



MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES
DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte
DPP – Diretoria de Planejamento e Pesquisa
Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias - INPH

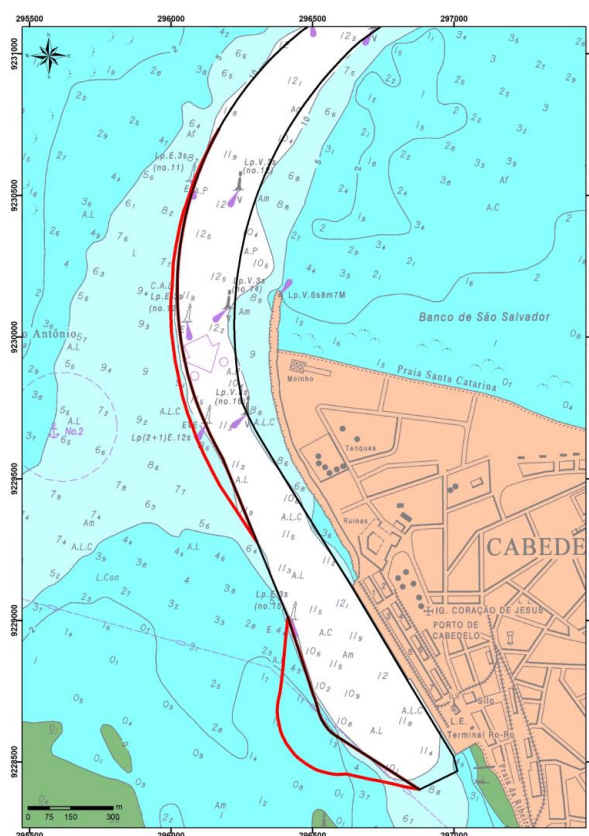


INPH : 003/ 2025 – Revisão 0

CÓDIGO : 900/04

ANTEPROJETO

DRAGAGEM DE ADEQUAÇÃO NO CANAL DE ACESSO E BACIA DE EVOLUÇÃO DO PORTO DE CABEDELÔ/PB



INPH
Rio de Janeiro
Abril/2025

Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias - INPH
Rua General Gurjão, 166 - Caju - Rio de Janeiro - RJ - 20931-040



DOCOFN202600627A





INPH - Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias

APRESENTAÇÃO

Este relatório apresenta o Anteprojeto de Dragagem para o Porto de Cabedelo, desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias – INPH, subordinado à Diretoria de Planejamento e Pesquisa do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes do Ministério dos Transportes, e elaborado com base em dados de estudos ambientais, hidrodinâmicos, batimétricos e geofísicos, disponibilizados pela Administração do Porto de Cabedelo - PB.

A dragagem de adequação, prevista no canal de acesso interno e bacia de evolução, possibilitará a melhoria do acesso aquaviário, permitindo maior conforto às operações e atividades portuárias.

O Porto de Cabedelo, localizado na microrregião de João Pessoa, é o único porto do Estado da Paraíba, que se destaca pela excelente integração dos diversos modais de transporte formado com os Estados do Rio Grande do Norte, Pernambuco e Alagoas.

O INPH coloca-se à disposição para o esclarecimento de quaisquer dúvidas relacionadas ao presente trabalho.

Atenciosamente,

DOMENICO ACCETTA
Coordenador-Geral do INPH



DOCOFN202600627A



I N P H - Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias

EQUIPE TÉCNICA

Coordenação Geral

Engº Domenico Accetta – Coordenador Geral

Engº Antonio Paulo dos Santos Pinto – Coordenador de Desenvolvimento Técnico

Equipe técnica

Domenico Accetta – Responsável Técnico

Roberto Bianco – Geólogo

Luis Pedro Franco Bicalho - Engenheiro

Priscila Schilithz – Oceanógrafa

Jesueliton Leis Ribeiro - Oceanógrafo

Roberta Moreno – Geóloga

Ricardo Pacheco – Gestor ambiental

Wesley Passos - Geógrafo





Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	4
2. DADOS AMBIENTAIS.....	7
2.1. Maré.....	8
2.2. Correntes.....	9
2.3. Ondas.....	11
2.4. Ventos.....	12
2.5. Dados de Vazão.....	13
3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS.....	15
3.1. Geologia Regional.....	15
3.2. Avaliação de Estudos para Alargamento da Bacia de Evolução.....	19
3.2.1. Dados Sonográficos Pretéritos.....	20
3.2.2. Dados Sísmicos Pretéritos.....	20
3.2.3. Sondagens Geológicas Pretéritas.....	21
3.2.4. Levantamento Batimétrico Recente.....	22
3.2.5. Levantamento Sísmico Recente.....	24
3.2.6. Análise Integrada de Dados Geofísico-Geológicos.....	29
3.2.7. Considerações Gerais.....	33
3.2.8. Detalhamento de Estudos nas Áreas de Dragagem.....	35
3.2.9. Conclusões e Recomendações.....	36
4. MODELAGEM MATEMÁTICA.....	39
4.1. Estudo meteocanográfico.....	39
4.2. Ondas oceânicas.....	40
4.3. Configuração do modelo matemático.....	42
4.4. Resultados.....	45
5. QUANTIFICAÇÃO DO VOLUME A DRAGAR.....	55
6. ESPECIFICAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS A SEREM UTILIZADOS E METODOLOGIA EXECUTIVA.....	56
7. PRAZO E COMPOSIÇÃO DE PREÇOS UNITÁRIOS.....	57

ANEXOS:

ANEXO A – PLANTAS:

INPH-240 04 A – Arranjo Geométrico com batimetria

INPH-240 04 B – Arranjo Geométrico

ANEXO B – CPU





1. INTRODUÇÃO

O Porto de Cabedelo está localizado as margens do oceano Atlântico, no estuário do Rio Paraíba do Norte, em frente à ilha da Restinga, na parte Noroeste da cidade de Cabedelo-PB, vizinho ao Forte de Santa Catarina (Figura 1-1).

Com sua posição privilegiada e perfeita integração dos modais marítimo, ferroviário e rodoviário, constitui uma excelente opção logística da região Centro Nordeste, estendendo sua área de influência para além das divisas do Estado da Paraíba.



Figura 1-1 – Imagens do Porto de Cabedelo-PB.

Oferecendo vários terminais retroportuários na zona contígua à do porto organizado, possibilita uma estrutura competitiva representando baixos custos, e mão-de-obra qualificada.

Atualmente o Porto de Cabedelo conta com um Cais de 602 metros de extensão, calado homologado de 11m de profundidade, Silagem para 35.000 toneladas de grãos, 14.000m² de armazéns cobertos, e 18.000m² de pátios.

Em março de 2025, o Porto de Cabedelo registrou um marco histórico, movimentando mais de 172.030 toneladas de cargas, conforme balanço operacional divulgado pela Companhia Docas da Paraíba. Os resultados fazem parte de um ótimo cenário de investimentos. Atualmente, o Porto de Cabedelo está passando pelo maior





programa de investimentos de sua história, totalizando R\$300 milhões em diversas obras, mas sem interromper as operações. Uma estratégia que visa não só melhorar a eficiência logística, mas também consolidar o porto como uma rota de cabotagem de contêineres e abrir espaço para novas cargas e operações estratégicas.

Embarcações com grande capacidade de transporte têm tido o Brasil como rota. Com o aumento da demanda e a vinda cada vez mais frequentes navios de grande porte, fica ainda mais evidente a necessidade de obras de infraestrutura nos portos do país em geral.

Para permitir a entrada de navios maiores é fundamental o aumento da profundidade e respectivo calado operacional. Dessa forma, novas adequações do canal de navegação são imprescindíveis para permitir a navegação de navios com maiores dimensões, e conseqüentemente melhor aproveitamento da capacidade dessas embarcações.

Considerando-se a capacidade atual de acesso e visando potencializar ainda mais a região, o presente Instituto apresenta o anteprojeto de dragagem que contempla novas readequações do atual canal de navegação do Porto de Cabedelo. As novas alterações previstas consistem basicamente na ampliação da bacia de evolução, passando de 330m para 450m, além do alargamento da curva de acesso da área interna do Porto, propiciando maior segurança aos navios que adentram o Porto (Figura 1-2).



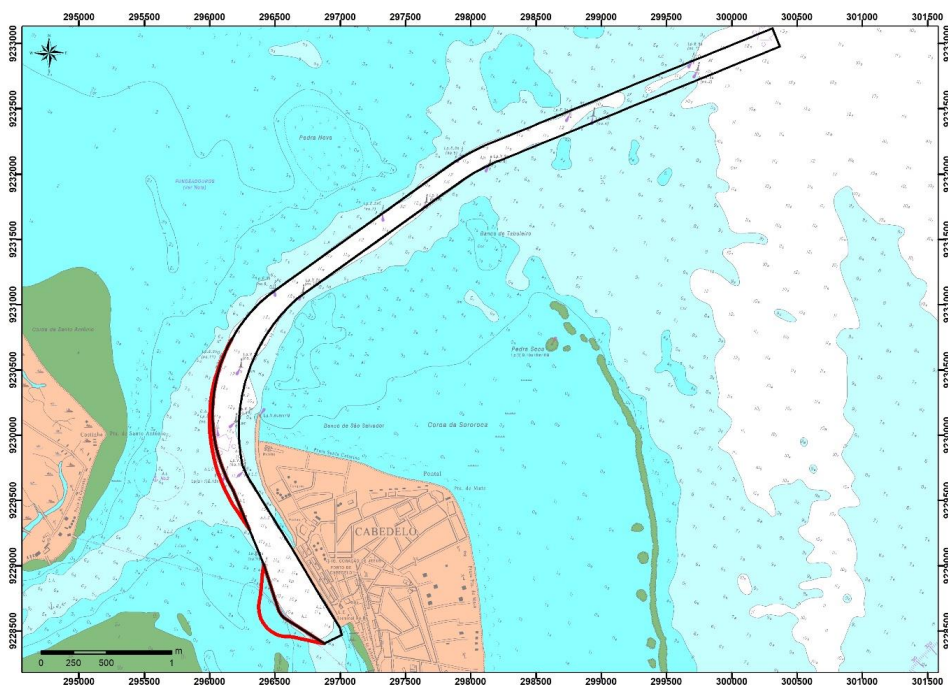


Figura 1-2 - Projeto Geométrico do canal de navegação do Porto de Cabedelo. Em preto, o atual traçado do canal, e em vermelho, o canal com as novas adequações.





2. DADOS AMBIENTAIS

O Porto de Cabedelo possui boas condições naturais de abrigo e profundidade, além da boa localização, constitui uma excelente via de escoamento de produção por via portuária (Figura 2-1).

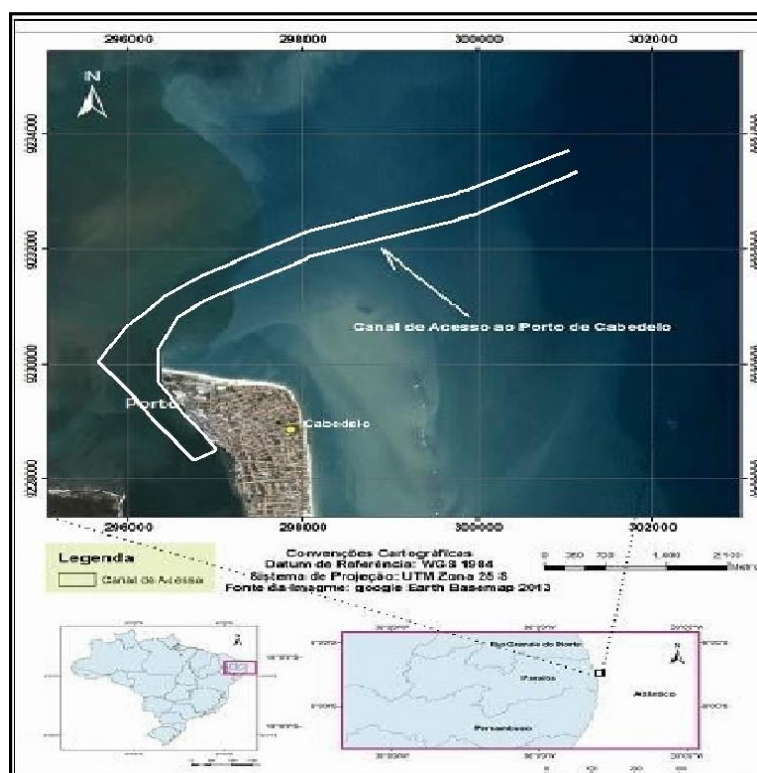


Figura 2-1 - Localização do Porto de Cabedelo (Fonte Relatório Técnico Belov Engenharia - 2013).

Para os projetos de dragagens de aprofundamento e manutenção de seu canal de acesso, é essencial o conhecimento de fatores ambientais como marés, correntes, ondas, ventos, além de geomorfológicos e geológicos.





2.1. Maré

O regime de marés é semi-diurno, apresentando duas preamares e duas baixamars ao longo de um período de cerca de 12 h. Segundo informações da FEMAR, o nível médio encontra-se cerca de 1,18 m acima do nível de redução.

As principais características da maré são (Tabela 2-1):

- Média das preamares de sizígia: 2,27m.
- Média das preamares de quadratura: 1,70m.
- Média das baixamars de sizígia: 0,09m.
- Média das baixamars de quadratura: 0,66m.

Tabela 2-1 - Constantes Harmônicas do Porto de Cabedelo (FONTE: FEMAR).

FEMAR-FUNDAÇÃO DE ESTUDOS DO MAR

Catálogo de Estações Maregráficas Brasileiras

Nome da Estação :	CABEDELLO (PORTO) – PB				
Localização :	No Cais, em frente ao Armazém nº 1				
Organ. Responsável :	DHN / INPH				
Latitude :	06° 58,4' S	Longitude :	34° 50,4' W		
Período Analisado :	18/01/81 a 18/01/82	Nº de Componentes :	28		
Análise Harmônica :	Método Almirante Santos Franco				
Classificação :	Maré Semidiurna.				
Estabelecimento do Porto: (HWF&C)	IV H 25 min	Nível Médio (Zo):	118 cm acima do NR.		
Médias das Preamares de Sizígia (MHWS) :	227 cm acima do NR.	Média das Preamares de Quadratura (MHWN) :	170 cm acima do NR.		
Média das Baixa-mares de Sizígia (MLWS) :	9 cm acima do NR.	Média das Baixa-mares de Quadratura (MLWN) :	66 cm acima do NR.		
CONSTANTES HARMÔNICAS SELECIONADAS					
Componentes	Semi-amplitude (H) cm	Fase (g) graus (°)	Componentes	Semi-amplitude (H) cm	Fase (g) graus (°)
Sa	8,5	091	MU ₂	2,4	121
Ssa	4,3	039	N ₂	16,8	113
Mm	-	-	NU ₂	3,5	110
Mf	1,9	344	M ₂	80,5	123
MTM	-	-	L ₂	2,6	119
Msf	-	-	T ₂	1,6	125
Q ₁	1,2	126	S ₂	28,3	142
O ₁	5,1	161	K ₂	7,9	134
M ₁	-	-	MO ₃	0,3	156
P ₁	1,5	230	M ₃	0,6	147
K ₁	4,8	232	MK ₃	0,2	319
J ₁	-	-	MN ₄	-	-
OO ₁	-	-	M ₄	0,8	334
MNS ₂	-	-	SN ₄	-	-
2N ₂	2,7	101	MS ₄	1,2	021
Referências de Nível: RN-1 na porta da frente do armazém nº 1 RN-2 no extremo norte do cais, junto à estação maregráfica.					
Obs: Outros períodos: 01/05/22 a 04/05/23; 07/11/54 a 08/12/54 : 27/04/61 a 28/05/61; 01/01/81 a 01/05/81. Existem observações no INPH desde 1915. Consta das Tábuas das Marés.					





2.2. Correntes

Os dados de correntes apresentados neste capítulo foram investigados pela Eicomnor Engenharia e consta no Relatório Técnico “RE-DPB-13.02.0-362-EIC-003¹”. Para esta coleta, foram utilizados um Perfilador Acústico de Correntes (ADCP – Acoustic Doppler Current Profiler), fundeado na desembocadura do Rio Paraíba, num local com aproximadamente 5 m de profundidade (DHN), nas seguintes coordenadas geográficas: 6° 57' 20,26" S e 34° 50' 27,92" O (datum WGS 84) (Figura 2-2). As medições foram conduzidas no período compreendido entre os dias 12/03/2013 e 16/04/2013.

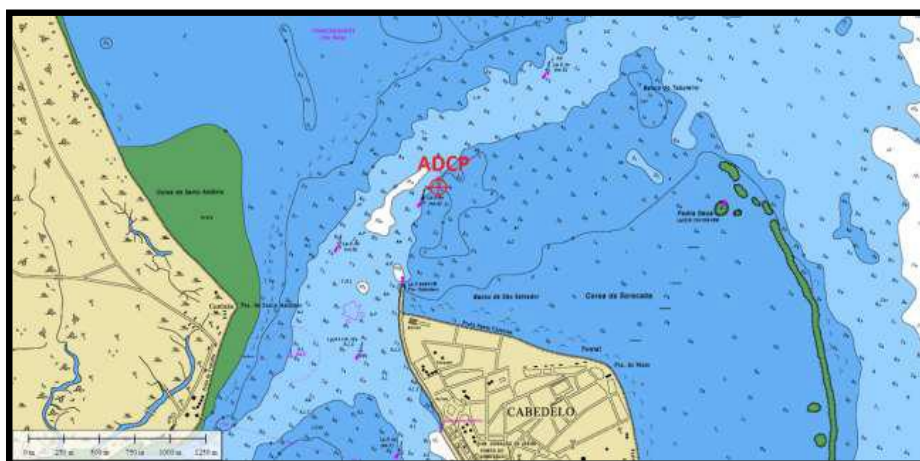


Figura 2-2 - Localização do ponto de fundeio do ADCP nas proximidades da boia nº 8 de sinalização do canal de acesso ao Porto de Cabedelo, desembocadura do Rio Paraíba. Coordenadas geográficas: 6° 57' 20,26" S e 34° 50' 27,92" O (datum WGS 84).

Na Figura 2-3 são apresentadas as séries temporais das componentes u (azul) e v (vermelho) da corrente medida pelo perfilador acústico, integrada na vertical.

¹ RE-DPB-13.02.0-362-EIC-003 - "Modelagem Numérica Hidrodinâmica como Subsídio à Análise dos Impactos Gerados pelo Prolongamento do Molhe do Porto de Cabedelo no Padrão de Circulação.



