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > MEIO AMBIENTE > MANEJO E GESTÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS > #7.3.3 - DE CARACTERIZAÇÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > METEOROLOGIA > CLIMATOLOGIA > DE ESTUDO CLIMATOLÓGICO > #41.2.4.2 - DE ÁREAS URBANAS	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > CANAIS > #5.4.2 - DE DRAGAGEM DE CANAIS	8,00	h/d
43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > TOPOGRAFIA > LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS ESPECIAIS E NIVELAMENTOS DE PRECISÃO > #33.2.1 - DE LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO	8,00	h/d

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <http://crea-pe.sitac.com.br/publico>, com a chave: zz1D7

Impresso em: 29/09/2021 às 18:06:43 por: , ip: 179.124.137.194

www.creape.org.br

creape@creape.org.br

Tel: (81) 3423-4383

Fax: (81) 3423-4383



CREA-PE
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia de Pernambuco





Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-PE

ART OBRA / SERVIÇO
Nº PE20210684820

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco

SUBSTITUIÇÃO à
PE20210629851
EQUIPE à PE20210684073

43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > TOPOGRAFIA > LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS ESPECIAIS E NIVELAMENTOS DE PRECISÃO > #33.2.2 - DE LEVANTAMENTO ECOBATIMÉRICO

8,00

h/d

43 - Estudo de viabilidade técnico-econômico > GEOTECNIA E GEOLOGIA DA ENGENHARIA > SONDAGENS > DE SONDAGEM GEOTÉCNICA > #3.2.1.5 - SÍSMICA POR REFRAÇÃO

8,00

h/d

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

Coordenador Adjunto dos estudos técnicos para avaliar a viabilidade técnica e econômica para a utilização, no enchimento das cavidades decorrentes das frentes de lavra de sal gema que vier a ser realizado pelo Braskem, de material coletado na dragagem a ser eventualmente realizada na Lagoa Mundaú, possibilitando contribuir para o seu desassoreamento.

6. Declarações

- Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei no. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio do Centro de Mediação e Arbitragem - CMA vinculado ao Crea-PE, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar

- Declaro que estou cumprindo as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

7. Entidade de Classe

NÃO OPTANTE

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Tarek Tarcisio Ferreira Quintella Farah

TAREK TARCISIO FERREIRA QUINTELLA FARAH - CPF: 054.344.304-33

_____, _____ de _____ de _____
Local data

BRASKEM S.A - CNPJ: 42.150.391/0001-70

9. Informações

* Conforme Art. 4º da Resolução 1025/2009: O registro da ART efetiva-se após o seu cadastro no sistema eletrônico do CREA e o recolhimento do valor correspondente

10. Valor

Esta ART é isenta de taxa

Registrada em: 29/09/2021

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <http://crea-pe.sitac.com.br/publico>, com a chave: zz1D7
Impresso em: 29/09/2021 às 18:06:44 por: , ip: 179.124.137.194





Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-PE

ART OBRA / SERVIÇO
Nº PE20210684832

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco

SUBSTITUIÇÃO à
PE20210675800
EQUIPE à PE20210684073

1. Responsável Técnico

THIAGO FRANKLIN SANTOS DE ALMEIDA

Título profissional: **ENGENHEIRO CIVIL**

RNP: **1813900248**

Registro: **PE057200 PE**

Empresa contratada: **TPF ENGENHARIA LTDA**

Registro: **0000045444-PE**

2. Dados do Contrato

Contratante: **BRASKEM S.A**

CPF/CNPJ: **42.150.391/0001-70**

RUA ETENO

Nº: **1.561**

Complemento:

Bairro: **POLO PETROQUÍMICO**

Cidade: **CAMAÇARI**

UF: **BA**

CEP: **42810000**

Contrato: **4800000530**

Celebrado em: **24/03/2021**

Valor: **R\$ 2.159.388,00**

Tipo de contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Privado**

Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

AVENIDA MAJOR CÍCERO DE GÓES MONTEIRO

Nº: **2.889**

Complemento:

Bairro: **MUTANGE**

Cidade: **MACEIÓ**

UF: **AL**

CEP: **57017515**

Data de Início: **24/03/2021**

Previsão de término: **24/03/2022**

Coordenadas Geográficas: **0, 0**

Finalidade: **Outro**

Código: **Não Especificado**

Proprietário: **BRASKEM S.A**

CPF/CNPJ: **42.150.391/0001-70**

4. Atividade Técnica

	Quantidade	Unidade
15 - Elaboração		
80 - Projeto > HIDROGEOLOGIA > CONTROLE DE QUALIDADE > #27.5.1 - DE CONTAMINAÇÃO DE AQUÍFERO	8,00	h/d
80 - Projeto > HIDROGEOLOGIA > CONTROLE DE QUALIDADE > #27.5.2 - DE HIDROGEOQUÍMICA	8,00	h/d
80 - Projeto > HIDROGEOLOGIA > CONTROLE DE QUALIDADE > #27.5.3 - DE QUALIDADE DA ÁGUA DE AQUÍFERO	8,00	h/d
80 - Projeto > MEIO AMBIENTE > MANEJO E GESTÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS > #7.3.3 - DE CARACTERIZAÇÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS	8,00	h/d
80 - Projeto > GEOGRAFIA > GEOGRAFIA ECONÔMICA > #38.3.2 - DE ANÁLISES ECONÔMICAS ESPACIAIS	8,00	h/d
80 - Projeto > GEOGRAFIA > GEOGRAFIA FÍSICA - BIOGEOGRAFIA > #38.1.6 - DE DIAGNÓSTICO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS	8,00	h/d
80 - Projeto > GEOGRAFIA > GEOGRAFIA FÍSICA - BIOGEOGRAFIA > DE ZONEAMENTO GEOGRÁFICO > #38.1.8.1 - DE BACIAS HODROGRÁFICAS	8,00	h/d

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

Engenheiro Civil dos estudos técnicos para avaliar a viabilidade técnica e econômica para a utilização, no enchimento das cavidades decorrentes das frentes de lava de sal gema que vier a ser realizado pelo Braskem, de material coletado na dragagem a ser eventualmente realizada na Lagoa Mundaú, possibilitando contribuir para o seu desassoreamento.

6. Declarações

- Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei no. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio do Centro de Mediação e Arbitragem - CMA vinculado ao Crea-PE, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar

- Declaro que estou cumprindo as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

7. Entidade de Classe

NÃO OPTANTE

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <http://crea-pe.sitac.com.br/publico>, com a chave: 9a5c5
Impresso em: 06/10/2021 às 11:07:43 por: , ip: 179.124.137.194

www.creape.org.br
Tel: (81) 3423-4383

creape@creape.org.br
Fax: (81) 3423-4383



CREA-PE
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia de Pernambuco





Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-PE

ART OBRA / SERVIÇO
Nº PE20210684832

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco

SUBSTITUIÇÃO à
PE20210675800
EQUIPE à PE20210684073

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

_____, _____ de _____ de _____
Local data

THIAGO FRANKLIN SANTOS DE ALMEIDA - CPF: 062.301.514-56

BRASKEM S.A - CNPJ: 42.150.391/0001-70

9. Informações

* Conforme Art. 4º da Resolução 1025/2009: O registro da ART efetiva-se após o seu cadastro no sistema eletrônico do CREA e o recolhimento do valor correspondente

10. Valor

Esta ART é isenta de taxa

Registrada em: **30/09/2021**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <http://crea-pe.sitac.com.br/publico>, com a chave: 9a5c5
Impresso em: 06/10/2021 às 11:07:43 por: , ip: 179.124.137.194





Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-PE

ART OBRA / SERVIÇO
Nº PE20220783532

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco

COMPLEMENTAR à
 PE20210684807
 EQUIPE à PE20210684073

1. Responsável Técnico

SADRAQUE LUIZ PEREIRA

Título profissional: **ENGENHEIRO CIVIL, ENGENHARIA DE ESTRUTURAS HIDRÁULICAS, TÉCNICO DE SEGURANÇA DO TRABALHO**

RNP: **1819265854**

Registro: **1819265854PE**

2. Dados do Contrato

Contratante: **TPF ENGENHARIA LTDA**
RUA IRENE RAMOS GOMES DE MATTOS

CPF/CNPJ: **12.285.441/0001-66**

Nº: **176**

Complemento:

Bairro: **PINA**

Cidade: **RECIFE**

UF: **PE**

CEP: **51011530**

Contrato: **4800000530**

Celebrado em: **24/03/2021**

Valor: **R\$ 2.159.388,00**

Tipo de contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Privado**

Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

AVENIDA MAJOR CÍCERO DE GÓES MONTEIRO

Nº: **2.889**

Complemento:

