



INPH : 049 / 2013 Vol.1/2

CÓDIGO : Santos - 900 / 04

**ANTEPROJETO DE DRAGAGEM DE MANUTENÇÃO E DE READEQUAÇÃO DA
GEOMETRIA DO CANAL DE ACESSO AQUAVIÁRIO E DOS BERÇOS DE ACOSTAGEM
DO COMPLEXO PORTUÁRIO DE SANTOS - SP.**

Volume I – Relatório



INPH / SEP

**Rio de Janeiro
Outubro de 2013**



APRESENTAÇÃO

O Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias – INPH, subordinado à Secretaria de Portos da Presidência da República, foi solicitado a elaborar um projeto de dragagem manutenção do Porto de Santos, com base em estudos recentes, com a determinação de volumes de dragagem de manutenção esperados, para as profundidades atuais do canal de acesso aquaviário. Oportunamente, também foram projetadas melhorias na geometria do canal, com a readequação e ajustes necessários em determinados trechos, para o canal e os berços de atracação e seus acessos.

Após a recente conclusão da derrocagem das pedras de Tefée e Itapema e a retirada da última seção dos restos naufragados do navio Ais Giorgis, finalizada em janeiro de 2013, que configuravam expressivos obstáculos à ampliação da capacidade do Porto de Santos, a readequação da geometria do canal de acesso aquaviário de Santos também incorpora reivindicações feitas pela Autoridade Portuária e pela praticagem local, além de critérios de otimização às condições de manobrabilidade no canal.

Os levantamentos geológicos básicos e estudos, coordenados por este Instituto, em 2006 e 2007, que subsidiaram, àquela época, a elaboração de um projeto geométrico, servindo de base à readequação ora desenvolvida e aos cálculos de volumes a dragar, atualizados por batimetria mais recente, recebida da Secretaria de Portos.

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

Atenciosamente.

DOMENICO ACCETTA
Diretor do INPH / SEP



EQUIPE TÉCNICA

Coordenação Geral

Eng^o Domenico Accetta

- Diretor do INPH

Eng^o Paulo César da Silva Freire

- Coordenador de Pesquisas

Equipe

Eng^o Luis Pedro Bicalho

Eng^o Felipe Chaves Martins

Geol. Roberto Bianco

Ocn. Rafael Paes Leme

Des. Karla Valente Boim

**SUMÁRIO**

1	INTRODUÇÃO	7
2	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DO PROJETO	11
2.1	Maré	12
2.2	Medições com ADCP	12
2.3	Salinidade, Temperatura e Sólidos em Suspensão.....	21
2.4	Ventos.....	24
2.5	Ondas.....	25
3	ASPECTOS GEOGRÁFICOS, GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS	27
3.1	Situação Geográfica da Área	27
3.2	Geomorfologia	28
3.3	Geologia.....	29
3.4	Geotecnia.....	31
3.5	Análise Integrada de Dados.....	32
3.6	Perfis Geológico-geofísicos.....	32
4	INFRAESTRUTURA DO COMPLEXO PORTUÁRIO DE SANTOS	35
4.1	Características Gerais.....	35
4.2	Canal de Acesso Aquaviário	37
4.2.1	Navio Tipo	38
4.2.2	Largura do Canal de Acesso.....	38
4.2.2.1	Canal de Aproximação/Acesso para Uma Via	39
4.2.2.2	Canal Aproximação/Acesso para Duas Vias	40
4.2.3	Largura da Via em Trechos Curvos (Sobrelargura)	42
4.2.4	Profundidade do Canal de Acesso	43
4.2.4.1	Movimentos Verticais	43
4.2.4.2	Squat	44
4.2.4.3	Arfagem, Caturro, Balanço e Demais Tolerâncias.....	45
4.2.5	Calado máximo recomendado (CMR)	45
4.3	Bacias de Evolução ou de Manobra	46
4.4	Declividade dos Taludes Dragados.....	48
5	READEQUAÇÃO DA GEOMETRIA DO CANAL	49
5.1	Estudo de Navegabilidade do Novo Traçado Geométrico do Canal de Acesso ao Porto de Santos – SP - “Canal Externo”	52
5.1.1	Navio Tipo	52
5.1.2	Características Ambientais Simuladas e Modelo Digital da Área	52
5.1.3	Simulações Realizadas.....	54
5.1.4	Conclusões	54
5.2	Dimensionamento e Ajuste de Curvas no Canal	55
5.2.1	Curva Próxima à Ilha das Palmas.....	56
5.2.2	Curva na Entrada do Canal Interno	58



5.2.3	Curvas da Torre Grande, Ilha de Barnabé e Ilha dos Bagres	59
5.2.4	Curva do Armazém 12	62
5.2.5	Curva próxima ao Terminal da BTP	63
5.3	Dimensionamento e Definição de Bacias de Manobra Comunitárias.....	64
5.3.1	Bacias de Manobra no trecho entre o armazém 35 e o Terminal Santos Brasil	64
5.3.2	Bacia em frente ao Terminal da Emraport.....	64
5.3.3	Bacia do Terminal da BTP	65
5.3.4	Bacia de Manobra da Alemoa	66
5.3.5	Área de Manobra Entre o Cais do Valongo e o Terminal da COPAPE	67
5.4	Área de Berços e Acesso aos Berços	68
6	VOLUMES DE DRAGAGEM NO PORTO DE SANTOS.....	72
6.1	Dragagem de Readequação da Geometria do Canal de Acesso Aquaviário.....	72
6.1.1	Dados de Batimetria.....	72
6.1.2	Metodologia de Cálculo de Volumes.....	74
6.1.2.1	Tolerâncias de Dragagem.....	74
6.1.2.2	Determinação das Alturas de Corte de Dragagem.....	76
6.1.2.3	Dragagem da Área da Brasil Terminal Portuário.....	79
6.1.3	Planilhas de Cálculo de Volumes.....	80
6.1.4	Comentários sobre o Cálculo de Volumes de Dragagem de Readequação da Geometria do Canal de Acesso Aquaviário	82
6.2	Dragagem de Manutenção das Profundidades do Canal de Acesso Aquaviário	82
6.2.1	Metodologia Utilizada para a Determinação dos Volumes.....	83
6.2.2	Conclusões do Relatório.....	83
6.2.3	Volumes Empregados para Dimensionamento da Dragagem de Manutenção	84
7	METODOLOGIA EXECUTIVA DAS OBRAS DE DRAGAGEM	85
7.1	Área de Descarte do Material a ser Dragado.....	87
7.2	Equipamentos de Dragagem Especificados	87
7.2.1	Dragagem de Readequação da Geometria do Canal de Acesso Aquaviário	88
7.2.1.1	Produtividade e Prazos Dimensionados para os Equipamentos	88
7.2.1.1.1	Draga Autotransportadora "Hopper" (TSHP) de 11.000m ³ de cisterna – Canal Externo	88
7.2.1.1.2	Draga Autotransportadora "Hopper" (TSHP) de 11.000m ³ de cisterna – Canal Interno e Acesso aos Berços.....	89
7.2.1.1.3	Conjunto Draga Backhoe + Batelão Autopropelido – Berços Trechos 1, 2 e 3.....	90
7.2.2	Dragagem de Manutenção das Profundidades do Canal de Acesso Aquaviário	93
8	PROCEDIMENTOS DE CONTROLE DA DRAGAGEM.....	94
8.1	Sistema de Vedação da Cisterna.....	94
8.2	Controle de Enchimento e "Overflow" da Draga Autotransportadora.....	94
8.3	Sistema de Rastreamento por Satélites	94
9	BIBLIOGRAFIA.....	96
10	ANEXOS.....	98
Anexo I	Relatório Estimativa da Taxa de Dragagem Anual de Manutenção do Canal de Acesso e Bacias de Evolução do Porto de Santos Após a Obra de Dragagem de Aprofundamento para Cota - 15,00 m (DHN) e Alargamento, elaborado pela empresa Argonáutica Engenharia e Pesquisas, coordenado pelo Eng^o. Paolo Alfredini, D. Sc. – Julho de 2013	98
Anexo II	Perfis Geológico-Geofísicos – ANEXO IV do Relatório INPH n^o 018/2007 [17].....	99



Anexo III **Relatório INPH nº 026/2013 - Estudo de Navegabilidade do Novo Traçado Geométrico do Canal de Acesso ao Porto de Santos – SP - “Canal Externo”100**

1 INTRODUÇÃO

Considerado o maior porto da América Latina, o Complexo Portuário Santista reside na Baía de Santos, na porção sudeste do estado de São Paulo, que integra a Região Metropolitana da Baixada Santista, compreendendo os municípios pertencentes à Mesorregião de Santos e à Mesorregião do Litoral Sul Paulista, conforme ilustra a Figura 1-1.

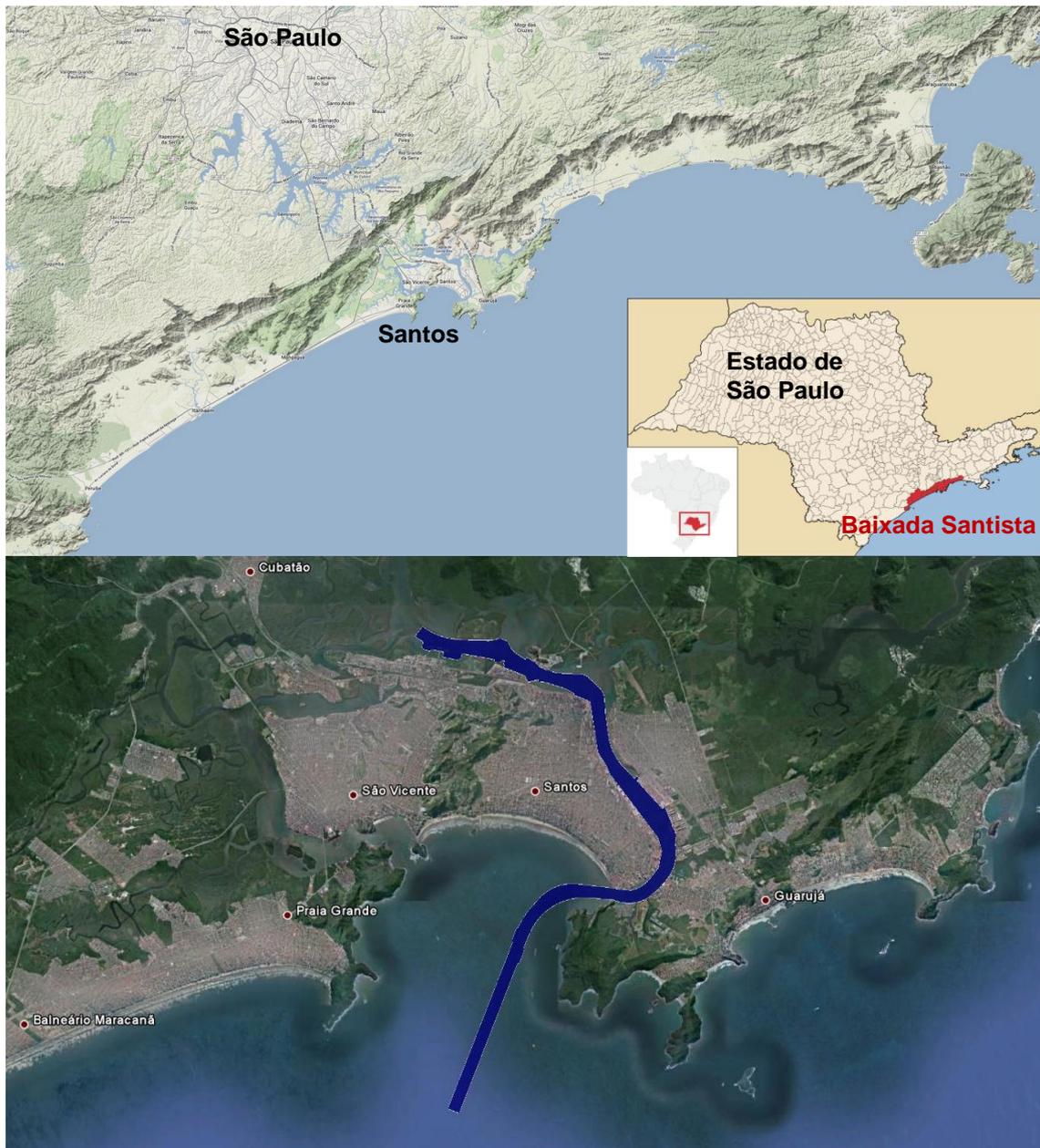


Figura 1-1 - Localização da Região da Baixada Santista e da Baía de Santos, com destaque para a área de abrangência do Projeto do Porto de Santos

Oferecendo treze quilômetros de extensão de cais e um total de 59 berços, Santos responde por mais de um quarto da movimentação da balança comercial brasileira (Figura 1-2). Na pauta de suas principais cargas, incluem-se açúcar, soja, cargas

containerizadas, café, milho, trigo, sal, polpa cítrica, suco de laranja, papel, automóveis, álcool e outros graneis líquidos, movimentando mais de 60 milhões de toneladas por ano [12].

O Porto Organizado de Santos localiza-se nos municípios de Santos e Guarujá, a, cerca de, 80 km do centro da capital paulista, uma região estrategicamente situada numa direção favorável para transpor a Serra do Mar, além de proporcionar características propícias para navegação abrigada em seus canais estuarinos. Sua área de influência primária engloba os estados de São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás. Além disso, também atende aos estados da Bahia, Tocantins, Espírito Santo, Rio de Janeiro, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul [12].

Instituída em 2 de fevereiro de 1892, foi a partir de 1928 que a antiga Companhia Docas de Santos deu início à empreitada de alterar as profundidades da porção estuarina da baía de Santos, para atender às demandas do mercado portuário [13]. Sucessivas obras de dragagem acompanham o desenvolvimento da infraestrutura do porto desde então. A Tabela 1-1 transcreve volumes computados de dragagens realizadas no período de 1932 até 2008, tanto para implantação de novos terminais como para a manutenção da lâmina d'água mínima, imprescindível à navegação, frente aos processos litorâneos e hidrossedimentológicos que depositam sedimentos ao longo de toda sua extensão navegável.



Figura 1-2 – Imagens do Porto de Santos

Tabela 1-1 - Histórico de Dragagens no Porto de Santos, de 1932 à 2008. Fonte: CODESP [13]

ANO	VOLUME (m ³ x 10 ³)	ANO	VOLUME (m ³ x 10 ³)	ANO	VOLUME (m ³ x 10 ³)	ANO	VOLUME (m ³ x 10 ³)
1932	875	1952	112	1972	12.545	1992	2.504
1933	103	1953	1.045	1973	1.995	1993	3.203
1934	1.015	1954	103	1974	939	1994	1.642
1935	1.025	1955	1.105	1975	8.655	1995	5.995
1936	103	1956	1	1976	174	1996	532
1937	102	1957	1.015	1977	-	1997	1.040
1938	1.025	1958	104	1978	3.007	1998	2.284
1939	975	1959	695	1979	602	1999	2.026
1940	101	1960	106	1980	942	2000	5.832
1941	1.115	1961	118	1981	857	2001	2.310
1942	895	1962	104	1982	6.719	2002	5.548
1943	885	1963	1.025	1983	383	2003	1.284
1944	940	1964	1.485	1984	772	2004	1.024
1945	805	1965	-	1985	1.338	2005	2.512
1946	950	1966	11.155	1986	5.786	2006	247
1947	1.065	1967	-	1987	194	2007	1.376
1948	690	1968	3.535	1988	6.157	2008	1.938
1949	820	1969	415	1989	384		
1950	425	1970	281	1990	4.305		
1951	1.075	1971	4.885	1991	4.256		

Em 2012, além da reiterada realização de dragagens de manutenção e aprofundamento, a Secretaria de Portos da Presidência da República – SEP e a Companhia Docas do Estado de São Paulo – COSESP, concluíram a derrocagem das pedras de Tefée e Itapema e a retirada da última seção dos restos naufragados do navio Ais Giorgis, finalizada em janeiro de 2013, que configuravam expressivos obstáculos à ampliação da capacidade do Porto de Santos.

A estimativa das taxas de assoreamento na área abrangida pela infraestrutura náutica portuária, causado por sedimentos mobilizados no ambiente costeiro e sedimentos trazidos pela drenagem da bacia hidrográfica do complexo estuarino de Santos, foi objeto de estudo contratado junto à empresa Argonáutica Engenharia e Pesquisas e coordenado pelo engenheiro Paolo Alfredini [2], especialista em hidráulica marítima e engenharia portuária e Professor Titular da Universidade de São Paulo. O relatório intitulado *Estimativa da Taxa de Dragagem Anual de Manutenção do Canal de Acesso e Bacias de Evolução do Porto de Santos Após a Obra de Dragagem de Aprofundamento para Cota -15,00 m (DHN) e Alargamento (Anexo I)*, apresenta um estudo da evolução dos fundos do sistema estuarino, estabelecendo um quadro do balanço de sedimentos a partir das informações disponíveis sobre a dinâmica hidrossedimentológica em questão e a sua influência na estimativa da taxa volumétrica de dragagem de manutenção. Também calcula valores anuais esperados médios e superiores aplicáveis às condições



do Porto de Santos.

Com vistas a dar continuidade ao programa de aprofundamento do canal de navegação e dragagens de berços e seus acessos o Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias - INPH foi solicitado a elaborar esse *Anteprojeto de Dragagem de Manutenção e de Readequação da Geometria do Canal de Acesso Aquaviário e dos Berços de Acostagem do Complexo Portuário de Santos – SP*. Foram projetados ajustes e melhorias no traçado geométrico do canal de navegação, como o alargamento e suavização de deflexões no alinhamento do canal, comportando demandas feitas pela Autoridade Portuária e a praticagem do porto, instituição de bacias e áreas de manobra e implantação armadilhas de sedimento – “*sand traps*” – previstas para concentrar esforços e ampliar a vida útil das intervenções de dragagem.

Adicionalmente, foram dimensionadas as obras de dragagem necessárias à implementação dessa readequação geométrica e à manutenção das profundidades projetadas para o porto.

2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DO PROJETO

O conhecimento das características físicas e ambientais da região do projeto é mandatório ao dimensionamento de um canal de navegação, e à elaboração de uma intervenção de dragagem. Através da análise de alguns condicionantes físicos básicos, tais como relevo de fundo da área, marés, ventos, correntes, ondas e outros, é possível avaliar as condicionantes e parâmetros fundamentais para a definição e detalhamento de tais obras.

Em consequência do histórico de ocupação e de dragagens na região do Porto de Santos, dispõe-se de representativo banco de dados da área do projeto. Tais dados, compilados pelo INPH e publicados em relatórios anteriores desse instituto [15], são reproduzidos a seguir.

Medições de correntes, salinidade, temperatura e sólidos em suspensão foram coletadas nas estações sobre os perfis de S4 a S9, conforme representação na Figura 2-1. Os dados e amostras obtidos no campo, processados e analisados, são apresentados a seguir:

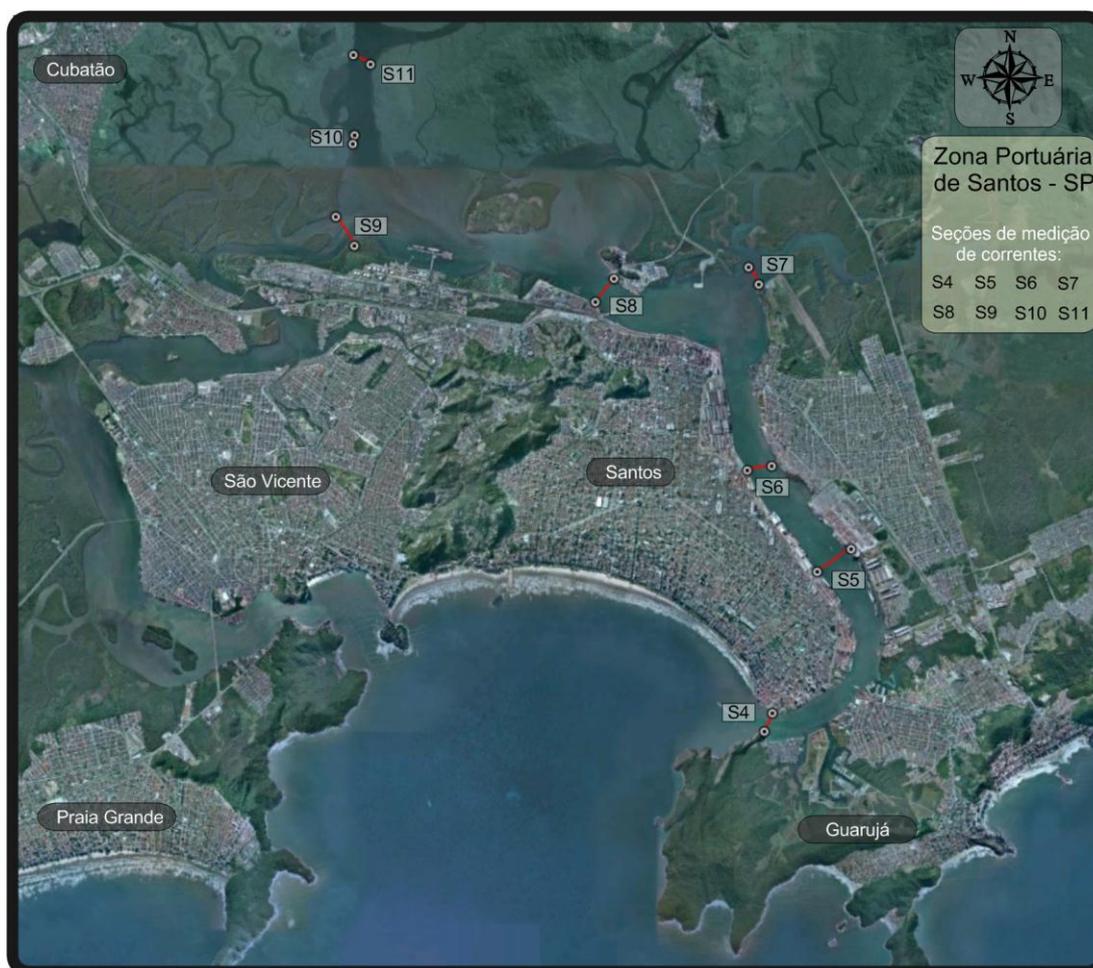


Figura 2-1 - Localização dos perfis S4 a S11.

2.1 Maré

As medições de níveis d'água foram realizadas nas Estações Maregráficas, Ilha das Palmas, Conceiçãozinha e COSIPA I nos períodos abaixo descritos.

Estação	Inicial	Final	Equipamento	Observação
Ilha das Palmas	06/02/06	20/03/06	Newmedes mod HC	INPH
Conceiçãozinha	01/02/06	31/03/06	R.W.Munro 186/2704	CODESP
COSIPA I	06/03/06	20/03/06	LNG - 9S	INPH

Complementarmente, recorreu-se ao Banco de Dados Oceanográficos da DHN que forneceu as séries de aproximadamente 30 dias medidos nos meses de abril e maio de 2004, obtidas simultaneamente nas estações, Ilha das Palmas, Ilha de Barnabé e COSIPA e ainda suplementada com a série do mesmo período medida na estação maregráfica de Conceiçãozinha da CODESP, referenciados ao Nível de Redução da DHN para cada Estação Maregráfica.

2.2 Medições com ADCP

As medições das correntes efetuadas com Acoustic Doppler Current Profile - ADCP, foram realizadas nas seções S4 à S11, sendo as coordenadas das seções em cada margem, obtidas através de DGPS submétrico, referenciadas ao Datum WGS-84 e apresentadas na Tabela 2-1, a seguir.

Tabela 2-1 - Posicionamento das seções transversais.

Seção	Margem Esquerda		Margem Direita	
	Latitude	Longitude	Latitude	Longitude
S4	23°59.670 S	46°18.374 W	23°59.496 S	46°18.292 W
S5	23°57.938 S	46°17.483 W	23°58.154 S	46°17.833 W
S6	23°57.194 S	46°18.558 W	23°57.153 S	46°18.306 W
S7	23°55.431 S	46°18.444 W	23°55.268 S	46°18.550 W
S8	23°55.380 S	46°19.940 W	23°55.601 S	46°20.132 W
S9	23°54.799 S	46°22.815 W	23°55.074 S	46°22.733 W
S10	23°54.108 S	46°22.641 W	23°54.025 S	46°22.623 W
S11	23°53.353 S	46°22.460 W	23°53.264 S	46°22.637 W

As medições com ADCP, foram realizadas no período de 09 a 17/03/2006, contemplando principalmente período de maré de sizígia.

Os resultados das medições de correntes realizadas, *in situ* com ADCP, no estuário e na área do canal de acesso externo, estão apresentados nas tabelas abaixo (Tabela 2-2 à Tabela 2-9). Os dados constantes destes quadros basicamente são os valores das vazões calculadas para cada seção, em várias condições de maré, bem como os valores médios das velocidades e direções das correntes, rumo da embarcação e largura e áreas das seções para cada situação de maré.