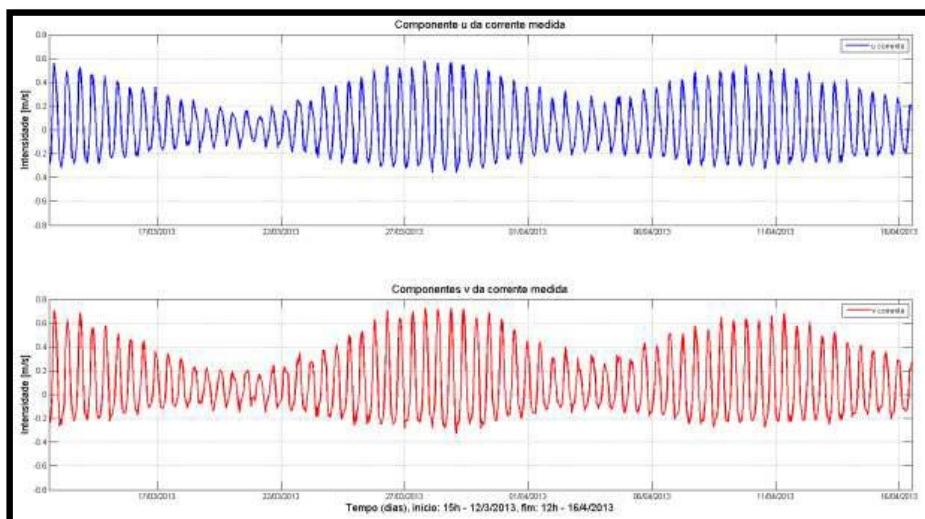


Figura 2-3 - Componente u (azul) e v (vermelho) da corrente medida na desembocadura do Rio Paraíba, nas seguintes coordenadas geográficas: 6° 57' 20,26" S e 34° 50' 27,92" O (datum WGS 84) – corrente integrada na vertical.

As correntes na desembocadura do Rio Paraíba são fortemente moduladas pelas marés. Neste ponto de medição, a componente u (E-O) da corrente apresenta magnitude semelhante à componente v (N-S), evidenciando um fluxo preferencial na direção do eixo principal do canal (NE-SO), provocado pelos efeitos de maré vazante e enchente.

O escoamento bidirecional das correntes no ponto de medição pode ser observado no diagrama polar de ocorrências, apresentado na Figura 2-4, onde a barra de cor representa o número de observações e os círculos concêntricos a magnitude da corrente.

Neste diagrama é notável que as correntes de maré vazante possuem maior intensidade que as correntes de maré enchente. As máximas correntes de maré vazante observadas, possuem valores de aproximadamente 1 m/s.



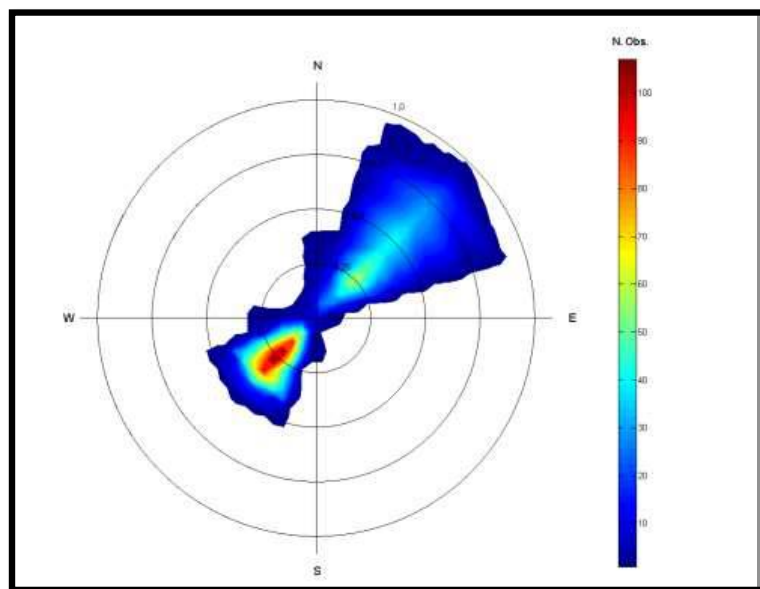


Figura 2-4 - Diagrama polar de ocorrências dos dados de corrente medidos na desembocadura do Rio Paraíba, nas seguintes coordenadas geográficas: 6° 57' 20,26" S e 34° 50' 27,92" O (datum WGS 84) (convenção vetorial) – corrente integrada na vertical.

Adicionalmente, a empresa Eicomnor Engenharia, através do Relatório “Projeto de Dragagem da Bacia de Evolução e Canal de Acesso do Porto de Cabedelo – Março/2009” obteve informações na Associação dos Práticos, onde foram relatadas que as correntes marítimas não oferecem qualquer empecilho à navegação, sendo tranquilo o acesso ao porto.

2.3. Ondas

Não há registros de observações de ondas nas proximidades do porto, conforme levantamentos feitos pelo porto e pelo INPH. No entanto, Neves *et al.* (2010)² verificou através dos dados disponíveis em MCT/IMPE/CPTEC, estatísticas que apresentaram a relação direta entre o sentido e a velocidade dos ventos dominantes, e da altura e do período das ondas que chegam à costa do nordeste oriental do Brasil. Para a costa do Estado da Paraíba as ondas mais frequentes que atingem a região são oriundas de NE (N45°) e E (N90°), com alturas de 1,0 m e

² NEVES, S.M.; MANSO, V.A.V.; NEVES, M.M. Estudo da mineralogia, textura, densidade e componentes bióticos das areias de praia e sua relação com a dinâmica praia do litoral do estado da Paraíba. Revista de Geografia, Recife, v. 8, n. 2, set. 2010. v. especial.





períodos de 5,0 s, e de SE (N135°) e SSE (N 180°), com alturas de 1,5 m e períodos de 6,5 s.

Por outro lado, a empresa Eicomnor Engenharia, através do Relatório “Projeto de Dragagem da Bacia de Evolução e Canal de Acesso do Porto de Cabedelo – Março/2009” extraiu informações sobre o regime de ondas junto à Associação dos Práticos do Porto de Cabedelo, onde, segundo a experiência, as ondas que ocorrem na entrada da barra, têm altura em torno de 1,5m e comprimentos de ondas aproximados entre 50,0m a 100,0 m.

2.4. Ventos

Os dados de ventos apresentados neste capítulo foram investigados pela Eicomnor Engenharia e consta no Relatório Técnico “RE-DPB-13.02.0-362-EIC-003³”. Tais dados foram obtidos do programa de reanálise Climate Forecast System Reanalysis (CFSR) do NCEP (National Center Environment Prediction/NOAA). O programa utiliza um sistema de métodos e ferramentas considerados estado-da-arte em análise e previsão, incorporando procedimentos de assimilação de dados para o período compreendido entre 1° de janeiro de 1970 e 31 de dezembro de 2010.

As informações de vento são fornecidas a 10 m de altitude, com resolução temporal de 6 h através do site <http://rda.ucar.edu/pub/cfsr.html>.

Na Figura 2-5 é apresentada a rosa dos ventos elaborada a partir dos dados extraídos num ponto localizado nas seguintes coordenadas geográficas: 6,95° S e 34,84°O (datum WGS 84).

³ RE-DPB-13.02.0-362-EIC-003 - "Modelagem Numérica Hidrodinâmica como Subsídio à Análise dos Impactos Gerados pelo Prolongamento do Molhe do Porto de Cabedelo no Padrão de Circulação.



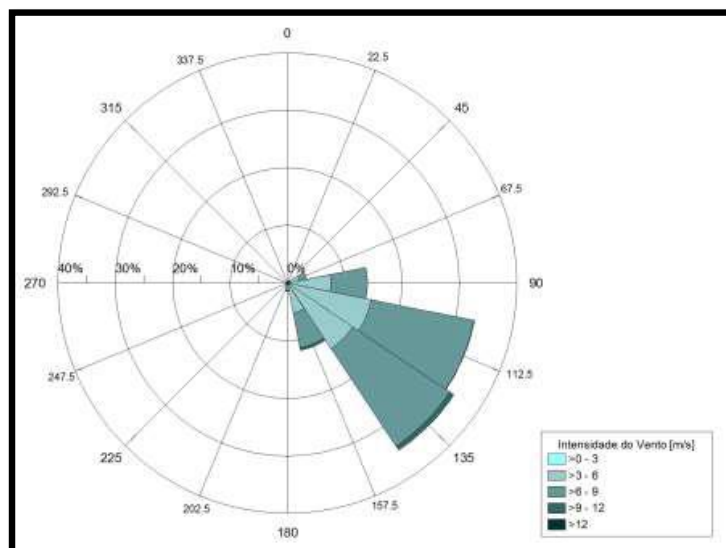


Figura 2-5 - Rosa dos ventos elaborada a partir dos dados de reanálise do programa CFSR do NCEP para o período compreendido entre 1º de janeiro de 1970 e 31 de dezembro de 2010 (convenção meteorológica).

Os ventos predominantes, para essa região, são provenientes de SE, ESE e E. Os ventos de maior intensidade são provenientes de SE e SSE.

Por outro lado, a empresa Eicomnor Engenharia, através do Relatório “Projeto de Dragagem da Bacia de Evolução e Canal de Acesso do Porto de Cabedelo – Março/2009”, extraiu informações da Associação dos Práticos do Porto de Cabedelo, onde os ventos reinantes na região não prejudicam as operações de fundeio, atracação e desatracação dos navios. Quando necessário, são alteradas as manobras em função dos ventos, porém sem prejuízo às operações.

2.5. Dados de Vazão

Os dados de vazão apresentados neste capítulo foram investigados pela Eicomnor Engenharia e consta no Relatório Técnico “RE-DPB-13.02.0-362-EIC-003⁴”.

Dados de descarga fluvial do Rio Paraíba foram obtidos da Agência Nacional de Águas (ANA), para a estação linimétrica de Ponte da Batalha, localizada nas seguintes coordenadas geográficas: 07° 07' 48" S e 35° 02' 51" O.

⁴ RE-DPB-13.02.0-362-EIC-003 - "Modelagem Numérica Hidrodinâmica como Subsídio à Análise dos Impactos Gerados pelo Prolongamento do Molhe do Porto de Cabedelo no Padrão de Circulação.





Para caracterização do regime hidrológico do rio, foram analisados os dados disponíveis para o período compreendido entre janeiro de 1970 e dezembro de 1997 (27 anos).

A Figura 2-6 apresenta a série temporal da descarga fluvial média mensal entre 1970 e 1997 (painel superior esquerdo), médias das descargas médias mensais com intervalos superior e inferior do desvio padrão (painel superior direito), máxima vazão diária observada, por mês (painel inferior esquerdo) e mínima vazão diária observada, por mês (painel inferior direito).

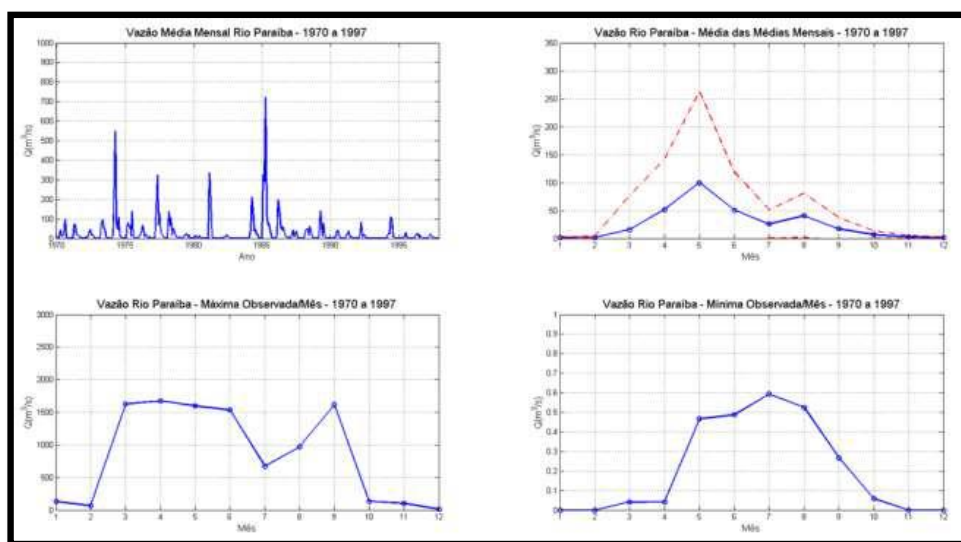


Figura 2-6 - Série temporal da descarga fluvial média mensal entre 1970 e 1997 (painel superior esquerdo), médias das descargas médias mensais e intervalo superior e inferior do desvio padrão (painel superior direito), máxima vazão diária observada, por mês (painel inferior esquerdo) e mínima vazão diária observada, por mês (painel inferior direito).

As mais altas vazões médias ocorrem nos meses de abril, maio e junho. As mais baixas vazões médias ocorrem nos meses de dezembro e janeiro.





3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS

3.1. Geologia Regional

O Porto de Cabedelo, como a maioria dos portos brasileiros, se desenvolveu em canais de navegação estuarinos e recebe muita carga de sedimentos, trazidos pelos rios que desembocam no chamado “Sistema Estuarino do Rio Paraíba do Norte”, recebendo efluentes domésticos e industriais, provenientes das cidades situadas no seu entorno.

A geologia da região é predominantemente sedimentar, representada por depósitos que vão do Cretáceo ao Holoceno. Os sedimentos quaternários predominam, constituindo toda a área da planície de Cabedelo, que é dominada ao sul e sudeste pelos depósitos pleistocênicos da Formação Barreiras (Figura 3-1 **Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

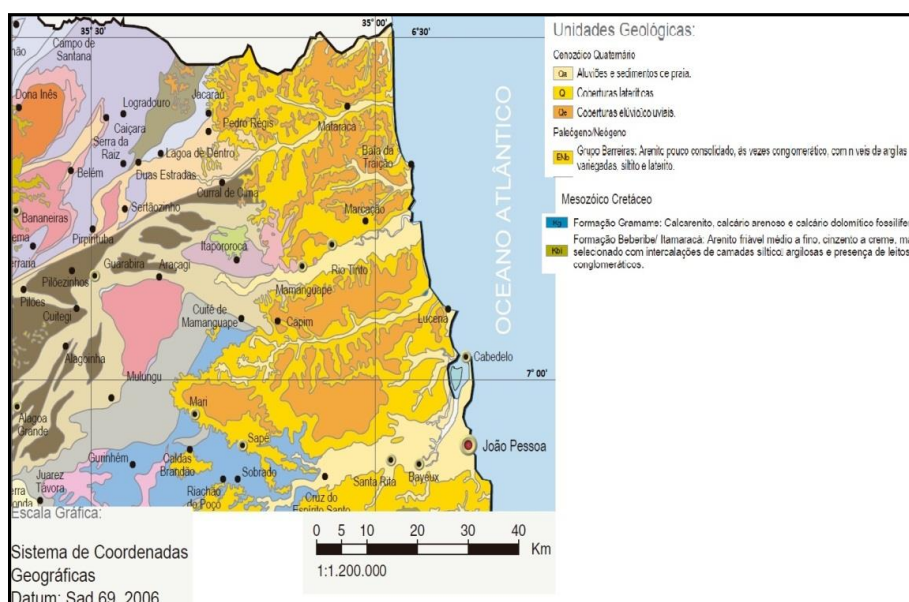


Figura 3-1 - Mapa geológico regional (Fonte: SECTMA Atlas de Recursos Hídricos da Paraíba).

Na região, os sedimentos do Grupo Barreiras aparecem, até profundidades de 5m, como remanescentes erosivos que formam alto-fundos de extensões e formatos variáveis, constituídos de argilas variegadas com teores diversos de areias, sem estratificações, com lentes arenosas e cascalho. Esses alto-fundos correspondem geralmente a cangas, em trechos mais cimentados por óxido de ferro, dentro do grupo Barreiras, que endurecem em contato com a água do mar, constituindo substrato duro e propício à vida marinha sésil,





tal como algas calcárias e corais subsidiários, e formando recifes de pedra, com formatos e dimensões diversas. Entre as isobatimétricas de 5m e 10m, esses alto-fundos também são visíveis, com relevo relativo local de 1m a 3m (MICROARS, 2004⁵).

Notável nessa região, ao longo da costa, é um recife linear de pedra que ocorre em frente à barra arenosa de Cabedelo. Tal recife corresponde a um arenito de praia (beach rock), aflorante na maré baixa, que se estende, pelo menos, até 5m a 8m de profundidade. Sua formação corresponde à cimentação por carbonato de cálcio de uma antiga ilha-barreira (frente praial) em função do contato entre a água doce do lençol freático – ou mesmo de uma laguna ou canal fluvial – com a água do mar, sob a ação do efeito das marés, em linha de costa diferente da atual (MICROARS, 2004).

Ocorrem, na área em estudo, em feições lineares semi-contínuas, por aproximadamente 500m, desde Cabedelo até a praia da Ponta de Campina (NEVES, 2010⁶), conforme Figura 3-2, a seguir.



Figura 3-2 - Recifes algálicos/coralinos paralelos à linha de costa (Fonte: Google Earth, 2011).

Já as formações de origem quaternária, na região do Porto de Cabedelo, são constituídas por aluviões, sedimentos praias, manguezais, terraços de origem fluvial e

⁵ Levantamento Sísmico e Batimétrico para Subsidiar Projeto de Dragagem e Derrocagem no Canal de Acesso do Porto de Cabedelo, Relatório Final N° 01/04, MICROARS, 2004.

⁶ Influência da Morfodinâmica Costeira na Fisiografia do Município de Cabedelo – PB, NEVES, M., Revista de Geografia, UFPE, Setembro/2010.





coberturas arenosas, sobrepostas às camadas inferiores, como ilustra a Figura 3-3, a seguir (FRAZÃO, 2011⁷).

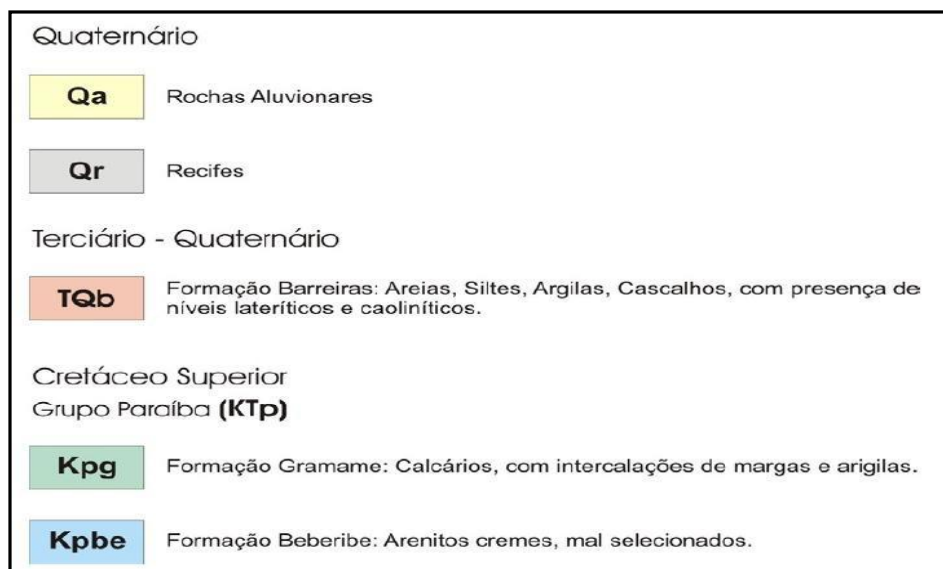


Figura 3-3 - Estratigrafia da restinga de Cabedelo (Fonte: GEOCONSULT, 2003, *In* Frazão, 2011).