Bairro: **MUTANGE**

Cidade: **MACEIÓ**

UF: **AL**

CEP: **57017515**

Data de Início: **24/03/2021**

Previsão de término: **24/03/2023**

Coordenadas Geográficas: **0, 0**

Finalidade: **Outro**

Código: **Não Especificado**

Proprietário: **BRASKEM S.A.**

CPF/CNPJ: **42.150.391/0001-70**

4. Atividade Técnica

14 - Elaboração	Quantidade	Unidade
80 - Projeto > MEIO AMBIENTE > MANEJO E GESTÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS > #7.3.3 - DE CARACTERIZAÇÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS	8,00	h/d
80 - Projeto > GEOLOGIA ECONÔMICA E PESQUISA MINERAL > PESQUISA MINERAL > #29.2.7 - DE AVALIAÇÃO DE DEPÓSITOS E JAZIDAS MINERAIS	8,00	h/d
80 - Projeto > ENGENHARIA COSTEIRA > AÇÕES DE ENGENHARIA EM ESTUÁRIOS E LAGUNAS > DE AÇÕES DE ENGENHARIA EM ESTUÁRIOS E LAGUNAS > #8.3.1.1 - EVOLUÇÃO DE SISTEMAS ESTUARINOS	8,00	h/d

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

Engenheiro Civil dos estudos técnicos para avaliar a viabilidade técnica e econômica para a utilização, no enchimento das cavidades decorrentes das frentes de lavra de sal gema que vier a ser realizado pelo Braskem, de material coletado na dragagem a ser eventualmente realizada na Lagoa Mundaú, possibilitando contribuir para o seu desassoreamento. 1º Termo Aditivo de Prazo.

6. Declarações

- Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei no. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio do Centro de Mediação e Arbitragem - CMA vinculado ao Crea-PE, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar

- Declaro que estou cumprindo as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

7. Entidade de Classe

NÃO OPTANTE

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Sadraque Luiz Pereira
SADRAQUE LUIZ PEREIRA - CPF: 106.795.624-78

_____, _____ de _____ de _____
 Local data

TPF ENGENHARIA LTDA - CNPJ: 12.285.441/0001-66

9. Informações

* Conforme Art. 4º da Resolução 1025/2009: O registro da ART efetiva-se após o seu cadastro no sistema eletrônico do CREA e o recolhimento do valor correspondente

10. Valor

Esta ART é isenta de taxa

Registrada em: **13/05/2022**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <http://crea-pe.sitac.com.br/publico>, com a chave: Z650Y
 Impresso em: 16/05/2022 às 17:40:13 por: , ip: 179.124.137.194





Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-PE

ART OBRA / SERVIÇO
Nº PE20210684807

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco

SUBSTITUIÇÃO à
 PE20210675801
 EQUIPE à PE20210684073

1. Responsável Técnico

SADRAQUE LUIZ PEREIRA

Título profissional: **ENGENHEIRO CIVIL, ENGENHARIA DE ESTRUTURAS HIDRÁULICAS, TÉCNICO DE SEGURANÇA DO TRABALHO**

RNP: **1819265854**

Registro: **1819265854PE**

2. Dados do Contrato

Contratante: **TPF ENGENHARIA LTDA**
RUA IRENE RAMOS GOMES DE MATTOS

CPF/CNPJ: **12.285.441/0001-66**

Nº: **176**

Complemento:

Bairro: **PINA**

Cidade: **RECIFE**

UF: **PE**

CEP: **51011530**

Contrato: **4800000530**

Celebrado em: **24/03/2021**

Valor: **R\$ 2.159.388,00**

Tipo de contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Privado**

Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

AVENIDA MAJOR CÍCERO DE GÓES MONTEIRO

Nº: **2.889**

Complemento:

Bairro: **MUTANGE**

Cidade: **MACEIÓ**

UF: **AL**

CEP: **57017515**

Data de Início: **24/03/2021**

Previsão de término: **24/03/2022**

Coordenadas Geográficas: **0, 0**

Finalidade: **Outro**

Código: **Não Especificado**

Proprietário: **BRASKEM S.A.**

CPF/CNPJ: **42.150.391/0001-70**

4. Atividade Técnica

15 - Elaboração	Quantidade	Unidade
80 - Projeto > MEIO AMBIENTE > MANEJO E GESTÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS > #7.3.3 - DE CARACTERIZAÇÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS	8,00	h/d
80 - Projeto > GEOLOGIA ECONÔMICA E PESQUISA MINERAL > PESQUISA MINERAL > #29.2.7 - DE AVALIAÇÃO DE DEPÓSITOS E JAZIDAS MINERAIS	8,00	h/d
80 - Projeto > ENGENHARIA COSTEIRA > AÇÕES DE ENGENHARIA EM ESTUÁRIOS E LAGUNAS > DE AÇÕES DE ENGENHARIA EM ESTUÁRIOS E LAGUNAS > #8.3.1.1 - EVOLUÇÃO DE SISTEMAS ESTUARINOS	8,00	h/d

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

Engenheiro Civil dos estudos técnicos para avaliar a viabilidade técnica e econômica para a utilização, no enchimento das cavidades decorrentes das frentes de lavra de sal gema que vier a ser realizado pelo Braskem, de material coletado na dragagem a ser eventualmente realizada na Lagoa Mundaú, possibilitando contribuir para o seu desassoreamento.

6. Declarações

- Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei no. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio do Centro de Mediação e Arbitragem - CMA vinculado ao Crea-PE, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar

- Declaro que estou cumprindo as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

7. Entidade de Classe

NÃO OPTANTE

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Sadraque Luiz Pereira

SADRAQUE LUIZ PEREIRA - CPF: 106.795.624-78

_____, _____ de _____ de _____
 Local data

TPF ENGENHARIA LTDA - CNPJ: 12.285.441/0001-66

9. Informações

* Conforme Art. 4º da Resolução 1025/2009: O registro da ART efetiva-se após o seu cadastro no sistema eletrônico do CREA e o recolhimento do valor correspondente

10. Valor

Esta ART é isenta de taxa

Registrada em: **29/09/2021**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <http://crea-pe.sitac.com.br/publico>, com a chave: 2ZDAA
 Impresso em: 29/09/2021 às 18:03:56 por: , ip: 179.124.137.194





Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-PE

ART OBRA / SERVIÇO
Nº PE20220783563

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco

COMPLEMENTAR à
 PE20210688404
 EQUIPE à PE20210684073

1. Responsável Técnico

MARIELI DONINA MARTINS CAVALCANTE COSTA

Título profissional: **ENGENHEIRA CIVIL, ENGENHARIA DE ESTRUTURAS HIDRÁULICAS**

RNP: **1813159971**

Registro: **PE055170 PE**

2. Dados do Contrato

Contratante: **TPF ENGENHARIA LTDA**

RUA IRENE RAMOS GOMES DE MATTOS

Complemento:

Bairro: **PINA**

Cidade: **RECIFE**

UF: **PE**

CPF/CNPJ: **12.285.441/0001-66**

Nº: **176**

CEP: **51011530**

Contrato: **4800000530**

Celebrado em: **24/03/2021**

Valor: **R\$ 2.159.388,00**

Tipo de contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Privado**

Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

AVENIDA MAJOR CÍCERO DE GÓES MONTEIRO

Nº: **2.889**

Complemento:

Bairro: **MUTANGE**

Cidade: **MACEIÓ**

UF: **AL**

CEP: **57017515**

Data de Início: **24/03/2021**

Previsão de término: **24/03/2023**

Coordenadas Geográficas: **0, 0**

Finalidade: **Outro**

Código: **Não Especificado**

Proprietário: **BRASKEM S.A.**

CPF/CNPJ: **42.150.391/0001-70**

4. Atividade Técnica

	Quantidade	Unidade
10 - Coordenação		
80 - Projeto > MEIO AMBIENTE > MANEJO E GESTÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS > #7.3.3 - DE CARACTERIZAÇÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS	8,00	h/d
80 - Projeto > GEOLOGIA ECONÔMICA E PESQUISA MINERAL > PESQUISA MINERAL > #29.2.7 - DE AVALIAÇÃO DE DEPÓSITOS E JAZIDAS MINERAIS	8,00	h/d
80 - Projeto > ENGENHARIA COSTEIRA > AÇÕES DE ENGENHARIA EM ESTUÁRIOS E LAGUNAS > DE AÇÕES DE ENGENHARIA EM ESTUÁRIOS E LAGUNAS > #8.3.1.1 - EVOLUÇÃO DE SISTEMAS ESTUARINOS	8,00	h/d

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

Coordenadora de Produto dos estudos técnicos para avaliar a viabilidade técnica e econômica para a utilização, no enchimento das cavidades decorrentes das frentes de lavra de sal gema que vier a ser realizado pelo Braskem, de material coletado na dragagem a ser eventualmente realizada na Lagoa Mundaú, possibilitando contribuir para o seu desassoreamento. 1º Termo Aditivo de Prazo.