TABELA 2-2

VAZÕES MEDIDAS COM ADCP NO ESTUÁRIO DE SANTOS - SP

Seções Medidas: S4, S5, S6, S7 e S8

Data: 09/03/2006

Nome do Arquivo	Horário		Q Total da Seção	Distância Margem esquerda	Q na área da margem esquerda	Q calc.na camada superficial	Q medida na seção navegada	Q calc.na camada do fundo	Distância Margem direita	Q na área da margem direita	Área Total da Seção	Largura da Seção	Veloc. média do Barco		Rumo médio do Barco	Veloc. média do escoamento		Direção média do escoamento
	Início	Fim											[m ² /s]	[m]		[m ² /s]	[m ² /s]	
S4000r.000	07:48:01	07:51:14	663.37	5	4.70	61.77	543.69	53.21	0	0.00	6475.3	360.3	1.86	205.5	0.10	292.0		
S4001r.000	07:51:39	07:54:04	446.23	0	0.00	35.20	375.04	29.62	8	6.39	6005.7	298.9	2.10	21.5	0.08	304.4		
S4002r.000	08:01:47	08:04:51	440.62	8	2.60	38.29	361.10	35.93	5	2.70	6849.4	366.3	1.83	201.1	0.05	272.6		
S4003r.000	08:05:34	08:09:23	120.21	10	5.12	15.51	83.44	12.15	8	3.98	6695.2	330.3	1.76	27.8	0.03	312.2		
S5000r.000	08:41:04	08:47:27	-484.30	3	-0.63	-47.23	-398.14	-37.52	3	-0.79	9516.2	744.6	1.98	238.2	0.06	317.2		
S5001r.000	08:47:52	08:53:33	-514.02	2	-0.36	-46.60	-428.61	-38.00	3	-0.46	9514.2	745.4	2.20	57.4	0.06	337.3		
S6000r.000	09:11:18	09:14:30	1002.03	10	12.37	67.18	842.05	62.56	30	17.87	6077.1	456.2	2.20	254.6	0.20	314.9		
S6002r.000	09:15:21	09:18:26	-1045.50	12	-5.60	-85.25	-869.23	-73.86	10	-11.56	5535.5	428.5	2.25	77.8	0.20	335.0		
S7000r.000	09:44:33	09:47:22	-66.24	12	-2.49	-15.24	-49.79	-9.56	100	10.82	1731.2	437.7	1.94	326.2	0.06	33.1		
S7001r.000	09:48:19	09:51:23	-151.54	8	-2.56	-31.23	-105.76	-19.83	100	7.84	1968.9	474.1	2.07	150.0	0.13	25.5		
S7002r.000	09:51:49	09:53:55	-264.06	12	-4.94	-46.59	-159.03	-29.29	100	-24.21	1789.0	388.4	2.32	327.7	0.18	32.6		
S7003r.000	09:54:53	09:57:57	-287.20	8	-3.72	-62.01	-174.52	-34.81	100	-12.15	1762.2	399.7	1.83	145.1	0.19	35.9		
S8003r.000	10:35:14	10:39:55	-740.63	8	-1.56	-69.25	-610.53	-58.12	5	-1.17	6737.2	552.9	2.04	28.9	0.10	309.8		
S8004r.000	10:40:19	10:44:17	-813.82	5	-0.67	-79.12	-668.49	-61.98	5	-3.56	6160.5	529.1	2.22	215.1	0.14	303.1		
S8005r.000	10:44:42	10:49:06	-759.09	5	-1.09	-71.18	-624.43	-60.21	5	-2.19	6628.4	543.8	2.06	27.8	0.11	303.8		

Observações:

- 1 - A letra Q representa vazão
- 2 - As distâncias às margens esquerda ou direita correspondem ao espaçamento existente entre a margem e o início ou final da seção
- 3 - Os dados em **vermelho** indicam que ocorria estratificação na seção no momento da medição
- 4 - Os dados em **azul** indicam que ocorriam vórtices na seção no momento da medição

TABELA 2-3

VAZÕES MEDIDAS COM ADCP NO ESTUÁRIO DE SANTOS - SP

Seções Medidas: S8, S9, S10 e S11

Data: 11/03/2006

Nome do Arquivo [Seção]	Horário		Q Total da Seção [m³/s]	Distância Margem esquerda [m]	Q na área da margem esquerda [m³/s]	Q calc.na camada superficial [m³/s]	Q medida na seção navegada [m³/s]	Q calc. na camada do fundo [m³/s]	Distância Margem direita [m]	Q na área da margem direita [m³/s]	Área Total da Seção [m²]	Largura da Seção [m]	Veloc. média do Barco		Rumo médio do Barco [°]	Veloc. média do Barco		Direção média do escoamento [°]
	Início [hh:mm:ss]	Fim											[m/s]	[m/s]		[m/s]	[m/s]	
S8006r.000	10:05:20	10:10:16	1544.31	5	5.12	141.86	1281.30	115.21	5	0.82	6909.2	580.4	2.05	224.6	0.23	300.6		300.6
S8007r.000	10:10:49	10:15:14	1630.91	5	5.48	150.59	1348.52	119.45	10	6.87	6685.5	535.1	1.99	36.6	0.25	298.5		298.5
S9000r.000	10:54:48	10:59:08	-647.42	10	-5.14	-185.22	-336.61	-112.43	15	-8.02	2057.5	511.4	1.93	150.6	0.30	240.4		240.4
S9001r.000	10:59:33	11:03:51	-538.17	20	-7.66	-154.56	-284.45	-85.89	15	-5.61	2030.9	507.5	1.92	331.6	0.27	227.0		227.0
S10000r.000	11:19:10	11:23:06	-583.89	30	-10.15	-112.36	-376.76	-67.45	40	-17.17	2685.8	556.5	2.19	288.4	0.28	351.1		351.1
S10001r.000	11:23:38	11:27:34	-612.62	20	-4.53	-128.06	-386.43	-72.19	35	-21.40	2519.0	512.6	1.94	105.5	0.29	348.5		348.5
S11000r.000	11:47:58	11:51:03	-354.02	12	-1.74	-61.22	-247.76	-37.60	10	-5.71	2294.5	403.6	2.05	290.5	0.18	11.9		11.9
S11001r.000	11:51:28	11:54:26	-362.37	10	-1.81	-58.20	-258.68	-38.48	12	-5.21	2152.2	372.2	2.09	106.3	0.19	2.5		2.5
S10002r.000	12:17:41	12:21:36	-498.05	12	-3.51	-106.93	-316.17	-63.33	20	-8.11	2633.9	512.6	2.16	286.8	0.22	352.1		352.1
S10003r.000	12:22:01	12:26:29	-536.82	15	-3.53	-123.05	-329.90	-65.96	25	-14.39	2668.0	550.1	1.92	104.1	0.23	345.0		345.0
S9002r.000	12:37:44	12:42:28	-617.36	12	-6.27	-164.29	-350.38	-93.87	5	-2.55	2079.3	559.3	2.12	162.8	0.30	237.2		237.2
S9003r.000	12:42:44	12:47:03	-605.97	5	-2.33	-170.67	-336.80	-92.35	8	-3.82	2348.9	534.0	2.13	340.9	0.29	226.2		226.2
S8009r.000	13:14:59	13:19:23	-1429.52	10	-3.25	-132.76	-1184.74	-103.76	5	-5.00	6652.8	534.0	2.08	207.7	0.22	300.7		300.7
S8010r.000	13:19:39	13:24:03	-1309.23	5	-1.56	-116.51	-1092.01	-95.27	5	-3.87	7095.3	555.7	2.18	29.7	0.19	303.8		303.8
S8011r.000	14:52:55	14:57:34	1200.07	5	1.56	117.07	982.72	94.06	5	4.66	6474.2	530.9	2.06	215.8	0.19	124.7		124.7
S8012r.000	14:57:59	15:02:31	1474.03	5	3.01	140.69	1211.94	110.12	10	8.28	7024.5	567.0	2.08	33.0	0.20	128.2		128.2
S9004r.000	15:39:04	15:43:38	704.15	8	3.92	195.49	407.21	93.80	5	3.73	2189.2	538.0	1.99	157.9	0.33	50.3		50.3
S9005r.000	15:44:03	15:44:03	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.32	65.7		65.7
S10005r.000	16:01:53	16:06:22	1062.44	12	8.14	227.70	664.53	131.78	30	30.30	2512.8	475.7	1.86	286.0	0.50	169.7		169.7
S10006r.000	16:07:02	16:10:49	1139.50	25	20.99	238.36	695.47	145.15	30	39.54	2640.0	526.5	2.15	105.4	0.53	170.1		170.1
S11002r.000	16:25:11	16:27:52	581.65	20	3.50	89.27	423.12	59.59	5	6.18	2086.0	370.6	2.19	298.3	0.33	186.0		186.0
S11003r.000	16:28:33	16:31:16	567.74	15	2.72	75.91	423.58	50.29	12	15.25	1985.0	316.1	1.98	110.2	0.34	187.5		187.5
S10007r.000	16:45:19	16:49:41	1042.52	25	27.77	196.10	664.72	115.09	30	38.85	2505.2	464.6	1.78	282.1	0.53	172.5		172.5
S10008r.000	16:50:05	16:53:20	1044.16	30	26.27	191.17	667.55	115.63	30	43.53	2435.5	459.4	2.21	105.7	0.52	171.7		171.7
S8014r.000	17:23:59	17:27:59	2519.07	10	5.11	240.17	2079.57	188.12	5	6.10	6153.1	517.8	2.16	212.5	0.43	133.8		133.8
S8015r.000	17:28:24	17:33:49	2563.42	5	1.58	233.51	2138.76	186.74	5	2.82	6328.9	540.2	1.85	26.8	0.39	129.7		129.7

Observações:

1- A letra Q representa vazão

2 - As distâncias às margens esquerda ou direita correspondem ao espaçamento existente entre a margem e o início ou final da seção

 3 - Os dados em **vermelho** indicam que ocorria estratificação na seção no momento da medição

 4 - Os dados em **azul** indicam que ocorriam vórtices na seção no momento da medição

TABELA 2-4

VAZÕES MEDIDAS COM ADCP NO ESTUÁRIO DE SANTOS - SP
Seções Medidas: S4, S5, S6, S7, S8 e Longitudinais nos Canais Interno e Externo
Data: 12/03/2006

Nome do Arquivo	Horário		Q Total da Seção [m³/s]	Distância Margem esquerda [m]	Q na área da margem esquerda [m³/s]	Q calc. na camada superficial [m³/s]	Q medida na seção navegada [m³/s]	Q calc. na camada do fundo [m³/s]	Distância Margem direita [m]	Q na área da margem direita [m³/s]	Área Total da Seção [m]	Largura da Seção [m]	Veloc. média do Barco		Rumo médio do Barco [°]	Veloc. média do Escoamento		Direção média do Escoamento [°]
	Início	Fim											Barco [m/s]	Barco [m/s]		Barco [m/s]	Barco [m/s]	
S8017r.000	08:21:02	08:25:18	-883.78	5	-0.95	-83.58	-729.47	-66.84	3	-2.94	6275.3	532.6	2.13	210.6	0.15	305.4		
S8018r.000	08:25:35	08:30:09	-1035.56	8	-2.60	-98.51	-851.74	-76.05	8	-6.67	6446.9	544.1	1.96	31.7	0.17	300.5		
S7004r.000	08:54:38	08:57:11	-326.22	5	-2.49	-66.22	-197.46	-39.14	80	-20.90	1706.8	387.3	2.12	330.4	0.22	43.4		
S7005r.000	08:57:44	09:00:33	-338.00	5	-3.11	-64.85	-206.87	-39.34	80	-23.82	1802.8	406.1	1.91	156.6	0.26	26.3		
S6003r.000	09:24:56	09:28:26	-1628.38	12	-5.56	-123.14	-1373.69	-114.28	5	-11.72	5749.2	445.3	2.05	258.8	0.31	333.7		
S6004r.000	09:28:43	09:32:32	-1775.88	10	-4.31	-139.19	-1496.67	-125.93	5	-9.79	5867.0	450.0	2.02	80.2	0.34	332.9		
Long1000r.000	09:39:50	09:57:20	929.34	150	353.08	39.61	392.47	35.80	80	108.39	33083.2	2342.2	2.15	133.4	0.31	319.3		
S5003r.000	09:58:26	10:04:35	-2044.61	5	-1.85	-182.80	-1706.39	-148.66	5	-4.92	9455.3	730.8	2.01	234.8	0.22	322.6		
S5004r.000	10:05:00	10:11:01	-2003.41	4	-1.83	-183.83	-1660.28	-154.97	3	-2.50	9434.9	741.8	2.09	52.2	0.22	319.5		
Long1001r.000	10:17:51	10:46:40	680.81	150	-174.88	38.67	717.55	43.92	20	55.55	47059.6	3480.6	2.27	200.8	0.17	37.2		
S4008r.000	10:47:48	10:51:03	-2683.91	10	-8.12	-162.18	-2327.56	-161.43	10	-24.62	6866.1	390.8	2.03	22.7	0.41	102.5		
S4009r.000	10:51:28	10:54:27	-2719.32	12	-26.19	-151.09	-2343.39	-169.80	12	-28.84	6698.4	359.8	1.90	198.5	0.43	102.2		
Long1002r.000	11:01:08	11:06:21	1806.35	150	471.76	53.82	878.05	60.51	200	342.21	24558.9	1275.7	2.16	272.2	0.32	101.4		
MarS3001r.000	11:09:44	12:04:06	-925.41	200	298.54	-113.71	-1250.08	-89.55	50	229.39	31368.2	1494.8	2.52	112.7	0.20	69.4		

Observações:

- 1 - A letra Q representa vazão
- 2 - As distâncias às margens esquerda ou direita correspondem ao espaçamento existente entre a margem e o início ou final da seção
- 3 - Os dados em **vermelho** indicam que ocorria estratificação na seção no momento da medição
- 4 - Os dados em **azul** indicam que ocorriam vórtices na seção no momento da medição

TABELA 2-5

VAZÕES MEDIDAS COM ADCP NO ESTUÁRIO DE SANTOS - SP

Seções Medidas: S7, S8, S9, S10 e S11

Data: 13/03/2006

Nome do Arquivo [Seção]	Horário		Q Total da Seção [m³/s]	Distância Margem esquerda [m]	Q na área da margem esquerda [m³/s]	Q calc. na camada superficial [m³/s]	Q medida na seção navegada [m³/s]	Q calc. na camada do fundo [m³/s]	Distância Margem direita [m]	Q na área da margem direita [m³/s]	Área Total da Seção [m]	Largura da Seção [m]	Veloc. média do Barco [m/s]	Rumo médio do Barco [°]	Veloc. média do escoamento [m/s]	Direção média do escoamento [°]
	Início	Fim														
S11004r.000	08:39:27	08:41:52	37.06	80	9.80	-5.54	35.76	-3.39	5	0.44	2118.3	350.0	1.82	302.0	0.05	175.5
S111005r.000	08:42:08	08:43:46	67.94	80	8.30	3.73	50.52	4.34	8	1.05	1896.4	290.5	2.06	108.6	0.06	172.4
S10010r.000	09:13:50	09:17:14	-100.99	30	-5.10	-23.53	-55.32	-13.52	40	-3.52	2691.4	473.7	1.96	295.1	0.03	15.4
S10011r.000	09:17:46	09:20:30	-73.65	40	-7.58	-20.59	-30.96	-10.82	40	-3.71	2128.6	375.3	1.99	112.0	0.03	352.4
S9008r.000	10:25:20	10:29:21	-377.61	15	-6.70	-115.76	-184.63	-67.81	8	-2.71	1896.7	513.9	2.02	158.1	0.23	243.5
S9009r.000	10:29:46	10:34:47	-421.53	15	-6.11	-136.93	-201.80	-73.14	10	-3.56	2031.2	533.0	1.81	342.8	0.24	227.7
S8020r.000	11:07:28	11:11:36	-1750.08	10	-4.29	-169.49	-1435.45	-133.81	5	-7.04	6001.0	518.5	2.04	216.4	0.30	299.7
S8021r.000	11:11:53	11:16:02	-1874.85	5	-2.96	-181.53	-1539.18	-137.82	10	-13.36	6109.0	525.1	2.08	29.3	0.31	297.3
S7007r.000	11:40:36	11:43:17	-523.33	10	-8.14	-94.97	-326.38	-58.58	100	-35.25	1842.7	404.0	2.12	329.5	0.34	38.2
S7008r.000	11:43:50	11:47:05	-528.08	5	-4.95	-104.09	-332.04	-64.95	100	-22.06	1976.4	446.3	1.80	155.0	0.36	30.5

Observações:

- 1- A letra Q representa vazão
- 2 - As distâncias às margens esquerda ou direita correspondem ao espaçamento existente entre a margem e o início ou final da seção
- 3 - Os dados em **vermelho** indicam que ocorria estratificação na seção no momento da medição
- 4 - Os dados em **azul** indicam que ocorriam vórtices na seção no momento da medição

TABELA 2-6

VAZÕES MEDIDAS COM ADCP NO ESTUÁRIO DE SANTOS - SP

Seções Medidas: S4, S5, S6, S7 e no Canal Externo

Data: 14/03/2006

Nome do Arquivo [Seção]	Horário		Q Total da Seção [m³/s]	Distância Margem esquerda [m]	Q na área da margem esquerda [m³/s]	Q calc. na camada superficial [m³/s]	Q medida na seção navegada [m³/s]	Q calc. na camada do fundo [m³/s]	Distância Margem direita [m]	Q na área da margem direita [m³/s]	Área Total da Seção [m²]	Largura da Seção [m]	Veloc. média do escoamento		Rumo médio do Barco [°]	Veloc. média do escoamento		Direção média do escoamento [°]
	Início [hh:mm:ss]	Fim											Barco	Barco		Barco	Barco	
S6006r.000	07:18:14	07:21:36	2047.04	12	13.01	168.19	1711.40	141.01	5	13.44	5417.8	409.7	1.97	257.3	257.3	0.42	146.5	
S6007r.000	07:22:10	07:25:41	2061.36	10	10.08	179.15	1713.29	152.68	3	6.15	5749.0	444.8	2.18	82.7	82.7	0.41	147.5	
S5005r.000	07:40:03	07:46:46	1420.55	5	0.45	137.54	1173.13	107.61	5	1.81	8813.7	728.4	1.90	236.2	236.2	0.16	148.3	
S5006r.000	07:47:03	07:53:04	1157.23	5	0.92	109.06	962.24	84.35	3	0.66	8950.0	746.9	2.16	59.4	59.4	0.13	141.8	
S4010r.000	08:15:44	08:18:51	69.68	8	3.53	4.39	57.25	4.51	0	0.00	6485.6	367.0	2.05	23.5	23.5	0.02	346.6	
S4013r.000	08:22:14	08:24:47	-144.13	12	-1.44	-8.41	-123.24	-8.69	10	-2.35	6285.8	340.2	2.11	199.8	199.8	0.03	80.2	
MarS3_S1000r.000	09:37:18	10:14:38	1120.03	500	340.69	108.98	808.92	80.01	200	-218.57	44707.7	3803.4	1.96	237.8	237.8	0.13	42.4	
MarS3_S1001r.000	10:15:36	11:05:08	192.94	500	273.72	107.91	97.26	50.22	80	-336.17	48873.2	4073.7	2.13	68.8	68.8	0.19	72.2	
S4015r.000	11:07:51	11:10:50	-2758.95	10	-9.42	-157.30	-2397.71	-166.42	10	-28.10	6482.6	361.8	2.12	21.3	21.3	0.43	100.4	
S4016r.000	11:11:14	11:14:30	-2368.71	10	-17.72	-148.11	-2027.13	-147.56	10	-28.19	5782.6	368.2	1.81	208.7	208.7	0.46	99.5	
S5007r.000	11:43:18	11:49:24	-3395.62	5	-1.73	-303.14	-2837.49	-246.54	5	-6.73	9542.0	737.9	2.11	241.0	241.0	0.36	319.4	
S5008r.000	11:49:57	11:56:05	-3561.34	10	-11.68	-319.00	-2953.24	-271.63	5	-5.79	9527.6	734.8	1.98	55.9	55.9	0.38	321.6	
S6008r.000	12:08:45	12:12:15	-3712.70	15	-23.36	-319.28	-3067.35	-280.79	5	-21.92	5781.5	466.4	2.21	263.2	263.2	0.69	332.2	
S6009r.000	12:12:41	12:17:29	-3625.66	20	-19.48	-296.42	-3011.38	-265.90	8	-32.49	5974.1	464.7	1.60	86.3	86.3	0.66	332.2	
S7009r.000	12:40:41	12:43:22	-645.87	12	-12.60	-128.07	-406.71	-82.30	60	-16.19	1808.1	402.6	2.22	328.8	328.8	0.42	40.9	
S7010r.000	12:43:55	12:47:43	-681.93	10	-12.35	-134.52	-450.71	-76.45	60	-7.89	2145.1	468.1	1.81	152.9	152.9	0.41	34.4	

Observações:

- 1- A letra Q representa vazão
- 2 - As distâncias às margens esquerda ou direita correspondem ao espaçamento existente entre a margem e o início ou final da seção
- 3 - Os dados em **vermelho** indicam que ocorria estratificação na seção no momento da medição
- 4 - Os dados em **azul** indicam que ocorriam vórtices na seção no momento da medição

TABELA 2-7

VAZÕES MEDIDAS COM ADCP NO ESTUÁRIO DE SANTOS - SP

Data: 15/03/2006 Seções Medidas: S6, S8, S9, S10 e S11

Nome do Arquivo [Seção]	Horário		Q Total da Seção [m³/s]	Distância Margem esquerda [m]	Q na área da margem esquerda [m³/s]	Q calc. na camada superficial [m³/s]	Q medida na seção navegada [m³/s]	Q calc. na camada do fundo [m³/s]	Distância Margem direita [m]	Q na área da margem direita [m³/s]	Área Total da Seção [m]	Largura da Seção [m]	Veloc. Barco		Rumo médio do Barco [°]	Veloc. Barco		Direção média do escoamento [°]
	Início [hh:mm:ss]	Fim											média do Barco [m/s]	Barco [m/s]		média do Barco [m/s]	Barco [m/s]	
S8023r.000	07:02:00	07:06:27	2517.40	6	1.67	241.79	2083.28	188.25	3	2.42	6179.1	540.2	2.11	211.6	0.42	125.5		
S8024r.000	07:06:52	07:11:54	2494.83	10	3.94	224.95	2079.89	180.76	8	5.30	6216.4	532.5	1.86	32.4	0.42	121.8		
S9010r.000	07:56:17	08:00:46	474.13	10	3.51	134.12	248.30	78.21	10	10.00	1775.6	487.8	1.91	158.5	0.46	45.1		
S9011r.000	08:01:11	08:05:39	461.04	10	3.95	132.56	242.64	72.99	10	8.91	1821.1	475.4	2.19	340.8	0.40	57.2		
S10012r.000	08:22:48	08:25:56	-26.27	50	-4.28	-21.73	0.40	-7.38	80	6.73	2583.6	486.3	2.07	302.5	0.02	130.2		
S10013r.000	08:26:20	08:29:04	43.35	80	3.92	3.93	29.48	2.56	80	3.45	2798.7	490.9	2.07	120.7	0.02	198.3		
S11004r.000	08:39:27	08:41:52	37.06	80	9.60	-5.54	35.76	-3.39	5	0.44	2118.3	350.0	1.82	302.0	0.05	175.5		
S11005r.000	08:42:08	08:43:46	67.94	80	8.30	3.73	50.52	4.34	8	1.05	1896.4	290.5	2.06	108.6	0.06	172.4		
S8026r.000	11:26:05	11:30:37	-1548.52	5	-0.76	-149.92	-1272.90	-119.00	5	-5.94	6238.2	543.8	2.05	210.8	0.25	303.1		
S8027r.000	11:31:03	11:35:21	-1594.95	8	-4.64	-157.94	-1305.32	-123.48	5	-3.57	6499.0	559.2	2.15	28.7	0.24	297.6		
S9012r.000	12:02:01	12:06:09	-277.41	10	-5.44	-112.00	-92.38	-55.29	10	-12.30	2017.7	523.4	2.09	155.2	0.28	214.3		
S9013r.000	12:06:33	12:11:18	-619.02	8	-3.41	-186.71	-302.05	-113.79	10	-13.07	2172.3	527.2	2.05	342.8	0.38	239.0		
S10014r.000	12:24:38	12:27:45	-619.12	25	-17.01	-123.43	-360.56	-65.82	60	-52.31	2611.5	495.4	2.39	292.8	0.30	348.1		
S10015r.000	12:28:10	12:31:02	-650.62	50	-40.79	-111.28	-379.90	-64.15	60	-54.50	2438.3	451.1	1.95	105.4	0.32	346.4		
S11006r.000	12:41:12	12:43:45	-442.91	60	-18.89	-75.10	-298.12	-44.44	8	-6.37	1895.2	331.1	1.88	293.4	0.24	3.7		
S11007r.000	12:44:18	12:46:04	-454.05	60	-39.26	-64.06	-296.67	-42.15	15	-11.91	1876.3	287.3	2.18	95.9	0.26	2.8		
S10016r.000	12:59:12	13:02:37	-747.82	60	-21.97	-130.23	-474.70	-75.92	40	-45.00	2895.7	521.7	2.24	290.7	0.38	346.5		
S10017r.000	13:03:09	13:06:10	-795.30	40	-36.01	-125.83	-508.79	-79.10	45	-45.57	2436.3	429.2	1.90	106.3	0.42	345.2		
S9014r.000	13:19:59	13:24:27	-1056.20	20	-19.59	-301.21	-577.50	-153.41	5	-4.48	2324.8	562.2	2.00	155.7	0.51	242.4		
S9015r.000	13:24:44	13:29:39	-1026.96	10	-8.18	-282.32	-556.09	-173.57	8	-6.81	2445.6	534.1	1.97	343.7	0.51	227.7		
S6010r.000	14:27:44	14:31:07	-2964.31	18	-18.01	-244.57	-2468.21	-216.39	5	-17.13	6284.2	476.1	2.28	260.9	0.52	330.6		
S6011r.000	14:31:32	14:35:29	-2731.85	15	-12.53	-215.41	-2259.39	-210.47	10	-34.05	6214.6	467.8	1.89	85.6	0.51	332.0		

Observações:

1 - A letra Q representa vazão

2 - As distâncias às margens esquerda ou direita correspondem ao espaçamento existente entre a margem e o início ou final da seção

 3 - Os dados em **vermelho** indicam que ocorria estratificação na seção no momento da medição

 4 - Os dados em **azul** indicam que ocorriam vórtices na seção no momento da medição

TABELA 2-8

VAZÕES MEDIDAS COM ADCP NO ESTUÁRIO DE SANTOS - SP
Data: 16/03/2006
Seções Medidas: S4, S5, S6, S7 e S8