Na restinga de Cabedelo destacam-se os sedimentos aluvionares (Quaternário) e os recifes rochosos e coralinos. Os sedimentos aluvionares presentes na área são bem desenvolvidos no estuário do rio Paraíba, sobretudo constituídos por lamas escuras, flúvio-marinhas e fluviais, com grande abundância em matéria orgânica, representando a planície de maré com manguezais e solos aluviais e orgânicos, descrita por FRAZÃO (2011).

Os recifes rochosos são constituídos por arenitos e conglomerados, em geral, formados por fragmentos predominantemente quartzosos e cimentados por calcita, frequentemente contendo conchas fragmentadas ou inteiras de moluscos.

⁷ Caracterização Batimétrica e Físico-Oceanográfica do Canal de Acesso ao Porto de Cabedelo - PB, FRAZÃO, L., 2011.



Os recifes algálico-coralinos, na costa brasileira e na área de estudo, estão intimamente ligados ao substrato que serve ao seu crescimento. Na plataforma interna, esses bancos de algas e corais crescem apoiados sobre substrato de arenito de praia ou de arenitos ferruginosos da Formação Barreiras, conforme Figura 3-4, a seguir (CELMY, 1989⁸).

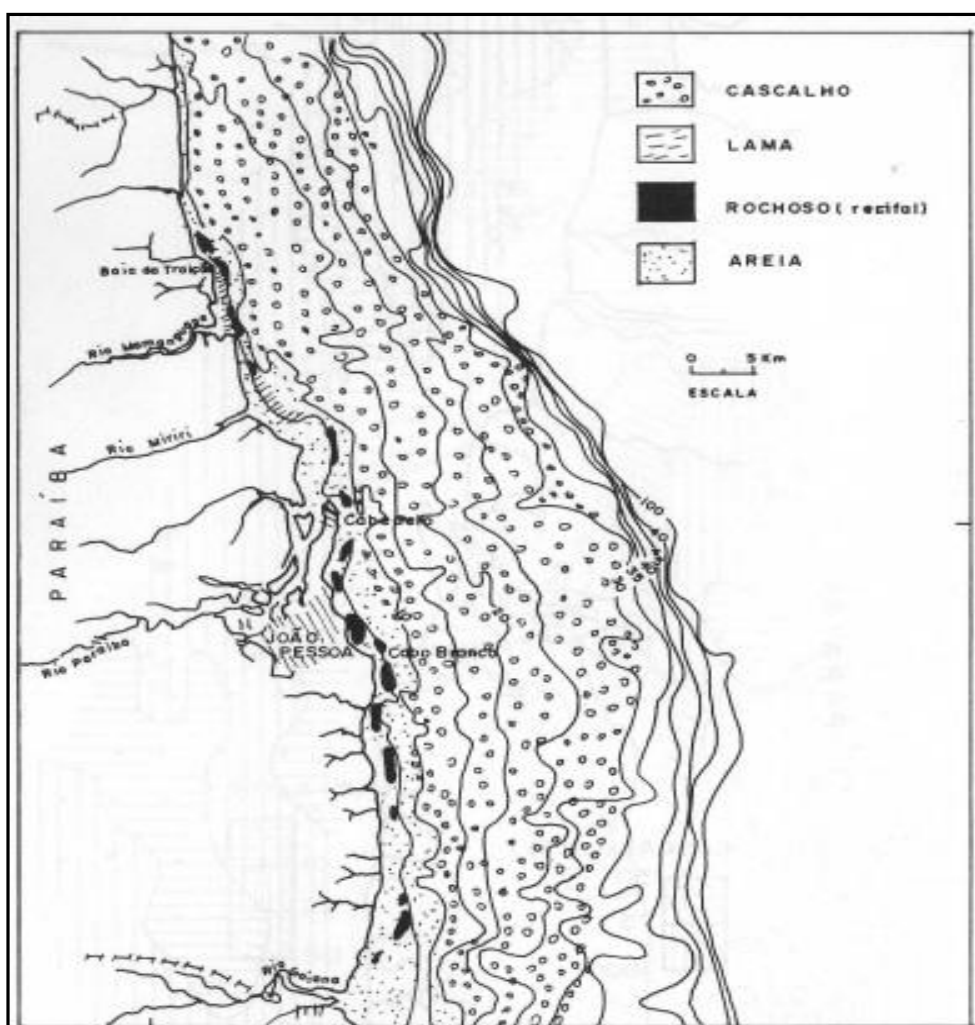


Figura 3-4 - Distribuição de sedimentos e rochas da plataforma continental da Paraíba (Fonte: CELMY, 1989).

⁸ Sedimentos Carbonáticos da Plataforma Continental da Paraíba, CELMY, B., UFPE, 1989.





3.2. Avaliação de Estudos para Alargamento da Bacia de Evolução

O Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias – INPH recebeu e-mail do Porto de Cabedelo, que encaminhava, através do Ofício nº 088/2025-GABPRE, datado de 20/03/2025, link com relatórios referentes a serviços de levantamentos topohidrográfico e sísmico, executados, no Porto de Cabedelo-PB, pela empresa EICOMNOR Engenharia, respectivamente intitulados:

- **“Execução de Serviços Técnicos de Levantamentos Topo-hidrográfico e Geofísico nas Áreas da Bacia de Manobras 01 e no Alargamento Previsto para o Canal Interno de Cabedelo/PB”;** e
- **“Levantamento de Sísmica Rasa no Porto de Cabedelo – PB, Relatório de Estudo Geotécnico RE-DPB-25.01.0-320-EIC-001”.**

O Ofício supra informa que tais estudos se destinaram a subsidiar o alargamento da Bacia de Evolução do Porto de Cabedelo, de 330m para 450m, a fim de trazer “mais segurança às manobras de atracação e desatracação, além de possibilitar a operação de navios de maior porte, ampliando a capacidade e competitividade do Porto de Cabedelo”.

Citado Ofício conclui, solicitando que, *“com base nos dados apresentados, o INPH examine os estudos e, a partir da análise do levantamento sísmico, calcule o volume a ser dragado, considerando as características do material presente”, solicitando, ainda, “a elaboração de um anteprojeto que servirá de base para a elaboração do edital de licitação, a realização do certame e, posteriormente, a execução da obra”.*

Foram revisitados dados de levantamentos antigos, executados na área do canal interno, e que subsidiaram serviços anteriores de dragagem na região, respectivamente realizados pelas empresas EICOMNOR Engenharia (2004⁹ e 2013^{10;11}) e BELOV Engenharia (2013¹² e 2014^{13;14;15}), sondagens geológicas antigas, presentes nas

⁹ Sondagens Subaquáticas de “Jet Probe”, EICOMNOR Engenharia, Relatório Técnico, 2004.

¹⁰ Sondagens Rotativas, EICOMNOR Engenharia, Relatório Técnico, Abril/2013.

¹¹ Sondagens Subaquáticas de “Jet Probe”, EICOMNOR Engenharia, Relatório Técnico, Abril/2013.

¹² Levantamento Batimétrico, Sonográfico e Sísmica Rasa, BELOV Engenharia, Relatório Técnico, Setembro/2013.

¹³ Resultados do Levantamento de Geofísica Aquática – Perfilador de Subfundo e Sonar de Varredura Lateral, BELOV Engenharia, Relatório Técnico, Abril/2014.

¹⁴ Levantamento Batimétrico Multifixe – Categoria A, BELOV Engenharia, Relatório Técnico, Agosto/2014.

¹⁵ Levantamento Batimétrico Multifixe – Categoria A - Reprocessamento dos Dados Batimétricos, BELOV Engenharia, Relatório Técnico, Novembro/2014.





proximidades da área de interesse e levantamentos batimétrico e sísmico (Chirp) recentes, executados pela empresa EICOMNOR (2025).

3.2.1. Dados Sonográficos Pretéritos

Correspondem à interpretação da faciologia do fundo marinho, em função de diferentes padrões texturais, observados nos registros sonográficos, com base em levantamento com sonar de varredura lateral, executado pela empresa BELOV Engenharia (2013), com distribuição de sedimentos da seguinte forma:

- **Área mais próxima ao Porto:** padrões homogêneos, representados por sedimentos psamíticos (Figura 3-5);
- **Área da curva do canal:** predominância de sedimentos arenosos (Figura 3-6).

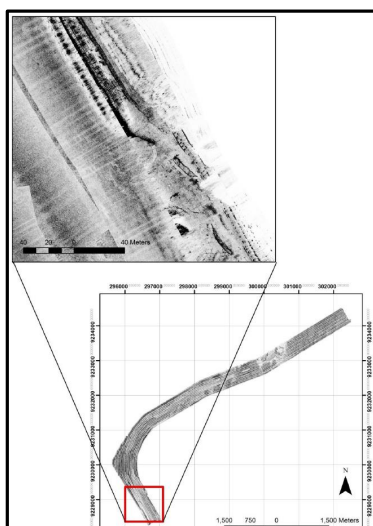


Figura 3-5 - Padrão homogêneo (sedimentos psamíticos).

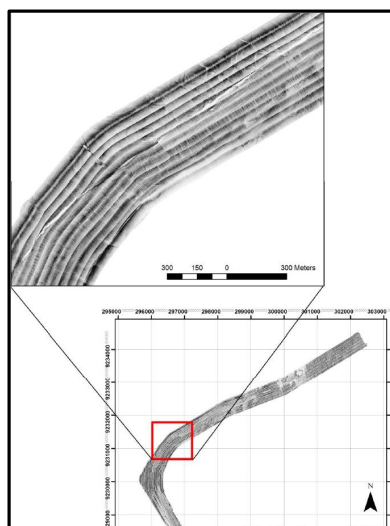


Figura 3-6 - Sedimentos arenosos.

3.2.2. Dados Sísmicos Pretéritos

De acordo com interpretação apresentada no relatório da BELOV (2013), as principais feições, identificadas nos perfis sísmicos, foram associadas a sedimentação arenosa, com estratificação plano-paralela e domínio de bioclásticos, em fundo irregular.

Nos trechos próximos ao porto e em mar aberto há predomínio de sedimentação arenosa, enquanto que na porção central ocorre interdigitação de material arenoso e



bioclastos. O produto final desse levantamento é representado por profundidades do embasamento acústico, conforme a Figura 3-7, com diferenciação de profundidades menores e maiores do que a cota de projeto de 11m.

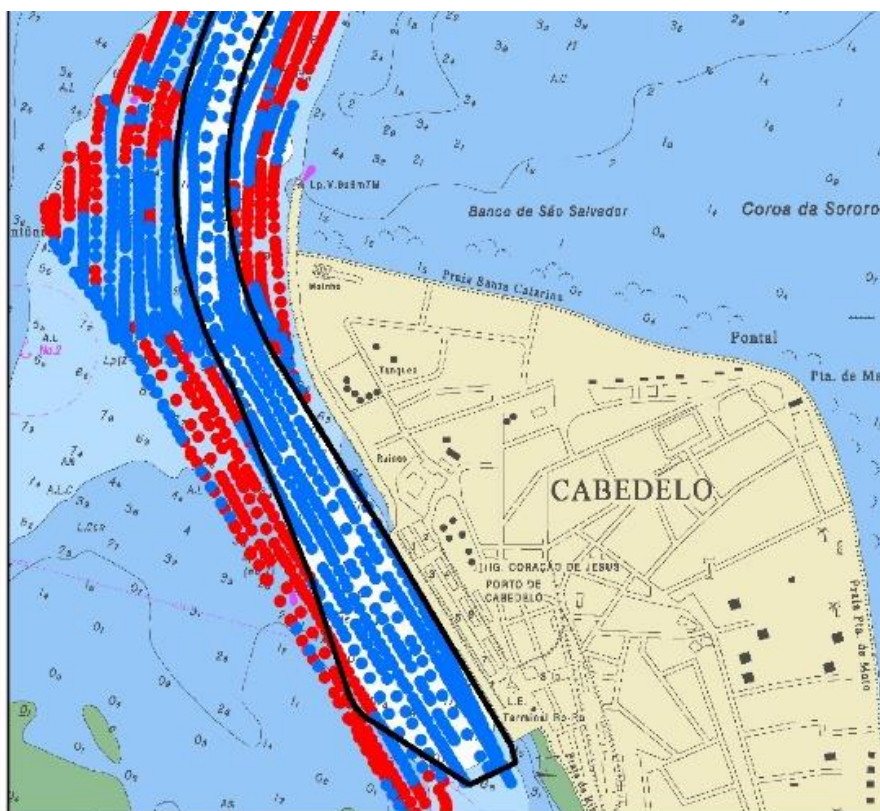


Figura 3-7 - Profundidades do embasamento acústico, em azul e vermelho, respectivamente correspondentes a profundidades maiores e menores do que a cota de projeto de 11m (Fonte: BELOV, 2013).

3.2.3. Sondagens Geológicas Pretéritas

Os dados utilizados incluem sondagens executadas em diferentes épocas e por várias empresas, tendo sido usados apenas aqueles nas proximidades da área de interesse. A Figura 3-8 mostra a distribuição dos furos, no trecho considerado.



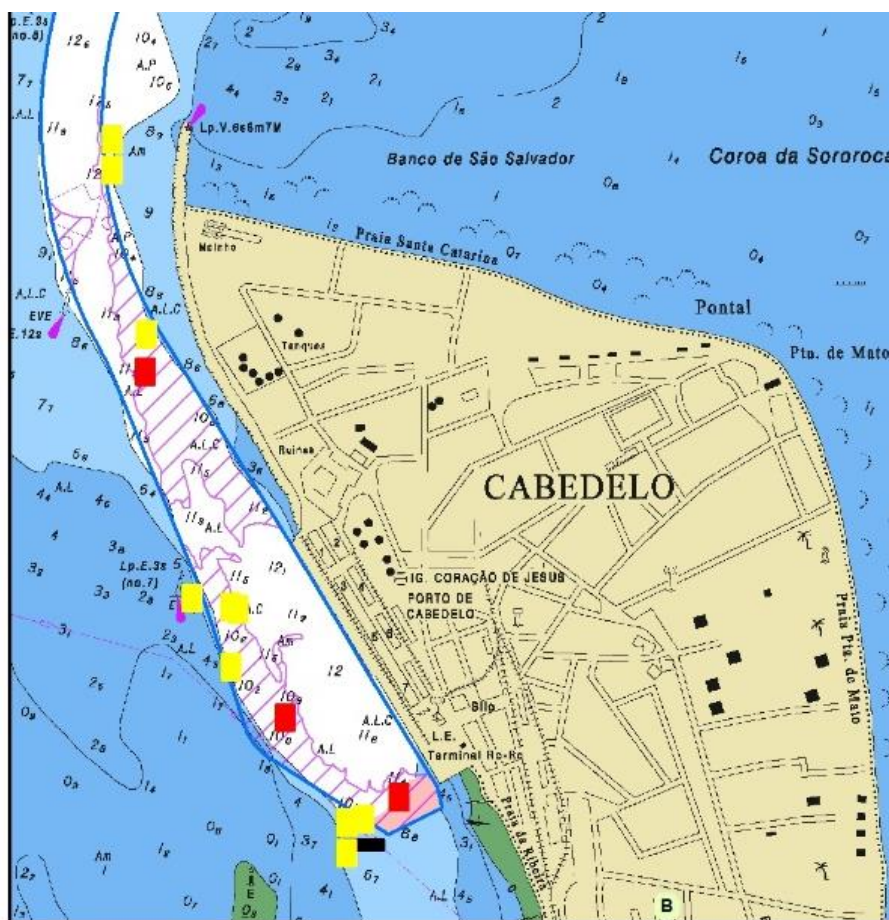


Figura 3-8 - Sondagens antigas, nas proximidades das áreas a dragar (Fonte: INPH, 2017).

3.2.4. Levantamento Batimétrico Recente

O levantamento hidrográfico na categoria “B”, foi realizado no mês de fevereiro nas Áreas 1 e 2, assinaladas na Figura 3-9, a seguir, com dados disponibilizados em planta (PB-DPB-25.01.0-310-EIC-001) e em arquivo XYZ.

Os trechos a serem ampliados (bacia de manobra e canal interno), são apresentados no desenho PB-DPB-25.01.0-310-EIC-00, no qual constam o canal atual e intervenções a serem realizadas, observando-se, salvo melhor juízo, que a batimetria apresentada não contempla todo o trecho a ser ampliado, como demonstrado na Figura 3-10, onde a linha em preto indica o canal atual; as linhas azuis, o alargamento previsto e, em hachuras, as Áreas 1 e 2, objeto do estudo.





INPH - Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias

Dessa forma, optou-se por preencher o trecho sem informações com dados batimétricos oriundos do acervo deste Instituto, de julho/2024, conforme apresentado na Figura 3-12, mais adiante.

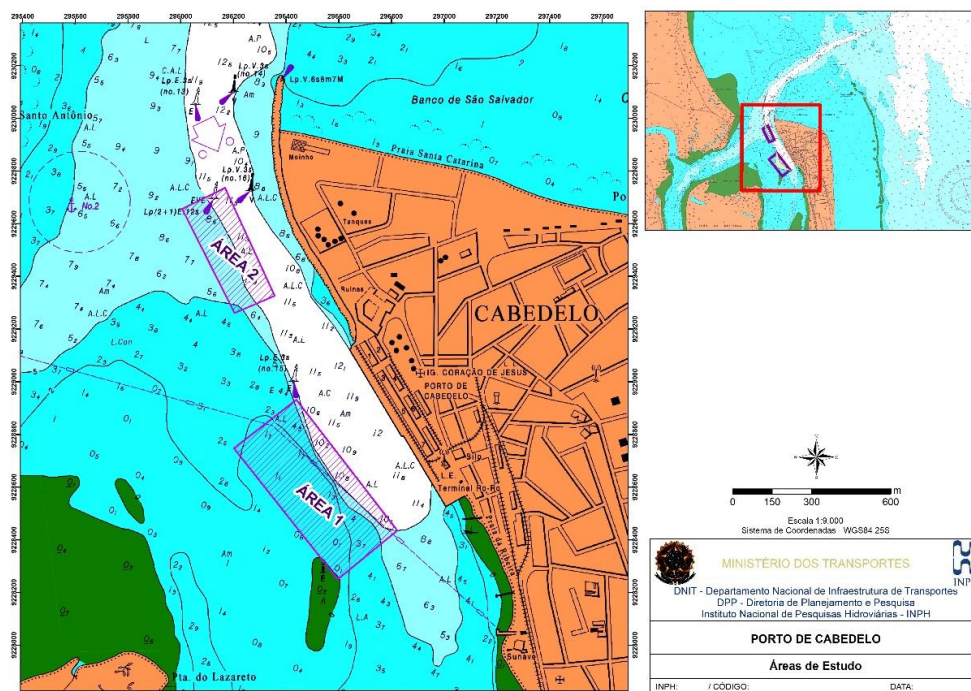


Figura 3-9 - Áreas 1 e 2, definidas para estudo com vistas a dragagem.