6. Declarações

- Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei no. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio do Centro de Mediação e Arbitragem - CMA vinculado ao Crea-PE, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar

- Declaro que estou cumprindo as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

7. Entidade de Classe

NÃO OPTANTE

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Marieli Donina M. e Costa
MARIELI DONINA MARTINS CAVALCANTE COSTA - CPF: 082.166.604-56

_____, _____ de _____ de _____
 Local data

TPF ENGENHARIA LTDA - CNPJ: 12.285.441/0001-66

9. Informações

* Conforme Art. 4º da Resolução 1025/2009: O registro da ART efetiva-se após o seu cadastro no sistema eletrônico do CREA e o recolhimento do valor correspondente

10. Valor

Esta ART é isenta de taxa

Registrada em: **13/05/2022**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <http://crea-pe.sitac.com.br/publico>, com a chave: 0zdcz
 Impresso em: 16/05/2022 às 17:50:39 por: , ip: 179.124.137.194





Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-PE

ART OBRA / SERVIÇO
Nº PE20220783489

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco

INICIAL
EQUIPE à PE20210684073

1. Responsável Técnico

LORENA BRENDA DE OLIVEIRA

Título profissional: **ENGENHEIRA CIVIL**

RNP: **1814025103**

Registro: **PE057518 PE**

2. Dados do Contrato

Contratante: **TPF ENGENHARIA LTDA**

RUA IRENE RAMOS GOMES DE MATTOS

Complemento:

Cidade: **RECIFE**

Bairro: **PINA**

UF: **PE**

CPF/CNPJ: **12.285.441/0001-66**

Nº: **176**

CEP: **51011530**

Contrato: **4800000530**

Celebrado em: **24/03/2021**

Valor: **R\$ 2.159.388,00**

Tipo de contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Privado**

Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

AVENIDA MAJOR CÍCERO DE GÓES MONTEIRO

Nº: **2.889**

Complemento:

Cidade: **MACEIÓ**

Data de Início: **24/03/2021**

Previsão de término: **24/03/2023**

Bairro: **MUTANGE**

UF: **AL**

CEP: **57017515**

Coordenadas Geográficas: **0, 0**

Finalidade: **Outro**

Código: **Não Especificado**

Proprietário: **BRASKEM S.A**

CPF/CNPJ: **42.150.391/0001-70**

4. Atividade Técnica

	Quantidade	Unidade
14 - Elaboração		
80 - Projeto > AGRIMENSURA > CADASTRO TÉCNICO > DE LEVANTAMENTO CADASTRAL > #36.4.2.1 - URBANO	8,00	h/d
80 - Projeto > AGRIMENSURA > LOCAÇÃO DE OBRAS CIVIS > DE LOCAÇÃO TOPOGRÁFICA > #36.9.1.1 - DE OBRAS CIVIS	8,00	h/d
80 - Projeto > GEOGRAFIA > GEOGRAFIA ECONÔMICA > #38.3.2 - DE ANÁLISES ECONÔMICAS ESPACIAIS	8,00	h/d
80 - Projeto > GEOGRAFIA > GEOGRAFIA ECONÔMICA > #38.3.3 - DE GEOECONOMIA	8,00	h/d
80 - Projeto > GEOGRAFIA > GEOGRAFIA HUMANA - ANTROPOGEOGRAFIA > DE CENÁRIOS GEOGRÁFICOS PARA O DESENVOLVIMENTO > #38.2.3.3 - URBANO	8,00	h/d
80 - Projeto > GEOGRAFIA > GEOGRAFIA HUMANA - ANTROPOGEOGRAFIA > DE CENÁRIOS GEOGRÁFICOS PARA O ORDENAMENTO E REORDENAMENTO DA OCUPAÇÃO DO SOLO > #38.2.5.3 - URBANO	8,00	h/d
80 - Projeto > GEOLOGIA ECONÔMICA E PESQUISA MINERAL > PESQUISA MINERAL > #29.2.7 - DE AVALIAÇÃO DE DEPÓSITOS E JAZIDAS MINERAIS	8,00	h/d
80 - Projeto > GEOLOGIA ECONÔMICA E PESQUISA MINERAL > PESQUISA MINERAL > #29.2.3 - DE MAPEAMENTO GEOLÓGICO	8,00	h/d

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

Membro de Equipe dos estudos técnicos para avaliar a viabilidade técnica e econômica para a utilização, no enchimento das cavidades decorrentes das frentes de lavra de sal gema que vier a ser realizado pelo Braskem, de material coletado na dragagem a ser eventualmente realizada na Lagoa Mundaú, possibilitando contribuir para o seu desassoreamento. Período Contratual: 24/03/2021 a 24/03/2022.

6. Declarações

- Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei no. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio do Centro de Mediação e Arbitragem - CMA vinculado ao Crea-PE, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar

- Declaro que estou cumprindo as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

7. Entidade de Classe

NÃO OPTANTE

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <http://crea-pe.sitac.com.br/publico>, com a chave: W970Z
Impresso em: 19/05/2022 às 14:32:57 por: , ip: 179.124.137.194

www.creape.org.br
Tel: (81) 3423-4383

creape@creape.org.br
Fax: (81) 3423-4383



CREA-PE
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia de Pernambuco





Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-PE

ART OBRA / SERVIÇO
Nº PE20220783489

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco

INICIAL
EQUIPE à PE20210684073

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

_____, _____ de _____ de _____
Local data

Lorena oliveira

LORENA BRENDA DE OLIVEIRA - CPF: 053.046.164-13

TPF ENGENHARIA LTDA - CNPJ: 12.285.441/0001-66

9. Informações

* Conforme Art. 4º da Resolução 1025/2009: O registro da ART efetiva-se após o seu cadastro no sistema eletrônico do CREA e o recolhimento do valor correspondente

10. Valor

Valor da ART: **R\$ 88,78** Registrada em: **16/05/2022** Valor pago: **R\$ 88,78** Nosso Número: **8304422065**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <http://crea-pe.sitac.com.br/publico>, com a chave: W970Z
Impresso em: 19/05/2022 às 14:32:57 por: , ip: 179.124.137.194





Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-PE

ART OBRA / SERVIÇO
Nº PE20220787989

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco

COMPLEMENTAR à
 PE20220784792
 EQUIPE à PE20210684073

1. Responsável Técnico

LORENA SILVEIRA LAFENE

Título profissional: **ENGENHEIRA CIVIL**

RNP: **0720246202**

Registro: **PE20246202 PE**

2. Dados do Contrato

Contratante: **TPF ENGENHARIA LTDA**
RUA IRENE RAMOS GOMES DE MATTOS

CPF/CNPJ: **12.285.441/0001-66**

Nº: **176**

Complemento:

Bairro: **PINA**

Cidade: **RECIFE**

UF: **PE**

CEP: **51011530**

Contrato: **4800000530**

Celebrado em: **24/03/2021**

Valor: **R\$ 2.159.388,00**

Tipo de contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Privado**

Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

AVENIDA MAJOR CÍCERO DE GÓES MONTEIRO

Nº: **2.889**

Complemento:

Bairro: **MUTANGE**

Cidade: **MACEIÓ**

UF: **AL**

CEP: **57017515**

Data de Início: **08/07/2021**

Previsão de término: **24/03/2023**

Coordenadas Geográficas: **0, 0**

Finalidade: **Outro**

Código: **Não Especificado**

Proprietário: **BRASKEM S.A**

CPF/CNPJ: **42.150.391/0001-70**

4. Atividade Técnica

	Quantidade	Unidade
3 - Assistência		
80 - Projeto > ENGENHARIA COSTEIRA > AÇÕES DE ENGENHARIA EM ESTUÁRIOS E LAGUNAS > DE AÇÕES DE ENGENHARIA EM ESTUÁRIOS E LAGUNAS > #8.3.1.1 - EVOLUÇÃO DE SISTEMAS ESTUARINOS	8,00	h/d
80 - Projeto > HIDROGEOLOGIA > CONTROLE DE QUALIDADE > #27.5.1 - DE CONTAMINAÇÃO DE AQUÍFERO	8,00	h/d
80 - Projeto > HIDROGEOLOGIA > CONTROLE DE QUALIDADE > #27.5.2 - DE HIDROGEOQUÍMICA	8,00	h/d
80 - Projeto > HIDROGEOLOGIA > CONTROLE DE QUALIDADE > #27.5.3 - DE QUALIDADE DA ÁGUA DE AQUÍFERO	8,00	h/d
80 - Projeto > GEOLOGIA ECONÔMICA E PESQUISA MINERAL > PESQUISA MINERAL > #29.2.1 - DE PESQUISA MINERAL	8,00	h/d
80 - Projeto > GEOGRAFIA > GEOGRAFIA FÍSICA - BIOGEOGRAFIA > DE ESTUDOS GEOGRÁFICOS > #38.1.10.1 - PARA USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	8,00	h/d

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

Membro de Equipe dos estudos técnicos para avaliar a viabilidade técnica e econômica para a utilização, no enchimento das cavidades decorrentes das frentes de lavra de sal gema que vier a ser realizado pelo Braskem, de material coletado na dragagem a ser eventualmente realizada na Lagoa Mundaú, possibilitando contribuir para o seu desassoreamento. 1º Termo Aditivo de Prazo.