Nome do Arquivo [Seção]	Horário		Q Total da Seção [m³/s]	Distância Margem esquerda [m]	Q na área da margem esquerda [m³/s]	Q calc. na camada superficial [m³/s]	Q medida na seção navegada [m³/s]	Q calc. na camada do fundo [m³/s]	Distância Margem direita [m]	Q na área da margem direita [m³/s]	Área Total da Seção [m²]	Largura da Seção [m]	Veloc. média do Barco [m/s]	Rumo médio do Barco [°]	Veloc. média do escoamento [m/s]	Direção média do escoamento [°]
	Início	Fim														
S8029r.000	06:57:29	07:01:46	2684.71	6	2.50	258.26	2215.41	202.37	5	6.17	6096.6	537.4	2.13	211.0	0.46	130.0
S8030r.000	07:02:03	07:07:20	2564.74	10	6.84	235.73	2136.55	184.02	10	1.60	6332.9	529.5	1.87	34.0	0.39	127.1
S7011r.000	07:28:12	07:30:37	573.44	5	6.11	112.11	369.73	68.44	25	17.06	1420.0	274.9	1.71	335.8	0.51	216.1
S7012r.000	07:31:10	07:32:52	515.92	5	4.97	98.97	330.81	59.66	28	21.52	1496.2	282.6	2.49	167.3	0.47	217.8
S6012r.000	07:48:50	07:53:10	2146.11	10	13.63	194.78	1770.37	156.95	5	10.38	6202.8	486.3	1.82	259.2	0.40	149.4
S6013r.000	07:53:27	07:56:50	1997.86	8	8.89	173.00	1650.64	148.57	10	16.78	5746.7	438.3	2.12	80.6	0.38	153.1
S5009r.000	08:13:33	08:20:08	1178.92	8	-1.57	108.48	980.95	87.25	5	3.81	9031.9	746.0	1.91	237.7	0.13	141.4
S5010r.000	08:20:32	08:26:16	892.26	5	-0.85	82.57	739.55	64.82	8	6.17	8850.6	729.9	2.17	59.7	0.11	145.4
S4017r.000	08:51:11	08:54:01	322.38	10	4.71	31.55	255.02	24.91	8	6.19	6504.5	358.0	2.06	19.2	0.05	295.1
S4018r.000	08:56:42	08:59:40	228.08	8	5.08	30.35	170.37	20.76	8	1.53	6520.5	374.7	2.08	200.1	0.03	315.4
S4020r.000	10:08:50	10:11:49	-512.74	8	-0.73	-22.20	-461.40	-26.77	5	-1.64	6443.1	364.1	2.03	21.4	0.09	101.0
S4021r.000	10:12:14	10:14:47	-526.69	8	-3.28	-25.53	-464.05	-30.80	8	-3.03	6317.0	341.6	2.15	210.0	0.09	107.9
S5011r.000	10:39:54	10:46:00	-684.68	5	-0.63	-63.23	-568.75	-51.58	3	-0.48	9095.8	739.2	2.02	235.9	0.08	314.8
S5012r.000	10:46:16	10:52:06	-628.19	5	-1.11	-59.60	-517.78	-48.50	5	-1.20	8930.9	735.7	2.10	56.5	0.07	326.4
S6014r.000	11:07:48	11:11:09	-866.64	10	-3.02	-62.79	-732.74	-58.18	8	-9.92	5831.4	449.5	2.16	267.1	0.17	332.6
S6017r.000	11:14:07	11:17:46	-870.84	8	-2.25	-69.41	-734.02	-65.16	0	0.00	5263.8	409.0	1.84	79.4	0.18	341.7
S8031r.000	11:44:17	11:49:31	-1199.24	12	-1.20	-116.01	-987.07	-91.72	3	-3.24	5936.8	511.0	1.64	210.3	0.20	296.4
S8032r.000	11:49:56	11:51:10	-260.52	0	0.00	-23.22	-214.54	-17.96	8	-4.80	1807.8	144.5	2.00	48.8	0.14	290.3
S6019r.000	13:20:39	13:24:27	-4410.86	20	-38.60	-378.58	-3651.80	-319.72	5	-22.17	6169.7	500.0	2.20	261.2	0.79	332.3
S6020r.000	13:24:52	13:29:07	-4220.56	20	-28.58	-350.39	-3480.71	-298.89	12	-61.99	5542.4	432.7	1.64	79.7	0.81	334.5
S5013r.000	13:50:14	13:56:13	-4425.76	10	-6.00	-380.76	-3718.26	-317.59	3	-3.15	9809.2	747.4	2.12	241.4	0.47	319.1
S5014r.000	13:56:38	14:03:02	-4257.92	10	-8.77	-360.96	-3573.59	-312.20	4	-2.40	10005.7	760.8	1.98	59.4	0.44	319.4
S4022r.000	14:35:31	14:38:29	-3499.47	15	-25.46	-208.12	-3022.98	-223.55	5	-19.37	6984.9	393.4	2.12	14.5	0.53	96.8
S4023r.000	14:38:54	14:42:09	-3619.18	10	-20.15	-213.61	-3114.26	-226.08	12	-45.09	7065.4	400.8	1.96	194.7	0.54	99.8
S5015r.000	15:08:45	15:14:27	-2660.58	2	-0.46	-219.62	-2258.80	-179.87	3	-1.83	9925.8	728.1	2.16	236.7	0.28	315.8
S5016r.000	15:14:51	15:20:42	-2349.20	4	-1.22	-194.74	-1982.54	-168.53	8	-2.18	9785.5	730.4	2.09	55.1	0.25	313.2
S6021r.000	15:31:51	15:35:29	-1531.06	12	-1.78	-110.31	-1299.24	-109.56	5	-10.17	6045.9	474.2	2.20	262.9	0.27	336.7
S6022r.000	15:35:55	15:39:42	-1278.02	10	-0.67	-85.55	-1085.86	-86.66	10	-19.27	5929.0	446.7	1.96	80.3	0.23	339.3

Observações:

1 - A letra Q representa vazão

2 - As distâncias às margens esquerda ou direita correspondem ao espaçamento existente entre a margem e o início ou final da seção

 3 - Os dados em **vermelho** indicam que ocorreu estratificação na seção no momento da medição

4 - Os dados em azul indicam que ocorriam vórtices na seção no momento da medição

TABELA 2-9

VAZÕES MEDIDAS COM ADCP NO ESTUÁRIO DE SANTOS - SP

Seções Medidas: S4, S5, S6 e S8

Data: 17/03/2006

Nome do Arquivo [Seção]	Horário		Q Total da Seção [m³/s]	Distância Margem esquerda [m]	Q na área da margem esquerda [m³/s]	Q calc. na camada superficial [m³/s]	Q medida na seção navegada [m³/s]	Q calc. na camada do fundo [m³/s]	Distância Margem direita [m]	Q na área da margem direita [m³/s]	Área Total da Seção [m]	Largura da Seção [m]	Veloc. média do Barco [m/s]		Rumo médio do Barco [°]		Veloc. média do escoamento [m/s]		Direção média do escoamento [°]	
	Início	Fim											Barco	Barco	Barco	Barco	Barco	Barco		
S8033r.000	06:54:00	06:58:26	2756.03	3	1.89	261.45	2282.48	206.34	2	3.88	6295.3	544.8	2.14	212.8	0.46	134.0				
S8034r.000	06:58:51	07:04:24	2813.94	10	4.81	261.14	2337.90	202.50	6	7.59	6376.1	545.2	1.82	31.4	0.43	130.8				
S6023r.000	07:27:51	07:32:13	3325.94	15	28.52	297.13	2726.08	259.99	4	14.22	6011.2	466.7	1.71	259.1	0.64	148.2				
S6024r.000	07:34:38	07:38:18	2968.66	10	13.39	249.32	2472.76	216.59	5	16.60	6173.3	450.2	2.14	78.3	0.58	146.3				
S5017r.000	07:51:20	07:58:27	2204.66	5	-1.18	194.81	1841.30	161.41	10	8.33	8642.6	722.7	1.74	240.5	0.26	140.0				
S5018r.000	07:59:00	08:04:34	2133.66	5	0.50	190.97	1768.34	160.05	15	13.81	9261.5	749.9	2.27	66.1	0.25	141.2				
S4025r.000	08:27:17	08:30:15	1636.90	8	13.09	94.46	1426.55	96.51	8	6.29	6551.5	371.8	2.03	20.0	0.26	289.5				
S4026r.000	08:30:39	08:33:29	1486.04	10	17.32	83.18	1286.89	87.06	10	11.59	6697.8	378.1	2.14	207.3	0.25	283.3				

Observações:

- 1- A letra Q representa vazão
- 2 - As distâncias às margens esquerda ou direita correspondem ao espaçamento existente entre a margem e o início ou final da seção
- 3 - Os dados em **vermelho** indicam que ocorreu estratificação na seção no momento da medição
- 4 - Os dados em azul indicam que ocorriam vórtices na seção no momento da medição

2.3 Salinidade, Temperatura e Sólidos em Suspensão

No período das medições hidráulicas, foram realizadas no ponto central das seções, a dois metros da superfície e a dois metros do fundo ou a meia profundidade quando a profundidade local era muito baixa, medições de salinidade e de temperatura com Termossalinômetro WTW Modelo 197-2003.

Simultaneamente às medições de salinidade e de temperatura foram coletadas nos mesmos níveis amostras d'água para determinação da concentração de sólidos em suspensão.

Os dados de salinidade e temperatura da água foram medidos *in situ* e os quantitativos de sólidos em suspensão foram calculados a partir de amostras coletadas, através do processo de filtragem e pesagem, com balança de alta precisão. Os resultados estão apresentados nas tabelas abaixo (Tabela 2-10 à Tabela 2-17).

Tabela 2-10 - Parâmetros físico-químicos na seção.4

PORTO DE SANTOS - SP						
Seção N ^o 04 (Ponta da Fortaleza - Ponta da Praia)						
Data	Hora	Prof. da Coleta	Maré	Salin. (‰)	Temp. (°C)	Sol. Susp. Conc. (g / l)
12/03/2006	10:55	2 m Superf	Enchente	33.0	27.7	0.0084
		2 m Fundo	Enchente	33.7	27.5	0.0324
14/03/2006	08:25	2 m Sup	Vazante	31.1	27.5	
		2 m Fundo	Vazante	33.0	27.7	
	11:15	2 m Sup	Enchente	32.3	27.8	0.0044
		2 m Fundo	Enchente	33.8	27.4	0.0042
16/03/2006	09:00	2 m Sup	Vazante	34.5	25.9	0.0064
		2 m Fundo	Vazante	34.8	25.7	0.0272
	14:40	2 m Sup	Enchente	33.9	27.4	0.0080
		2 m Fundo	Enchente	35.3	24.8	0.0112
17/03/2006	08:35	2 m Sup	Vazante	31.2	27.2	
		2 m Fundo	Vazante	33.9	26.2	

Tabela 2-11 - Parâmetros físico-químicos na seção 5.

Seção N^o 05 (Conceiçãozinha)

Data	Hora	Prof. da Coleta	Maré	Salin. (‰)	Temp. (°C)	Sol. Susp. Conc. (g / l)
12/03/2006	10:10	2 m Superf	Enchente	33.8	27.5	0.0076
		2 m Fundo	Enchente	32.4	27.3	0.0244
14/03/2006	07:50	2 m Sup	Vazante	29.2	27.4	
		2 m Fundo	Vazante	31.5	27.5	
	11:55	2 m Sup	Enchente	29.6	27.9	
		2 m Fundo	Enchente	32.6	27.6	
16/03/2006	08:25	2 m Sup	Vazante	29.8	27.8	0.0116
		2 m Fundo	Vazante	33.2	26.9	0.0212
	10:50	2 m Sup	Vazante	29.8	27.8	
		2 m Fundo	Vazante	33.2	26.8	
	14:00	2 m Sup	Enchente	31.8	27.8	0.0056
		2 m Fundo	Enchente	34.6	26.0	0.0276
17/03/2006	08:00	2 m Sup	Vazante	29.9	27.4	
		2 m Fundo	Vazante	34.3	25.9	

Tabela 2-12 - Parâmetros físico-químicos na seção 6.

Seção N^o 06 (Torre Grande)

Data	Hora	Prof. da Coleta	Maré	Salin. (‰)	Temp. (°C)	Sol. Susp. Conc. (g / l)
12/03/2006	09:30	2 m Superf	Enchente	30,3	27,2	0,0084
		2 m Fundo	Enchente	32,0	27,2	0,0240
14/03/2006	07:25	2 m Sup	Vazante	28,6	27,4	
		2 m Fundo	Vazante	30,1	27,5	
	12:15	2 m Sup	Enchente	30,4	27,7	0,0052
		2 m Fundo	Enchente	32,4	27,7	0,0640
15/03/2006	14:35	2 m Sup	Enchente	31,0	27,8	
		2 m Fundo	Enchente	33,6	27,7	
16/03/2006	08:00	2 m Sup	Vazante	29,0	27,7	0,0120
		2 m Fundo	Vazante	31,9	27,3	0,0472
	13:30	2 m Sup	Enchente	30,1	27,9	0,0048
		2 m Fundo	Enchente	34,0	25,5	0,0556

Tabela 2-13 - Parâmetros físico-químicos na seção 7.

Seção N^o 07 (Foz Canal de Bertiooga)

Data	Hora	Prof. da Coleta	Maré	Salin. (‰)	Temp. (°C)	Sol. Susp. Conc. (g / l)
12/03/2006	09:00	2 m Superf	Enchente	29,3	27,2	0,0112
		2 m Fundo	Enchente	29,3	27,2	0,0456
13/03/2006	11:50	2 m Sup	Vazante	28,3	27,4	
		2 m Fundo	Vazante	28,8	27,4	
14/03/2006	12:50	2 m Sup	Enchente	28,6	27,8	0,0076
		2 m Fundo	Enchente	29,4	27,7	0,0152

Tabela 2-14 - Parâmetros físico-químicos na seção 8

Seção N^o 08 (Ilha de Barnabé)

Data	Hora	Prof. da Coleta	Maré	Salin. (‰)	Temp. (°C)	Sol. Susp. Conc. (g / l)
11/03/2006	10:12	2 m Superf	Enchente	27,6	28,1	0,0088
		2 m Fundo	Enchente	32,9	26,9	0,0328
	15:00	2 m Sup	Vazante	30,0	27,9	0,0084
		2 m Fundo	Vazante	32,7	26,9	0,0144
12/03/2006	08:30	2 m Sup	Enchente	26,9	27,4	0,0126
		2 m Fundo	Enchente	30,9	27,3	0,0340
13/03/2006	11:15	2 m Sup	Vazante	27,3	27,4	
		2 m Fundo	Vazante	30,1	27,3	
15/03/2006	07:10	2 m Sup	Vazante	26,2	27,4	0,0076
		2 m Fundo	Vazante	29,2	27,7	0,0336
	11:25	2 m Sup	Enchente	27,1	27,7	
		2 m Fundo	Enchente	30,1	27,7	
16/03/2006	07:05	2 m Sup	Vazante	26,2	27,7	0,0064
		2 m Fundo	Vazante	30,3	27,7	0,0768
17/04/2006		2 m Sup	Vazante	26,8	27,8	

Tabela 2-15 - Parâmetros físico-químicos na seção 9

Seção N^o 09 (Foz do Rio Cubatão)

Data	Hora	Prof. da Coleta	Maré	Salin. (‰)	Temp. (°C)	Sol. Susp. Conc. (g / l)
11/03/2006	11:02	1 m Superf	Enchente	26,4	28,2	0,0064
		1 m Fundo	Enchente	29,4	27,7	0,0076
	15:50	1 m Sup	Vazante	30,4	27,5	0,0024
		1 m Fundo	Vazante	31,6	27,2	0,0024
13/03/2006	10:30	1/2 prof.	Vazante	23,2	27,7	
15/03/2006	08:05	1/2 prof.	Vazante	25,4	27,4	0,0388
	12:10	1/2 prof.	Enchente	26,2	27,7	
	13:30	1/2 prof.	Enchente	27,9	27,7	

Tabela 2-16 - Parâmetros físico-químicos na seção 10.
Seção N^o 10 (Canal de Piaçaguera)

Data	Hora	Prof. da Coleta	Maré	Salin. (‰)	Temp. (°C)	Sol. Susp. Conc. (g / l)
11/03/2006	11:25	2 m Superf	Enchente	26,4	28,1	0,0044
		2 m Fundo	Enchente	32,4	27,4	0,0448
	16:10	2 m Sup	Vazante	24,5	28,8	0,0100
		2 m Fundo	Vazante	32,3	27,5	0,0524
13/-3/06	09:20	2 m Sup	Vazante	23,9	27,2	
		2 m Fundo	Vazante	30,0	27,6	
15/03/2006	08:30	2 m Sup	Vazante	22,7	27,2	
		2 m Fundo	Vazante	28,2	27,7	
	12:30	2 m Sup	Enchente	25,3	27,8	
		2 m Fundo	Enchente	28,2	27,4	
13:05	2 m Sup	Enchente	26,4	27,9		
	2 m Fundo	Enchente	27,9	27,7		

Tabela 2-17 - Parâmetros físico-químicos na seção 11.
Seção N^o 11 (Canal de Piaçaguera/COSIPA)

Data	Hora	Prof. da Coleta	Maré	Salin. (‰)	Temp. (°C)	Sol. Susp. Conc. (g / l)
11/03/2006	11:55	2 m Superf	Enchente	27,9	27,7	0,0060
		2 m Fundo	Enchente	32,6	27,6	0,0044
	16:30	2 m Sup	Vazante	23,2	28,2	0,0032
		2 m Fundo	Vazante	31,7	27,7	0,0136
13/03/2006	09:00	2 m Sup	Vazante	21,3	27,0	
		2 m Fundo	Vazante	30,0	27,7	
15/03/2006	08:45	2 m Sup	Vazante	19,7	27,2	
		2 m Fundo	Vazante	28,5	27,7	
	12:45	2 m Sup	Enchente	24,8	27,5	
		2 m Fundo	Enchente	27,9	27,7	

2.4 Ventos

A Figura 2-2 representa a rosa dos ventos em Santos (SP). Observa-se a predominância do vento sul, seguida de leste e sudeste, com frequência mínima de ventos oriundos dos quadrantes norte. De abril a setembro o vento sul é prevaiente.

Nos outros meses, os ventos predominantes são os de quadrante leste. Em qualquer mês a calmaria é superior a 30%, com média anual da ordem de 50%.

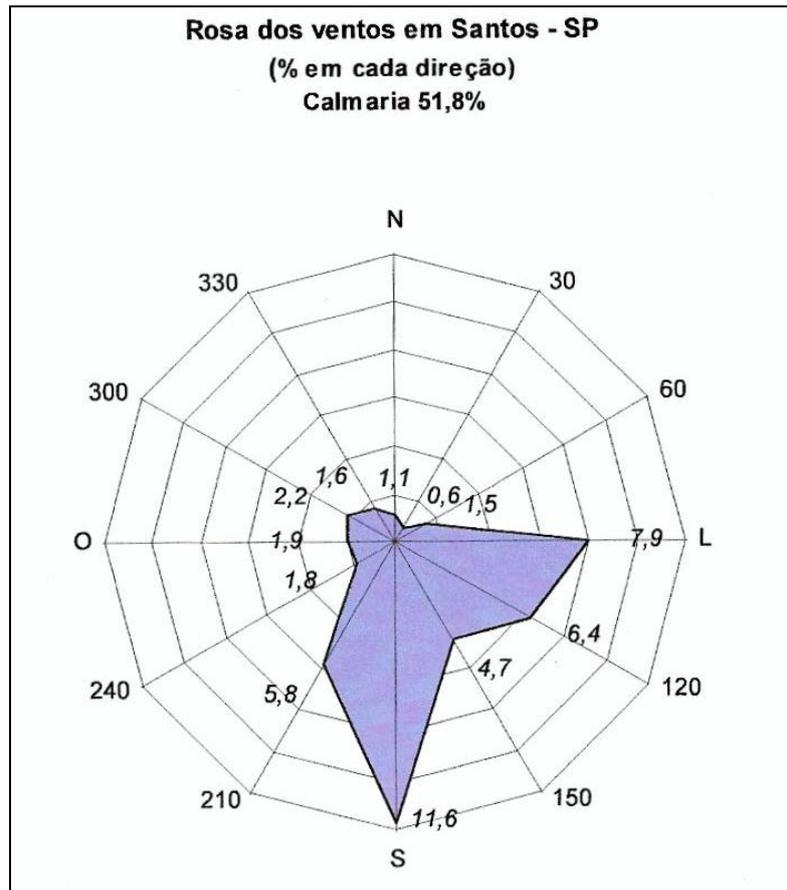


Figura 2-2 - Rosa dos ventos de Santos (SP).

2.5 Ondas

As instalações portuárias e os canais internos são naturalmente abrigados. A influência das ondas ocorre principalmente no canal externo e na entrada do estuário. Na Baía de Santos o mar é geralmente tranquilo, ou por algumas vezes levemente agitado, principalmente em períodos de dominância de ventos de sudoeste.

É provável que as ondas sejam as principais agentes provocadoras do assoreamento no trecho da baía do canal de acesso ao porto, implicando em constantes e volumosas dragagens para atingir e manter a profundidade de projeto.

Não foram realizadas medições de ondas, porém informações adquiridas na Marinha do Brasil, no Banco Nacional de Dados Oceanográficos, nos fornecem um resultado médio para as alturas de ondas no local, ao longo do ano. Estes dados estão apresentados na Tabela 2-18 abaixo.

**Tabela 2-18 - Dados de Altura de Ondas na Baía de Santos.**

MÊS	ONDAS NAS PROXIMIDADES DO PORTO (OCEANO)	
	Mais Frequente (m)	Mais Alta (m)
Janeiro	0,9	1,9
Fevereiro	0,3	0,6
Março	0,3	0,6
Abril	0,9	1,9
Maio	0,2	0,4
Junho	0,3	0,6
Julho	0,9	1,9
Agosto	0,9	1,9
Setembro	0,9	1,9
Outubro	0,9	1,9
Novembro	0,3	0,6
Dezembro	0,9	1,9

Fonte: Marinha do Brasil.

3 ASPECTOS GEOGRÁFICOS, GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS

Apresenta-se, a seguir, uma síntese acerca do contexto geográfico, geológico e geomorfológico da região do Estuário de Santos, compilada a partir da literatura técnica [17].

3.1 Situação Geográfica da Área

Distando cerca de 80 km da Cidade de São Paulo (SP), movimentando, por ano, *mais de 60 milhões de toneladas de cargas diversas e operando cerca de 13 km de cais, nas duas margens estuarinas*, [12] o Porto de Santos situa-se no Litoral Paulista, dentro do Estuário de Santos, no trecho compreendido entre a região próxima às Ilhas dos Bagres e Barnabé, a montante, e a Baía de Santos, a jusante.

A Figura 3-1, a seguir, apresenta uma imagem de satélite, com indicação de alguns componentes da infra-estrutura do entorno.

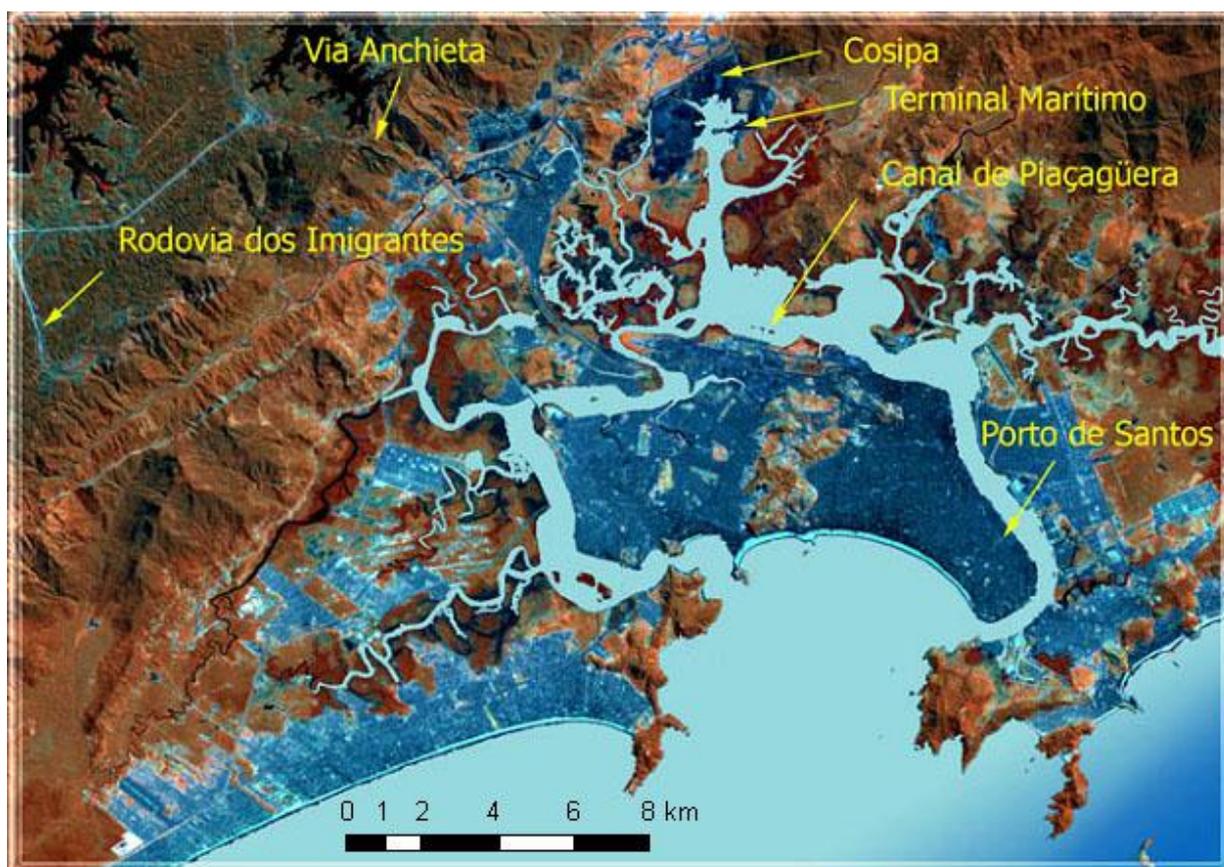


Figura 3-1 - Imagem de satélite focalizando o Estuário de Santos.