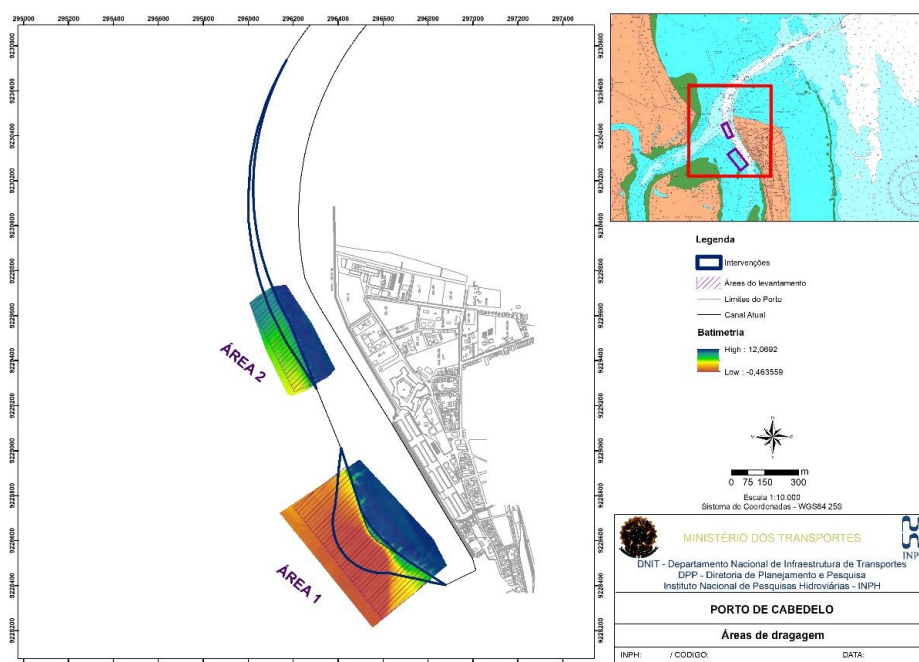


Figura 3-10 - Áreas 1 e 2, com a batimetria disponibilizada. Observar os pequenos e alongados trechos em azul, sem cobertura, ao norte da área 2, sobre os quais foram acrescidos dados batimétricos, existentes em acervo do INPH, conforme Figura 3-12 adiante.

3.2.5. Levantamento Sísmico Recente

O levantamento sísmico foi realizado, em março/2025, nas Áreas 1 e 2 (Figura 3-9), com equipamento do tipo Chirp, utilizando espectro de frequências entre 2Khz e 10Khz.

Conforme o Relatório RE-DPB-25.01.0-320-EIC-001, “Levantamento de Sísmica Rasa no Porto de Cabedelo – PB”, elaborado pela empresa EICOMNOR Engenharia, a interpretação dos perfis identificou 3 (três) refletores, disponibilizados ao INPH em arquivos XYZ, traduzindo as profundidades do topo desses refletores, denominados R1 (refletor raso), R2 (refletor intermediário) e RR (refletor profundo).

Esses refletores foram associados a “níveis deposicionais de sedimentos, porém com características estruturais distintas”, apresentando características acústicas de estágios de consolidação variável e crescente, em função do aumento da profundidade em que estes foram identificados, sendo que o refletor RR, mais profundo e somente observado na Área 2, possui características acústicas que levaram o intérprete a inferir “um certo grau de metamorfismo ou rigidez”, embora assumindo não ser “possível afirmar rocha, apenas um pacote estratificado com um certo grau de consolidação e/ou metamorfismo”.





INPH - Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias

Tais arquivos foram convertidos em arquivos gráficos, a fim de permitir sua representação em planta, e, nos trechos em que foram identificados dois ou mais refletores, manteve-se aquele interpretado com a maior profundidade.

A Figura 3-11 e a Figura 3-12 apresentam, respectivamente, os dados integrados de batimetria e sísmica rasa para as Áreas 1 e 2.

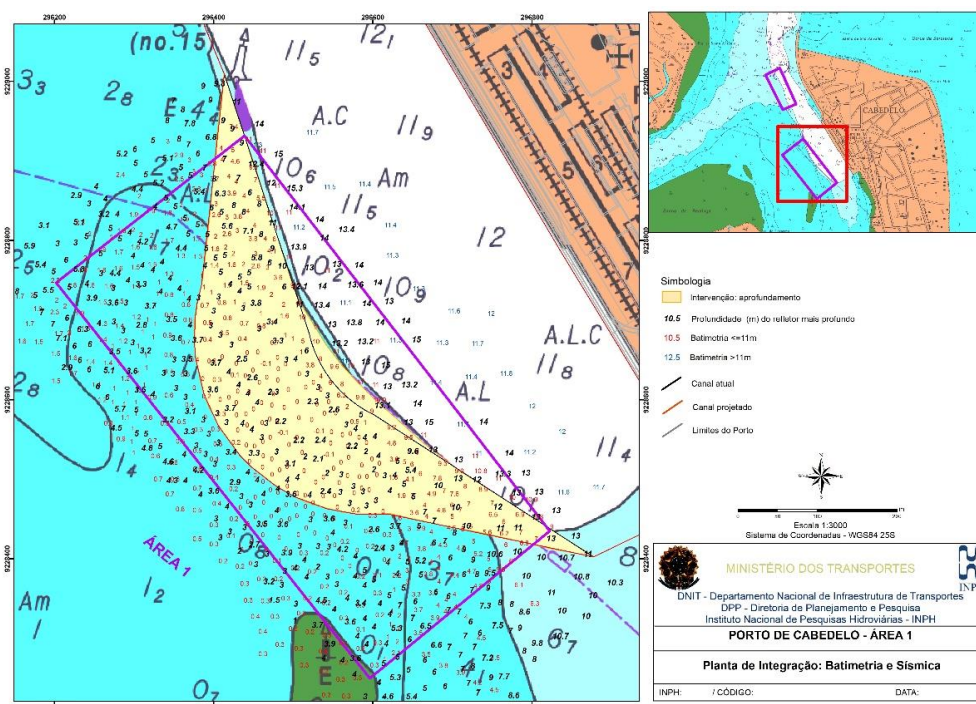


Figura 3-11 - Integração de dados batimétricos e sísmicos recentes (Área 1).



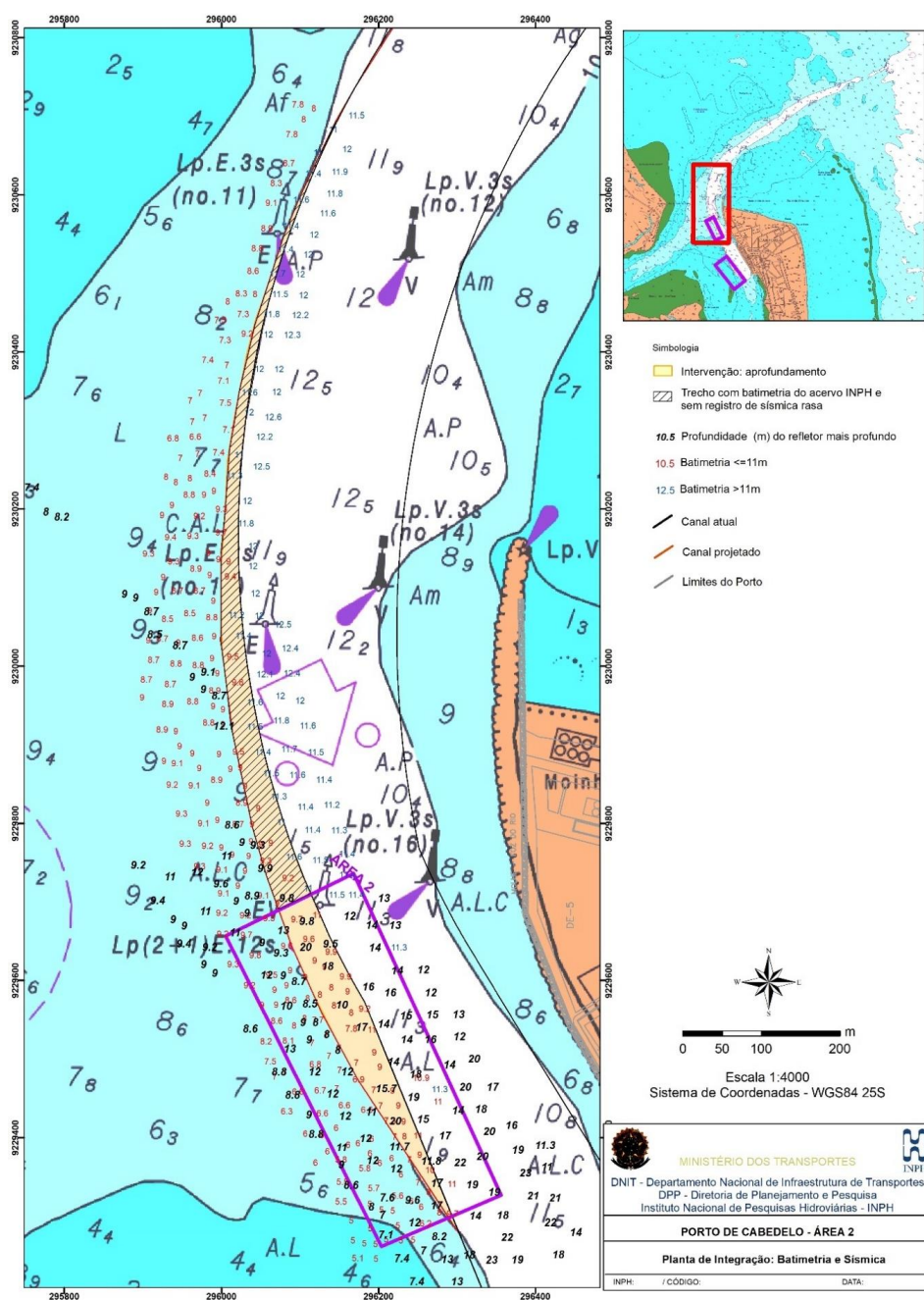


Figura 3-12 - Integração de dados batimétricos e sísmicos recentes, incluindo dados batimétricos pretéritos, no trecho ao norte da área, obtidos do acervo do INPH (Área 2).





A análise teve início com a distinção dos trechos que apresentam profundidades inferiores à cota de projeto. Para isso, adotou-se a convenção de destacar em vermelho as cotas batimétricas menores que a profundidade de projeto de 11 metros, e em azul, aquelas superiores, dentro da área prevista para o alargamento.

Tal diferenciação, associada à definição dos trechos com refletores que não atingem a cota de projeto e aos que a ultrapassam, permitiu identificar as regiões que requerem maior atenção, quanto aos aspectos geológicos, salientando zonas críticas, carentes de informação e passíveis de investigação complementar.

Tais zonas críticas, mostradas em hachuras (Figura 3-12, Figura 3-13 e Figura 3-14), representam regiões cuja caracterização geológico-geotécnica não é possível determinar somente a partir dos dados disponíveis, estabelecendo-se, a partir dessas informações, suas espessuras, estimadas com base na diferença entre a profundidade de projeto e do refletor mais profundo identificado.

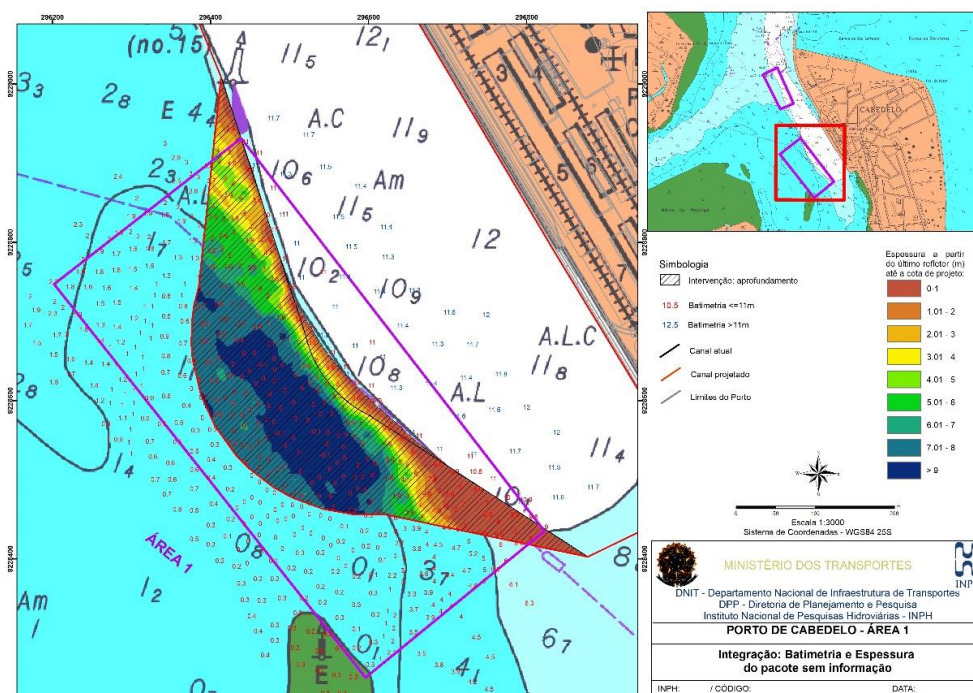


Figura 3-13 - Espessura do pacote sedimentar sem informação até a cota-projeto (Área 1).



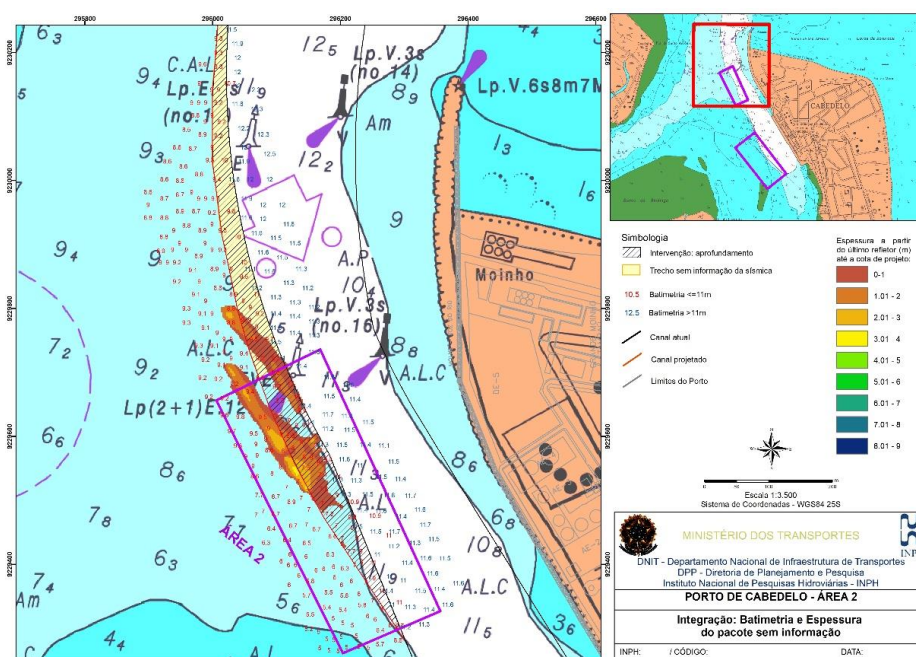


Figura 3-14 - Espessura do pacote sedimentar sem informação até a cota-projeto (Área 2).

Os trechos onde os refletores interpretados não atingem a cota de projeto, indicam um maior grau de incerteza quanto aos tipos de material que compõem esse pacote, dificultando o planejamento de dragagem e o dimensionamento dos equipamentos a serem empregados na obra.

Tais áreas foram indicadas em planta como regiões de incerteza geológica mais elevada, valendo destacar que em porções da Área 2, onde se dispõe apenas de dados batimétricos, não foi possível desvendar o contexto geológico, tanto pela ausência de informações sísmicas, quanto geotécnicas (Figura 3-15).



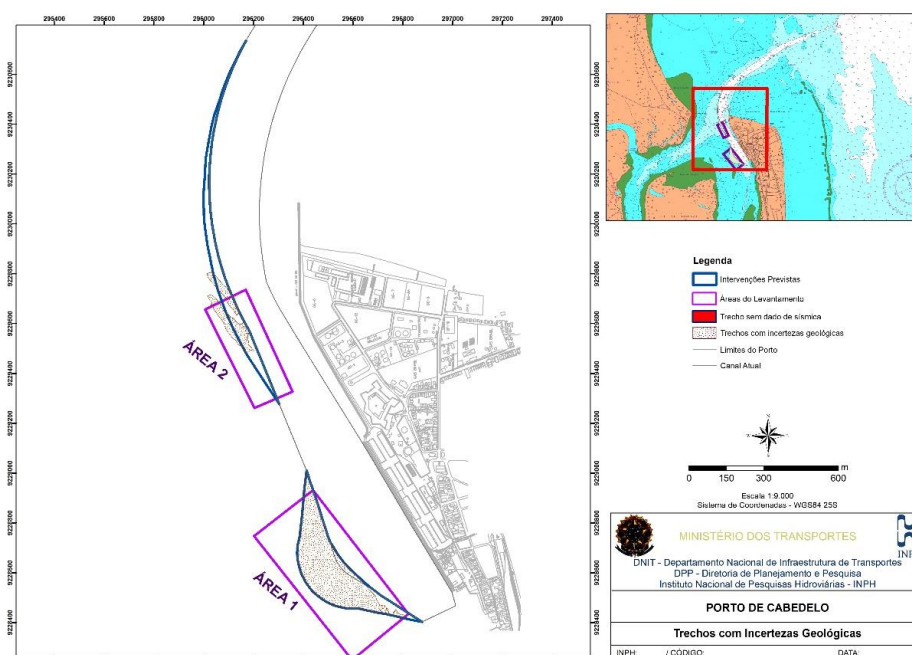


Figura 3-15 - Trechos de incerteza geológica (Áreas 1 e 2).

3.2.6. Análise Integrada de Dados Geofísico-Geológicos

O trabalho, realizado pela equipe do INPH, compreendeu a organização e análise integrada de informações recentes de estudos disponibilizados pela Administração do Porto de Cabedelo, correlacionando-os a dados de estudos pretéritos e da literatura geológica.

A análise, realizada sobre dados obtidos com CHIRP e sonar de varredura, quando da elaboração do Anteprojeto de 2017, permitiu indicar a existência de variedades de sedimentos e tipos rochosos a serem removidos, em fundos com textura típica de fundo psamítico.

À época do referido anteprojeto de 2017, em região com profundidades até 4,1m, três furos alcançaram o impenetrável, tornando possível, em associação à análise dos registros sísmicos pelo INPH, mapear uma área de possível arenito mais resistente.

O topo dessa formação aparentemente mais resistente atingia profundidades entre 7,1m e 10,8m (DHN), subjacentes ao fundo marinho, recoberto por sedimentos areno-argilosos.

O restante da Área 1 (referente ao Anteprojeto de dragagem de 2017), de acordo com os dados geofísicos e sondagens, indicavam predominância de sedimentos areno-argilosos até a cota de dragagem de 11m (Figura 3-16).