6. Declarações

- Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei no. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio do Centro de Mediação e Arbitragem - CMA vinculado ao Crea-PE, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar

- Declaro que estou cumprindo as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

7. Entidade de Classe

NÃO OPTANTE

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <http://crea-pe.sitac.com.br/publico>, com a chave: 26C0x
 Impresso em: 24/05/2022 às 17:20:51 por: , ip: 179.124.137.194

www.creape.org.br

Tel: (81) 3423-4383

creape@creape.org.br

Fax: (81) 3423-4383



CREA-PE
 Conselho Regional de Engenharia
 e Agronomia de Pernambuco





Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-PE

ART OBRA / SERVIÇO
Nº PE20220787989

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco

COMPLEMENTAR à
PE20220784792
EQUIPE à PE20210684073

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Lorena Silveira Lafene
LORENA SILVEIRA LAFENE - CPF: 061.090.905-30

Local

data

TPF ENGENHARIA LTDA - CNPJ: 12.285.441/0001-66

9. Informações

* Conforme Art. 4º da Resolução 1025/2009: O registro da ART efetiva-se após o seu cadastro no sistema eletrônico do CREA e o recolhimento do valor correspondente

10. Valor

Esta ART é isenta de taxa

Registrada em: **24/05/2022**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <http://crea-pe.sitac.com.br/publico>, com a chave: 26C0x
Impresso em: 24/05/2022 às 17:20:51 por: , ip: 179.124.137.194





Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-PE

ART OBRA / SERVIÇO
Nº PE20210684784

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco

SUBSTITUIÇÃO à
PE20210675900
EQUIPE à PE20210684073

1. Responsável Técnico

EDUARDO ANTONIO DOS SANTOS MENDONÇA

Título profissional: **ENGENHEIRO AGRÍCOLA**

RNP: 1820208010

Registro: 1820208010PE

2. Dados do Contrato

Contratante: **TPF ENGENHARIA LTDA**
RUA IRENE RAMOS GOMES DE MATTOS

Complemento:

Cidade: **RECIFE**

Bairro: **PINA**

UF: **PE**

CPF/CNPJ: **12.285.441/0001-66**

Nº: **176**

CEP: **51011530**

Contrato: **4800000530**

Celebrado em: **24/03/2021**

Valor: **R\$ 2.159.388,00**

Tipo de contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Privado**

Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

AVENIDA MAJOR CÍCERO DE GÓES MONTEIRO

Nº: **2.889**

Complemento:

Cidade: **MACEIÓ**

Bairro: **MUTANGE**

UF: **AL**

CEP: **57017515**

Data de Início: **15/06/2021**

Previsão de término: **24/03/2022**

Coordenadas Geográficas: **0, 0**

Finalidade: **Outro**

Código: **Não Especificado**

Proprietário: **BRASKEM S.A.**

CPF/CNPJ: **42.150.391/0001-70**

4. Atividade Técnica

15 - Elaboração	Quantidade	Unidade
80 - Projeto > GEOGRAFIA > GEOGRAFIA FÍSICA - BIOGEOGRAFIA > DE ESTUDOS GEOGRÁFICOS > #38.1.10.1 - PARA USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	8,00	h/d
80 - Projeto > GEOLOGIA ECONÔMICA E PESQUISA MINERAL > PESQUISA MINERAL > #29.2.1 - DE PESQUISA MINERAL	8,00	h/d
80 - Projeto > HIDROGEOLOGIA > CONTROLE DE QUALIDADE > #27.5.1 - DE CONTAMINAÇÃO DE AQUIFERO	8,00	h/d
80 - Projeto > HIDROGEOLOGIA > CONTROLE DE QUALIDADE > #27.5.2 - DE HIDROGEOQUÍMICA	8,00	h/d
80 - Projeto > HIDROGEOLOGIA > CONTROLE DE QUALIDADE > #27.5.3 - DE QUALIDADE DA ÁGUA DE AQUIFERO	8,00	h/d
80 - Projeto > ENGENHARIA COSTEIRA > AÇÕES DE ENGENHARIA EM ESTUÁRIOS E LAGUNAS > DE AÇÕES DE ENGENHARIA EM ESTUÁRIOS E LAGUNAS > #8.3.1.1 - EVOLUÇÃO DE SISTEMAS ESTUARINOS	8,00	h/d

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

Engenheiro Júnior dos estudos técnicos para avaliar a viabilidade técnica e econômica para a utilização, no enchimento das cavidades decorrentes das frentes de lavra de sal gema que vier a ser realizado pelo Braskem, de material coletado na dragagem a ser eventualmente realizada na Lagoa Mundaú, possibilitando contribuir para o seu desassoreamento.

6. Declarações

- Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei no. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio do Centro de Mediação e Arbitragem - CMA vinculado ao Crea-PE, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar

- Declaro que estou cumprindo as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

7. Entidade de Classe

NÃO OPTANTE

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <http://crea-pe.sitac.com.br/publico>, com a chave: 9DWBD
Impresso em: 29/09/2021 às 17:39:22 por: , ip: 179.124.137.194

www.creape.org.br

creape@creape.org.br

Tel: (81) 3423-4383

Fax: (81) 3423-4383



CREA-PE
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia de Pernambuco





Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-PE

ART OBRA / SERVIÇO
Nº PE20210684784

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco

SUBSTITUIÇÃO à
PE20210675900
EQUIPE à PE20210684073

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Recife, 18 de Julho de 2022

Local

data

Edwardo Antonio dos Santos Mendonça

EDUARDO ANTONIO DOS SANTOS MENDONÇA - CPF: 705.676.554-82

TPF ENGENHARIA LTDA - CNPJ: 12.285.441/0001-66

9. Informações

* Conforme Art. 4º da Resolução 1025/2009: O registro da ART efetiva-se após o seu cadastro no sistema eletrônico do CREA e o recolhimento do valor correspondente

10. Valor

Esta ART é isenta de taxa

Registrada em: 29/09/2021

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <http://crea-pe.sitac.com.br/publico>, com a chave: 9DWBD
 Impresso em: 29/09/2021 às 17:39:22 por: , ip: 179.124.137.194

www.creape.org.br
 Tel: (81) 3423-4383

creape@creape.org.br
 Fax: (81) 3423-4383



CREA-PE
 Conselho Regional de Engenharia
 e Agronomia de Pernambuco





Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-PE

ART OBRA / SERVIÇO
Nº PE20220783587

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco

COMPLEMENTAR à
 PE20210713198
 EQUIPE à PE20210684073

1. Responsável Técnico

BRUNO MOREIRA DE ALBUQUERQUE

Título profissional: **ENGENHEIRO CIVIL**

RNP: **1820312950**

Registro: **1820312950PE**

2. Dados do Contrato

Contratante: **TPF ENGENHARIA LTDA**

RUA IRENE RAMOS GOMES DE MATTOS

Complemento:

Cidade: **RECIFE**

Bairro: **PINA**

UF: **PE**

CPF/CNPJ: **12.285.441/0001-66**

Nº: **176**

CEP: **51011530**

Contrato: **4800000530**

Celebrado em: **24/03/2021**

Valor: **R\$ 2.159.388,00**

Tipo de contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Privado**

Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

AVENIDA MAJOR CÍCERO DE GÓES MONTEIRO

Complemento:

Cidade: **MACEIÓ**

Data de Início: **02/08/2021**

Previsão de término: **24/03/2023**

Bairro: **MUTANGE**

UF: **AL**

Nº: **2889**

CEP: **57017515**

Coordenadas Geográficas: **0, 0**

Finalidade: **Outro**

Código: **Não Especificado**

Proprietário: **BRASKEM S.A.**

CPF/CNPJ: **42.150.391/0001-70**

4. Atividade Técnica

	Quantidade	Unidade
3 - Assistência		
80 - Projeto > MEIO AMBIENTE > MANEJO E GESTÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS > #7.3.3 - DE CARACTERIZAÇÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS	8,00	h/d
80 - Projeto > GEOLOGIA ECONÔMICA E PESQUISA MINERAL > PESQUISA MINERAL > #29.2.7 - DE AVALIAÇÃO DE DEPÓSITOS E JAZIDAS MINERAIS	8,00	h/d
80 - Projeto > AGRIMENSURA > TERRAPLENAGEM > #36.10.1 - DE VOLUME/ÁREA DE CORTES - TERRAPLENAGEM	8,00	h/d
80 - Projeto > AGRIMENSURA > TERRAPLENAGEM > #36.10.2 - DE VOLUME/ÁREA DE ATERROS - TERRAPLENAGEM	8,00	h/d
80 - Projeto > AGRIMENSURA > TERRAPLENAGEM > #36.10.3 - DE VOLUME/ÁREA DE ESCAVAÇÃO - TERRAPLENAGEM	8,00	h/d
80 - Projeto > AGRIMENSURA > TERRAPLENAGEM > #36.10.4 - DE VOLUME/ÁREA DE BOTA-FORA - TERRAPLENAGEM	8,00	h/d
80 - Projeto > ENGENHARIA COSTEIRA > AÇÕES DE ENGENHARIA EM ESTUÁRIOS E LAGUNAS > DE AÇÕES DE ENGENHARIA EM ESTUÁRIOS E LAGUNAS > #8.3.1.1 - EVOLUÇÃO DE SISTEMAS ESTUARINOS	8,00	h/d

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

Membro de Equipe dos estudos técnicos para avaliar a viabilidade técnica e econômica para a utilização, no enchimento das cavidades decorrentes das frentes de lavra de sal gema que vier a ser realizado pela Braskem, de material coletado na dragagem a ser eventualmente realizada na Lagoa Mundaú, possibilitando contribuir para o seu desassoreamento. 1º Termo Aditivo de Prazo.

6. Declarações

- Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei no. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio do Centro de Mediação e Arbitragem - CMA vinculado ao Crea-PE, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar

- Declaro que estou cumprindo as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

7. Entidade de Classe

NÃO OPTANTE

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <http://crea-pe.sitac.com.br/publico>, com a chave: 17W0D
 Impresso em: 16/05/2022 às 17:52:36 por: , ip: 179.124.137.194

www.creape.org.br

Tel: (81) 3423-4383

creape@creape.org.br

Fax: (81) 3423-4383



CREA-PE
 Conselho Regional de Engenharia
 e Agronomia de Pernambuco





Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-PE

ART OBRA / SERVIÇO
Nº PE20220783587

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco

COMPLEMENTAR à
PE20210713198
EQUIPE à PE20210684073

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

_____, _____ de _____ de _____
Local data

Bruno Albuquerque
BRUNO MOREIRA DE ALBUQUERQUE - CPF: 052.445.804-93

TPF ENGENHARIA LTDA - CNPJ: 12.285.441/0001-66

9. Informações

* Conforme Art. 4º da Resolução 1025/2009: O registro da ART efetiva-se após o seu cadastro no sistema eletrônico do CREA e o recolhimento do valor correspondente

10. Valor

Esta ART é isenta de taxa Registrada em: **13/05/2022**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <http://crea-pe.sitac.com.br/publico>, com a chave: 17W0D
Impresso em: 16/05/2022 às 17:52:36 por: , ip: 179.124.137.194

www.creape.org.br
Tel: (81) 3423-4383

creape@creape.org.br
Fax: (81) 3423-4383



CREA-PE
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia de Pernambuco





Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-PE

ART OBRA / SERVIÇO
Nº PE20210713198

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco

INICIAL
EQUIPE à PE20210684073

1. Responsável Técnico

BRUNO MOREIRA DE ALBUQUERQUE
Título profissional: **ENGENHEIRO CIVIL**

RNP: 1820312950
Registro: 1820312950PE

2. Dados do Contrato

Contratante: **TPF ENGENHARIA LTDA**
RUA IRENE RAMOS GOMES DE MATTOS
Complemento:
Cidade: **RECIFE**

Bairro: **PINA**
UF: **PE**

CPF/CNPJ: **12.285.441/0001-66**
Nº: **176**
CEP: **51011530**

Contrato: **4800000530**

Celebrado em: **24/03/2021**

Valor: **R\$ 2.159.388,00**

Tipo de contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Privado**

Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

AVENIDA MAJOR CÍCERO DE GÓES MONTEIRO

Nº: **2889**

Complemento:

Bairro: **MUTANGE**

Cidade: **MACEIÓ**

UF: **AL**

CEP: **57017515**

Data de Início: **02/08/2021**

Previsão de término: **24/03/2022**

Coordenadas Geográficas: **0, 0**

Finalidade: **Outro**

Código: **Não Especificado**

Proprietário: **BRASKEM S.A.**

CPF/CNPJ: **42.150.391/0001-70**

4. Atividade Técnica

3 - Assistência

80 - Projeto > MEIO AMBIENTE > MANEJO E GESTÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS > #7.3.3 - DE CARACTERIZAÇÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS
80 - Projeto > GEOLOGIA ECONÔMICA E PESQUISA MINERAL > PESQUISA MINERAL > #29.2.7 - DE AVALIAÇÃO DE DEPÓSITOS E JAZIDAS MINERAIS
80 - Projeto > AGRIMENSURA > TERRAPLENAGEM > #36.10.1 - DE VOLUME/ÁREA DE CORTES - TERRAPLENAGEM
80 - Projeto > AGRIMENSURA > TERRAPLENAGEM > #36.10.2 - DE VOLUME/ÁREA DE ATERROS - TERRAPLENAGEM
80 - Projeto > AGRIMENSURA > TERRAPLENAGEM > #36.10.3 - DE VOLUME/ÁREA DE ESCAVAÇÃO - TERRAPLENAGEM
80 - Projeto > AGRIMENSURA > TERRAPLENAGEM > #36.10.4 - DE VOLUME/ÁREA DE BOTA-FORA - TERRAPLENAGEM
80 - Projeto > ENGENHARIA COSTEIRA > AÇÕES DE ENGENHARIA EM ESTUÁRIOS E LAGUNAS > DE AÇÕES DE ENGENHARIA EM ESTUÁRIOS E LAGUNAS > #8.3.1.1 - EVOLUÇÃO DE SISTEMAS ESTUARINOS

Quantidade

Unidade

8,00

h/d

8,00

h/d

8,00

h/d

8,00

h/d

8,00

h/d

8,00

h/d

8,00

h/d

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

Membro de Equipe dos estudos técnicos para avaliar a viabilidade técnica e econômica para a utilização, no enchimento das cavidades decorrentes das frentes de lava de sal gema que vier a ser realizado pela Braskem, de material coletado na dragagem a ser eventualmente realizada na Lagoa Mundaú, possibilitando contribuir para o seu desassoreamento. Data de Registro do Profissional no CREA em 02/08/2021.

6. Declarações

- Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei no. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio do Centro de Mediação e Arbitragem - CMA vinculado ao Crea-PE, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar

- Declaro que estou cumprindo as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

7. Entidade de Classe

NÃO OPTANTE

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <http://crea-pe.sitac.com.br/publico>, com a chave: 1DY4X
Impresso em: 14/12/2021 às 10:31:01 por: ip: 179.124.137.194

www.crea-pe.org.br
Tel: (81) 3423-4383

creape@creape.org.br
Fax: (81) 3423-4383



CREA-PE
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia de Pernambuco





Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-PE

ART OBRA / SERVIÇO
Nº PE20210713198

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco

INICIAL
EQUIPE à PE20210684073

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Reife 18 de junho de 2022
Local data

Bruno Albuquerque
BRUNO MOREIRA DE ALBUQUERQUE - CPF: 082.445.804-93

TPF ENGENHARIA LTDA - CNPJ: 12.285.441/0001-66

9. Informações

* Conforme Art. 4º da Resolução 1025/2009: O registro da ART efetiva-se após o seu cadastro no sistema eletrônico do CREA e o recolhimento do valor correspondente