O canal navegável do Porto de Santos tem uma extensão linear aproximada de 26 km, entre a isóbata de 17m, situada no canal externo, e a Seção 817, na Alamoia, proximidades da Ilha dos Bagres.

A seguir, a Figura 3-2 e a Figura 3-3 ilustram, a situação geográfica do Porto de Santos.

3.2 Geomorfologia

De acordo com IPT (1981) [18], o Estuário de Santos está inserido no compartimento geomorfológico denominado Província Costeira, na zona de Baixada Litorânea, que é representada por relevos associados à sedimentação quaternária e por morros e morrotes isolados.

De modo geral, esta área é composta por planícies de maré, planícies flúvio-lagunares e, localizadamente, podem ser encontradas pequenas elevações (morros e morrotes) que se sobressaem nessas planícies.

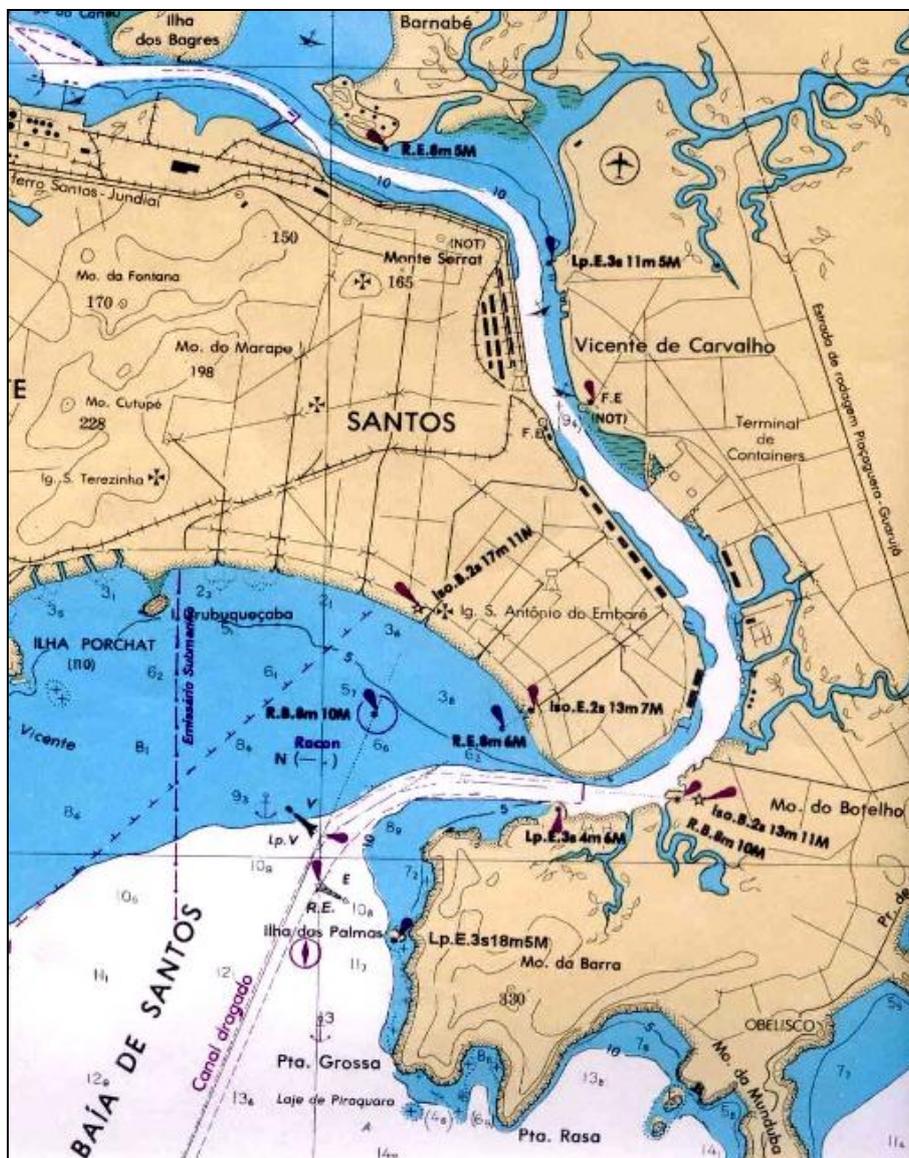


Figura 3-2 - Trecho da carta náutica DHN nº 1711 [9].



Figura 3-3 - Fotografia aérea, mostrando toda a extensão do estuário, no qual se desenvolve o Porto de Santos.

As planícies de maré ocupam boa parte do estuário, tendo altitudes de até 3m e formando áreas planas, na faixa de oscilação das marés e de encontro de águas doces e salgadas. São constituídas por sedimentos tipo vasa (lamas), com grande quantidade de restos vegetais e conchas, sendo, ainda, submetidas a inundações diárias, com intensa deposição de finos.

As planícies flúvio-lagunares alcançam altitudes entre 3m e 8m, sendo áreas planas, com pequenas ondulações e que abrigam a faixa de movimentação dos canais meandrantos. São constituídas por areias finas intercaladas com argilas e siltes e, em muitos locais, podem estar recobertas por sedimentos grossos de cones de dejeção.

Os morros e morrotes constituem formas isoladas e desniveladas, sustentados por migmatitos, em geral com elevada declividade.

3.3 Geologia

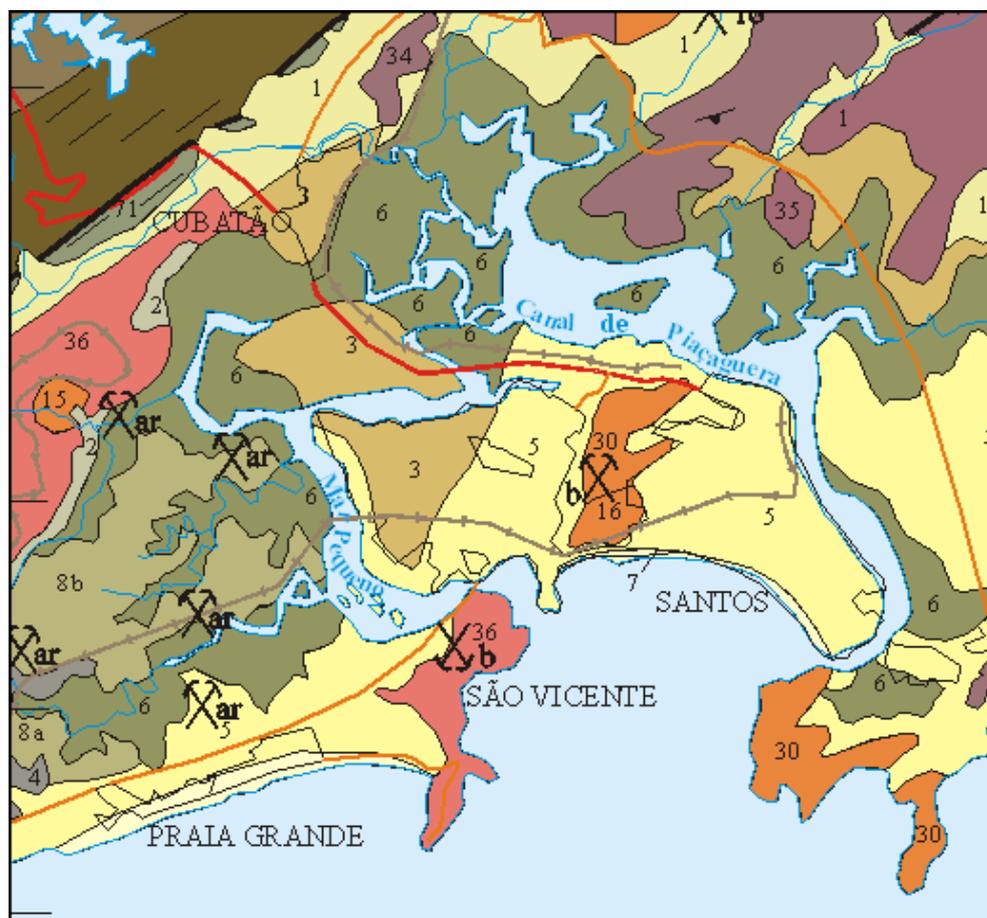
De acordo com CPRM (1999) [14], a área do Estuário de Santos é constituída por rochas do embasamento cristalino, recobertas por sedimentos quaternários de origem continental, marinha e mista (Figura 3-4).

O embasamento é representado pela unidade denominada Complexo Costeiro, sendo bastante comum a presença de migmatitos de estrutura complexa (policíclicos), de paleossoma predominantemente gnáissico. Secundariamente, ocorrem ainda quartzitos, xistos, filitos e rochas graníticas.

A observação direta dessas litologias é, em alguns locais, bastante dificultada pelo extenso capeamento sedimentar, com espessuras de cerca de 15 m a 20 m, próximo ao pé da serra, aumentando, gradualmente, até a orla marítima, aonde chega a atingir espessuras da ordem de 70 m a 100 m.

A cobertura sedimentar é representada por sedimentos marinhos constituídos por areias de antigas praias da Formação Cananéia, por cordões arenosos holocênicos e praias atuais.

Os sedimentos de origem mista são argilo-siltosos e constituem as planícies flúvio-lagunares e de maré, que predominam neste trecho da planície costeira.



LEGENDA: Coberturas sedimentares cenozóicas: 1 - Depósitos aluvionares; 2 - Depósitos eluvionares e coluvionares; 3 - Depósitos areno-siltico-argilosos indiferenciados; 4 - Sedimentos flúvio-lagunares; 5 - Depósitos arenosos marinhos; 6 - Sedimentos de mangues e pântanos; 7 - Depósitos arenosos praias; 8 - Formação Cananéia: depósitos de praias intermarés (8a); depósitos eólicos superpostos aos de praias intermarés (8b); **Rochas ígneas eopaleozóicas a neoproterozóicas:** 15 e 16 - (muscovita)-biotita-granito róseo, maciço; 30 - (hornblenda)-biotita-granito, cinza-rosado, com fácies a granada e biotita; **Complexo Costeiro:** 34 - Migmatitos com estruturas diversas, notadamente nebulítica, *schlieren* e estromatítica; 35 - (hornblenda)-biotita-migmatito e/ou granito-gnaiss porfiroclástico; 36 - Biotita-gnaiss e migmatito estromatítico; **Complexo Embu:** 71 - Quartzo-micaxisto e quartzito milonitizado, por vezes associados a metabasitos.

Figura 3-4 - Mapa geológico de superfície da região próxima ao Estuário de Santos (CPRM, 1999 [14]).

3.4 Geotecnia

MASSAD (1999) [19] afirma que as variações do nível relativo do mar durante o Quaternário, constituem o mecanismo principal de formação dos sedimentos marinhos das planícies costeiras brasileiras, ressaltando, ainda, que ocorreram, pelos menos, dois ciclos de sedimentação entremeados por intenso processo erosivo, associados com dois processos transgressivos, de níveis marinhos mais elevados que o atual, originando dois tipos de sedimentos argilosos com propriedades geotécnicas distintas.

Investigações geológico-geotécnicas realizadas na área da Cosipa e analisadas por MASSAD (*op. cit.*) permitiram identificar a seguinte seqüência, a partir da superfície:

a) Sedimentos de mangues e pântanos (SMG):

- mangue arenoso: espessura entre 1,5m e 5,5m, constituído por areia fina pouco argilosa a argilosa, predominantemente cinza-escura, fofa, com valores de SPT inferiores a 1 golpe;
- mangue argiloso: interdigitado no mangue arenoso, com espessura entre 0,2m e 3,3m, composto de argila orgânica, siltosa, com detritos vegetais, preta, muito mole e valores de SPT inferiores a 1 golpe.

b) Sedimentos flúvio-lagunares (SFL):

- argila de sedimentos flúvio-lagunares: espessura entre 12,0m e 30,6m, composta de argila siltosa e argila arenosa, cinza escura, com restos vegetais, plástica, muito mole a mole, com valores de SPT entre 1 golpe e 2 golpes;
- areia fina de sedimentos flúvio-lagunares: espessura entre 1,0m e 6,0m; intercalações de areia fina argilosa, cinza escura, pouco compacta a compacta, com valores de SPT inferiores a 1 golpe, porém, variando entre 2 golpes e 20 golpes, nas camadas mais espessas.

c) Areias transicionais holocências flúvio-marinhas ou litorâneas (SFM):

- areia fina a média de sedimentos flúvio-marinhos: espessura entre 1,0m e 3,5m; areia fina a média, pouco argilosa, cinza escura/clara, medianamente compacta a compacta, com valores de SPT entre 13 golpes e 33 golpes;
- areia grossa de sedimentos fluviais: espessura entre 1,3m e 3,6m; areia média a grossa e pedregulho fino a grosso, cinza clara, medianamente compacta a compacta, com valores de SPT variando entre 13 e 18 golpes (valores mais baixos) e superiores a 37 golpes (valores máximos).

De modo geral, esta distribuição pode ser considerada representativa dos sedimentos presentes no Estuário de Santos, estando coerente com a estratigrafia dos sedimentos

da Baixada Santista, reconhecida a partir da análise de inúmeras sondagens (MASSAD, 1999).

Em síntese, a literatura técnica relata que as flutuações do nível relativo do mar tiveram papel essencial na definição das características geotécnicas de sedimentos e na morfologia e dinâmica costeiras, tais como os vestígios de drenagens escavadas e a existência de argilas sobreadensadas, associadas às argilas transicionais, usualmente ocorrentes abaixo de 20m de profundidade, cuja formação teria ocorrido em ambiente misto, continental e marinho, correspondendo a épocas de nível marinho mais rebaixado que o atual.

Sob o aspecto geológico-geotécnico, na área do Estuário de Santos, estão presentes espessas camadas de sedimentos quaternários, com dezenas de metros de espessura, constituídos por areias fofas e argilas de baixa consistência, de reduzida resistência mecânica e altamente compressíveis.

De forma resumida, então, pode-se afirmar que a Baixada Santista constitui-se numa bacia sedimentar, que apresenta um perfil sucessivo de camadas espessas e alternadas de areias e argilas de baixa resistência, cortadas por diversos rios que descem da Serra do Mar, cuja espessura é variável, alcançando, no litoral, valores entre 70 e 100 metros, dispostos sobre o embasamento cristalino, formado, predominantemente, por rochas gnáissicas e graníticas [3], que afloram local e esporadicamente.

Na Figura 3-5, a seguir, um perfil sísmico do Estuário Santista, mostrando os refletores típicos, encontrados em conjunto ou isoladamente, na região.

3.5 Análise Integrada de Dados

Após a atualização da batimetria, sobre as plantas de integração de dados emitidas à época da elaboração do Relatório INPH nº 018/2007 [15] encaminhado, em Maio/2007, à CODESP, os desenhos foram adequados à escala de 1:2000, sendo realizadas avaliações sobre esses produtos, à luz dos estudos realizados à época e ao modelo geológico estabelecido para a região, concluindo-se não haverem interferências negativas ao projeto atual.

3.6 Perfis Geológico-geofísicos

O Anexo II reproduz os perfis geológico-geofísicos resultantes do estudo feito pelo INPH e o Centro de Excelência em Engenharia de Transportes – CENTRAN [17], concluído em 2007, elaborados com os dados batimétricos, sísmicos e geotécnicos (sondagens a jet-probe) subordinados às seções selecionadas ou próximas a estas.

No traçado das interfaces entre as camadas, foram utilizados, sempre que possível, os refletores acústicos interpretados na perfilagem sísmica contínua, associando-os aos

dados geológicos oriundos das sondagens por jet-probe.

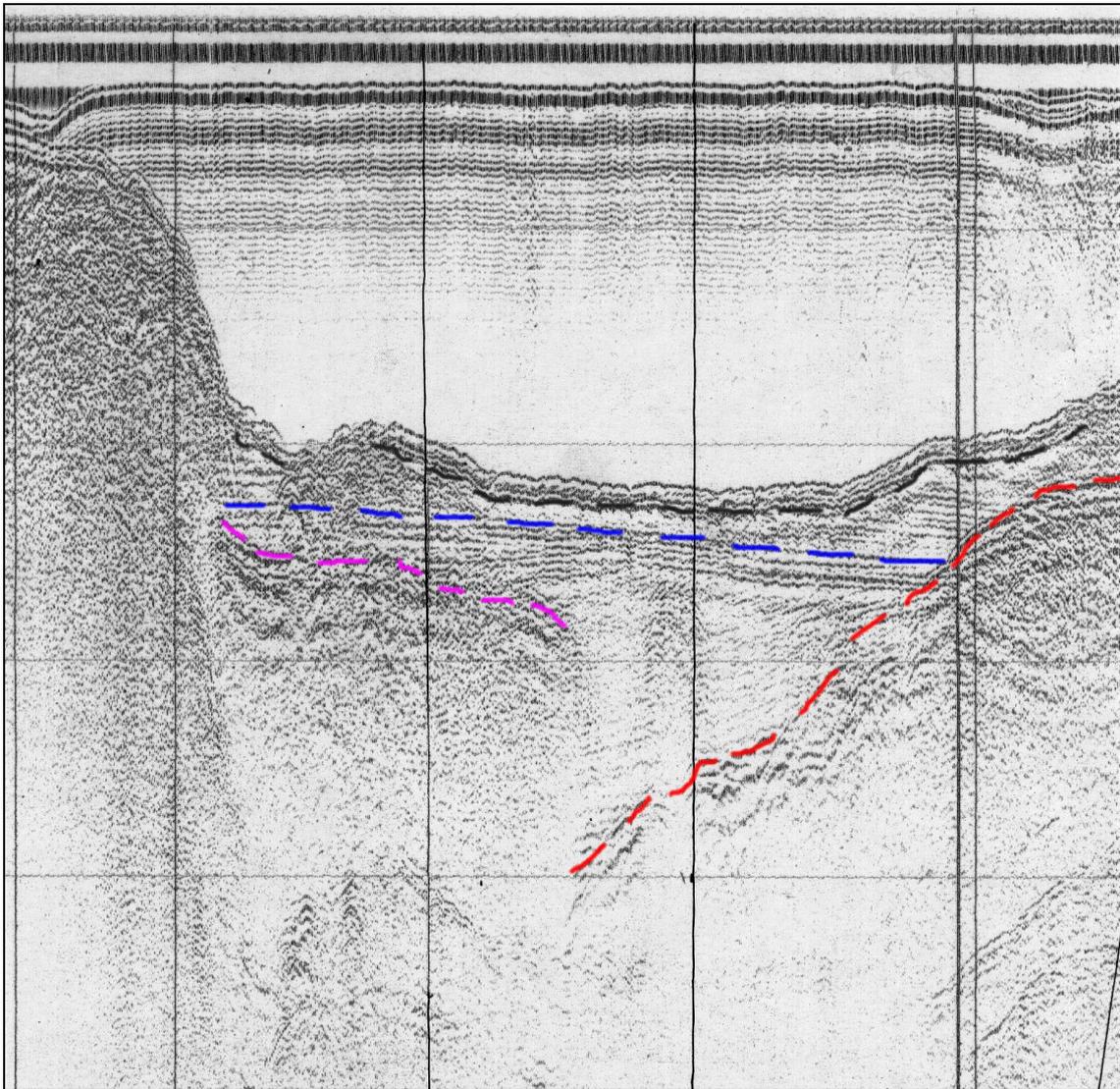


Figura 3-5 - Registro sísmico típico da região santista, com os refletores encontrados.

Para a confecção de tais perfis, foram estabelecidas e convencionadas, dentre outras, as seguintes premissas, materializadas nas respectivas legendas, a saber:

- AREIA: designação genérica adotada para todas as descrições, presentes nos boletins dos furos, que indicam predominância da fração AREIA na composição da amostra. Simbolizada com a cor amarela, nas verticais de cada sondagem.
- ARGILA: designação genérica adotada para todas as descrições, presentes nos boletins dos furos, que indicam predominância da fração ARGILA na composição da amostra, exceto “argila arenosa” ou “argila muito arenosa”. A descrição “argila pouco arenosa” foi assumida como ARGILA. Simbolizada com a cor cinza, nas verticais das sondagens.
- ARGILA ARENOSA: designação genérica adotada para todas as descrições,



presentes nos boletins dos furos, que, embora indicando predominância da fração ARGILA na composição da amostra, tenham sido descritas como “argila arenosa” ou “argila muito arenosa”. Simbolizada com a cor marrom alaranjada, nas verticais das sondagens.

- CAMADA DE ARGILA: representada em cinza, na evolução interpretada das camadas, engloba a designação genérica de ARGILA, descrita acima.
- CAMADA DE AREIA/ARGILA ARENOSA: representada em amarelo, na evolução interpretada das camadas, engloba as designações genéricas de AREIA e ARGILA ARENOSA, descritas anteriormente.

4 INFRAESTRUTURA DO COMPLEXO PORTUÁRIO DE SANTOS

4.1 Características Gerais

A área oficial do denominado Porto Organizado de Santos (Figura 4-1), atualmente, soma 7,7 milhões de m², ficando 3,7 milhões de m² na Margem Direita e 4,0 milhões m² na Margem Esquerda. Possui 13 quilômetros de extensão de cais e um total de 59 berços, dos quais 49 públicos e 10 privados. Possui 55 quilômetros de dutos e 100 quilômetros de linhas férreas. A variação de maré é de 1,2 metros. Para armazenamento de granéis líquidos conta com uma capacidade estática de, aproximadamente, 700 mil m³; e para granéis sólidos, instalações para acondicionar mais de 2,5 milhões de toneladas [12].

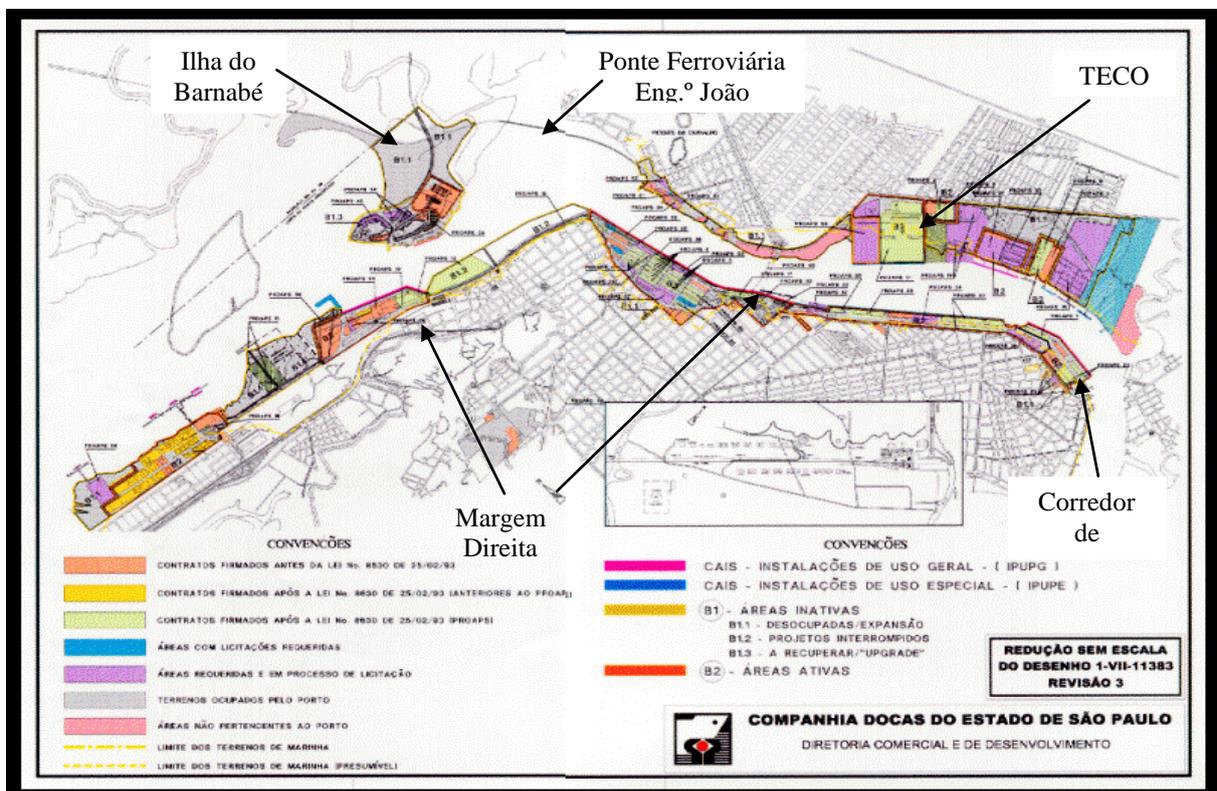


Figura 4-1 - Principais instalações e acidentes geográficos localizados nas margens direita e esquerda do Estuário do Porto de Santos.

A margem direita do canal possui cais em estrutura variável, destacando-se o Corredor de Exportação e Terminais de Contêineres e Cais de Passageiros.

A margem esquerda do canal compreende a área continental de Santos, a Ilha Barnabé, a Ilha de Santo Amaro, o Terminal de Contêineres, Fertilizantes, Cargill, Cutrale e Dow Química.

Estatísticas divulgadas pela CODESP apontam um bom desempenho operacional do Porto de Santos no ano de 2012 [11]. Apesar de um cenário de crise internacional, os

aumentos verificados nos embarques de milho (119,4%) e de soja em grãos (14,8%) foram relevantes e refletiram a conjunção de safras nacionais excepcionais e a manutenção dos preços internacionais em patamares elevados, expandindo a movimentação de cargas para 104,5 milhões t, acima do previsto (103 milhões t) pela CODESP e 7,6% superior ao registrado em 2011 (97,2 milhões t).

As exportações por Santos totalizaram 71,9 milhões t e as importações 32,5 milhões t. Os sólidos a granel atingiram 50,8 milhões t, os líquidos a granel 15,7 milhões t e a carga geral 38,0 milhões t.

A Figura 4-2 relaciona a evolução das principais cargas movimentadas em Santos, em milhões de toneladas, no período de 2010 a 2012. Tais figuras denotam a crescente demanda por infraestrutura portuária no cenário atual e futuro.