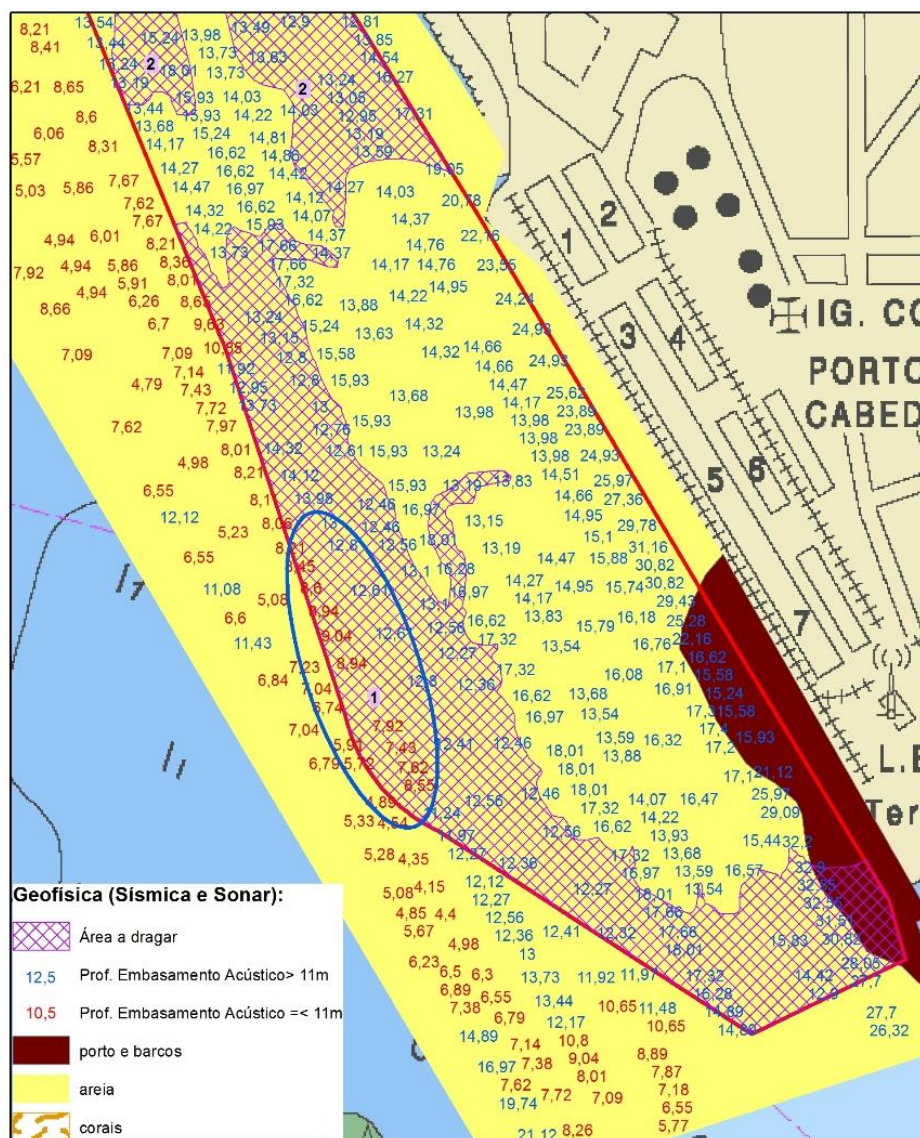


Figura 3-16 - Área em marrom indica trecho com embarcações soçobradas e sem informações do substrato. O círculo azul mostra profundidades do embasamento acústico mais rasas do que a cota de projeto (Fonte: BELOV, 2013; INPH, 2017).



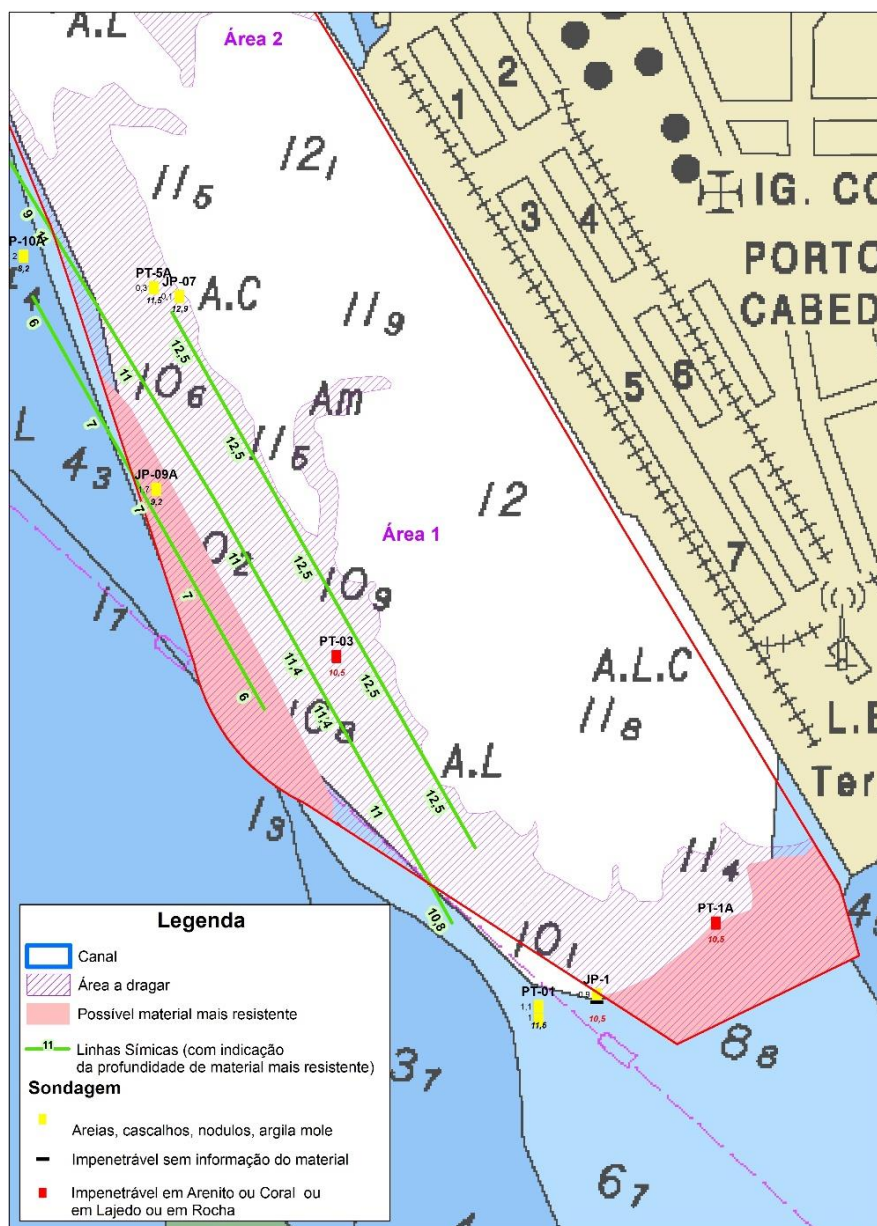


Figura 3-17 - Integração de dados geofísicos e geológicos, com indicação de material possivelmente mais resistente, em rosa (Fonte: INPH, 2017).

A análise integrada dos perfis geofísicos e das informações contidas nas sondagens já indicavam que essas áreas poderiam estar associadas a afloramentos isolados de arenito mais resistente (Furo PT-01) ou a substrato constituído por areias grossas e litificadas (Furo JP-12), devendo ser melhor investigadas, em suas extensões lateral e vertical (Figura 3-18).



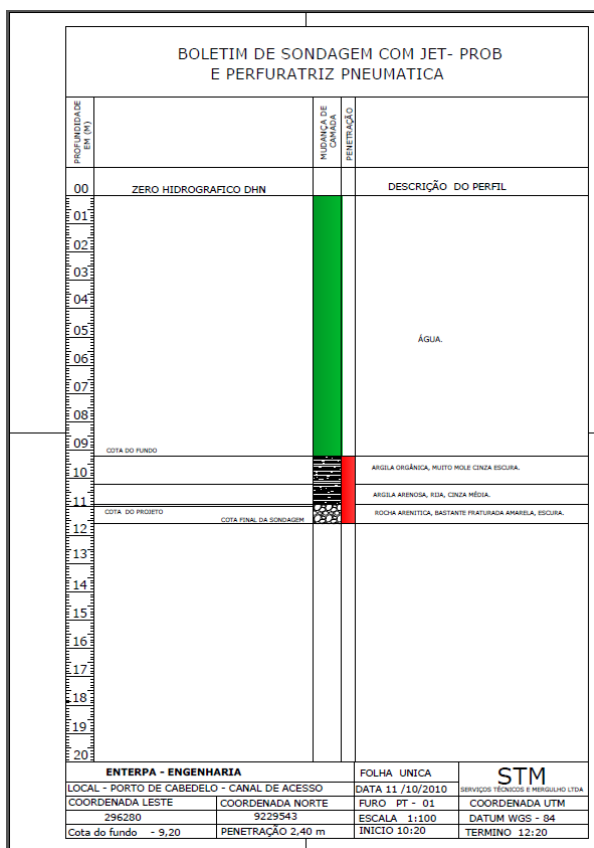


Figura 3-18 - Boletim do furo PT-01.

A Figura 3-19, a seguir, integra informações recém disponibilizadas pelo Porto de Cabedelo, associadas a algumas características de materiais identificados em furos de sondagem próximos à Área 1, como extraídas do “Anteprojeto para Dragagem de Aprofundamento no Canal de Acesso e Bacia de Evolução do Porto de Cabedelo/PB”, Relatório INPH nº 022/2017-Revisão 01, emitido em novembro/2017, por este Instituto.

Sobre a Área 2, nada foi encontrado, além dos dados batimétricos pretéritos, já aproveitados e apresentados na Figura 3-102.

Embora tais sondagens não estejam localizadas exatamente nos trechos que serão aprofundados no presente projeto, sua proximidade oferece uma base preliminar para inferência sobre o contexto geológico que pode estar presente nas novas áreas de intervenção, tais como arenitos, calcários e/ou outros de maior resistência.



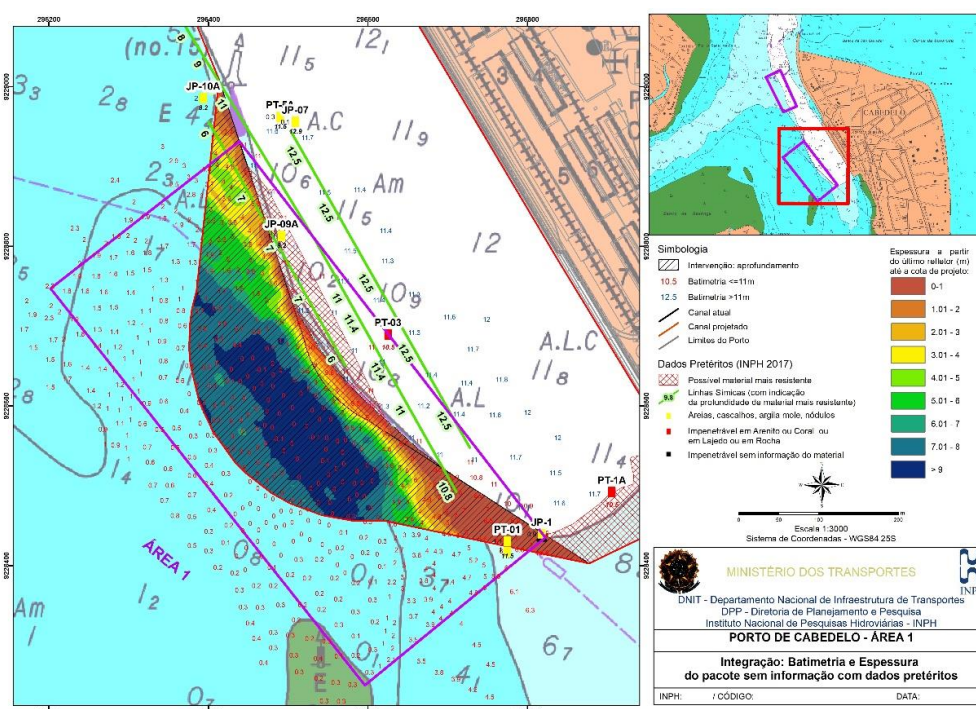


Figura 3-19 - Integração de dados sísmicos e batimétricos recentes (2025) e geotécnicos (2017).

3.2.7. Considerações Gerais

Embora o Ofício nº 088/2025-GABPRE, recebido do Porto de Cabedelo, solicite cálculos volumétricos e a elaboração de um anteprojeto de dragagem, com base na “análise do levantamento sísmico” e nas “características do material presente”, importa esclarecer que um levantamento sísmico é uma técnica indireta de investigação, que não fornece indicativo preciso quanto à exata natureza e resistência dos meios físicos atravessados pelo sinal acústico, sendo imperiosa a necessidade de complementá-lo com outras técnicas investigativas do substrato, como sondagens geotécnicas e, até mesmo, outras metodologias geofísicas.

Nesse aspecto, o próprio relatório da empresa EICOMNOR Engenharia, a respeito do método sísmico utilizado no seu levantamento, ressalva que tal “método de investigação indireta baseia-se nos princípios de propagação e reflexão das ondas acústicas e, apesar de constituir-se numa importante ferramenta para o estudo de áreas submersas, o caráter essencialmente qualitativo de seu resultado não deve ser o único na caracterização da superfície de fundo, razão está, porque é sempre desejável associá-lo a outras metodologias investigativas”.





O levantamento sísmico de 2KHz a 10KHz, como se observa nas Figuras 3-13 e 3-14, além de não cobrir toda a área de interesse, oferece pouca penetração, permitindo interpretar o embasamento acústico apenas como o limite atingido pelo sinal sísmico, sem conseguir visualizar prováveis feições ocultas abaixo, associando tal horizonte, por último, a material meramente mais compacto, o que não é possível garantir, somente com a metodologia utilizada.

O fato é que, na natureza, raramente apenas um parâmetro é suficiente para definir questões relacionadas à execução de um projeto de engenharia, tais como o tipo e composição do substrato, suas propriedades físicas, químicas e mecânicas, dentre tantas outras, tão ou mais importantes.

Embora, na maior parte das vezes, uma área investigada através de métodos geofísicos, possa apresentar características acústicas e geométricas associáveis ao embasamento rochoso e/ou a outros refletores relevantes, é sempre desejável correlacioná-lo também com dados geotécnicos e/ou oriundos de levantamentos geofísicos suplementares, que reforcem as análises previamente efetuadas.

Isto porque métodos de investigação indireta, como os geofísicos, não possuem a capacidade de, apenas por si, garantirem uma correlação efetiva com as camadas geológicas existentes abaixo de superfícies, cobertas por água ou não.

Anomalias acústicas e outras feições interpretadas em registros sísmicos, tais como linhas que definem o topo do embasamento acústico ou outros refletores, áreas dragadas e/ou de baixa permeabilidade acústica, estão prioritariamente associadas, segundo Meyer, Lessa & Ramos⁽¹⁶⁾, a *“um ou mais campos de força físicos, que devem, posteriormente, ser traduzidas em termos geológicos”*.

Estes autores lembram, ainda, que a *“geofísica não localiza corpos geológicos definidos e específicos, mas fornece somente a distribuição de determinados parâmetros físicos, que deve ser interpretada em termos geológicos, muitas vezes de maneira conservadora”*, e que, em virtude *“dos fenômenos geológicos serem, geralmente, gradacionais através de todos os graus e entre amplos limites, impõe-se a necessidade de calibração desses dados físicos, através do conhecimento de um número suficiente das variáveis geológicas da área em estudo”*.

⁽¹⁶⁾ Meyer, V.L.O., Lessa, G. & Ramos, R.G.N., *Geofísica Aplicada à Engenharia Civil: Algumas Considerações*, In: 1º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, ABGE, Anais (Vol. 1, pp. 199-208), Rio de Janeiro-RJ, 1976.





Isto quer dizer que não existe, necessariamente, uma correspondência biunívoca entre dados geofísicos e geológicos, pois os parâmetros físicos atuantes num determinado meio (camada de solo) atravessado por ondas acústicas, comumente oferecem uma resposta diversa à análise puramente geológica desse mesmo meio, levando à necessidade de correlacionar, da forma mais criteriosa possível, inúmeras variáveis a fim de alcançar conclusões satisfatórias.

3.2.8. Detalhamento de Estudos nas Áreas de Dragagem

A definição das áreas de dragagem, em função da resistência e dificuldade de remoção dos materiais ocorrentes, tem como fatores determinantes o tipo de substrato esperado e as restrições operacionais vigentes.

No canal de acesso ao Porto de Cabedelo, as condicionantes operacionais são altamente influenciadas, tanto pela localização da área a dragar, quanto por ondas e ventos de maior rigor, que segundo a empresa EICOMNOR (2009¹⁷ e 2013¹⁸), são provenientes de SE e SSE, nos meses de inverno, restando, estatisticamente, os meses de março a maio, como os mais favoráveis.

Áreas confinadas ou desabrigadas, além daquelas mais próximas a taludes rasos e/ou abruptos, possuem limitações operacionais evidentes, ainda mais se agravadas por condições marítimas e meteorológicas hostis, demandando a mobilização de equipamentos especiais e mais caros.

Embora o tipo de substrato existente também condicione o equipamento a ser utilizado na obra, a análise integrada dos estudos recebidos demonstrou incertezas, sobretudo quanto ao caráter geotécnico das informações, sendo considerados inconclusivos ao perfeito dimensionamento dos equipamentos de dragagem.

Com base nos dados analisados, não é possível garantir que não ocorram rochas com resistência mais alta ao cisalhamento – que, ao menos em parte, não demandem a necessidade de desmonte por métodos alternativos de dragagem, inclusive derrocagem –, entendendo-se como cabível e mesmo desejável, nesta fase de anteprojeto, a estimativa de um percentual de volume a ser derrocado, que deverá ser confirmado e eventualmente refinado, quando da elaboração de estudos adicionais e do Projeto Básico.

¹⁷ Projeto de Dragagem da Bacia de Evolução e Canal de Acesso do Porto de Cabedelo, Relatório Técnico, EICOMNOR Engenharia, Março/2009.

¹⁸ Elaboração de Projeto de Modelagem Numérica, Avaliação dos Impactos do Molhe do Porto de Cabedelo no Padrão de Circulação e Propagação de Ondas no Município de Cabedelo, Estado da Paraíba, Relatório Técnico, EICOMNOR Engenharia, Abril/2013.





Essa possibilidade de ocorrência de material mais resistente é ilustrada na Figura 3-20, referente à área de dragagem do Anteprojeto de 2017 adjacente à área 1 do projeto atual.

Dessa maneira, importa frisar, o INPH entende como fundamental a execução de estudos geotécnicos – sondagens e ensaios complementares –, que sejam realizados de forma criteriosa e atendendo à boa técnica, em termos de malha e sobretudo metodologia, objetivando subsidiar o dimensionamento integral da obra, quando da elaboração dos Projetos Básico e Executivo, pela empresa de dragagem contratada.