10. Valor

Valor da ART: **R\$ 88,78** Registrada em: **06/12/2021** Valor pago: **R\$ 88,78** Nosso Número: **8303771489**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <http://crea-pe.sitac.com.br/publico>, com a chave: 1DY4x
Impresso em: 14/12/2021 às 10:31:01 por: , ip: 179.124.137.194

www.creape.org.br
Tel: (81) 3423-4383

creape@creape.org.br
Fax: (81) 3423-4383

CREA-PE
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia de Pernambuco





Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-PE

ART OBRA / SERVIÇO
Nº PE20210684774

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco

SUBSTITUIÇÃO à
 PE20210675805
 EQUIPE à PE20210684073

1. Responsável Técnico

ANA CAROLINA SANTOS FREIRE BONFIM

Título profissional: **ENGENHEIRA CIVIL**

RNP: **1819362922**

Registro: **1819362922PE**

2. Dados do Contrato

Contratante: **TPF ENGENHARIA LTDA**
RUA IRENE RAMOS GOMES DE MATTOS

CPF/CNPJ: **12.285.441/0001-66**

Nº: **176**

Complemento:

Bairro: **PINA**

Cidade: **RECIFE**

UF: **PE**

CEP: **51011530**

Contrato: **4800000530**

Celebrado em: **24/03/2021**

Valor: **R\$ 2.159.388,00**

Tipo de contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Privado**

Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

AVENIDA MAJOR CÍCERO DE GÓES MONTEIRO

Nº: **2.889**

Complemento:

Bairro: **MUTANGE**

Cidade: **MACEIÓ**

UF: **AL**

CEP: **57017515**

Data de Início: **24/03/2021**

Previsão de término: **24/03/2022**

Coordenadas Geográficas: **0, 0**

Finalidade: **Outro**

Código: **Não Especificado**

Proprietário: **BRASKEM S.A.**

CPF/CNPJ: **42.150.391/0001-70**

4. Atividade Técnica

	Quantidade	Unidade
15 - Elaboração		
80 - Projeto > HIDROGEOLOGIA > CONTROLE DE QUALIDADE > #27.5.1 - DE CONTAMINAÇÃO DE AQUÍFERO	8,00	h/d
80 - Projeto > HIDROGEOLOGIA > CONTROLE DE QUALIDADE > #27.5.2 - DE HIDROGEOQUÍMICA	8,00	h/d
80 - Projeto > HIDROGEOLOGIA > CONTROLE DE QUALIDADE > #27.5.3 - DE QUALIDADE DA ÁGUA DE AQUÍFERO	8,00	h/d
80 - Projeto > MEIO AMBIENTE > MANEJO E GESTÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS > #7.3.3 - DE CARACTERIZAÇÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS	8,00	h/d
80 - Projeto > GEOGRAFIA > GEOGRAFIA ECONÔMICA > #38.3.2 - DE ANÁLISES ECONÔMICAS ESPACIAIS	8,00	h/d
80 - Projeto > GEOGRAFIA > GEOGRAFIA FÍSICA - BIOGEOGRAFIA > #38.1.6 - DE DIAGNÓSTICO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS	8,00	h/d
80 - Projeto > GEOGRAFIA > GEOGRAFIA FÍSICA - BIOGEOGRAFIA > DE ZONEAMENTO GEOGRÁFICO > #38.1.8.1 - DE BACIAS HODROGRÁFICAS	8,00	h/d

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

Engenheira Civil dos estudos técnicos para avaliar a viabilidade técnica e econômica para a utilização, no enchimento das cavidades decorrentes das frentes de lavra de sal gema que vier a ser realizado pelo Braskem, de material coletado na dragagem a ser eventualmente realizada na Lagoa Mundaú, possibilitando contribuir para o seu desassoreamento.

6. Declarações

- Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei no. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio do Centro de Mediação e Arbitragem - CMA vinculado ao Crea-PE, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar

- Declaro que estou cumprindo as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

7. Entidade de Classe

NÃO OPTANTE





Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-PE

ART OBRA / SERVIÇO
Nº PE20210684774

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco

SUBSTITUIÇÃO à
PE20210675805
EQUIPE à PE20210684073

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Ana Carolina Santos Freire Bonfim

ANA CAROLINA SANTOS FREIRE BONFIM - CPF: 087.314.404-01

_____, _____ de _____ de _____
Local data

TPF ENGENHARIA LTDA - CNPJ: 12.285.441/0001-66

9. Informações

* Conforme Art. 4º da Resolução 1025/2009: O registro da ART efetiva-se após o seu cadastro no sistema eletrônico do CREA e o recolhimento do valor correspondente

10. Valor

Esta ART é isenta de taxa

Registrada em: **29/09/2021**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <http://crea-pe.sitac.com.br/publico>, com a chave: y1a76
Impresso em: 29/09/2021 às 17:35:58 por: , ip: 179.124.137.194





Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-PE

ART OBRA / SERVIÇO
Nº PE20220784677

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco

INICIAL
EQUIPE à PE20210684073

1. Responsável Técnico

ANDRE MAGALHAES BEZERRA

Título profissional: **ENGENHEIRO CIVIL**

RNP: **1810161495**

Registro: **PE047936 PE**

2. Dados do Contrato

Contratante: **TPF ENGENHARIA LTDA**
RUA IRENE RAMOS GOMES DE MATTOS

CPF/CNPJ: **12.285.441/0001-66**

Nº: **176**

Complemento:

Bairro: **PINA**

Cidade: **RECIFE**

UF: **PE**

CEP: **51011530**

Contrato: **4800000530**

Celebrado em: **24/03/2021**

Valor: **R\$ 2.159.388,00**

Tipo de contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Privado**

Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

AVENIDA MAJOR CÍCERO DE GÓES MONTEIRO

Nº: **2.889**

Complemento:

Bairro: **MUTANGE**

Cidade: **MACEIÓ**

UF: **AL**

CEP: **57017515**

Data de Início: **06/01/2022**

Previsão de término: **24/03/2023**

Coordenadas Geográficas: **0, 0**

Finalidade: **Outro**

Código: **Não Especificado**

Proprietário: **BRASKEM S.A.**

CPF/CNPJ: **42.150.391/0001-70**

4. Atividade Técnica

	Quantidade	Unidade
14 - Elaboração		
80 - Projeto > MEIO AMBIENTE > MANEJO E GESTÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS > #7.3.3 - DE CARACTERIZAÇÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS	8,00	h/d
80 - Projeto > GEOLOGIA ECONÔMICA E PESQUISA MINERAL > PESQUISA MINERAL > #29.2.7 - DE AVALIAÇÃO DE DEPÓSITOS E JAZIDAS MINERAIS	8,00	h/d
80 - Projeto > ENGENHARIA COSTEIRA > AÇÕES DE ENGENHARIA EM ESTUÁRIOS E LAGUNAS > DE AÇÕES DE ENGENHARIA EM ESTUÁRIOS E LAGUNAS > #8.3.1.1 - EVOLUÇÃO DE SISTEMAS ESTUARINOS	8,00	h/d
80 - Projeto > GEOGRAFIA > GEOGRAFIA FÍSICA - BIOGEOGRAFIA > DE ESTUDOS GEOGRÁFICOS > #38.1.10.1 - PARA USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	8,00	h/d
80 - Projeto > GEOLOGIA ECONÔMICA E PESQUISA MINERAL > PESQUISA MINERAL > #29.2.1 - DE PESQUISA MINERAL	8,00	h/d
80 - Projeto > HIDROGEOLOGIA > CONTROLE DE QUALIDADE > #27.5.1 - DE CONTAMINAÇÃO DE AQUÍFERO	8,00	h/d
80 - Projeto > HIDROGEOLOGIA > CONTROLE DE QUALIDADE > #27.5.2 - DE HIDROGEOQUÍMICA	8,00	h/d
80 - Projeto > HIDROGEOLOGIA > CONTROLE DE QUALIDADE > #27.5.3 - DE QUALIDADE DA ÁGUA DE AQUÍFERO	8,00	h/d

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

Membro de Equipe dos estudos técnicos para avaliar a viabilidade técnica e econômica para a utilização, no enchimento das cavidades decorrentes das frentes de lavra de sal gema que vier a ser realizado pelo Braskem, de material coletado na dragagem a ser eventualmente realizada na Lagoa Mundaú, possibilitando contribuir para o seu desassoreamento. O profissional começou a realizar as atividades a partir de 06/01/2022. Período Contratual: 24/03/2021 a 24/03/2022.