Principais Cargas	em t mil			
	2010	2011	2012	Δ % 2012/2011
Outras Cargas Containerizadas	27.489	29.486	31.083	5,4
- Total das cargas containerizadas	29.923	31.605	33.343	5,5
(-) Açúcar em contêineres	2.249	1.914	2.052	7,2
(-) Milho em contêineres	26	26	64	143,0
(-) Suco Cítrico em contêineres	159	179	144	(19,9)
Açúcar	19.453	16.934	16.782	(0,9)
- Em contêineres	2.249	1.914	2.052	7,2
- Em sacas	1.006	691	452	(34,6)
- A granel	16.199	14.330	14.278	(0,4)
Soja	10.670	12.092	13.657	12,9
- Soja em Grãos	8.371	9.767	11.213	14,8
- Soja peletizada	2.299	2.325	2.445	5,1
Milho	5.558	4.570	10.027	119,4
- Em contêineres	26	26	64	143,0
- A granel	5.532	4.543	9.963	119,3
Carvão	3.928	3.900	2.875	(26,3)
Adubo	2.261	3.704	3.447	(7,0)
Óleo Combustível	2.033	2.785	2.413	(13,3)
Sucos Cítricos	1.964	2.037	1.990	(2,3)
- Em contêineres	159	179	144	(19,9)
- A granel	1.805	1.858	1.847	(0,6)
Enxofre	1.852	2.017	1.890	(6,3)
Óleo Diesel	1.662	1.650	1.847	12,0
Trigo	1.527	1.289	1.249	(3,1)
Gasolina	1.425	1.071	1.060	(0,9)
Álcool	1.257	1.925	2.376	23,4
Café em Grãos	1.193	1.388	1.000	(28,0)
Sal	981	1.103	950	(13,8)
Nafta	936	367	199	(45,8)
GLP	969	877	645	(26,4)
Soda Cáustica	836	901	917	1,8
Carnes	699	822	663	(19,3)
Sub-Total	86.694	88.916	95.072	6,9
Participação %	90,3	91,5	90,9	(0,6)
Demais Cargas	9.331	8.254	9.472	14,8
Total do Porto	96.025	97.170	104.544	7,6

Figura 4-2 - Evolução da movimentação das principais cargas no Porto de Santos entre 2010 e 2012. Fonte: CODESP [12].

A Figura 4-3 exibe uma fotografia aérea de um navio Conteneiro passando pelo canal da Barra.



Figura 4-3 - Navio Porta Contêiner, navegando pelo canal da Barra, deixando o Porto de Santos.

4.2 Canal de Acesso Aquaviário

O projeto de um canal de acesso pode ser considerado como um processo de dois estágios:

1. Projeto conceitual (básico)
2. Projeto detalhado (executivo)

No primeiro são delineadas as características gerais do canal proposto (largura, profundidade e alinhamento), a partir das informações ambientais disponíveis, como correntes, ventos e ondas, e do(s) navio(s) tipo que vai acessar o canal. É essencial para qualquer análise de viabilidade e norteia os estudos detalhados subsequentes.

O desenvolvimento projeto detalhado inclui os principais agentes envolvidos na operação portuária e leva em consideração, além do levantamento de dados físicos, as particularidades do projeto, as alternativas viáveis e a disponibilidade de recursos, que passam a assumir grande importância no processo global do projeto.

O projeto geométrico do canal de acesso aquaviário atual do Porto de Santos foi definido no Relatório INPH nº 018/2007 - *Projeto Geométrico da Infra-Estrutura Aquaviária ao Porto de Santos – SP* [15] onde são expostas as considerações de cálculo das

dimensões do canal, reproduzidas adiante, que levaram em consideração os critérios apresentados nas seguintes publicações:

- *Arranjo Geral e Requisitos Básicos (capítulo 5) do Comitê de Recomendações para Obras Portuárias - CROPOR da PORTOBRÁS [22];*
- *Planejamento Portuário - Aspectos Náuticos da Comissão de Estudos e Planejamento Portuário do Comitê Brasileiro de Construção Civil da Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 13246 ABNT (1995) [5]; e*
- *Approach Channels – A Guide for Design - Final Report of the joint Permanent International Association of Navigation Congresses - PIANC and International Association of Ports and Harbors - IAPH (junho/1997) [21]*

4.2.1 Navio Tipo

Como navios tipo para o dimensionamento do projeto geométrico do canal de acesso, foram adotados pelo Relatório INPH nº 018/2007 [15] os valores de comprimento total (L_{OA}) e largura (boca - B) mostrados na Tabela 4-1.

Tabela 4-1 - Principais dimensões dos navios-tipo.

Navio Tipo	L_{OA} (m)	Boca (m)
Graneleiro	180 - 260	22,00 - 39,00
Porta-contêiner	250 - 320	25,00 - 43,00

Para o cálculo crítico, tendo em vista a manutenção das profundidades de projeto de - 15m, considerou-se, preliminarmente, os navios com as seguintes características:

	1. Graneleiro: 80.000 TPB	2. Conteneiro: 65.000 TPB
L_{OA} :	240,0 m	274,0 m
Boca (B):	36,5 m	41,2 m
Calado (T):	14,0 m	13,5 m

4.2.2 Largura do Canal de Acesso

A largura ótima de um canal de navegação está ligada a uma série de fatores, dentre os quais podemos citar: custos de implantação e manutenção, alinhamento do canal, intensidade de tráfego, velocidade e manobrabilidade do navio, intensidade e direção do vento, das correntes e das ondas, proximidade e configuração dos taludes dentre os mais importantes. O canal projetado deve ser capaz de acomodar a embarcação e permitir operações normais com segurança e relativa rapidez.

O atual canal de acesso do Porto de Santos desenvolve-se como um canal de



aproximação de mais de 50 berços espalhados por 13 km de cais acostável nas duas margens do estuário. Verificam-se variados obstáculos, naturais ou não, existentes ao longo de sua extensão, que limitando a expansão de sua largura e o raio mínimo de suas deflexões. Sua largura de referência é 220m, variando de 212m, junto à Ponta da Fortaleza, a 512m nas bacias de manobra defronte ao Terminal de Contêineres.

Devido ao seu considerável comprimento e volume de tráfego, impõe-se, por vezes, a necessidade de cruzamentos de navios, ainda no canal de aproximação (interno), o que, graças aos entraves impostos pela sua geografia, restringe-se a determinados tipos de cruzamentos e trechos do canal, afetando diretamente no tempo de espera das embarcações.

4.2.2.1 Canal de Aproximação/Acesso para Uma Via

Replica-se, a seguir, o cálculo da largura do canal de acesso para uma via atual, calcado nos critérios expressos pelo PIANC [21] (Figura 4-4).

$$\text{Largura do canal : } W = W_{BM} + \sum_{i=1}^n W_i + W_{BR} + W_{BG}$$

$$W_{BM}: \quad \text{pista de manobra básica.} \quad = \quad 1,3 B$$

$$W_{BR} = W_{BG} : \quad \text{larguras adicionais por efeito dos taludes laterais,} \quad = \quad 0,5 B \\ \text{para uma velocidade da embarcação moderada}$$

W_i : influências nas larguras dos trechos retos de canal (Figura 5.3) , conforme a seguir:

- ação da velocidade (V de 8 nós)	=	0,0 B
- ventos transversais (escala Beaufort entre 0 e 3)	=	0,0 B
- correntes transversais/longitudinais	=	0,3 B
- alturas de ondas	=	0,0 B
- auxílios à navegação (excelente)	=	0,0 B
- superfície de fundo (suave)	=	0,1 B
- profundidade da via navegável < 1,25 T	=	0,2 B
- periculosidade da carga (Baixa-conteneiros/graneleiros)	=	0,0 B
		<u>0,6 B</u>

Substituindo-se os valores na fórmula e considerando um navio conteneiro *pós-panamax*, teremos:

$$W = 42,8 \times 1,3 + 42,8 \times 0,5 \times 2 + 42,8 \times 0,6 \cong 125,00 \text{ m}$$

Nos trechos do canal, onde $P < 1,15 \times \text{calado}$, assumiríamos um W de = 130 m

Para um Petroleiro, no entanto, de 125.000 tdw,teríamos

$$W = 43 \times 1,3 + 43 \times 0,5 \times 2 + 43,0 \times 1,6 \cong 170 \text{ m}$$

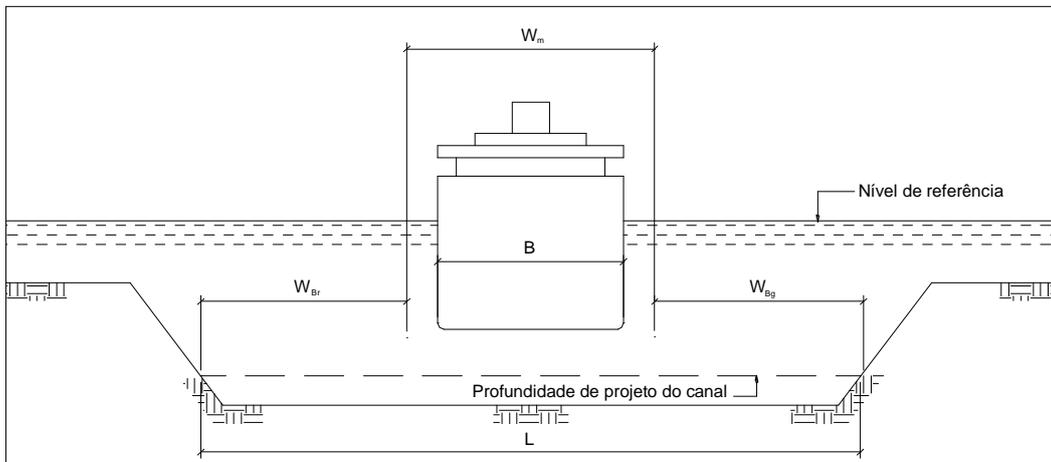


Figura 4-4 - Cálculos de largura mínima, segundo PIANC.

4.2.2.2 Canal Aproximação/Acesso para Duas Vias

Para o canal de acesso em duas vias (Figura 4-5), considerou-se as seguintes premissas [21].

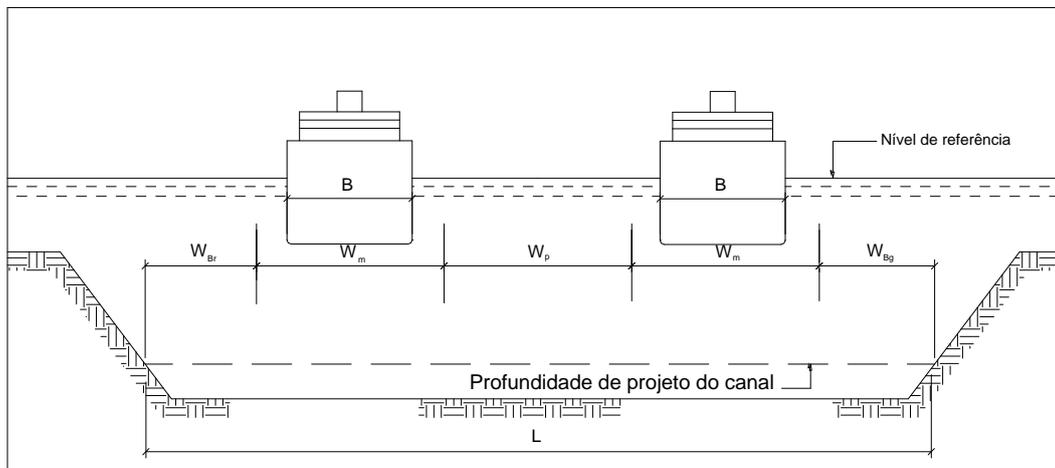


Figura 4-5 - Canal de duas vias com talude normal, segundo PIANC.

Considerações: trecho retilíneo, estado do mar escala Beaufort 1, squat reduzido (veloc. < 8 nós).

Largura do canal : $W = 2 W_{BM} + 2 \sum_{i=1}^n W_i + W_{BR} + W_{BG} + W_P$ onde:

W_{BM} : pista de manobra básica, considerada boa = 1,3 B

$W_{BR} = W_{BG}$: larguras adicionais por efeito dos taludes laterais, para uma velocidade da embarcação < 8 nós = 0,5 B

W_P : distância entre pistas (2 vias), para navegação de 5 = 1,4 B



a 8 nós, com densidade de tráfego leve nos pontos de cruzamento

W_i : influências nas larguras dos trechos retos de canal, conforme a seguir:

- ação da velocidade (V lenta, de 8 nós)	=	0,0 B
- ventos transversais (escala Beaufort entre 0 e 3)	=	0,0 B
- correntes transversais / longitudinais	=	0,3 B
- alturas de ondas	=	0,0 B
- auxílios à navegação (excelente)	=	0,0 B
- superfície de fundo (suave/rígida)	=	0,1 B
- profundidade da via navegável $< 1,25 T$	=	0,2 B
- periculosidade da carga (baixa-cont./granel.) para o navio	=	<u>0,0 B</u>
		0,6 B

Substituindo-se os valores na fórmula, e considerando o eventual cruzamento de 2 navios conteneiros *pós-panamax*, teremos:

$$W = (42,8+42,8) \times 1,3 + (42,8+42,8) \times 0,5 + (42,8+42,8) \times 0,6 + 1,4 \times 42,8 \approx \mathbf{260,0 \text{ m.}}$$

Considerando o cruzamento de 1 navio *pós-panamax* e 1 navio graneleiro (granel sólido) de 121.000 TDW de deslocamento:

$$W = (42,8 + 39) \times 1,3 + (42,8 + 39) \times 0,5 + (42,8 + 39) \times 0,6 + 1,4 \times 42,8 \approx \mathbf{250,0 \text{ m.}}$$

Considerando o cruzamento de 2 navios *pós panamax* conteneiros, de maiores dimensões, que já freqüentam o Porto de Santos (5500 TEU's)

$$W = (40 + 40) \times 1,3 + (40 + 40) \times 0,5 + (40 + 40) \times 0,6 + 1,4 \times 40 \approx \mathbf{250 \text{ m.}}$$

Considerando o cruzamento de 1 navio conteneiro *panamax* com um navio tanker teremos, devido o adicional de periculosidade de carga do navio (0,5 B):

$$W = (32,2 + 36,0) \times 1,3 + (32,2 + 36,0) \times 0,5 + (32,2 + 36,0) \times 1,1 + 1,4 \times 36,0 \approx \mathbf{250,0 \text{ m.}}$$

Considerando o cruzamento de 2 navios *panamax*:

$$W = (32,2+32,2) \times 1,3 + (32,2 + 32,2) \times 0,5 + (32,2+32,2) \times 0,6 + 1,4 \times 32,2 = \mathbf{200 \text{ m.}}$$

Foi adotada a largura de referência para o canal de acesso aquaviário do Porto de Santos de **220m**, com uma redução pontual devido ao aforamento rochoso em sua barra, na Ponta da Fortaleza, que não permitiu o alargamento para dimensões superiores a 212 m.

Esta dimensão, como visto acima, restringe o cruzamento de 2 navios críticos da classe *pós-panamax*, em determinadas porções do canal.

A título de verificação, demonstra-se que a dimensão de 220m **atende ao cruzamento**

de dois navios, com as características (Tabela 4-2) mais usuais, graneleiros e conteneiros, que demandam e demandarão nos próximos quatro anos com maior frequência ao Porto de Santos:

Tabela 4-2 - Características dos navios mais usuais que demandarão o Porto de Santos nos próximos 4 anos.

Comprimento (m)		Boca (m)	Calado (m)	Cb	Navio Tipo
L _{OA}	L _{PP}				
240	228	36,5	14,0	0,84	Graneleiro
278	264	32,2	12,8	0,69	Conteiner

$$W = (32,2 + 36,5) \times 1,3 + (32,2 + 36,5) \times 0,5 + (32,2 + 36,5) \times 0,6 + 1,4 \times 36,5 \approx \mathbf{216,0m}$$

4.2.3 Largura da Via em Trechos Curvos (Sobrelargura)

Nos trechos de grandes deflexões da diretriz, à largura normal deverá ser acrescida uma largura adicional (superlargura), definida em função da manobrabilidade dos navios, ventos e correntes locais. De acordo com a norma NBR 13246/1995 - *Planejamento portuário – Aspectos náuticos*, da ABNT [5], nos trechos em curva, a largura mínima deve ter uma largura adicional não menor que $L^2 / 8 R =$ raio de curvatura.

Esta reserva suplementar leva em consideração dificuldades de manobras, especialmente aquelas causadas pelo fato do navio não responder imediatamente e, conseqüentemente, o Prático ter que antecipar a manobra.

Os trechos de transição entre seções do canal de diferentes larguras não devem possuir variação superior a 10 m por 100 m de comprimento do canal. A Figura 4-6 clarifica o exposto.

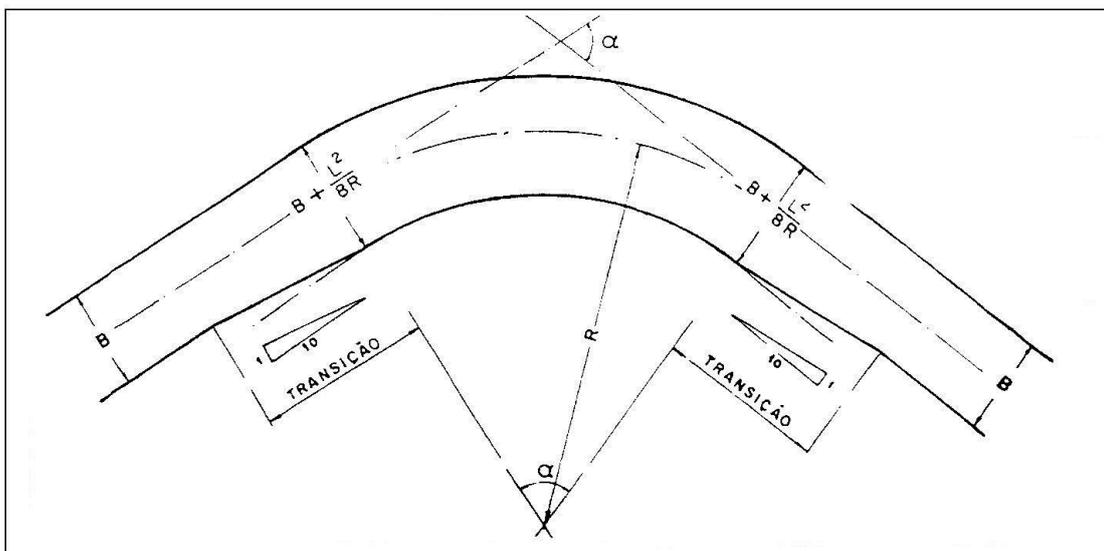


Figura 4-6 - Caracterização da largura adicional em trechos em curva. Fonte: ABNT [5].

4.2.4 Profundidade do Canal de Acesso

A profundidade do canal de acesso é determinada pela adição ao calado do navio de projeto, de parcelas características, representativas da influência das ondas, do movimento das embarcações, da natureza do fundo e respectivas tolerâncias. Tais parcelas devem ser consideradas distintamente, para cada trecho do canal, permitindo, assim, nos canais internos abrigados, menores profundidades que nos externos, além das possibilidades e das condições de uso do canal, levando-se em conta a variação da maré.

O calado do navio de projeto deve ser considerado com seu valor máximo, incluindo a influência do *trim*.

4.2.4.1 Movimentos Verticais

Considerando que em águas rasas os navios provocam uma superfície de abatimento sobre a água ao longo de seu perfil, acarretando aumento em sua imersão (*squat*) e que, sob a ação das ondas, movem-se também no plano vertical, tolerâncias devem ser observadas.

A tolerância sob a quilha (TSQ) torna-se um fator crítico na navegação segura e eficiente. Sua determinação imprecisa, para navios de grande calado, entrando ou saindo de portos com profundidade limitada, pode ter sérias conseqüências econômicas e ambientais. Muitas empresas de navegação possuem normas claras regulando esta questão, e o comandante pode “gerenciar” a TSQ de seu navio:

- (1) tomando ações que afetem o calado dinâmico (ex.: mudando a velocidade do navio), e
- (2) programando o horário da rota planejada, de modo a assegurar que haverá lâmina d’água suficiente para uma passagem segura, nos locais de profundidade restrita.

Ao fazer isto, o comandante deve ter informações precisas, em tempo real, o que justifica a implantação de sistema maregráfico no Porto, com moderna tecnologia de obtenção de dados na forma digital, ligado on-line com a área de programação/operação.

A tolerância sob a quilha é definida pela diferença entre dois componentes principais, quais sejam o nível d’água total mínimo (NAT_{min}) no local, menos o calado dinâmico máximo (CD_{max}) do navio: $TSQ = NAT_{min} - CD_{max}$. O calado dinâmico é igual à distância da superfície da água até o ponto mais baixo do navio (quilha ou hélice) quando em movimento. Cada um destes componentes tem vários elementos (Figura 4-7).

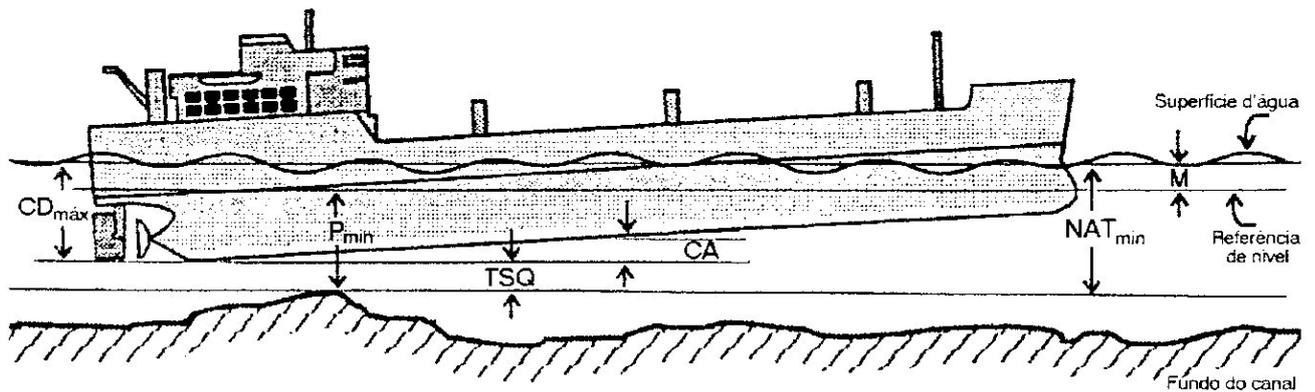


Figura 4-7 - Elementos da tolerância sob a quilha. Fonte: Parker e Huff (1998) [20].

$TSQ = \text{Nível d'água total mínimo (NAT}_{\min}) - \text{Calado dinâmico máximo (Cd}_{\max})$

$$TSQ = \{ P_{\min} + M \} - \{ CE + S + CA \}$$

Onde:

- P_{\min} : profundidade mínima da carta
- M : altura da maré sobre o nível de referência (maré astronômica + maré meteorológica)
- CE : calado estático (devido à carga e densidade da água)
- S : squat (devido à velocidade do navio)
- CA : calado adicional (devido à mudanças no trim/adernamento por curvas e/ou efeitos de ondas)

4.2.4.2 Squat

É a tendência de imersão do navio à velocidade, acompanhado por um *trim* seja pela proa ou pela popa. Este é um efeito que é mais pronunciado quando a profundidade da água é menor que 1,5 vezes o calado estático, resultando numa folga menor que a esperada.

Deverá ser acrescentado ao calado mais 1,0m, nos projetos preliminares. Para os projetos definitivos, o acréscimo deverá ser calculado de acordo com o navio de projeto. O valor do *squat* aumenta aproximadamente com o quadrado da velocidade, de modo ser este um fator importante em sua determinação. Outros fatores que vão afetar o valor do *squat* incluem:

- o coeficiente de bloco do navio,
- a razão profundidade de água/calado do navio, e
- o *trim* estático.

4.2.4.3 Arfagem, Caturro, Balanço e Demais Tolerâncias

Quando o leito for constituído de material mole, como lama ou areia, de tal forma que um leve toque do navio não provoque avarias, a tolerância devida à natureza do leito marinho assumirá valores inferiores aos de fundos rochosos, pois estes podem provocar avarias perigosas.

A extensão dos movimentos verticais, provocados pelo estado do mar, dependerá também do tamanho do navio, sua velocidade e direção da trajetória em relação às ondas. Em áreas abrigadas, sujeitas a alguns efeitos do mar alto, para um estado do mar até 3 (três), na Escala Beaufort, poderão ser arbitrados valores da ordem de 6% da profundidade. Em águas interiores, menos sujeitas a estes efeitos e/ou para um estado do mar até 1 (um), na Escala Beaufort, poderão ser assumidos valores da ordem de 3 % [10].

4.2.5 Calado máximo recomendado (CMR)

$$\text{CMR} = (\text{P} + \text{M}) - \text{TSQ}$$

Onde:

P = profundidade

M = maré

TSQ = tolerância ou folga sob quilha.

A TSQ, como já visto, é a folga ou medida espacial entre o ponto mais baixo da quilha e o fundo marinho. É um fator de segurança para a navegação segura, adotado a partir do conhecimento da hidrografia do porto, dos ventos, do regime de ondas, da natureza do fundo, das marés, do assoreamento, do calado, do *squat*, do caturro e da arfagem, dentre outros. Assim a TSQ é particular a cada porto, posto que não existem dois portos com condições naturais absolutamente iguais, assumindo grande relevância, numa tomada de decisões, a experiência e o conhecimento da Praticagem local, sobre as condições específicas de cada região.

Não existem, no setor de navegação, regras inflexíveis para se determinar a TSQ num porto, mas sim recomendações e orientações que podem ser ajustadas às variáveis de cada local.

Em especial, o PIANC recomenda, através do estudo do “*Committee for the Reception of Large Vessels*”, que a folga sob a quilha seja, **no mínimo**, de 0,5 m para fundo de areia, devendo, entretanto, ser observados o efeito do *squat* (função principalmente da velocidade do navio), bem como do marulho. Adiante, como **recomendação geral**, o PIANC [21] sugere cerca de 10% do calado máximo da embarcação para o canal abrigado.