Tal complementação de estudos permitirá a necessária acurácia ao projeto, com a adequada definição dos volumes de materiais a serem removidos, aplicando-se o uso de equipamentos de dragagem contínua (AT) e semi-estacionária (BH e/ou SR - Sucção e Recalque), conforme a necessidade e completando-se com metodologia de derrocagem a “frio” ou a “fogo”, se e onde indispensável.



Figura 3-20 - Os círculos em azul mostram áreas nas quais já era esperada a ocorrência de materiais com maior dificuldade à remoção mecânica, podendo demandar a necessidade de desmonte por métodos alternativos de dragagem (Fonte: INPH, 2017).

3.2.9. Conclusões e Recomendações

O projeto em apreço tem como objeto o alargamento em duas regiões distintas, situadas no canal de navegação interno. Embora estudos prévios de batimetria e sísmica com Chirp, pretéritos e recentes, tenham sido executados, os dados disponíveis ainda são insuficientes à plena caracterização geológica das regiões de intervenção.

A Área 1 apresenta espessuras significativas de material cuja natureza geológica não pode ser definida, à luz dos dados disponíveis, representando um relevante fator de incerteza ao adequado dimensionamento da dragagem.





Já na Área 2, a batimetria complementar, oriunda do acervo do INPH, por não ser atualizada, pode comprometer a correta estimativa do volume a ser dragado. Além disso, a limitação do método sísmico utilizado (Chirp) e a ausência de sondagens atuais e convenientemente localizadas nas áreas previstas para alargamento e aprofundamento dificultam a escolha adequada de equipamentos e técnicas de remoção.

Dessa forma, o INPH entende que a complementação dos estudos, com a adequada aquisição de dados batimétricos, geofísicos e geotécnicos adicionais, sem prejuízo de quaisquer outros que a Contratada entender como necessários, seja essencial, a fim de reduzir as incertezas e garantir maior segurança e eficiência à elaboração do projeto de dragagem e, por decorrência, à própria execução da obra, sob técnicas, prazos e preços apropriados e exequíveis.

A ocorrência, localização, quantificação e, sobretudo, a determinação das características geotécnicas desses materiais, dependem de estudos complementares mais detalhados, que incluam o uso associado de metodologias investigativas capazes de elucidar plenamente as características do substrato local, tais como por meio de levantamentos batimétricos mono e/ou multifixe, imageamento de fundo com sonar de varredura lateral e perfilagem sísmica com Boomer, acrescentando, onde necessário, a execução de sondagens com metodologia jet-probe, a percussão e/ou rotativa, além de eventuais ensaios geotécnicos apropriados, com base nas normas nacionais e internacionais cabíveis, na forma e abrangendo as áreas definidas por meio dos pontos de coordenadas, a seguir (Tabela 3-1 e 3-2; Figura 3.21).

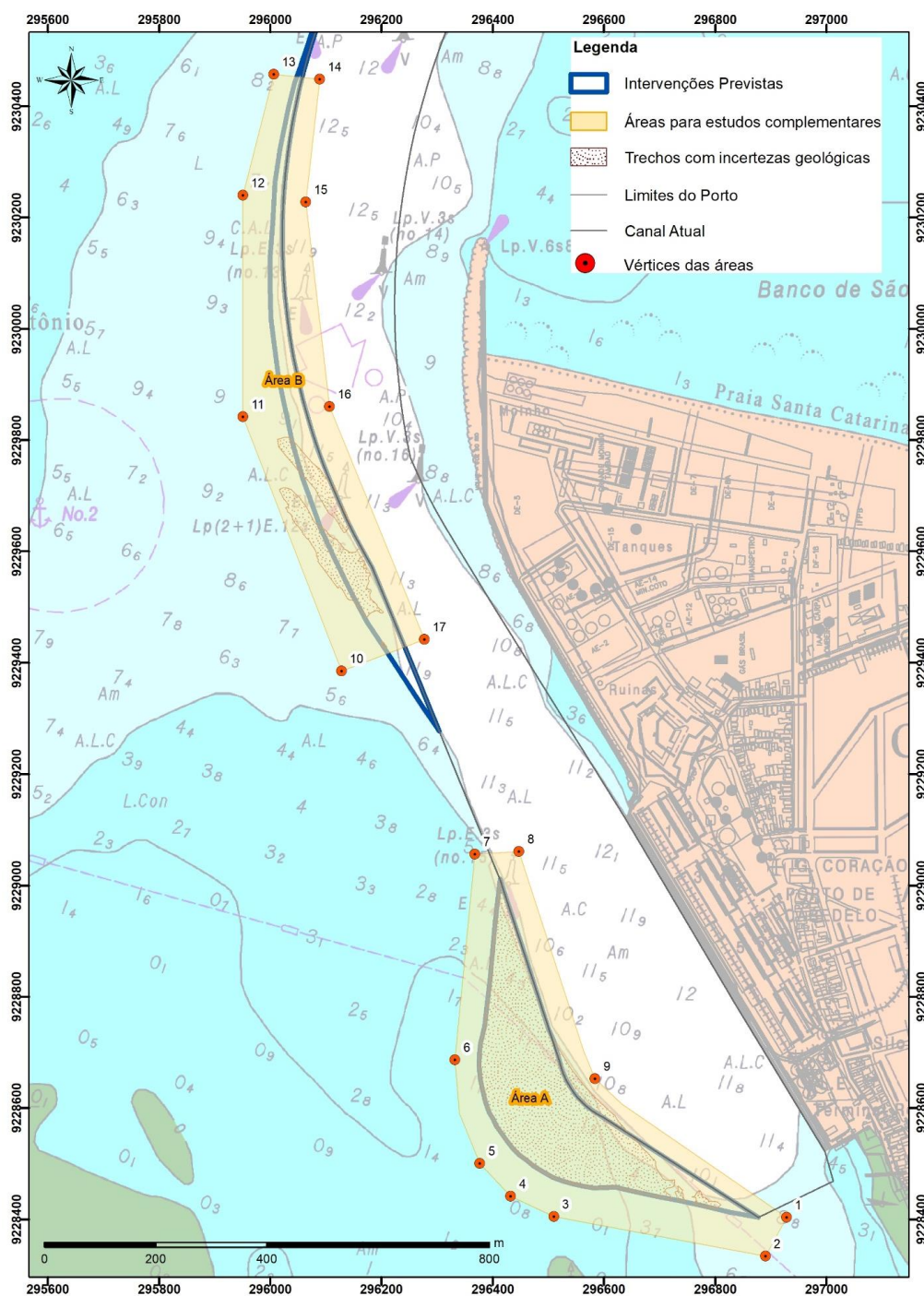
Tabela 3-1 - Programação geral de investigações mínimas recomendadas.

Trecho	Tipos de Estudos Sugeridos
Canal Interno	Batimetria Multifixe (LH-Pré)
	Sísmica (Boomer + Batimetria Monofixe)
	Sonar de Varredura Lateral
	Sondagens Jet-Probe
	Sondagens a Percussão e Rotativas
	Ensaio Geotécnicos em Laboratório

Tabela 3-2 - Áreas recomendadas para investigação complementar.

Pontos	X	Y	Área	Pontos	X	Y	Área
1	296928,34	9228403,10	A	10	296127,94	9229384,67	B
2	296890,24	9228333,25	A	11	295950,83	9229842,03	B
3	296509,82	9228404,13	A	12	295950,70	9230239,81	B
4	296432,13	9228440,82	A	13	296006,42	9230457,00	B
5	296376,47	9228499,38	A	14	296088,55	9230448,57	B
6	296332,02	9228685,65	A	15	296063,67	9230227,37	B
7	296367,66	9229055,79	A	16	296106,67	9229859,87	B
8	296447,11	9229060,11	A	17	296277,06	9229441,82	B
9	296583,90	9228651,78	A				







4. MODELAGEM MATEMÁTICA

Neste item é apresentado a base de dados disponível relevante para o estudo na área de influência e entorno do projeto.

4.1. Estudo meteoceanográfico

O estudo de caracterização do clima de ondas de uma região depende diretamente do período de coleta de dados, que deve ser suficiente para abranger as condições meteorológicas e oceanográficas da região de interesse e de possíveis áreas de geração de tempestades e ondulações vindas de outras regiões.

De forma geral, na costa brasileira são escassos os dados de ondas medidos por bóias, tanto em águas costeiras quanto em áreas de geração. Diante disso, a modelagem numérica se torna uma ferramenta fundamental nos estudos de caracterização e transformação de ondas. Os modelos numéricos globais também surgem como uma excelente alternativa, pois seus produtos são empregados como condição inicial e de contorno nos modelos em escala menor.

Os dados utilizados neste trabalho como forçantes do sistema são provenientes do modelo European Center for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF- disponíveis em <http://data-portal.ecmwf.int>). Este modelo simula dados através de modelos matemáticos globais com resolução espacial de 1.5°, os quais calculam as alturas de ondas, períodos e direções, a partir de dados de vento e pressão atmosférica. Esses dados são utilizados como condição de entrada no modelo numérico na fronteira oceânica a fim de se obter o clima de ondas litorâneo. O ponto de grade escolhido para a extração dos dados e análise das condições de ondas está localizado nas coordenadas geográficas 6,95° S e 34,74° W (Figura 4-1), e abrange o período entre janeiro e dezembro de 2024, com os parâmetros de onda fornecidos em intervalos de seis horas.



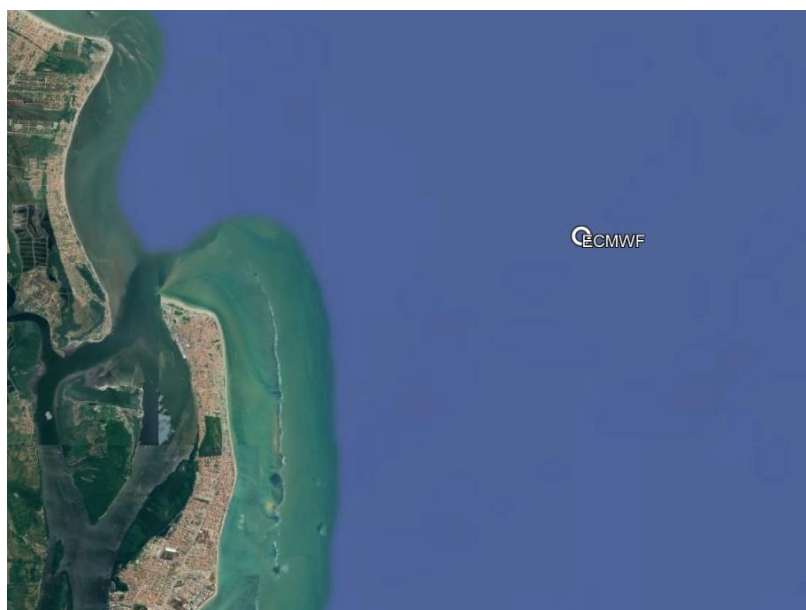


Figura 4-1 – Localização do ponto de grade selecionado para extração dos dados do ECMWF.

4.2. Ondas oceânicas

A caracterização do clima de ondas pode ser feita em função de três parâmetros de ondas: período médio (T_z), altura significativa (H_s) e direção (Dir). A altura significativa pode ser obtida dividindo-se o registro de ondas em três partes iguais e através das maiores alturas de ondas do registro, obter uma média. O clima de ondas está composto por grupo de ondas de diferentes períodos, desta forma, a média desses períodos corresponde ao período médio de ondas. A direção indica de onde vem a onda.

As figuras a seguir mostram a distribuição de frequência de onda em águas profundas em função da altura significativa de onda, período de pico e direção. Os valores representam a contribuição para a energia média de onda na zona de águas profundas, calculada para o período inteiro de cobertura dos dados.

A Figura 4-2 e a Figura 4-3 apresentam as rosas de ondas de H_s e direção, e período médio e direção, respectivamente, obtida do ponto selecionado no modelo global do ECMWF. Observa-se que as ondas são oriundas do quadrante E, ESE, SE e SSE.



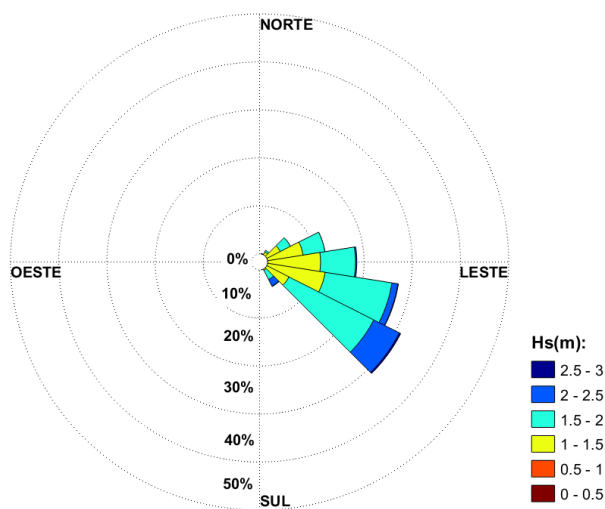


Figura 4-2 - Rosa de altura significativa para o ano de 2024 no ponto de grade selecionado para extração dos dados do ECMWF.

A figura abaixo ilustra o padrão de direção de ondas e período médio. Nota-se o domínio que as ondas com maiores energias ocorrem de SE e SSE.

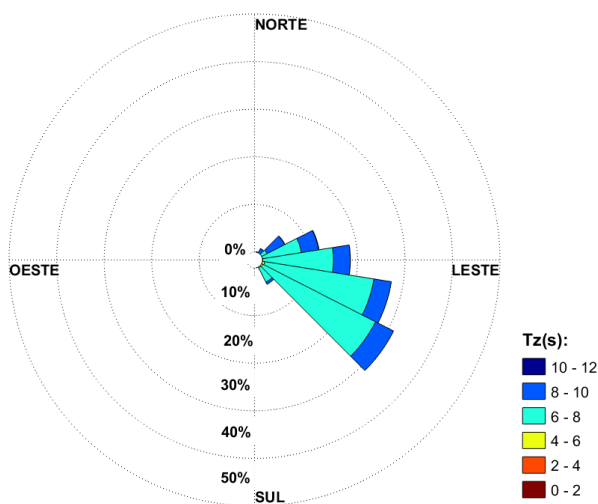


Figura 4-3 - Rosa de período de médio para o ano de 2024 no ponto de grade selecionado para extração dos dados do ECMWF.





Em relação aos ventos (Figura 4-4), os principais atuantes na região possuem direção SE, ESE e E, com intensidade de velocidades que chegam a 10 m/s.

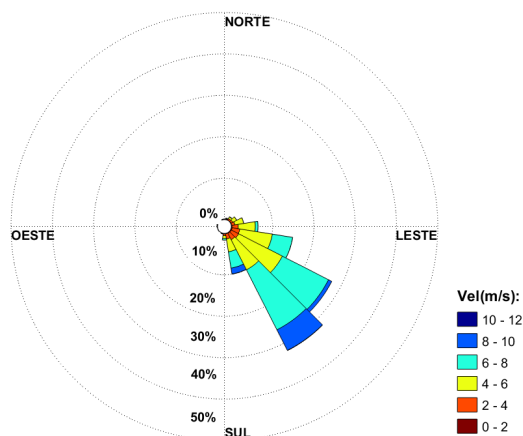


Figura 4-4 - Rosa dos ventos para o ano de 2024.

4.3. Configuração do modelo matemático

O domínio do modelo foi discretizado a partir de uma grade numérica quadrática estruturadas por diferenças finitas. A Figura 4-5 representa a grade numérica utilizada.

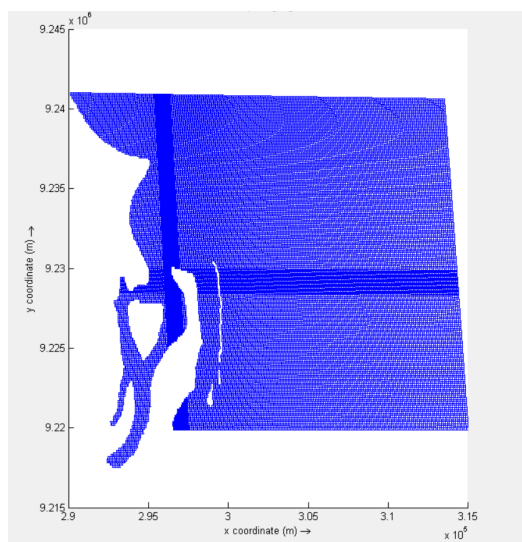


Figura 4-5 - Domínio do modelo e a grade numérica utilizada.





As informações relacionadas à batimetria foram obtidas a partir de duas cartas náuticas obtidas no Centro de Hidrográfica da Marinha (CHM) e do levantamento batimétrico disponibilizado pelo Porto de Cabedelo. Dessa maneira foi realizada a digitalização (Figura 4-6) das cartas náuticas n° 830-Proximidades do Porto de Cabedelo (Escala 1: 50.000) e n° 806-Porto de Cabedelo (Escala 1:15000).

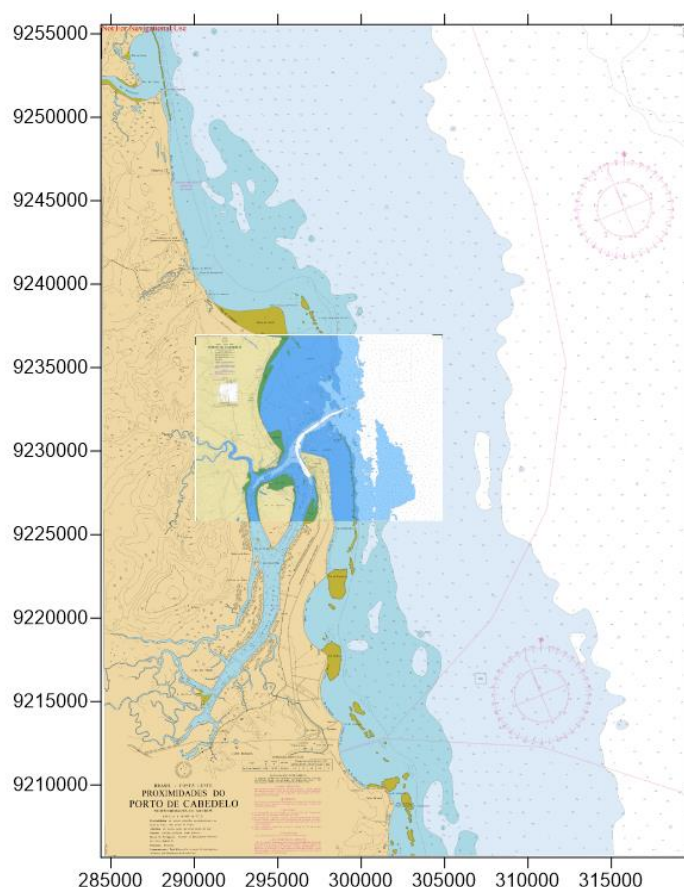


Figura 4-6 - Carta náutica utilizada para elaboração da batimetria do modelo matemático.