6. Declarações

- Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei no. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio do Centro de Mediação e Arbitragem - CMA vinculado ao Crea-PE, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar

- Declaro que estou cumprindo as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

7. Entidade de Classe

NÃO OPTANTE

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <http://crea-pe.sitac.com.br/publico>, com a chave: 130zz
Impresso em: 23/05/2022 às 09:29:35 por: , ip: 179.124.137.194

www.creape.org.br

creape@creape.org.br

Tel: (81) 3423-4383

Fax: (81) 3423-4383



CREA-PE
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia de Pernambuco





Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-PE

ART OBRA / SERVIÇO
Nº PE20220784677

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco

INICIAL
EQUIPE à PE20210684073

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

ANDRE MAGALHAES BEZERRA - CPF: 013.697.564-02

_____, _____ de _____ de _____
Local data

TPF ENGENHARIA LTDA - CNPJ: 12.285.441/0001-66

9. Informações

* Conforme Art. 4º da Resolução 1025/2009: O registro da ART efetiva-se após o seu cadastro no sistema eletrônico do CREA e o recolhimento do valor correspondente

10. Valor

Valor da ART: **R\$ 88,78** Registrada em: **20/05/2022** Valor pago: **R\$ 88,78** Nosso Número: **8304425420**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <http://crea-pe.sitac.com.br/publico>, com a chave: 130zz
Impresso em: 23/05/2022 às 09:29:35 por: , ip: 179.124.137.194





Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-PE

ART OBRA / SERVIÇO
Nº PE20210684762

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco

SUBSTITUIÇÃO à
PE20210676151
EQUIPE à PE20210684073

1. Responsável Técnico

AGNALDO DE MATOS CARNEIRO

Título profissional: **ENGENHEIRO CIVIL**

RNP: **0616644361**

Registro: **PE16644361 PE**

2. Dados do Contrato

Contratante: **TPF ENGENHARIA LTDA**
RUA IRENE RAMOS GOMES DE MATTOS

CPF/CNPJ: **12.285.441/0001-66**
Nº: **176**

Complemento:

Bairro: **PINA**

Cidade: **RECIFE**

UF: **PE**

CEP: **51011530**

Contrato: **4800000530**

Celebrado em: **24/03/2021**

Valor: **R\$ 2.159.388,00**

Tipo de contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Privado**

Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

AVENIDA MAJOR CÍCERO DE GÓES MONTEIRO

Nº: **2.889**

Complemento:

Bairro: **MUTANGE**

Cidade: **MACEIÓ**

UF: **AL**

CEP: **57017515**

Data de Início: **24/03/2021**

Previsão de término: **24/03/2022**

Coordenadas Geográficas: **0, 0**

Finalidade: **Outro**

Código: **Não Especificado**

Proprietário: **BRASKEM S.A.**

CPF/CNPJ: **42.150.391/0001-70**

4. Atividade Técnica

15 - Elaboração	Quantidade	Unidade
80 - Projeto > ENGENHARIA COSTEIRA > AÇÕES DE ENGENHARIA EM ESTUÁRIOS E LAGUNAS > DE AÇÕES DE ENGENHARIA EM ESTUÁRIOS E LAGUNAS > #8.3.1.1 - EVOLUÇÃO DE SISTEMAS ESTUARINOS	8,00	h/d
80 - Projeto > ENGENHARIA COSTEIRA > AÇÕES DE ENGENHARIA EM PRAIAS E COSTAS > DE AÇÕES DE ENGENHARIA EM PRAIAS E COSTAS > #8.2.1.1 - SEDIMENTAÇÃO (EVOLUÇÃO MORFOLÓGICA E SEDIMENTOLÓGICA)	8,00	h/d
80 - Projeto > GEODÉSIA > GEOPROCESSAMENTO > #34.5.8 - DE BANCO DE DADOS GEOGRÁFICOS	8,00	h/d
80 - Projeto > GEODÉSIA > GEOPROCESSAMENTO > #34.5.4 - DE MAPEAMENTO TEMÁTICO	8,00	h/d
80 - Projeto > GEOLOGIA ECONÔMICA E PESQUISA MINERAL > PESQUISA MINERAL > #29.2.5 - DE LEVANTAMENTO GEOFÍSICO DE PROSPECÇÃO MINERAL	8,00	h/d
80 - Projeto > GEOLOGIA ECONÔMICA E PESQUISA MINERAL > PESQUISA MINERAL > #29.2.3 - DE MAPEAMENTO GEOLÓGICO	8,00	h/d
80 - Projeto > GEOLOGIA ECONÔMICA E PESQUISA MINERAL > PESQUISA MINERAL > #29.2.8 - DE MODELAGEM DE DEPÓSITOS E JAZIDAS MINERAIS	8,00	h/d
80 - Projeto > GEOTECNIA E GEOLOGIA DA ENGENHARIA > SONDAGENS > DE SONDAGEM GEOTÉCNICA > #3.2.1.2 - A PERCUSSÃO	8,00	h/d
80 - Projeto > GEOTECNIA E GEOLOGIA DA ENGENHARIA > SONDAGENS > DE SONDAGEM GEOTÉCNICA > #3.2.1.1 - A TRADO	8,00	h/d
80 - Projeto > MEIO AMBIENTE > GESTÃO AMBIENTAL > #7.6.7 - DE IMPACTO AMBIENTAL	8,00	h/d
80 - Projeto > MEIO AMBIENTE > MANEJO E GESTÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS > #7.3.3 - DE CARACTERIZAÇÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS	8,00	h/d
80 - Projeto > METEOROLOGIA > CLIMATOLOGIA > DE ESTUDO CLIMATOLÓGICO > #41.2.4.2 - DE ÁREAS URBANAS	8,00	h/d
80 - Projeto > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > CANAIS > #5.4.2 - DE DRAGAGEM DE CANAIS	8,00	h/d
80 - Projeto > TOPOGRAFIA > LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS ESPECIAIS E NIVELAMENTOS DE PRECISÃO > #33.2.1 - DE LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO	8,00	h/d
80 - Projeto > TOPOGRAFIA > LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS ESPECIAIS E NIVELAMENTOS DE PRECISÃO > #33.2.2 - DE LEVANTAMENTO ECOBATIMÉTRICO	8,00	h/d
80 - Projeto > GEOTECNIA E GEOLOGIA DA ENGENHARIA > SONDAGENS > DE SONDAGEM GEOTÉCNICA > #3.2.1.5 - SÍSMICA POR REFRAÇÃO	8,00	h/d

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <http://crea-pe.sitac.com.br/publico>, com a chave: 40w3Z
Impresso em: 29/09/2021 às 17:28:32 por: , ip: 179.124.137.194





Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-PE

ART OBRA / SERVIÇO
Nº PE20210684762

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco

SUBSTITUIÇÃO à
PE20210676151
EQUIPE à PE20210684073

5. Observações

Engenheiro Civil para os estudos técnicos para avaliar a viabilidade técnica e econômica para a utilização, no enchimento das cavidades decorrentes das frentes de lavra de sal gema que vier a ser realizado pelo Braskem, de material coletado na dragagem a ser eventualmente realizada na Lagoa Mundaú, possibilitando contribuir para o seu desassoreamento.

6. Declarações

- Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei no. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio do Centro de Mediação e Arbitragem - CMA vinculado ao Crea-PE, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar

- Declaro que estou cumprindo as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

7. Entidade de Classe

NÃO OPTANTE

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Recife - PE, *14* de *Junho* de *2022*

Local data

Aginaldo de Matos Carneiro
AGNALDO DE MATOS CARNEIRO - CPF: 021.930.443-25

TPF ENGENHARIA LTDA - CNPJ: 12.285.441/0001-66

9. Informações

* Conforme Art. 4º da Resolução 1025/2009: O registro da ART efetiva-se após o seu cadastro no sistema eletrônico do CREA e o recolhimento do valor correspondente

10. Valor

Esta ART é isenta de taxa

Registrada em: **29/09/2021**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <http://crea-pe.sitac.com.br/publico>, com a chave: 40w3Z
Impresso em: 29/09/2021 às 17:28:32 por: , ip: 179.124.137.194





Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-AL

ART OBRA / SERVIÇO
Nº AL20210220779

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Alagoas

INICIAL

1. Responsável Técnico

BRUNO SOARES FREIRES

Título profissional: **GEOLOGIA**

RNP: 1811395724

Registro: 287/2014 AL

2. Dados do Contrato

Contratante: **TPF ENGENHARIA LTDA**

RUA IRENE RAMOS GOMES DE MATTOS

Complemento:

Cidade: **RECIFE**

Bairro: **PINA**

UF: **PE**

CPF/CNPJ: **12.285.441/0001-66**

Nº: **176**

CEP: **51011530**

Contrato: **02021/004**

Valor: **R\$ 86.735,82**

Ação Institucional: **Outros**

Celebrado em: **03/05/2021**

Tipo de contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Privado**

3. Dados da Obra/Serviço

LAGOA DO MUNDAÚ

Complemento:

Cidade: **MACEIÓ**

Data de Início: **10/05/2021**

Finalidade: **SEM DEFINIÇÃO**

Proprietário: **TPF ENGENHARIA LTDA**

Bairro: **CENTRO**

UF: **AL**

Coordenadas Geográficas: **0, 0**

Código: **Não Especificado**

Nº: **SN**

CEP: **57023060**

CPF/CNPJ: **12.285.441/0001-66**

4. Atividade Técnica

4 - CONSULTORIA

2 - ESTUDO > OBRAS E SERVIÇOS - GEOLOGIA > GEOLOGIA DE ENGENHARIA E GEOTECNIA

> #2194 - SONDAGEM

Quantidade

80,00

Unidade

m

2 - ESTUDO > OBRAS E SERVIÇOS - GEOLOGIA > GEOLOGIA DE ENGENHARIA E GEOTECNIA

> #2194 - SONDAGEM

30,00

m

2 - ESTUDO > OBRAS E SERVIÇOS - GEOLOGIA > GEOLOGIA DE ENGENHARIA E GEOTECNIA

> #2187 - ESTUDOS GEOTÉCNICOS

350,00

un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

Sondagem à percussão realizadas com auxílio de flutuante e ensaios de caracterização de solo na lagoa do Mundaú

6. Declarações

- Declaro que estou cumprindo as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

7. Entidade de Classe

SEM INDICAÇÃO

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Recife *17* de *Maio* de *2021*

Local

data

BRUNO SOARES FREIRES - CPF: 007.516.984-77

TPF ENGENHARIA LTDA - CNPJ: 12.285.441/0001-66

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

10. Valor

Valor da ART: **R\$ 233,94**

Registrada em: **17/05/2021**

Valor pago: **R\$ 233,94**

Nosso Número: **8301732764**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <http://crea-al.sitac.com.br/publica/>, com a chave: x7zD3
Impresso em: 17/05/2021 às 12:00:30 por: , lp: 185.218.89.111

www.crea-al.org.br
Tel: (82) 2123-0804

crea-al@crea-al.org.br
Fax: (82) 2123-0804



Serviço Público Federal CONSELHO FEDERAL/CRBIO - CONSELHO REGIONAL DE BIOLOGIA			
ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA - ART			1-ART Nº: 2022/07802
CONTRATADO			
2.Nome: PAULA VIEIRA RUA PINTO GUEDES		3.Registro no CRBio: 023729/01-D	
4.CPF: 093.567.908-17	5.E-mail: galaplan@uol.com.br		6.Tel: (011)3826-3374
7.End.: AV ANGELICA 868		8.Compl.: APTO 103	
9.Bairro: HIGIENÓPOLIS	10.Cidade: SÃO PAULO	11.UF: SP	12.CEP: 01228-000
CONTRATANTE			
13.Nome: BRASKEM S.A.			
14.Registro Profissional:		15.CPF / CGC / CNPJ: 42.150.391/0001-70	
16.End.: RUA ETENO RUA ETENO 1561			
17.Compl.:		18.Bairro: POLO INDUSTRIAL	19.Cidade: CAMAÇARI
20.UF: BA	21.CEP: 42816-200	22.E-mail/Site: https://www.braskem.com.br/ / https://www.braskem.com.br/	
DADOS DA ATIVIDADE PROFISSIONAL			
23.Natureza : 1. Prestação de serviço Atividade(s) Realizada(s) : Realização de consultorias/assessorias técnicas; Coordenação/orientação de estudos/projetos de pesquisa e/ou outros;			
24.Identificação : COORDENAÇÃO MEIO AMBIENTE - VEGETAÇÃO, FAUNA, ICTIOFAUNA, ECOLOGIA DE ESTUÁRIOS, QUALIDADE DA ÁGUA. PROJETO ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICO-ECONÔMICO. MEIO AMBIENTE. GESTÃO AMBIENTAL ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL			
25.Município de Realização do Trabalho: MACEIO			26.UF: AL
27.Forma de participação: EQUIPE		28.Perfil da equipe: GEÓLOGO, ENGENHEIRO CIVIL, BIÓLOGO, PEDÓLOGO	
29.Área do Conhecimento: Botânica; Ecologia; Oceanografia; Saúde Pública; Zoologia;		30.Campo de Atuação: Meio Ambiente	
31.Descrição sumária : COORDENAÇÃO E PRODUÇÃO DOS ESTUDOS TÉCNICOS DE MEIO AMBIENTE PARA AVALIAR A VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA PARA A UTILIZAÇÃO, NO ENCHIMENTO DAS CAVIDADES DECORRENTES DAS FRENTES DE LAVRA DE SAL GEMA QUE VIER A SER REALIZADO PELO BRASKEM, DE MATERIAL COLETADO NA DRAGAGEM A SER EVENTUALMENTE REALIZADA NA LAGOA MUNDAL, POSSIBILITANDO CONTRIBUIR PARA O SEU DESASSOREAMENTO.			
32.Valor: R\$ 45.000,00	33.Total de horas: 220	34.Início: FEV/2021	35.Término: MAI/2022
36. ASSINATURAS			37. LOGO DO CRBio
Declaro serem verdadeiras as informações acima			
Data: 17/08/22		Data:	
Assinatura do Profissional		Assinatura e Carimbo do Contratante	
			
38. SOLICITAÇÃO DE BAIXA POR CONCLUSÃO		39. SOLICITAÇÃO DE BAIXA POR DISTRATO	
Declaramos a conclusão do trabalho anotado na presente ART, razão pela qual solicitamos a devida BAIXA junto aos arquivos desse CRBio.			
Data: 17/08/22	Assinatura do Profissional		Data: / / Assinatura do Profissional
Data: / /	Assinatura e Carimbo do Contratante		Data: / / Assinatura e Carimbo do Contratante

CERTIFICAÇÃO DIGITAL DE DOCUMENTOS
NÚMERO DE CONTROLE: 1794.2363.3305.4246

OBS: A autenticidade deste documento deverá ser verificada no endereço eletrônico www.crbio01.org.br



Declaração de Habilitação Técnica

A Associação Brasileira de Oceanografia - **AOCEANO**, pessoa jurídica de direito privado, inscrita no CNPJ sob Nº 90.221.151/0001-62, com sede à Avenida Rui Barbosa, 372, Sala 04, Bairro Praia dos Amores, Balneário Camboriú/SC, no uso de suas atribuições legais, especialmente conforme estabelece o artigo 2º, letra h do seu Estatuto Social, e ainda, com fundamento na Lei nº 11.760 de 31 de julho de 2008, que dispõe sobre a regulamentação da profissão de Oceanógrafo, assim como as Diretrizes Curriculares estabelecida pela Comissão de Especialistas do MEC, através da Portaria No 146 SESu/MEC, que relaciona as habilidades e competências do profissional Oceanógrafo, bem como no art. 5º, XIII, da Constituição da República de 1988, que garante o livre exercício de qualquer trabalho, ofício ou profissão, uma vez atendida as qualificações profissionais que a lei estabelecer, e, mesmo sendo dispensável qualquer exigência além do dispositivo constitucional em apreço.

DECLARA QUE:

Rodolfo Jasão Soares Dias, inscrito na Associação Brasileira de Oceanografia - **AOCEANO**, sob o nº 2412, portador do diploma de graduação de Oceanografia expedido pela USP, concluído no ano de 2012, está devidamente habilitado para o exercício regular da Oceanografia, nos termos da Lei nº 11.760, de 31 de julho de 2008.

Declara também que o profissional acima qualificado é o responsável técnico do serviço de **levantamento sísmico de alta resolução (sub bottom profile) e levantamento batimétrico monofeixe de dupla frequência, na Lagoa Mundaú – Maceió**, trabalho previsto para ser realizado no período entre 10/05/2021 e 06/08/2021, tendo como contratante a empresa **TPF ENGENHARIA LTDA** inscrita no CNPJ sob o nº 12.285.441/0001-66.

DHT : 8571

Balneário Camboriú (SC), 10 de Maio de 2021.

Associação Brasileira de Oceanografia
Fernando Luiz Diehl
Presidente

Contratante
TPF ENGENHARIA LTDA
12.285.441/0001-66

RODOLFO JASAO
SOARES
DIAS:28100504814

Assinado de forma digital
por RODOLFO JASAO
SOARES DIAS:28100504814
Dados: 2021.05.14 14:08:30
-03'00'

Profissional
Rodolfo Jasão Soares Dias
281.005.048-14