No Brasil, assume importância a DPC (Diretoria de Portos e Costas, da Marinha Brasileira), que faz recomendações orientadoras, através da NORIP [10], que também devem ser ajustadas a cada porto, para determinação da TSQ, por ela denominada de Fator de segurança (FS).

Tal fator pode assumir, em resumo, diante de cada cenário, valores que variam de um mínimo de 7,4% ao máximo de 30,6% da profundidade desejada, desde que haja levantamento batimétrico recente e um grau de incerteza de 0% sobre a área.

Dispondo de muitas variáveis empíricas, quando se estabelece uma TSQ para um determinado porto ou trecho de sua infra-estrutura aquaviária, esse será o valor mínimo aceitável, estabelecido pela Autoridade Portuária, ouvidos os principais atores da comunidade portuária elencados na segurança da navegação do Porto, novamente destacando-se, dentre outros, a Praticagem e a Coordenação da Autoridade Marítima.

Muito comumente, sobretudo em portos com infra-estrutura recém instalada, adotam-se fatores de segurança elevados, para novas obras recém-instaladas que, com a prática e a rotina de utilização, poderão ser revistos pela Autoridade Portuária de forma a permitir sua plena funcionalidade.

Analisa-se o caso concreto, aqui estudado, de forma mais conservadora, para a profundidade de 15m.

Considerando o canal externo, parcialmente abrigado e velocidade do navio < 8 nós:

Profundidade 15 m -

- Hidrografia: conhecida e recente \Rightarrow incerteza da área = 0%
- Tença: trechos arenosos e lamosos \Rightarrow 0,3m
- Ondulações: área parcialmente abrigada \Rightarrow arbitrada \Rightarrow 0,5m
- Squat: 0,5 m
- C.M.R = $15 - 0,3 - 0,5 - 0,5 = 13,7\text{m}$ (não considerada a maré)

Verificando através do PIANC:

- 13,5m: calado do navio-tipo (Porta Containeres de 92.000 DT)
- TSQ (folga de água na quilha) = 10 % do calado máximo em canal abrigado.
- TSQ = 1,35m; donde: $13,5 + 1,35 = 14,85 < 15\text{m}$
- P (profundidade) = 15m ok! (sem o auxílio da maré)

4.3 Bacias de Evolução ou de Manobra

O dimensionamento da bacia de evolução deve ser feito de acordo com os critérios mínimos de dimensionamento em razão das seguintes situações:

- comprimento do navio tipo;

- sua localização em relação às obras de acostagem do porto;
- das medidas de segurança recomendadas, no caso de manobra de embarcação com carga perigosa ou inflamável;
- das condições de uso da zona limítrofe; e
- das forçantes ambientais, ondas, correntes e ventos, da região.

As dimensões da bacia devem ser projetadas em formato circular com diâmetro podendo variar, geralmente, entre 1,3 e 2 vezes o comprimento do navio (eventualmente até maiores), levando em consideração a tecnologia de embarcação, a utilização de rebocadores ou não e as condições ambientais de correntes, ondas e ventos.

Atualmente a infraestrutura náutica de Santos dispõe de 3 bacias de manobra no trecho retilíneo entre o armazém 35 (margem direita) e o Terminal Santos Brasil, definidas pelo Relatório INPH nº 018/2007 (Figura 4-8), além da antiga bacia do píer da Alemoa, que encontra-se assoreada. Todavia, existem outras áreas também utilizadas para a manobra de navios ao longo do canal.

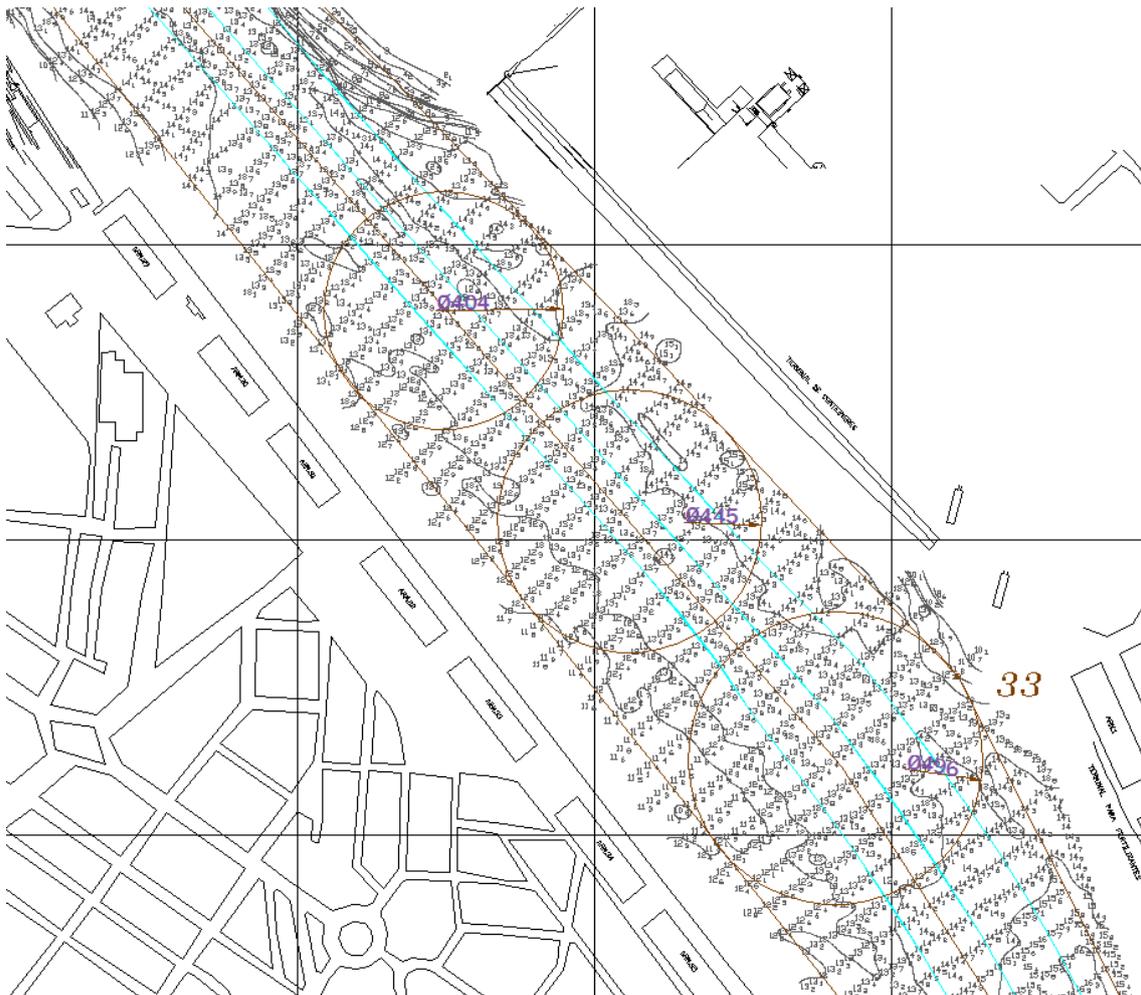


Figura 4-8 - Bacias de Manobra definidas no canal de acesso portuário, extrato do desenho nº INPH-169-117 – Anexo ao Relatório INPH nº 018/2007 [15].

4.4 Declividade dos Taludes Dragados

As relações apresentadas na Tabela 4-3, extraídas do *CROPOR* [22], indicam as declividades dos taludes consideradas estáveis conforme os diversos tipos de solo, desde que não haja ocorrência de correntes e ondas ou gradientes de pressão d'água.

Tabela 4-3 - Relação entre tipo de solo e talude do canal de acesso. Fonte: CROPOR.

Tipo de solo	Talude
Rocha	próximo à vertical
Argila rija a média	1/1 a 1/3
Argila arenosa	1/3 a 1/4
Areia grossa a fina	1/4 a 1/6
Areia fina siltosa	1/6 a 1/10
Argila mole e vasa	acima de 1/10

Tendo em vista os resultados dos levantamentos geológicos realizados anteriormente, e seguindo o que foi adotado no Relatório INPH nº 018/2007 [15], nesse projeto será adotado **um talude médio de 1/6** para todo o canal, incluindo os berços e seus acessos e as bacias de manobra.

Destaca-se que a definição de um talude médio de projetos reflete o talude de segurança considerado estável e esperado para o terreno. Sua declividade tem uma apreciável influência na quantificação dos volumes a dragar. Entretanto o talude efetivo decorrente da dragagem é resultado da acomodação natural do terreno mediante a escavação de lances sucessivos de taludes aproximadamente verticais executados pelas dragas, o qual pode apresentar inclinação diferente da especificada.

5 READEQUAÇÃO DA GEOMETRIA DO CANAL

Sob o ponto de vista do acesso aquaviário ao porto, estuário Santista apresenta uma série de trechos críticos, com interferências importantes no desenvolvimento da infraestrutura náutica. A Figura 5-1 demonstra algumas delas.



Figura 5-1 - Interferências ao traçado geométrico do acesso aquaviário ao Porto de Santos.

Os ajustes projetados nesse trabalho buscaram a melhoria das condições de manobrabilidade dos navios pelas diversas inflexões presentes no canal de acesso. Buscou-se a atenuação e suavização de curvas, e a maximização da largura do canal em áreas com profundidades naturais compatíveis e otimização dos acessos aos berços existentes. Adicionalmente, foram acrescentados ao traçado do canal os novos empreendimento em fase de instalação no canal, os terminais da Embraport e da Brasil Terminal Portuário – BTP (Figura 5-2), contemplando duas novas bacias de evolução.

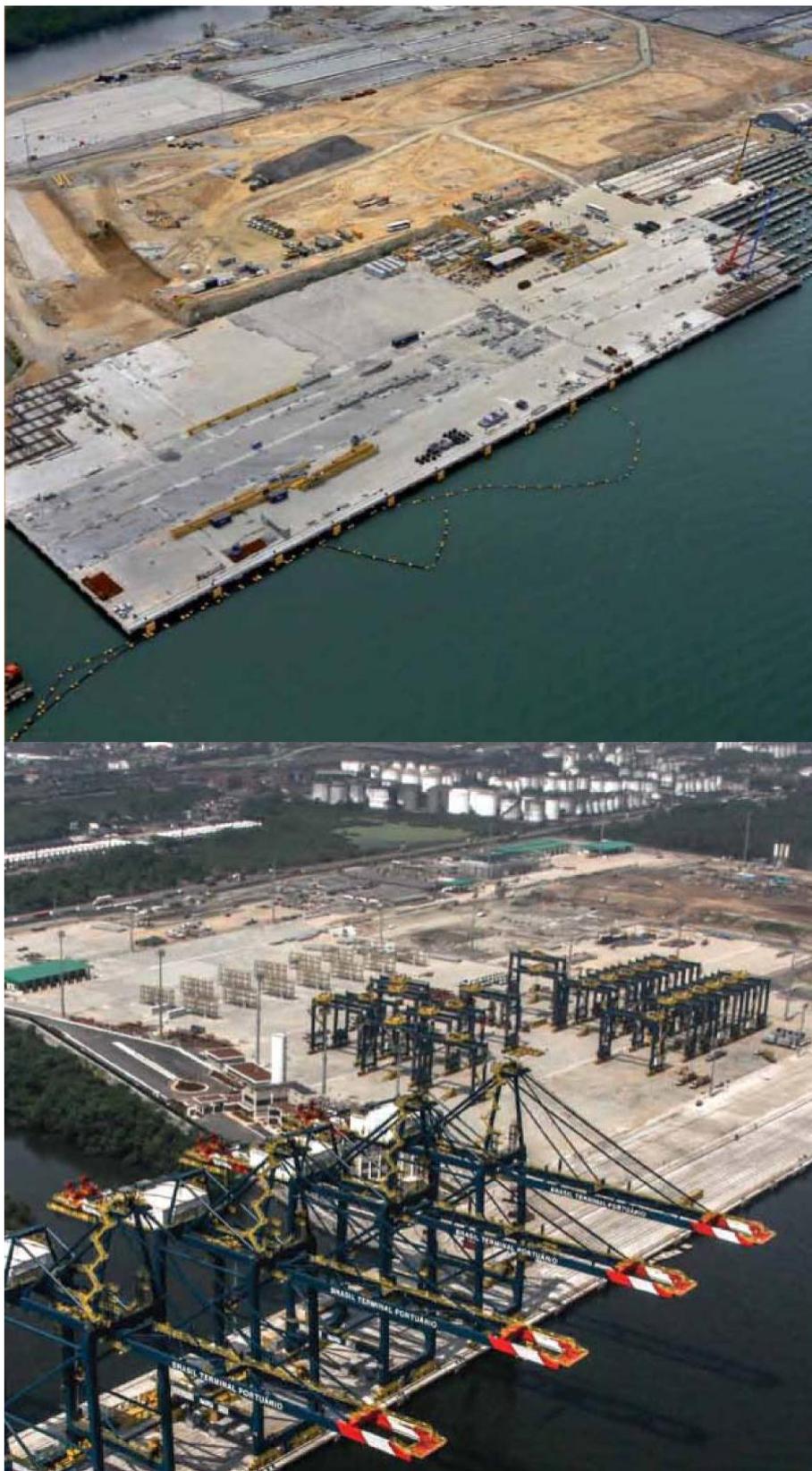


Figura 5-2 - Imagens dos novos terminais da Embraport, acima e da BTP, abaixo, instalados no Complexo Portuário de Santos.

O projeto geométrico da readequação do canal de acesso aquaviário e dos berços de acostagem do Complexo Portuário de Santos – SP é apresentado nos desenhos nº

INPH-169-129 A à F - Anteprojeto de Dragagem de Manutenção e de Readequação da Geometria do Canal de Acesso Aquaviário e dos Berços de Acostagem do Complexo Portuário de Santos – SP, encontrados no Volume II – Desenhos desse relatório. A Figura 5-3 exhibe o traçado do canal e dos berços sobre a carta náutica CN1701 [8].

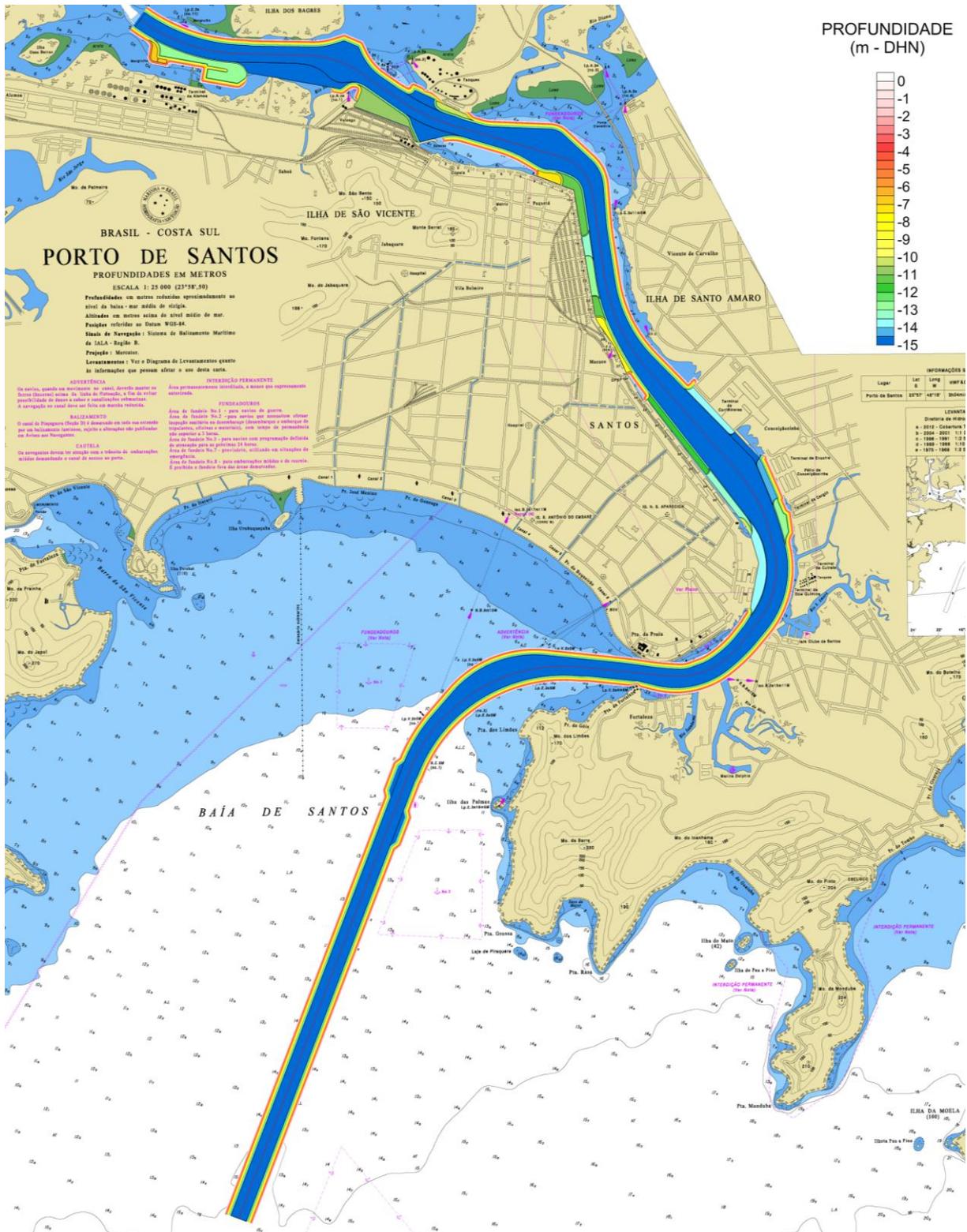


Figura 5-3 - Projeto geométrico da Readequação da Infraestrutura Aquaviária do Porto de Santos, incluindo os taludes laterais, sobre a carta náutica CN 1701 [8].

5.1 Estudo de Navegabilidade do Novo Traçado Geométrico do Canal de Acesso ao Porto de Santos – SP - “Canal Externo”

Com o objetivo de verificar as condições de navegabilidade de um navio selecionado no traçado geométrico e balizamento atuais do canal de acesso ao porto de Santos-SP, o INPH elaborou o Relatório INPH nº 026/2013 - *Estudo de Navegabilidade do Novo Traçado Geométrico do Canal de Acesso ao Porto de Santos – SP - “Canal Externo”* (Anexo III), onde foi apresentado um estudo numérico computacional, utilizando como ferramenta o software *SIMFLEX NAVIGATOR*, desenvolvido pela empresa dinamarquesa *Force Technology* e localizado em instalação própria e totalmente equipada na sede do INPH, que permite simular manobras com diferentes navios em diferentes portos e baías, para as condições pré-determinadas para a região do canal de acesso externo ao porto de Santos.

5.1.1 Navio Tipo

Para as simulações, foi utilizado o modelo matemático correspondente ao navio CMA CGM Nabucco, com 334m de L_{OA} , 13m de calado e 42,8m de boca. Ao todo foram realizadas onze simulações ao longo de três dias, sendo oito de entrada e três de saída.

5.1.2 Características Ambientais Simuladas e Modelo Digital da Área

Em todas as simulações foi considerada a geometria atual do canal externo e seu balizamento, configuradas pelos levantamentos batimétricos mais recentes homologados pela Marinha do Brasil, bem como a posição atual das boias de sinalização do canal, conforme demonstra a Figura 5-4.

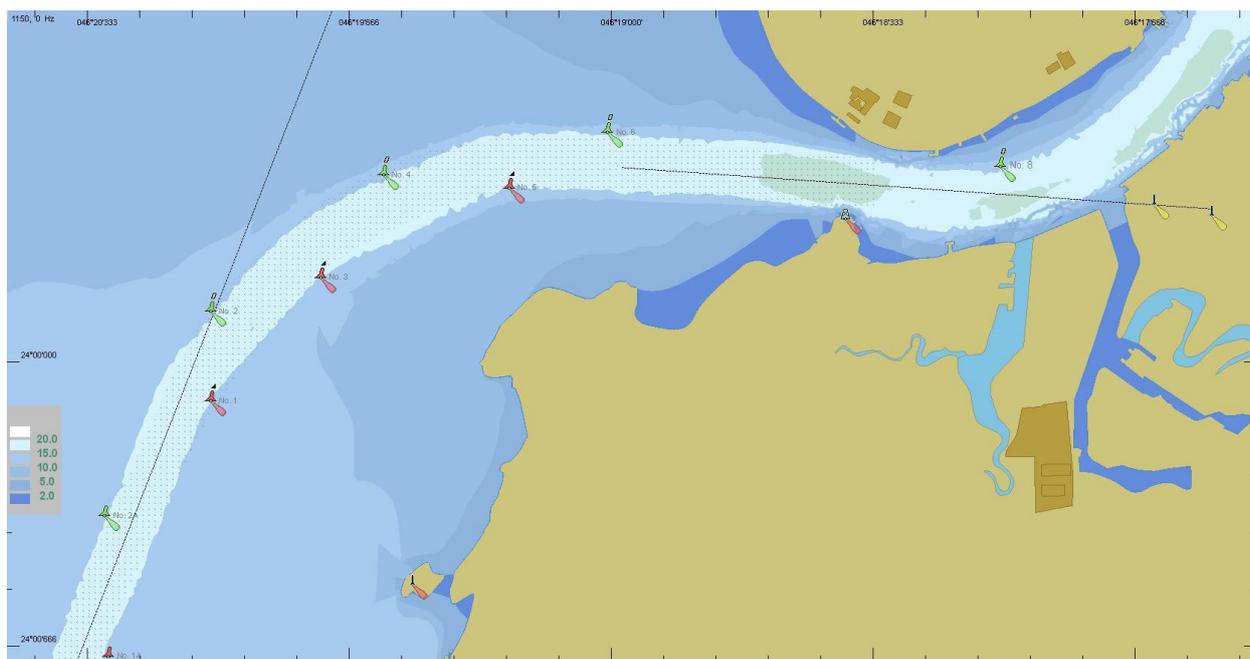


Figura 5-4 - Geometria e balizamento do canal utilizado para as simulações computacionais.

Os dados ambientais utilizados nas simulações foram obtidos a partir de premissas apresentadas pela praticagem à CODESP e são mostrados na Tabela 5-1.

Tabela 5-1 - Dados ambientais utilizados no estudo de modelagem.

Dado	Valor	
Nível do mar	0 (DHN)	
Corrente enchente	1,0 Nó	
Corrente vazante	1,5 Nós	
Ventos	SW	8 m/s até 12 m/s
Ondas	S/SW	Hs de 1,0m até 2,5m (conforme apresentado)
Batimetria	Carta Náutica 1701 [8] e levantamento batimétrico aprovado pela DHN para este projeto	

Todas as simulações foram realizadas considerando a maré no nível de redução da DHN, e condições normais de visibilidade.

O modelo de elevação da área foi elaborado no 3DSMax (software de modelagem, animação e renderização em 3D da Autodesk) e incorporado ao SIMFLEX NAVIGATOR. Isso transmite ao simulador uma característica realista e permite ao piloto uma percepção da navegação de forma similar ao que ocorreria em uma situação real, visto que o modelo representa numericamente, em tempo real, as condições físicas e ambientais da região a ser simulada.

As figuras abaixo (Figura 5-5 e Figura 5-6) ilustram o resultado da modelagem digital da área e o ângulo de visão do piloto durante a simulação.

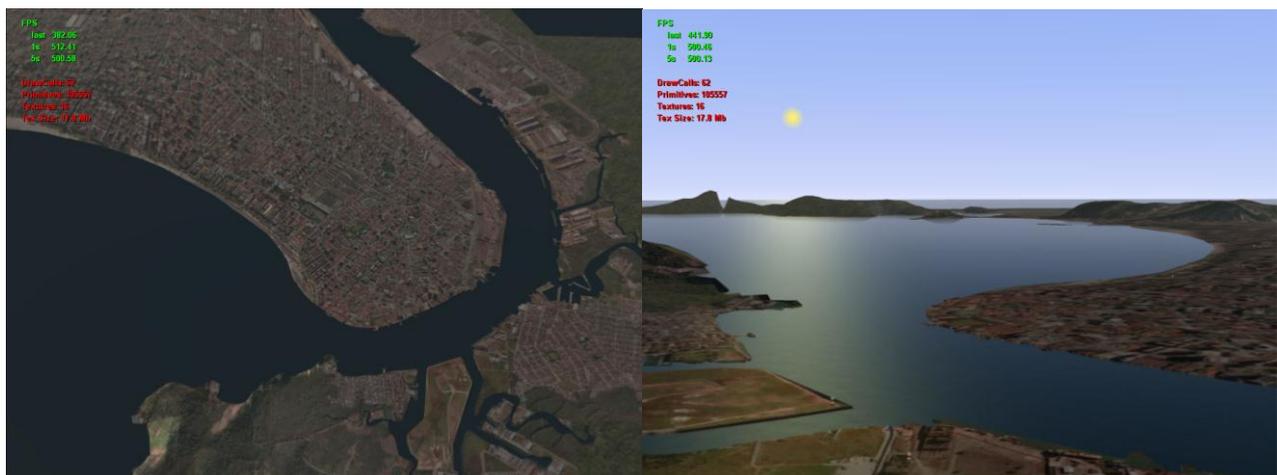


Figura 5-5 - Modelagem digital da Área da Entrada do Porto de Santos, utilizada na simulação.