A batimetria gerada pela digitalização foi exportada em forma de tabela contendo latitude, longitude e profundidade para o modelo DELFT 3D, onde foi feita uma interpolação triangular. A Figura 4-7 mostra a batimetria interpolada com o novo canal projetado.



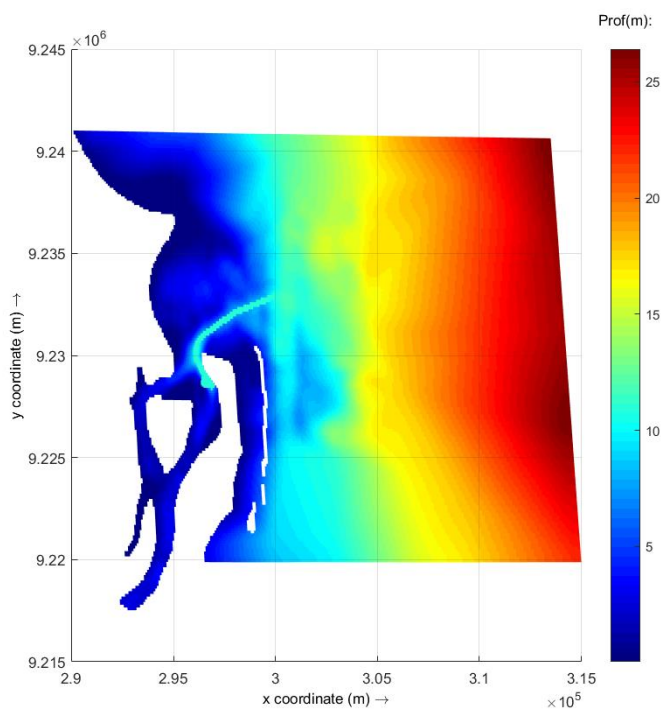


Figura 4-7 - Batimetria gerada pelo modelo matemático para a situação de projeto do canal de navegação.

Os níveis d'água nos contornos abertos do modelo foram determinados com base nas constantes harmônicas das marés medidas no Porto de Cabedelo conforme consta do "Catálogo de Estações Maregráficas Brasileiras", elaborado pela Fundação de Estudos do Mar - FEMAR. Essas constantes harmônicas estão apresentadas na Tabela 2-1.





4.4. Resultados

A simulação foi conduzida com o propósito de reproduzir os fenômenos físicos, possibilitando a compreensão do regime hidrodinâmico e de ondas na região de estudo.

Os resultados da modelagem computacional estão apresentados em formas de mapas de intensidade e direção de correntes e gráficos.

Também foram avaliados os possíveis impactos na circulação hidrodinâmica decorrente da ampliação da bacia de evolução e alargamento da curva do canal de navegação.

As condições das ondas ao longo da área de interesse foram obtidas através do estabelecimento do modelo de transformação de ondas. O modelo foi configurado para simular o período de 1 mês.

Dessa forma, as ondas aplicadas na fronteira do modelo DELFT 3D como condição de contorno, consistem nos parâmetros combinados de sea e swell representando o estado de mar total.

Os dados de ventos obtidos do ECMWF foram assumidos como uniforme no espaço e variável no tempo.

No modelo hidrodinâmico, os dados de marés foram incluídos na borda oceânica se propagando em direção à costa, já os resultados obtidos através das simulações de ondas foram incluídos ao longo do domínio, assim como os dados de ventos. Na região onde se encontra o Porto é notório o padrão da circulação hidrodinâmica, sendo característicos os períodos de enchente e vazante. Dessa forma, serão apresentadas as figuras representativas dos períodos de enchente e vazante, ambas em uma situação de maré de sizígia onde acontecem as maiores velocidades no local do projeto.

As figuras a seguir detalham as correntes de maré vazante e enchente no domínio de modelagem no estuário do Rio Paraíba do Norte e na região marítima adjacente. As correntes mais intensas no Canal de Acesso apresentam valores entre 0,6 e 0,7 m/s. Durante a sizígia, as máximas correntes apresentam valores médios em torno de 0,45 m/s, enquanto nas quadraturas durante as velocidades máximas chegam em média a 0,20 m/s.

Na meia maré de vazante, o padrão de circulação na área do porto é similar ao de enchente. Observa-se que as maiores velocidades se encontram a leste do canal de navegação, podendo ultrapassar 0,40m/s.



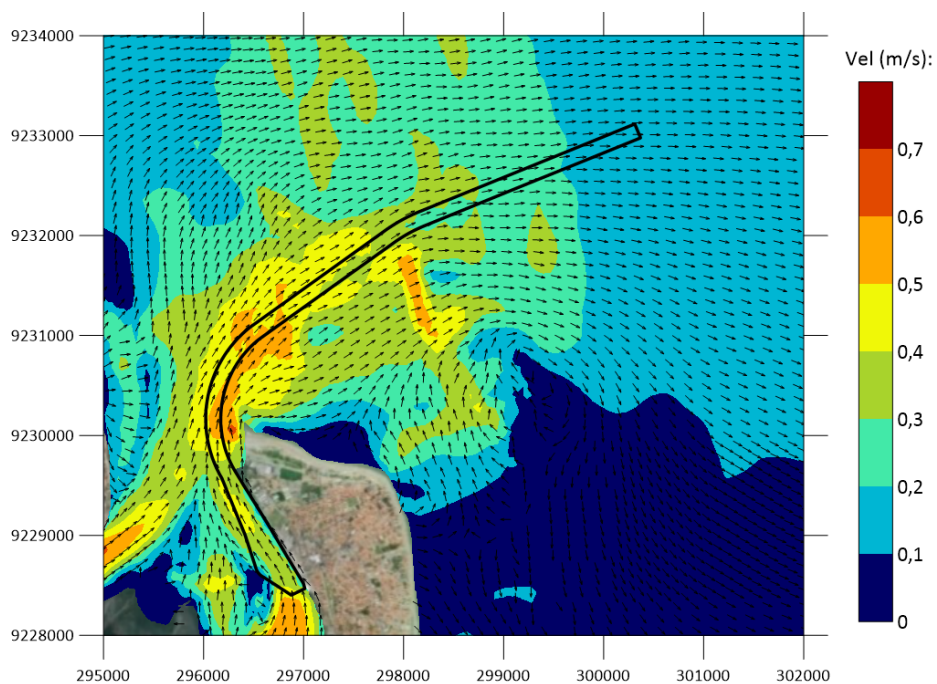


Figura 4-8 - Padrão de circulação hidrodinâmica característica de uma maré de sizígia em meia maré de vazante na situação atual.

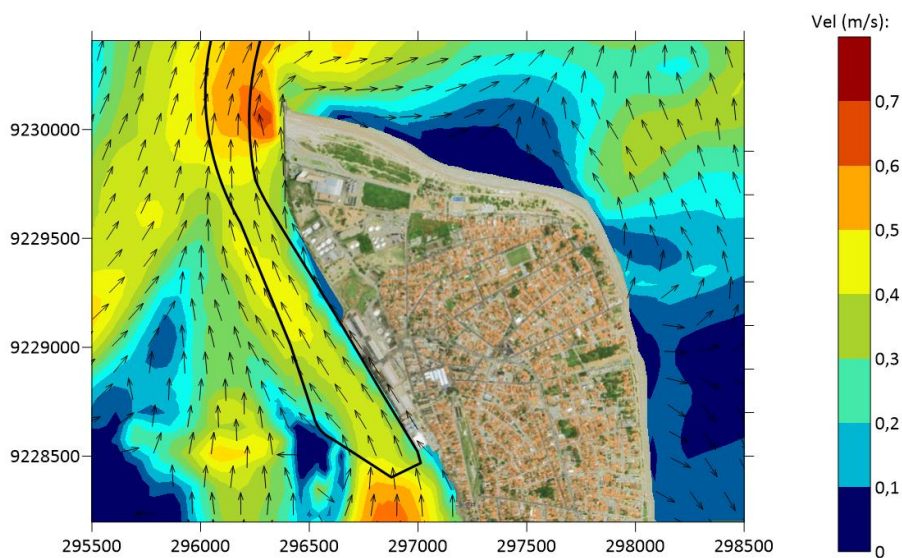


Figura 4-9 - Padrão de circulação hidrodinâmica característica de uma maré de sizígia em meia maré de vazante na situação atual na área do Porto de Cabedelo.



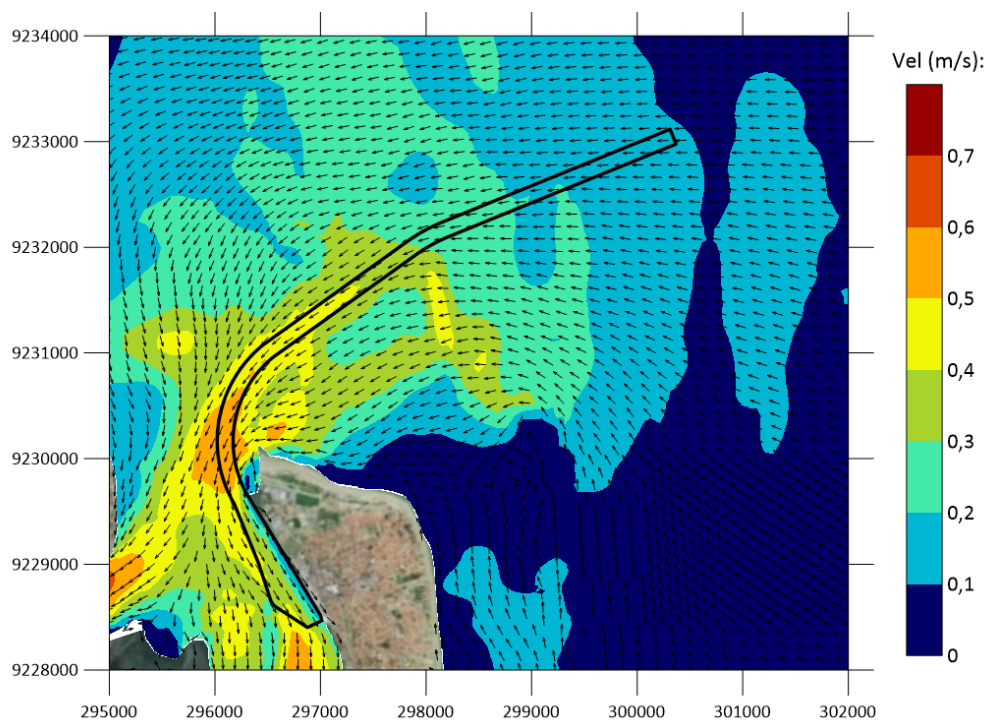


Figura 4-10 - Padrão de circulação hidrodinâmica característica de uma maré de sizígia em meia maré de enchente na situação atual.

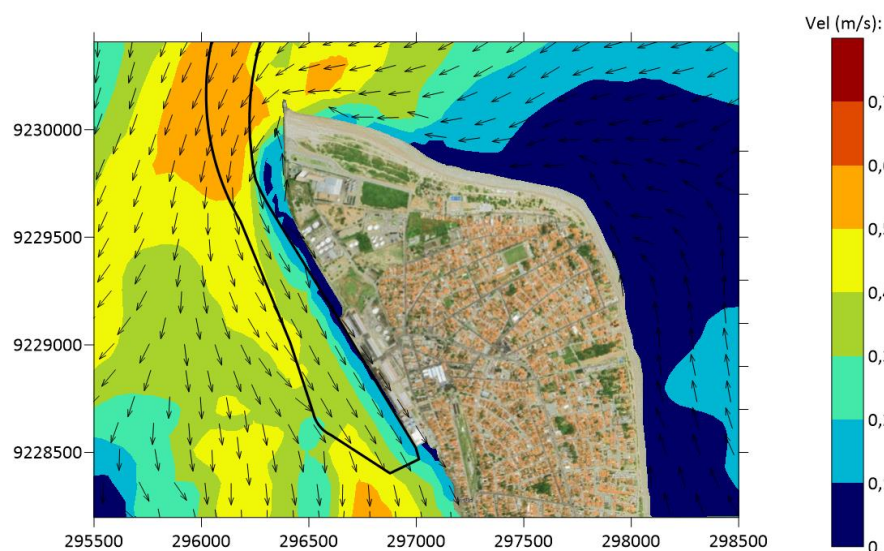


Figura 4-11 - Padrão de circulação hidrodinâmica característica de uma maré de sizígia em meia maré de enchente na situação atual na área do Porto de Cabedelo.



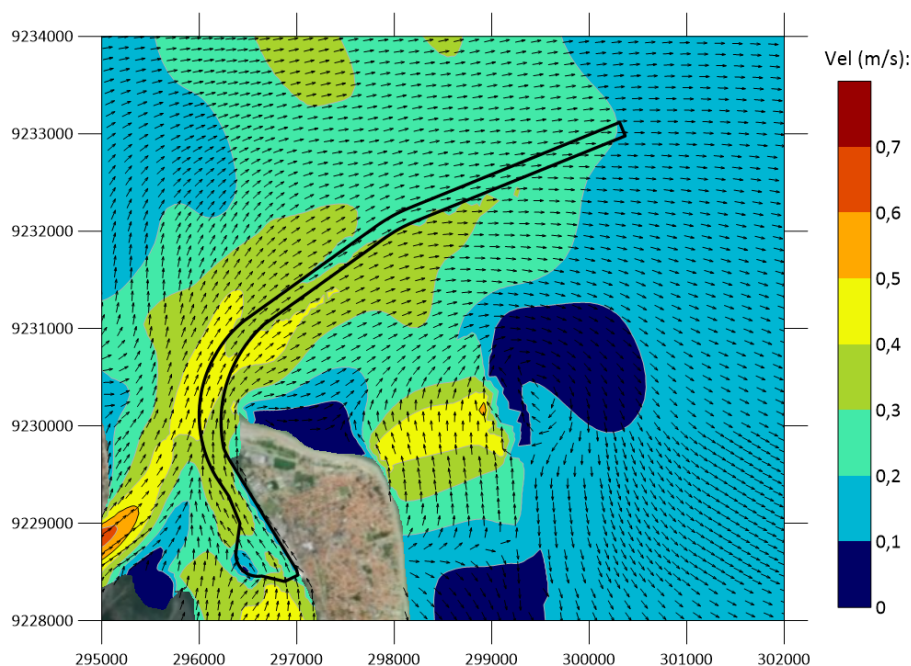


Figura 4-12 - Padrão de circulação hidrodinâmica característica de uma maré de sizígia em meia maré de vazante na situação de projeto.

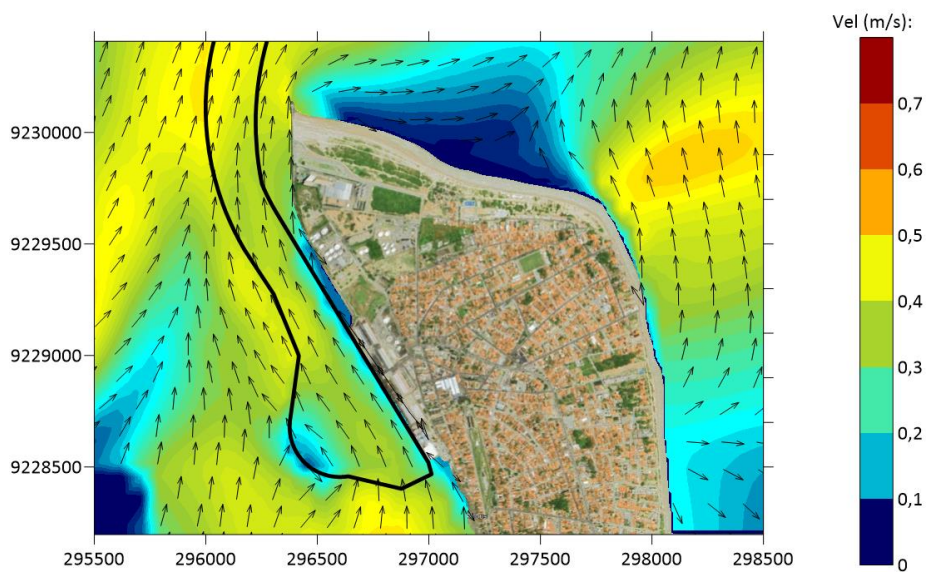


Figura 4-13 - Padrão de circulação hidrodinâmica característica de uma maré de sizígia em meia maré de vazante na situação de projeto na área do Porto de Cabedelo.



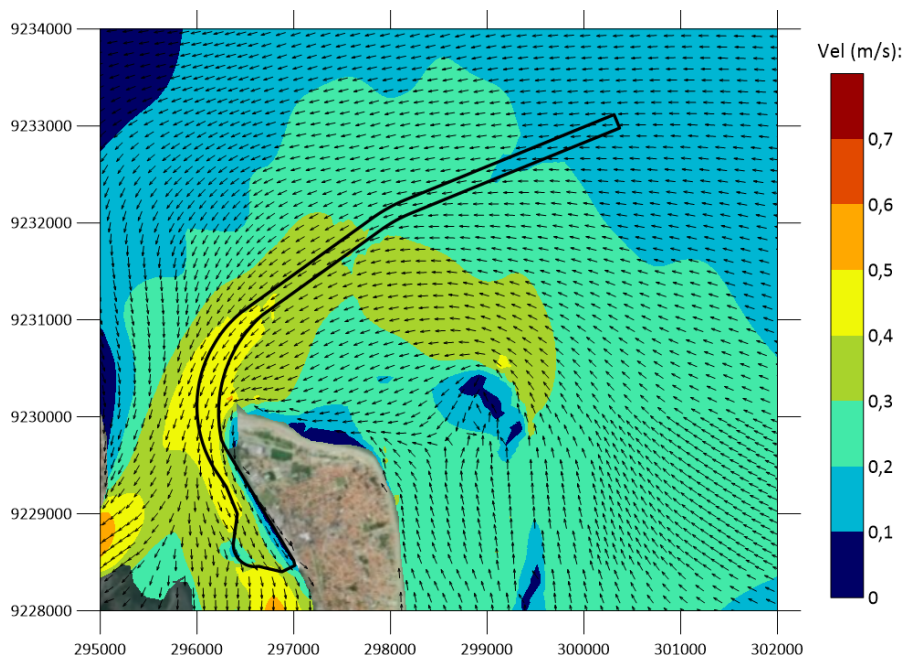


Figura 4-14 - Padrão de circulação hidrodinâmica característica de uma maré de sizígia em meia maré de enchente na situação de projeto.