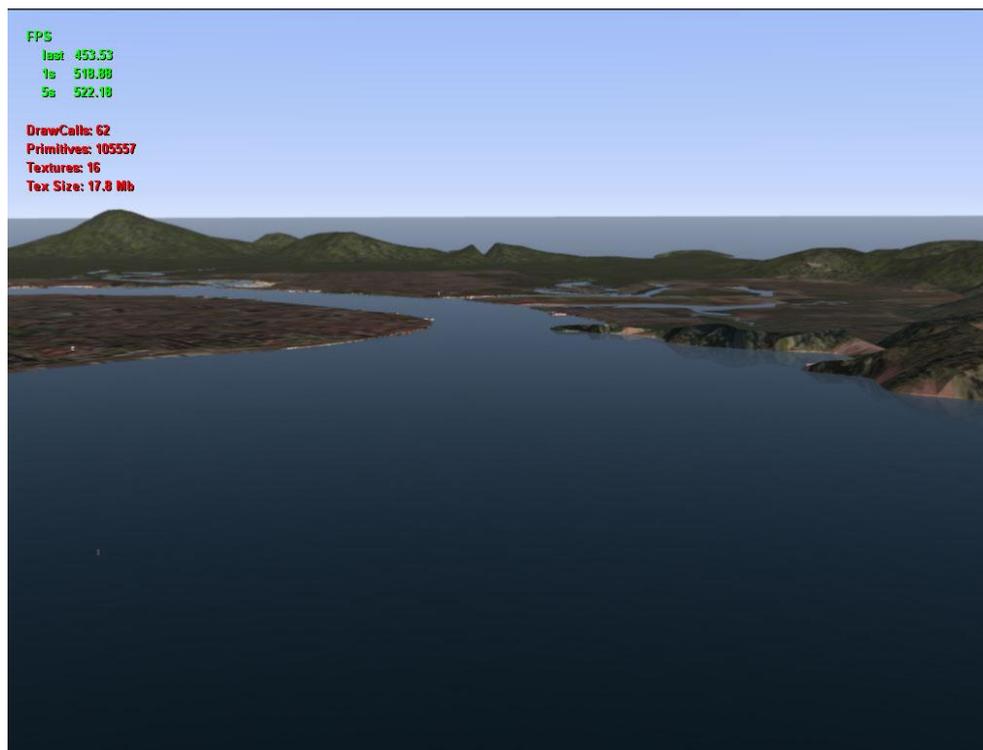


Figura 5-6 - Vista do piloto na entrada do canal do porto de Santos, utilizada na simulação.

5.1.3 Simulações Realizadas

As simulações consistem em reproduzir, em tempo real e em condições realísticas, as características encontradas na ponte de comando do navio tipo e submeter um piloto a representar a condução da embarcação pelo trecho em estudo. Com isso é possível medir-se dados de posição e profundidade do casco e rota desenvolvida pela nau em resposta às forças ambientais e os comandos do navegador, obtendo-se parâmetros representativos da manobrabilidade do navio no canal de acesso estudado.

Foram realizadas onze simulações ao longo de três dias, contemplando situações de maré enchente e vazante e variadas configurações de ondas e ventos. O ângulo máximo do leme foi limitado em 20° , de forma a permitir margem de segurança para eventuais imprevistos, resguardando recursos adicionais. Em nenhum momento foi utilizado suporte de rebocadores.

A Figura 5-7 ilustra a rota percorrida pelo navio em uma das simulações, vista em planta.

5.1.4 Conclusões

A partir dos resultados apresentados, verifica-se que, para um navio de características semelhantes ao do modelo utilizado, o projeto de balizamento permite com segurança a manobra, nas condições utilizadas e apresentadas.

Verificou-se também que, com a existência de ondas com $H_s=2,5\text{m}$ ($H_{\text{máx}} = 4,65\text{m}$),

ocorreu um encalhe devido ao caturro (pitch) do navio.

Reiterando que não foi considerada altura de maré, mesmo sabendo que as correntes aplicadas (1,0 nó na enchente e 1,5 nós na vazante) não ocorrem no estofo de baixamar.



Figura 5-7 – Vista em planta do caminho percorrido pelo navio tipo na Simulação 7 com: vento = 12 m/s SW; corrente de enchente = 1,0 nó; onda - Hs=1,0m (Hmáx =1,86m) SSW com período médio de 10 seg e duração total de 20 min e 32 seg.

5.2 Dimensionamento e Ajuste de Curvas no Canal

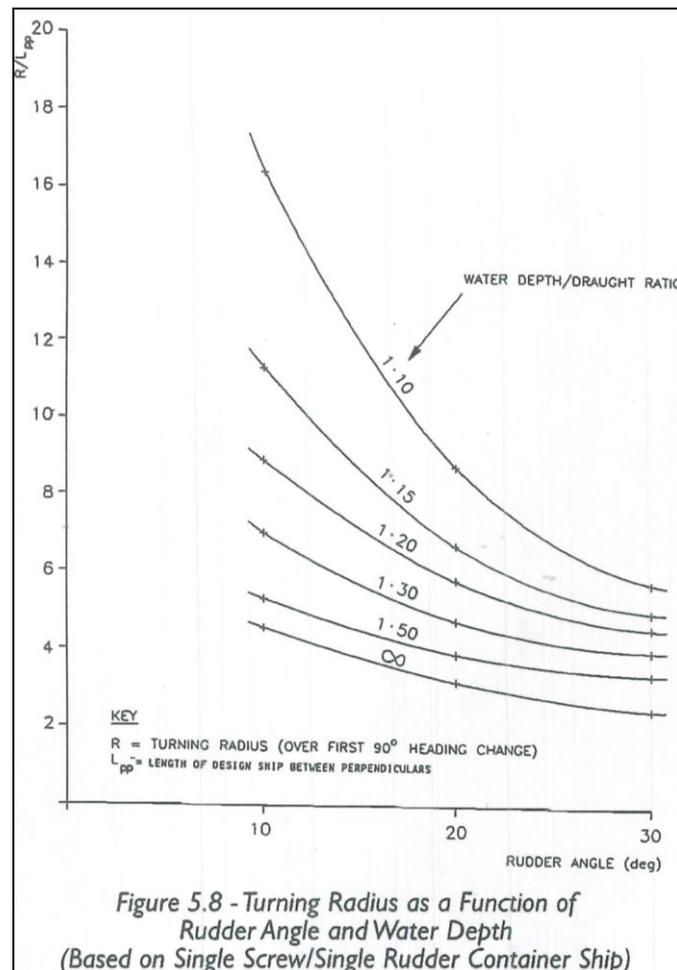
Para o dimensionamento e o ajuste de curvas no canal foi observado o critério descrito no guia do PIANC, que considera a curva de giro do navio dependendo da relação entre a profundidade mínima disponível e o calado do navio e o ângulo do leme aplicado, de acordo com as curvas apresentadas na Figura 5-8.

Um ângulo de leme entre 15 e 20° é considerado confortável para a manobra do navio, visto que existe ainda uma margem de segurança até o alcance máximo de 30° e valores menores do que 15° dificultam o correto posicionamento da embarcação devido ao grande comprimento da curva resultante (PIANC [21])

O Navio Tipo considerado nos cálculos considerou as maiores dimensões dos navios que frequentam atualmente o porto, relacionados pela Autoridade Portuária (CODESP) e pela Capitania dos Portos de São Paulo através Portaria nº 38/CPSP de 4 de junho de 2013, relacionadas na Tabela 5-2.

Tabela 5-2 - Relação das dimensões do Navio Tipo para o dimensionamento e ajuste de curvas

Comprimento (m)		Boca (m)	Calado (m)
L _{OA}	L _{PP}		
335	318	49	13,3


Figura 5-8 - Raio da curva descrita pelo navio, em função do ângulo de leme, do calado e da profundidade disponível, Figura 5.8 do PIANC [21].

5.2.1 Curva Próxima à Ilha das Palmas

Para a curva próxima à Ilha de Palmas, foi ajustado um raio de curvatura de 2.177,5m, conforme a Tabela 5-3 e Figura 5-9. Foi também dimensionada uma sobrelargura para a face interna da curva, de acordo com o item 4.2.3 desse relatório, de 6,44m, sendo adotado um valor mínimo de 10m. Foi ainda atendida uma solicitação da praticagem de Santos, encaminhada pela CODESP, de incluir um sobrelargura de segurança na face externa da curva. O seu desenho em planta é mostrado na Figura 5-10.



Tabela 5-3 - Dimensões do Navio e do raio de giro da curva, interpolado de acordo com PIANC [21], conforme representado na Figura 5-9.

Profundidade Mínima do Canal	15,0
Calado do Navio	13,3
Comprimento Total do Navio (L_{OA})	335
Comprimento Entre Perpendiculares (L_{PP})	318
Ângulo de Leme	22,3
R/ L_{pp}	6,84
Profundidade / Calado	1,13
Raio de Giro da Curva	2.177,50

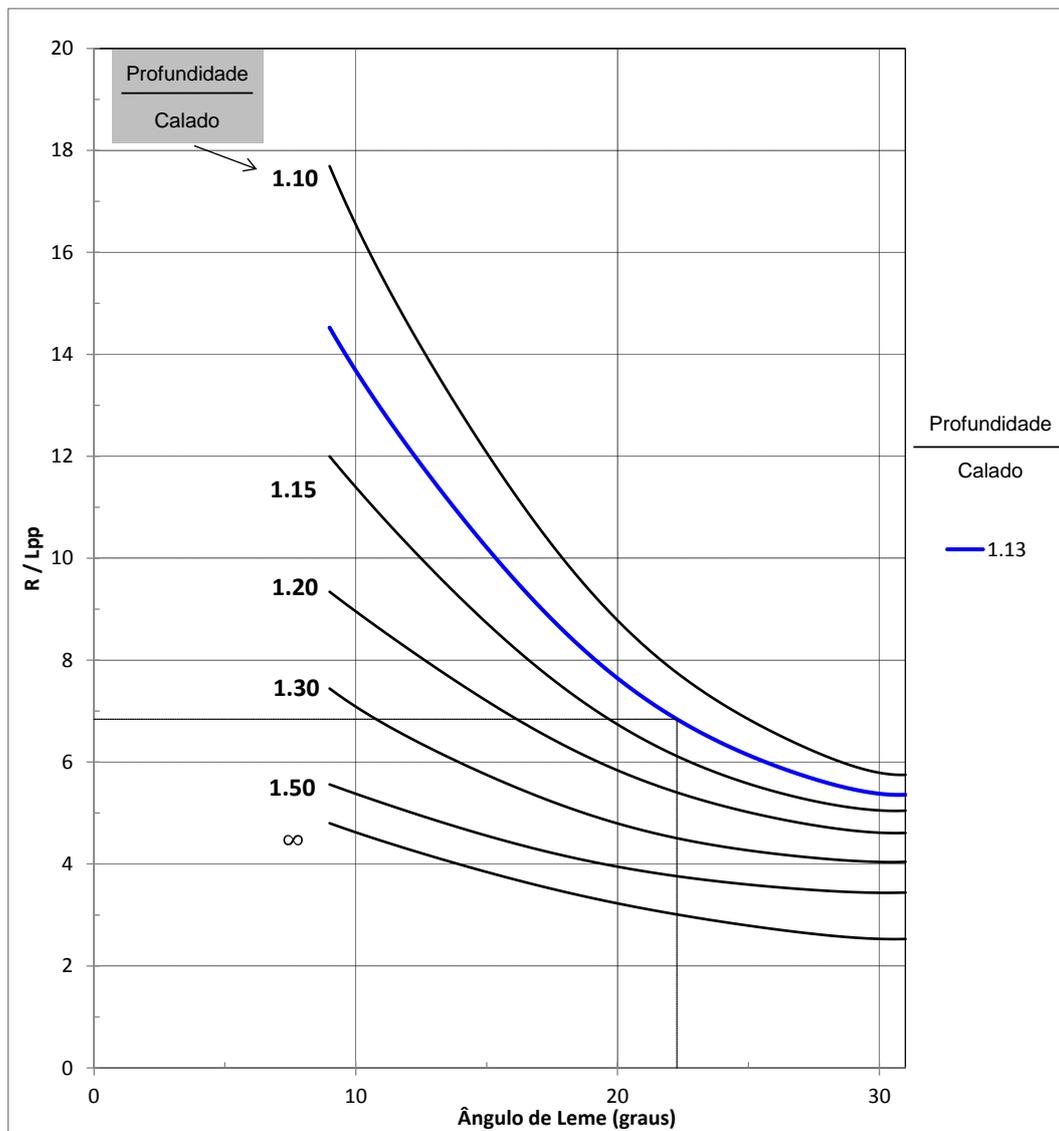


Figura 5-9 - Interpolação do raio de giro da curva do navio, em função do calado, profundidade disponível e ângulo de leme (PIANC [21])

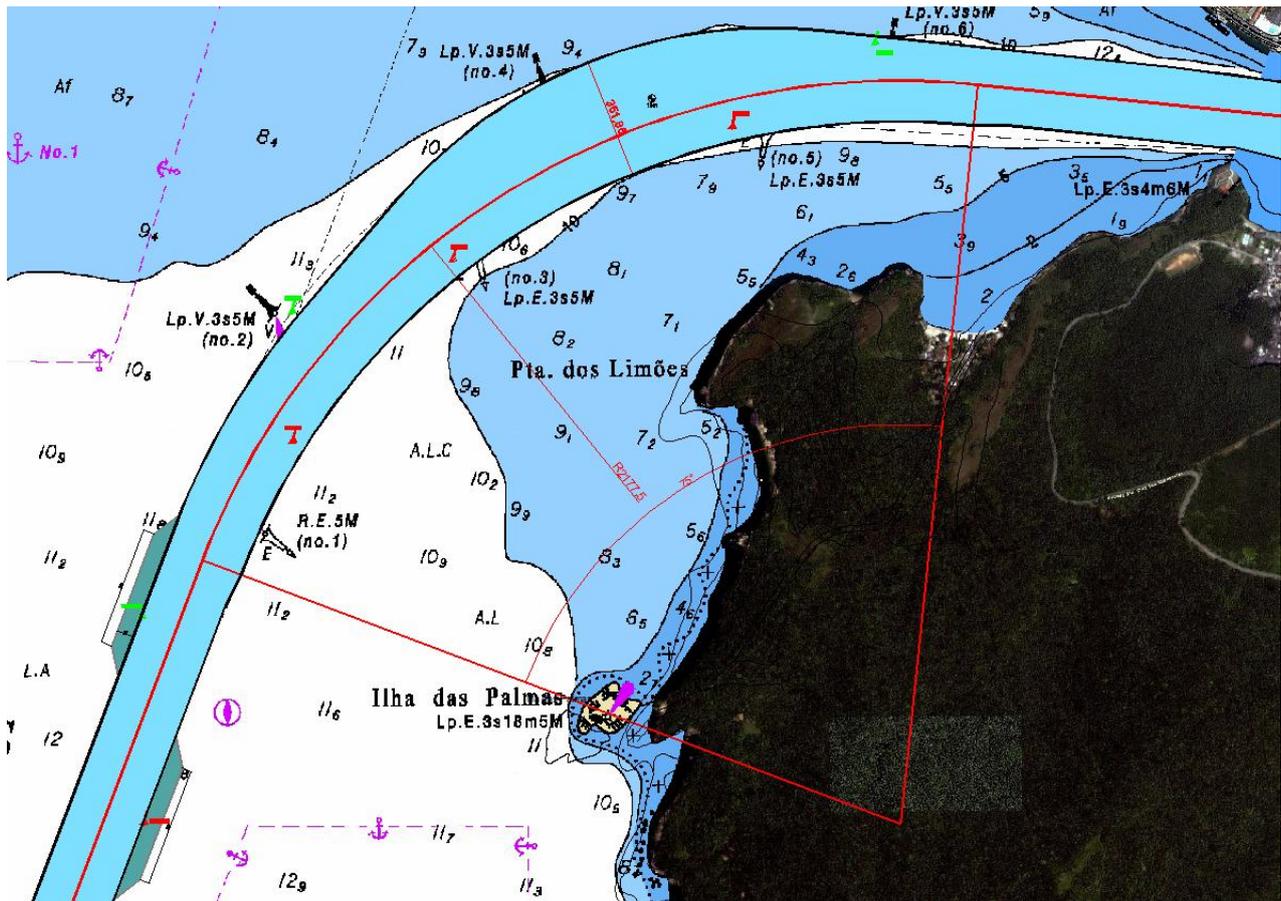


Figura 5-10 - Curva próxima à Ilha das Palmas ajustada pelo projeto. Destaca-se a adoção de sobrelarguras de segurança nas faces interna e externa da curva. Raio da Curva = 2.177,5m; Ângulo total = 75°; Largura máxima = 352m.

5.2.2 Curva na Entrada do Canal Interno

Para a curva acentuada na entrada do canal interno foram ajustadas três curvas, obedecendo a geografia da área do canal e respeitando o posicionamento atual da boia 8, não sendo possível aplicar-se nenhum critério disponível para sua determinação.

Os valores ajustados foram Raio = 1048,6m; Ângulo = 58°; Raio = 1162,1m; Ângulo = 58°; Raio = 1977,24m; Ângulo = 27° a partir da Ponta da Fortaleza em direção ao canal Interno. O seu desenho em planta é mostrado na Figura 5-11.

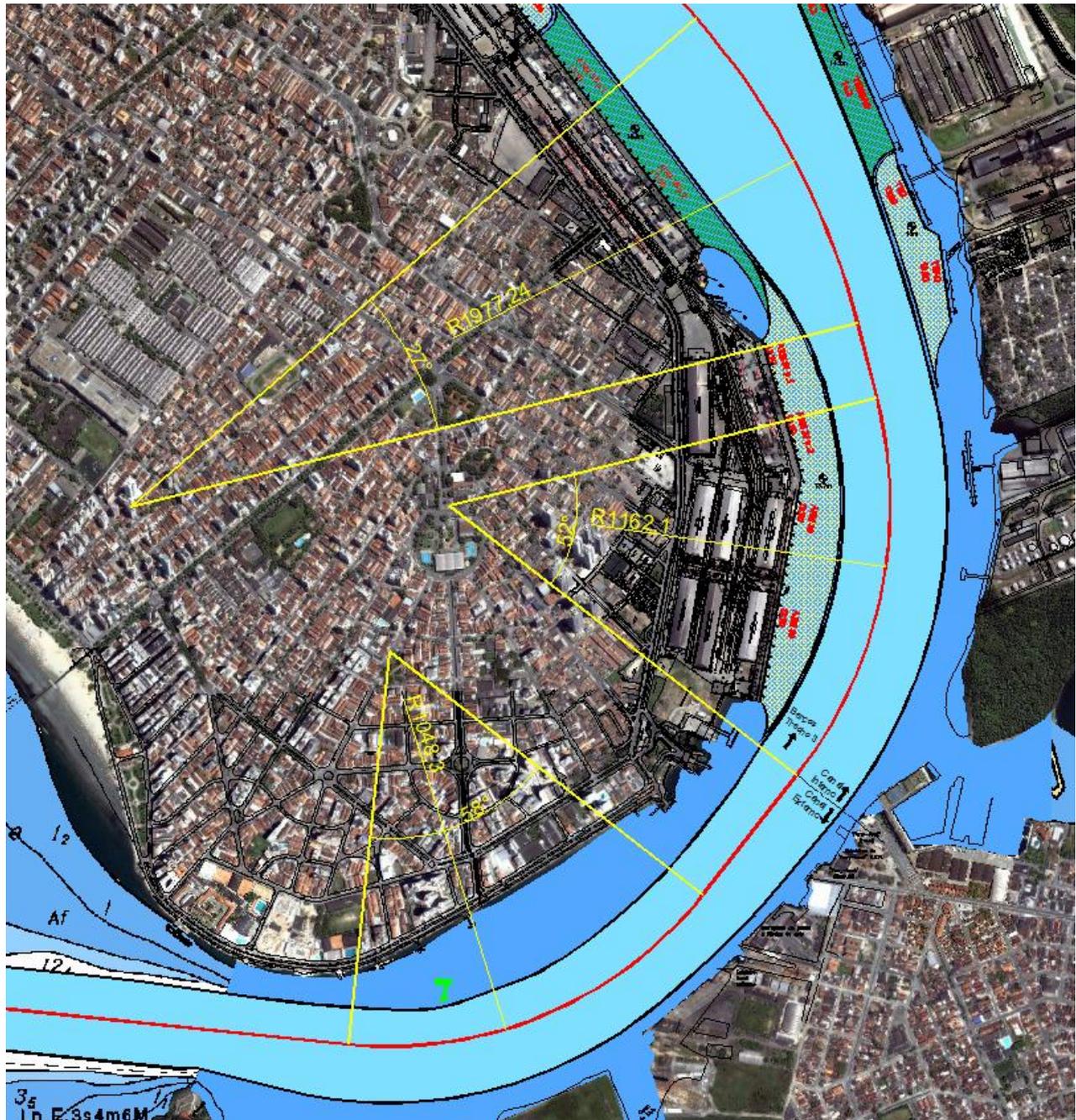


Figura 5-11 - Curvas próximas à entrada do ajustadas pelo projeto. Os valores ajustados para as curvas ,a partir da Ponta da Fortaleza em direção ao canal interno são, respectivamente,: Raio = 1048,6m; Ângulo = 58°; Raio = 1162,1m; Ângulo = 58°; Raio = 1977,24m; Ângulo = 27°

5.2.3 Curvas da Torre Grande, Ilha de Barnabé e Ilha dos Bagres

Para as curvas próximas à Torre Grande, Ilha de Barnabé e Ilha dos Bagres foi ajustado um raio de curvatura de 2.433m, conforme a Tabela 5-4 e Figura 5-12. Foi também dimensionada uma sobrelargura para a face interna da curva, de acordo com o item 4.2.3, de 5,76m, sendo adotado um valor mínimo de 10m. O desenho em planta é mostrado na Figura 5-13.

Tabela 5-4 - Dimensões do Navio e do raio de giro da curva, interpolado de acordo com PIANC [21], conforme representado na Figura 5-12.

Profundidade Mínima do Canal	15,0
Calado do Navio	13,3
Comprimento Total do Navio (L_{OA})	335
Comprimento Entre Perpendiculares (L_{PP})	318
Ângulo de Leme	20,0
R/ L_{pp}	7,64
Profundidade / Calado	1,13
Raio de Giro da Curva	2.433,00

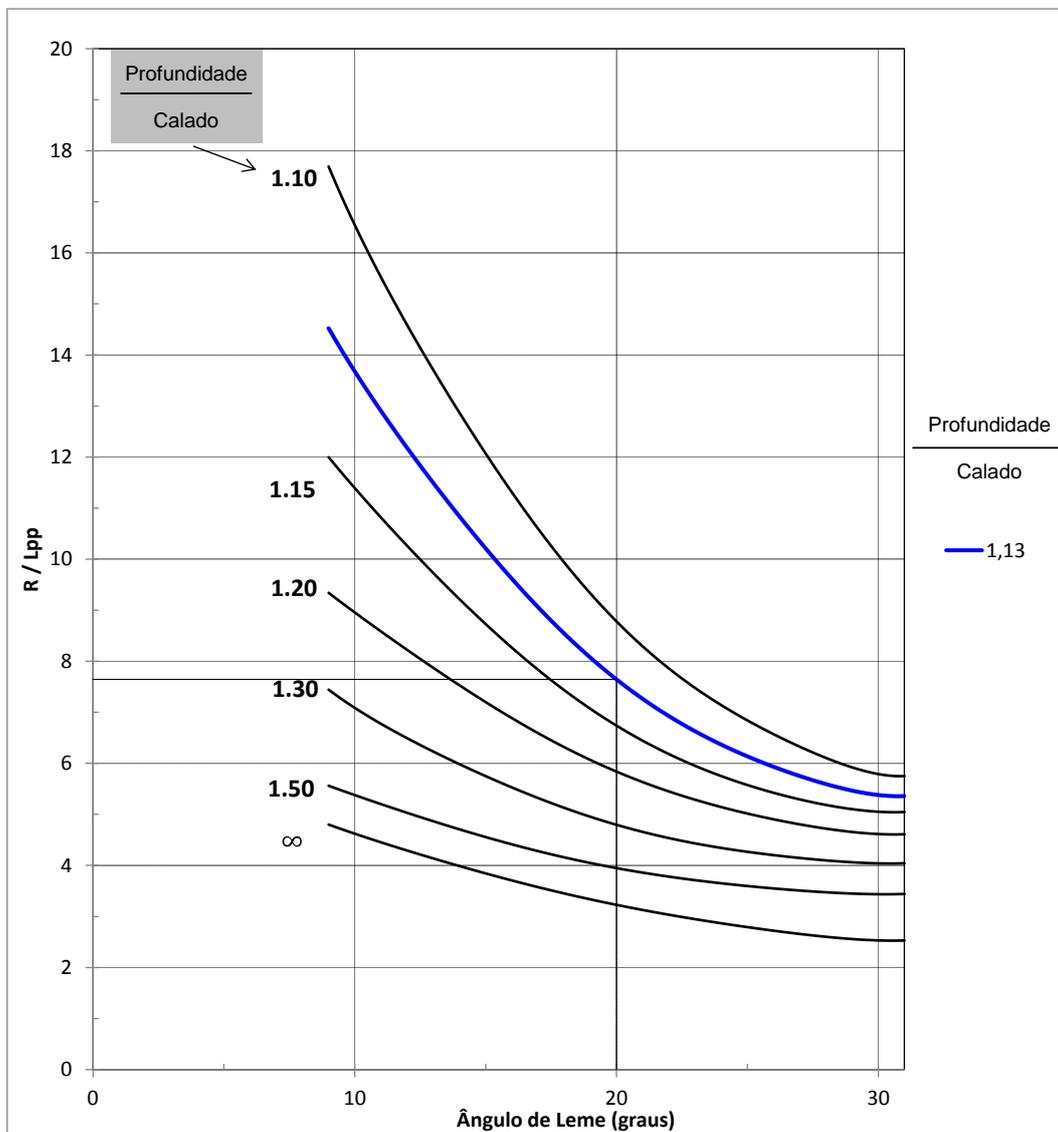


Figura 5-12 - Interpolação do raio de giro da curva do navio, em função do calado, profundidade disponível e ângulo de leme (PIANC [21])

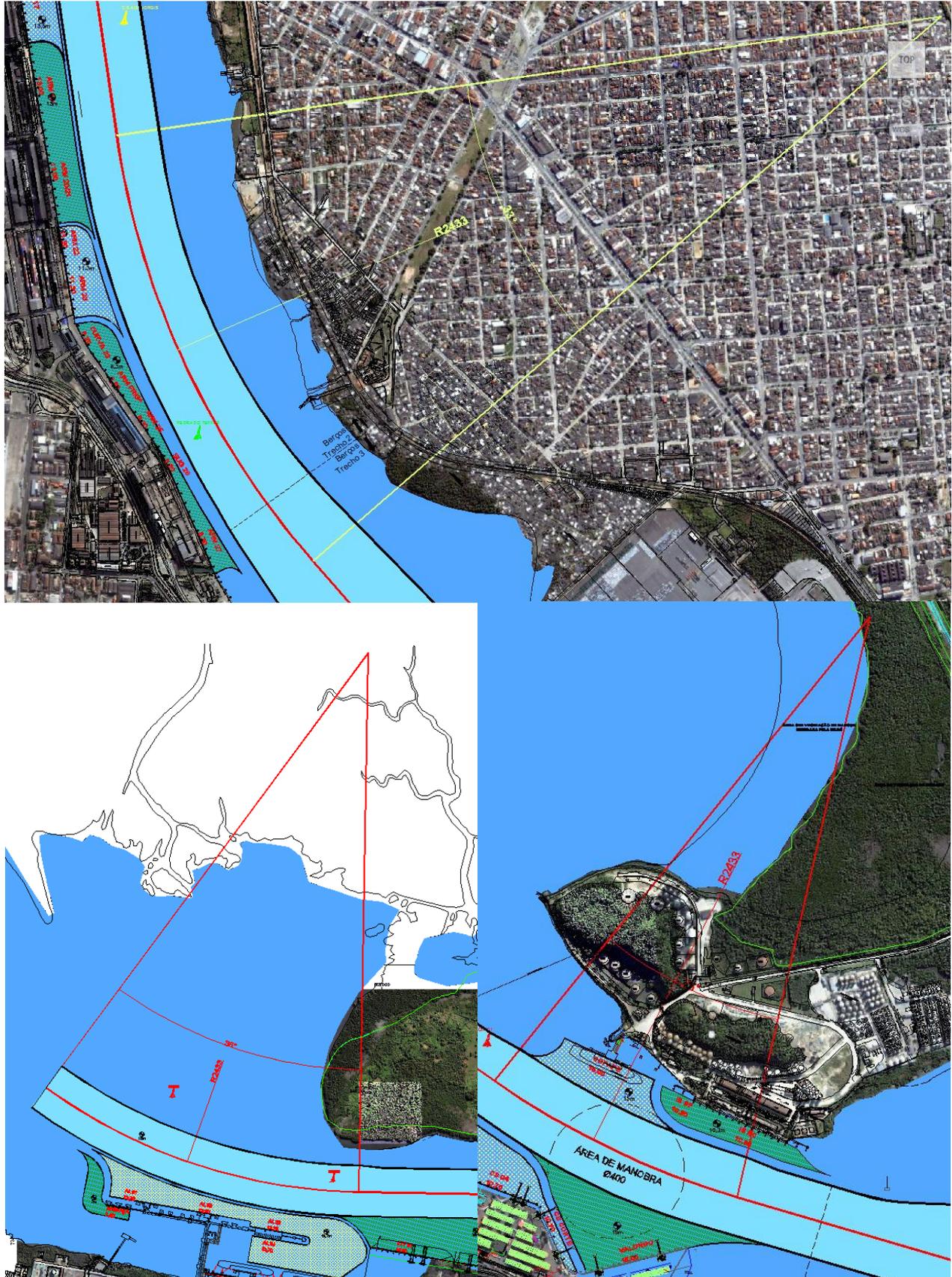


Figura 5-13 - Curvas próxima à Torre Grande (acima), à Ilha de Barnabé (abaixo e à direita) e à Ilha dos Bagres (abaixo e à esquerda) ajustadas pelo projeto. Destaca-se a adoção de sobrelarguras de segurança nas faces internas das curvas.
 Raio da Curva = 2.433m; Ângulo total = 33°, 26° e 35°, respectivamente.