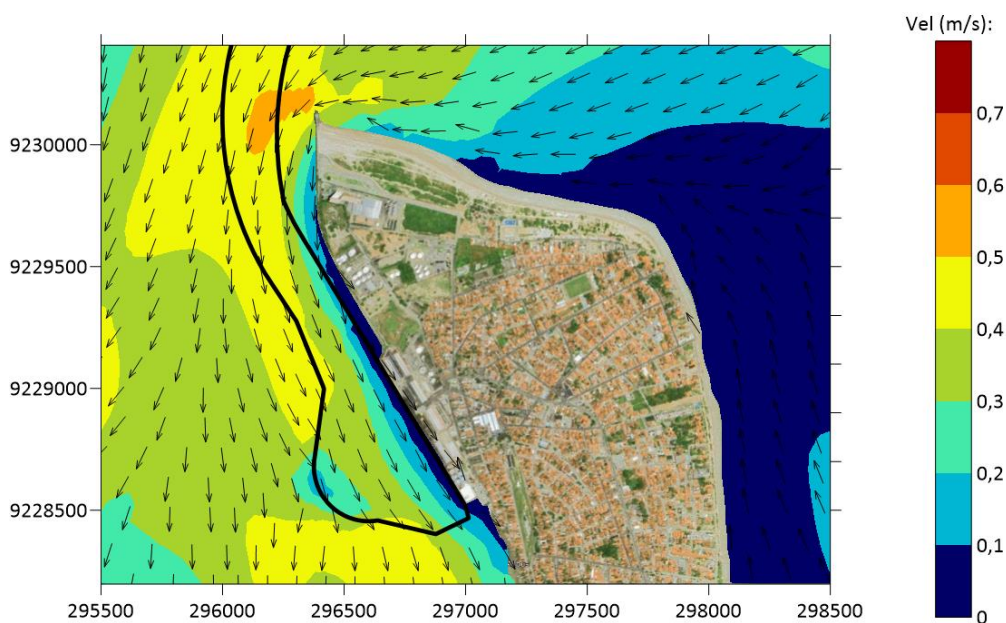


Figura 4-15 - Padrão de circulação hidrodinâmica característica de uma maré de sizígia em meia maré de enchente na situação de projeto na área do Porto de Cabedelo.





Para efeito comparativo, foram extraídos dois pontos, P1 e P2 (Figura 4-16; Tabela 4-1), para detalhar o padrão de correntes durante o período de sizígia e quadratura, na situação atual e de projeto.

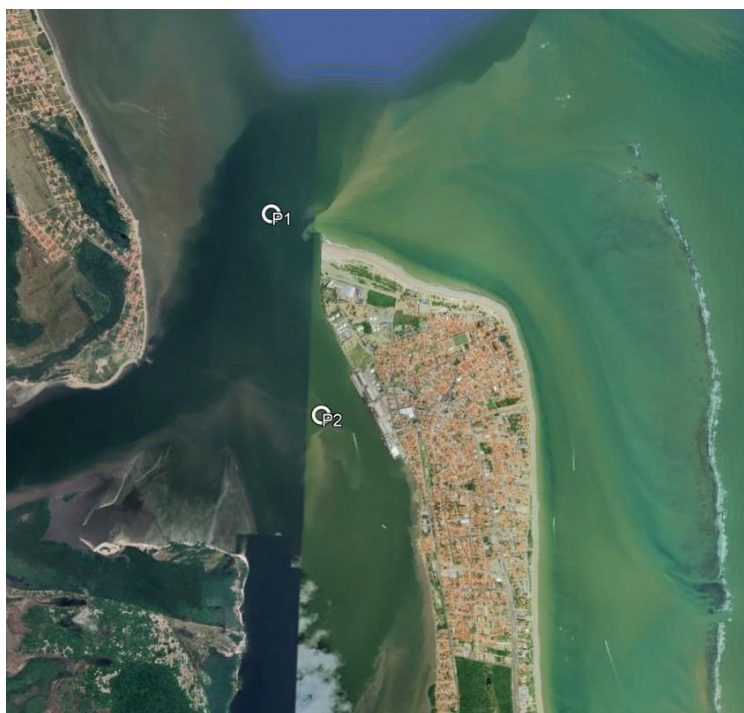


Figura 4-16 - Localização dos pontos de extração dos resultados do modelo hidrodinâmico.

Tabela 4-1 - Pontos de extração dos resultados do modelo matemático.

Coordenadas UTM (WGS84) – FUSO 25			
Ponto	E(m)		N(m)
P1	295989.00	m E	9230315.00 m S
P2	296438.00	m E	9228816.00 m S

As figuras a seguir apresentam a comparação da velocidade de correntes na situação atual e de projeto nos dois pontos de extração.



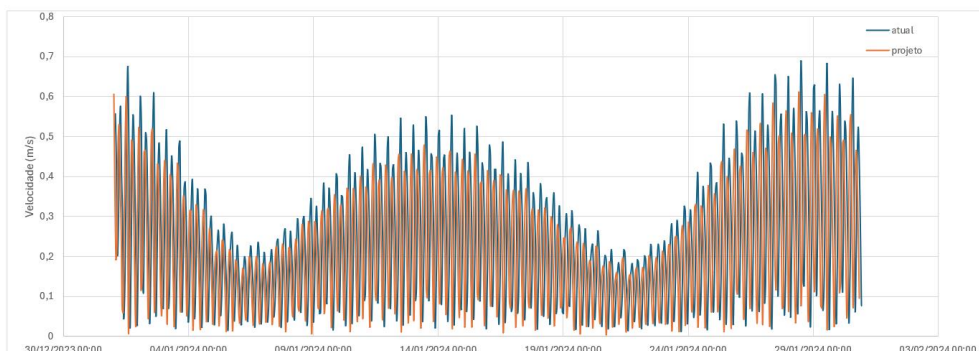


Figura 4-17 - Comparação da velocidade de correntes na situação atual e de projeto no ponto P1.

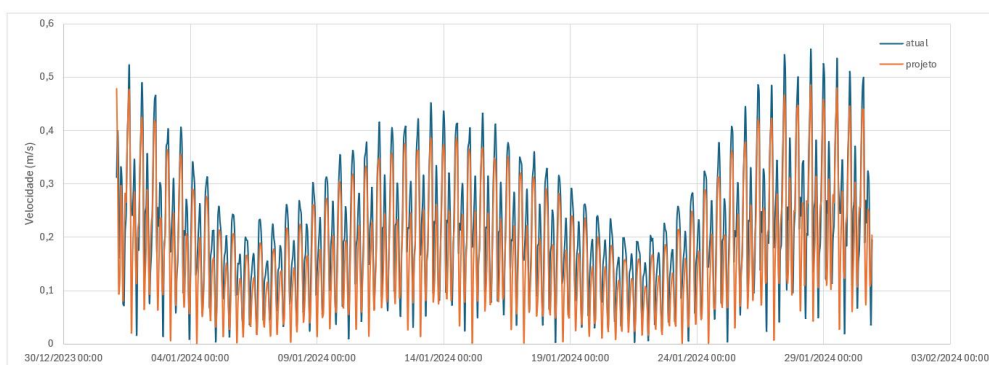


Figura 4-18 - Comparação da velocidade de correntes na situação atual e de projeto no ponto P2.

Nota-se que as mudanças propostas no canal de navegação ao Porto de Cabedelo não geram mudanças significativas em relação a velocidade das correntes locais, restringindo-se em média a uma alteração de aproximadamente 4 cm/s.

Em relação ao comportamento da maré ao longo da área de estudo, foram realizadas comparações de nível na situação atual e de projeto para os dois pontos de extração. Através da Figura 4-19 e da Figura 4-20 observa-se que não foram identificadas alterações.



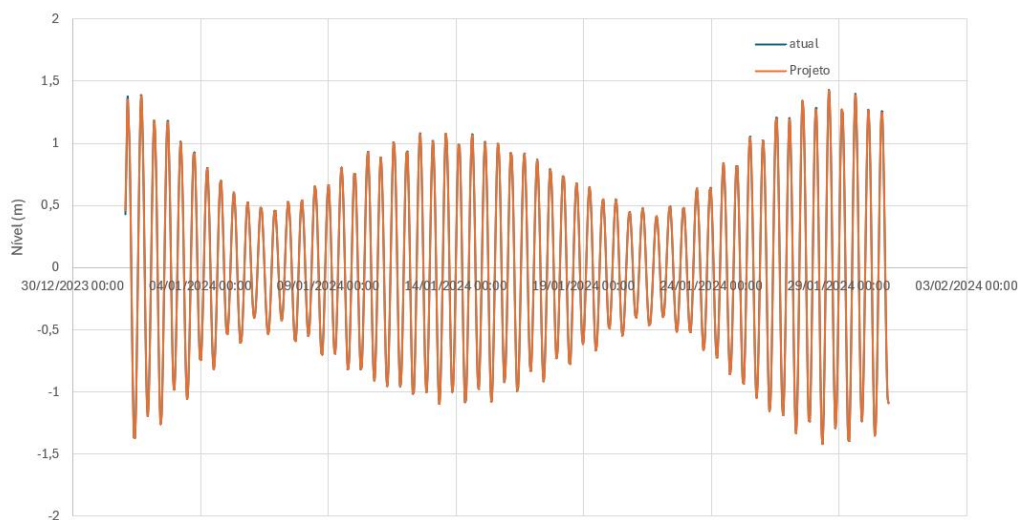


Figura 4-19 - Comparação de nível na situação atual e de projeto no ponto P1.

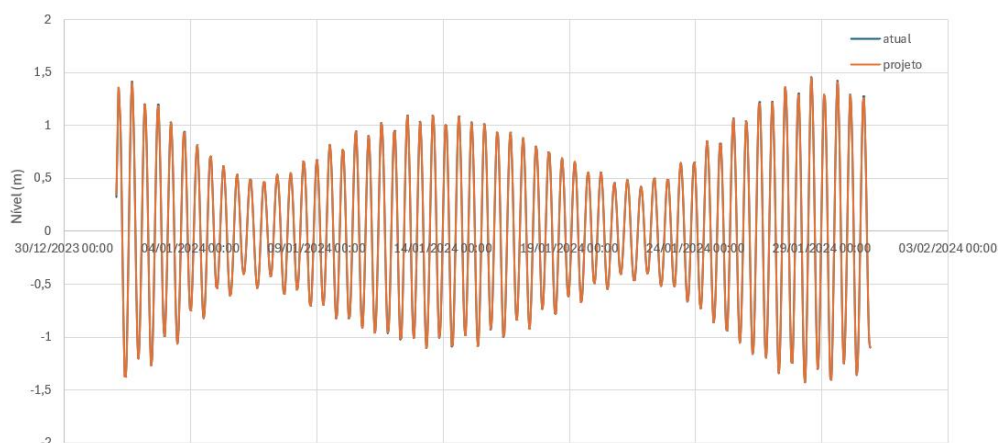


Figura 4-20 - Comparação de nível na situação atual e de projeto no ponto P2.

A região de interesse possui um bota-fora localizado na coordenada com ponto central: 302168,948 m E e 9235390.763m S delimitado pelo círculo de 1 km de diâmetro (Figura 4-21). Observa-se que a profundidade média da área do bota-fora é de cerca de 16m.

Considerando a utilização de uma draga do tipo backhoe mais 2 batelões com cisterna de capacidade para 1500 m³, adotou-se nas simulações as seguintes premissas:





900 m³ de material carregado em cada viagem para cada batelão. As simulações tiveram lançamento a cada 4 horas, totalizando aproximadamente 975.503 m³, ocorrendo em períodos de maré de quadratura e de maré de sizígia. Foram simulados lançamentos com material característicos da área a ser dragada, dessa forma foi considerado como sedimentos arenoso predominantes ao longo do canal. No entanto, em alguns pontos é possível observar sedimentos argilosos.

Os resultados do modelo de transporte são obtidos a partir da utilização dos resultados do modelo hidrodinâmico como condições de contorno, portanto, o transporte é realizado a partir da influência da maré, dos ventos e das ondas.

A Figura 4-21 mostra a sedimentação do material lançado na área de descarte após o lançamento de todo material a ser dragado. Os sedimentos se concentram na região do bota-fora, podendo criar elevações pouco próximas de 0,45 m.

Observa-se que os sedimentos descartados na região do bota-fora não se aproximam da linha de costa. A sedimentação da fração mais grosseira (areia) se deposita sob a área de descarte e os sedimentos mais finos presentes na simulação (argila) seguem o caminho na direção predominante das correntes.

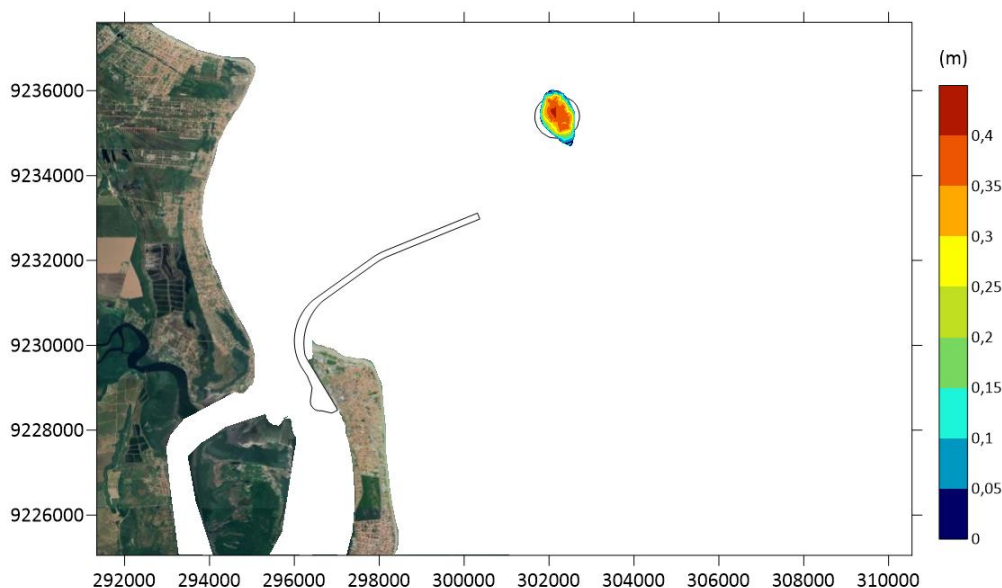


Figura 4-21 - Sedimentação estimada no bota fora após o lançamento de todo material a ser dragado.





Importa ressaltar que o INPH entende haver um certo grau de incerteza dos resultados, quando não há dados de campo para a calibração do modelo matemático.

Assim sendo, sem prejuízo das informações apresentadas neste texto, anteriormente à fase de execução das obras de ampliação, deve-se prever a necessidade de novos levantamentos de campo nas áreas de interesse, objetivando um melhor conhecimento do substrato da área.

Vale salientar a necessidade de acompanhamento batimétrico da região de descarte ao longo da execução do projeto, de forma a avaliar a capacidade do bota-fora e validar as informações descritas ao longo deste item.





5. QUANTIFICAÇÃO DO VOLUME A DRAGAR

Em função dos estudos realizados foram quantificados os volumes a dragar através do software Hypack, a partir de seções planejadas a cada 10m.

A tabela a seguir, mostra as premissas básicas de projeto utilizadas e os respectivos volumes calculados, em cada área do Porto de Cabedelo.

Tabela 5-1 - Quantificação do volume a dragar.

QUANTIFICAÇÃO DO VOLUME A DRAGAR						
	Cota do Projeto (m)	Talude	Tolerância Vertical (m)	Volume até a Cota de Projeto (m³)	Volume na Tolerância (m³)	Volume Total (m³)
Canal Intern	11	1:3	0,3	193.202,31	48.525,79	241.728,10
Bacia Evoluç	11	1:3	0,3	705.989,95	27.784,94	733.774,89
Total						975.502,99

A taxa de assoreamento utilizada nesse estudo é a mesma empregada no Anteprojeto de dragagem de aprofundamento do canal de acesso e bacia de evolução do Porto de Cabedelo/PB de 2021 (Relatório INPH 002/2021-Revisão 3). A taxa de assoreamento foi obtida através da comparação de levantamentos batimétricos subsequentes. Através das diferenças são calculados os volumes que se depositaram durante o intervalo de tempo analisado em cada trecho do canal de navegação. Dessa forma, o valor previsto de assoreamento é de 20.187,158 m³, tornando desnecessário a dragagem de manutenção durante a execução da obra.





6. ESPECIFICAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS A SEREM UTILIZADOS E METODOLOGIA EXECUTIVA

O parque de equipamentos selecionado para o dimensionamento dos esforços de dragagem e a composição do preço unitário (CPU) dos serviços é composto por uma Draga Backhoe, mais 2 batelões com capacidade de cisterna de 1500 m³.

A indicação do(s) equipamento(s) de dragagem visa proporcionar a melhor execução da obra, com prazos e preços condizentes a serviços deste porte. Todavia, outros “arranjos técnicos” poderão ser apresentados por hora da execução dos serviços, desde que comprovados tecnicamente e que disponham de capacidades adequadas, de forma a garantir produção mínima, prazos máximos e preços máximos estipulados.

Todos os equipamentos empregados na obra deverão estar devidamente autorizados pela autoridade marítima e ser dotados com equipamento que proporcione seu posicionamento eletrônico, bem como o rastreamento de todas as suas operações de carga e descarga.

• DRAGA BACKHOE + 2 BATELÕES DE CARGA

A Draga Backhoe executará seus serviços, com volume total estimado 975.503 m³.

Características (1 Draga Backhoe)

- Capacidade nominal da caçamba: 25 m³
- Potência total instalada: 3800 kW

Características (2 Batelões de Carga Autopropulsados)

- Capacidade nominal da cisterna: 1500 m³.
- Velocidade média de transporte: 9 MN/h
- Potência total instalada: 1050 HP
- Produção mensal estimada com 2 batelões: 394.200 m³/mês
- Prazo: 90 dias





7. PRAZO E COMPOSIÇÃO DE PREÇOS UNITÁRIOS

O Quadro 7-1, a seguir, apresenta o total dos serviços a serem executados, assim como o prazo e valor estimado. A composição de preços unitários - CPU, detalhada, encontra-se no Anexo X.

Quadro 7-1 – Quadro resumo da Composição de Preços Unitários – CPU. Base: Março/2025.

QUADRO RESUMO			
TOTAL DOS SERVIÇOS DE DRAGAGEM COM DRAGA BACKHOE			
PREÇO DO METRO CÚBICO DRAGADO			
ÁREAS 4 e 5	54,12	R\$/m³	
TOTAIS			
Volume total estimado	975.503	m³	
Prazo total estimado	90	dias	
Preço total da dragagem		R\$ 52.794.222,36	
Preço total da Mob/Desmob		R\$ 8.546.876,33	
PREÇO TOTAL		R\$ 61.341.098,69	
TOTAL DOS SERVIÇOS DE DERROCAGEM			
Preço do metro cúbico derrocado e transportado	1.567,36	R\$/m³	
Volume estimado a ser derrocado	1.000,00	m³	
Preço dos serviços de derrocagem	1.567.360,00	R\$	
Preço de mobilização e desmobilização	1.542.255,78	R\$	
PREÇO TOTAL		R\$ 3.109.615,78	
VOLUME, PRAZO E PREÇOS GLOBAIS			
Volume global estimado (BHD + DERROCAGEM)	976.503	m³	
Prazo global estimado	90	dias	
Preço global da dragagem (BHD)		R\$ 61.341.098,69	
Preço global da derrocagem		R\$ 3.109.615,78	
PREÇO TOTAL GLOBAL		R\$ 64.450.714,47	
Base: março/2025			



ANEXOS