5.2.4 Curva do Armazém 12

Para a curva do Armazém 12, que é a inflexão mais proeminente do canal, foi solicitado pela Autoridade Portuária que o limite da soleira do canal na face interna da curva não fosse aproximado à costa, por causa da grande influência que a turbulência gerada pela passagem das embarcações nos esforços atuantes nas amarras dos navios atracados nos berços 12 e 12A. Portanto foram feitos ajustes apenas na face externa da curva, conformando-se o maior raio de curvatura possível e foi definida uma bacia de manobra imediatamente à montante da curva, defronte o armazém 10 e o terminal da Embraport, de forma a proporcionar uma área de escape para a curva, contribuindo para a melhoria da manobrabilidade nesse trecho crítico do canal.

Os valores resultantes para essa curva são: Raio = 592m e Ângulo = 65°, conforme mostra o desenho representado na Figura 5-14.



Figura 5-14 - Curva próxima ao Armazém 12. Destaca-se a delimitação de uma bacia de manobra entre o Armazém 10 e o Terminal da Embraport que favorece à manobrabilidade na curva. Raio da Curva = 592 m; Ângulo total = 65°.

5.2.5 Curva próxima ao Terminal da BTP

Para a curva próxima ao novo terminal da BTP, foi ajustado o maior raio da curva adequando-se aos alinhamentos entre os trechos à montante e à jusante. Destaca-se o fato de que a manobrabilidade ao longo dessa curva também é majorada pela delimitação de uma bacia de manobra na área, que integra o projeto do terminal da BTP [16], em fase de implantação.

Os valores resultantes para essa curva são: Raio = 1.374m e Ângulo = 34°, conforme mostra o desenho representado na Figura 5-15.



Figura 5-15 - Curva próxima ao Novo Terminal da BTP. Destaca-se a delimitação de uma bacia de manobra defronte o terminal que favorece à manobrabilidade na curva.
Raio da Curva = 1.374 m; Ângulo total = 34°.

5.3 Dimensionamento e Definição de Bacias de Manobra Comunitárias

Para o dimensionamento e ajustes de bacias de manobra no projeto da geometria do canal foi adotado o valor de 1,6 vezes o comprimento total do navio que a bacia atenderá. Esse valor é considerado condizente com as condições hidrodinâmicas do canal interno do estuário que abriga o porto com águas abrigadas à ação de ondas e correntes da ordem de 1m/s.

5.3.1 Bacias de Manobra no trecho entre o armazém 35 e o Terminal Santos Brasil

Essas bacias foram ajustadas mantendo um distanciamento mínimo dos berços de atracação em ambos os lados do canal. Seus diâmetros resultantes são 530, 470 e 417m, conforme se vê na Figura 5-16, e atenderá a navios de até 331, 294 e 260m de L_{OA} .

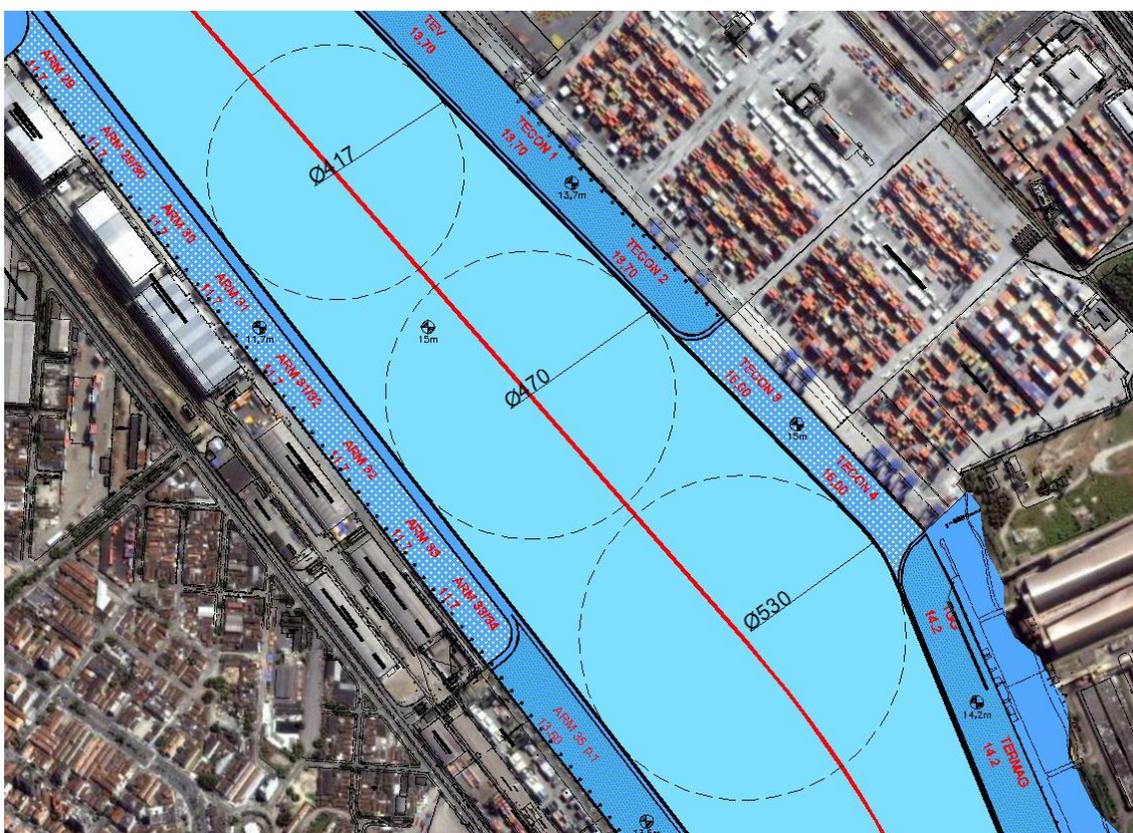


Figura 5-16 - Readequação das bacias de evolução do trecho entre o Armazém 35 o Terminal Santos Brasil.

5.3.2 Bacia em frente ao Terminal da Embraport

Na região dragada para dar acesso ao Terminal da Embraport, imediatamente à montante da curva do Armazém 12, foi delimitada uma bacia de manobra de 540m de diâmetro para atender a navios de maior porte que transitarão no canal de Santos, de até 337,5m de L_{OA} , conforme se vê na Figura 5-17.

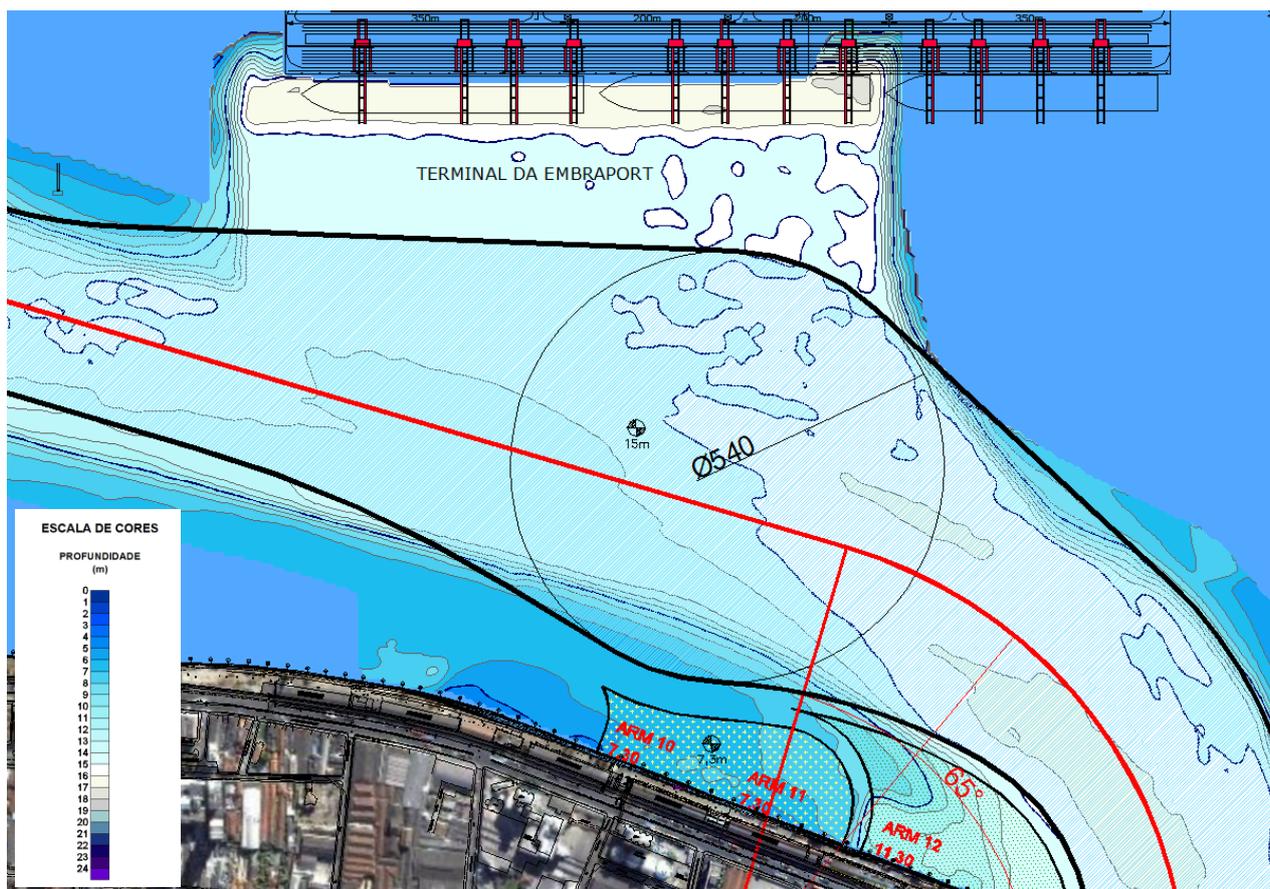


Figura 5-17 - Bacia de Manobras definida entre a Embraport e o Armazém 10. Percebe-se a escala de cores de profundidades batimétricas destacada no quadro à esquerda da imagem.

O alinhamento do canal dragado da Embraport foi utilizado para posicionar o limite da bacia, sendo estabelecido um retrocesso do talude atual para maximizar o acesso à bacia, e ainda, aumentar a área útil para a pista percorrida pelo traçado dos navios.

5.3.3 Bacia do Terminal da BTP

O Relatório INPH nº 041 / 2012 - *Projeto Executivo de Engenharia da Dragagem dos Berços, da Área de Acesso aos Berços e Bacia de Evolução de Navios da Brasil Terminal Portuário S/A – Santos/SP* [16] estabelece uma bacia de evolução de 540 de diâmetro em frente ao Terminal da BTP, parcialmente localizada sobre o canal de acesso portuário. Essa bacia foi incorporada à infraestrutura de acesso aquaviário do Porto de Santos, conforme denota a Figura 5-18.

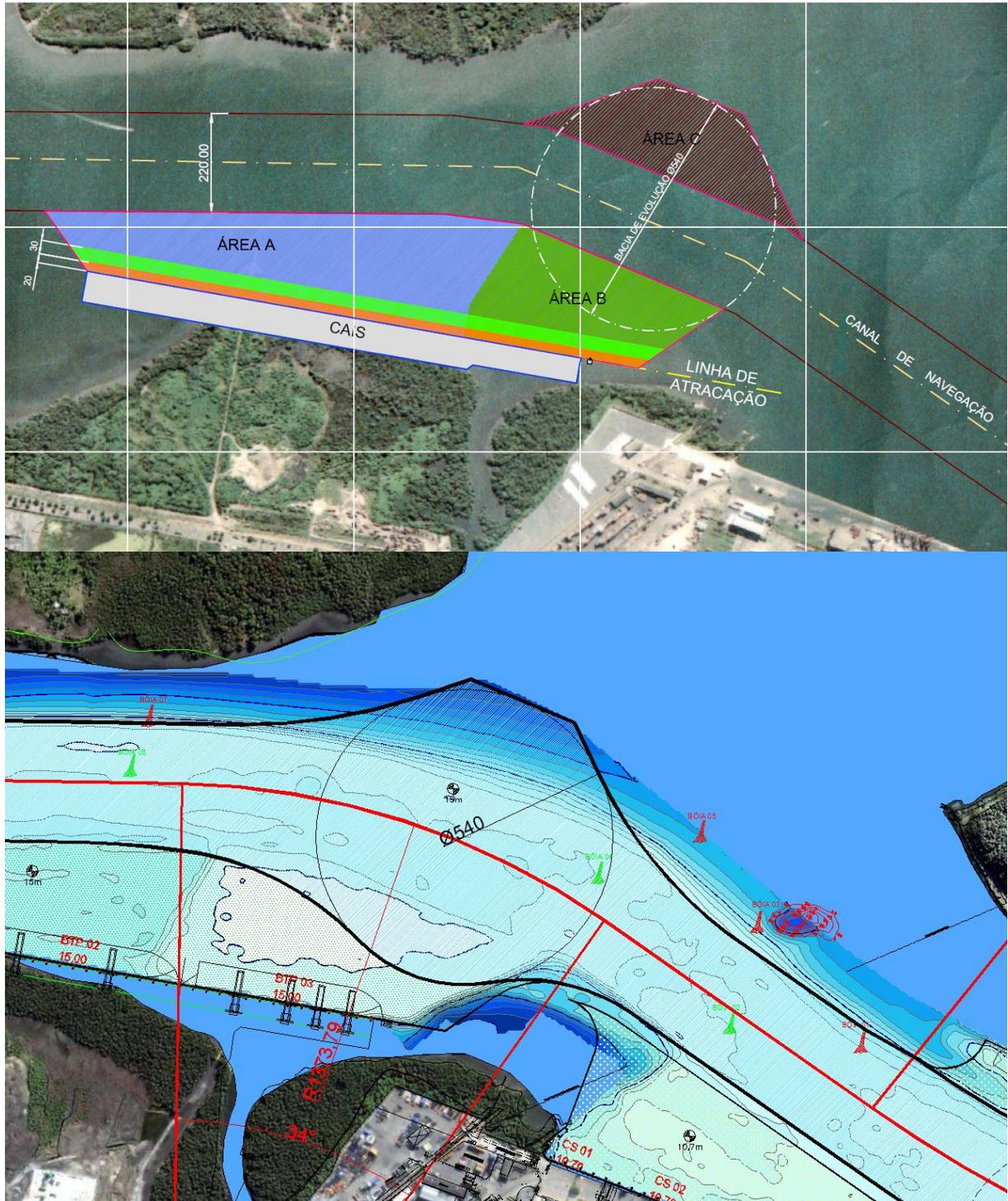


Figura 5-18 - Localização da Bacia da BTP extraída do desenho INPH-169-128 A, anexo ao Rel. INPH 041/2012 [16] na parte superior e sua inclusão nesse projeto, na parte de baixo da figura.

5.3.4 Bacia de Manobra da Alemoa

A área ocupada pela bacia da Alemoa encontra-se assoreada e não foi contemplada nesse projeto. Todavia existem duas possíveis áreas de manobra nas proximidades do Terminal que possibilitariam o giro de até 220m e com profundidades de 12,7m, como visto na Figura 5-19.

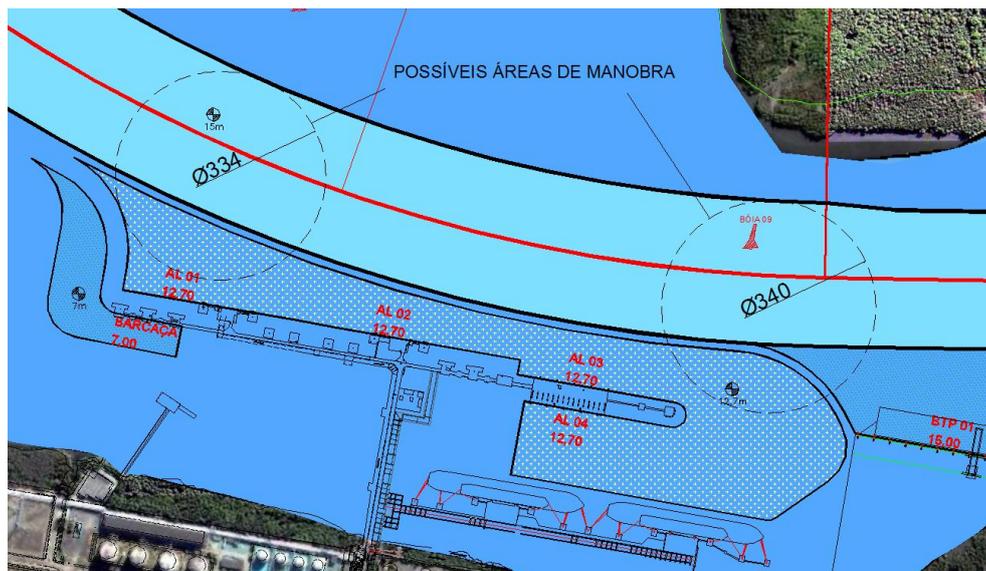


Figura 5-19 - Áreas de manobra possíveis na circunvizinhança do terminal da Alemoa. Profundidade das áreas é 12,70m.

5.3.5 Área de Manobra Entre o Cais do Valongo e o Terminal da COPAPE

Devido à intensa movimentação de navios pelo canal de Santo e à grande concentração de berços nas adjacências, a CODESP solicitou a criação de uma área de manobra na região limitada pelo cais do Valongo e o Terminal da COPAPE. Foi, então, delineada uma área de 400 de diâmetro na região de acesso a esses berços, com 15m de profundidade. A demarcação dessa área tem o intuito de informar as dimensões máximas, abstendo-se de sua inclusão no traçado da soleira do canal. Na Figura 5-20 encontra-se o posicionamento da área de manobra.

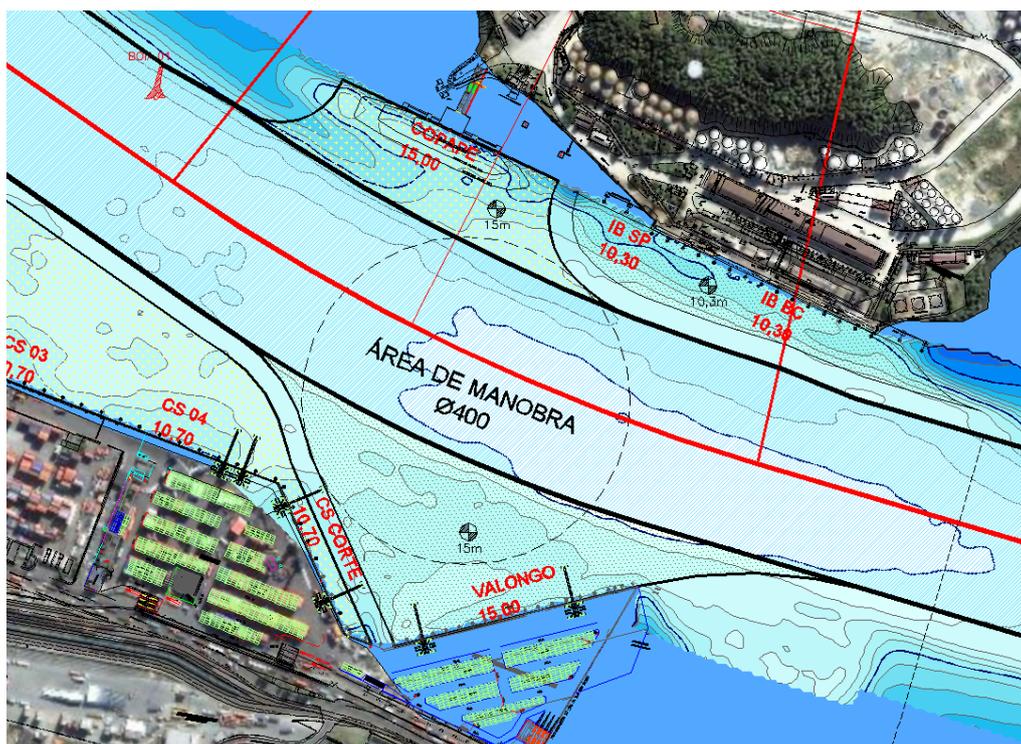


Figura 5-20 - Área de Manobra alocada entre o Cais do Valongo e o Terminal da COPAPE.

5.4 Área de Berços e Acesso aos Berços

Nas áreas de berços e seus acessos foram mantidas todas as profundidades atuais e os paramentos verticais existentes. Foram previstos para todos os berços patamares horizontais estendendo-se desde o alinhamento da sua estrutura de acostagem até a concordância com o talude (1/6) que ascende a partir da soleira do canal (15m), para cada profundidade do berço.

A Tabela 5-5 lista os terminais considerados nesse projeto, assim como sua profundidade de projeto e denominação (sigla) nas plantas anexas. Observa-se que os berços foram separados em trechos (1 – vermelho; 2 – amarelo e 3 – verde), para fins de cálculo de volumes de dragagem, conforme detalhado no item 6.

Tabela 5-5 - Relação dos berços considerados pelo projeto e sua nomenclatura nos desenhos anexos, localização em relação aos cabeços do porto e profundidade de projeto.

Trecho de Berços	Nº	Local	Sigla na Planta	Cabeços	Profundidade de Projeto (m - DHN)
1	1	Pier de Barcaça da Alamoia	BARCAÇA		7,00
	2	Alemoa 01	AL 1	set/15	12,70
	3	Alemoa 02	AL 2	16/22	12,70
	4	Alemoa 03	AL 3	23/30	12,70
	5	Alemoa 04	AL 4	30/36	12,70
	6	Ilha Barnabé / SP	IB SP	455/446	10,30
	7	Ilha Barnabé / BC	IB BC	446/437	10,30
	8	COPAPE	COPAPE		15,00
	9	BTP	BTP 1; BTP 2; BTP 3		15,00
	10	Cais do Saboó 01	CS 1	41/48	10,70
	11	Cais do Saboó 02	CS 2	48/56	10,70
	12	Cais do Saboó 03	CS 3	56/64	10,70
	13	Cais do Saboó 04	CS 4	60/64/71	10,70
	14	CORTE do Saboó	CS CORTE	72/80	10,70
	15	VALONGO	VALONGO	A/L	15,00
2	16	Armazém 10	ARM 10	141/147	7,30
	17	Armazém 11	ARM 11	147/153	7,30
	18	Armazém 12	ARM 12	153/159	11,30
	19	Armazém 12-A	ARM 12-A	160/168	11,30
	20	Armazém 13/14	ARM 13/14	168/175	11,30
	21	Armazém 15	ARM 15	175/181	11,30
	22	Armazém 16/17	ARM 16/17	182/192	13,50
	23	Armazém 19	ARM 19	192/203	13,00
	24	Armazém 20/21	ARM 20/21	203/213	13,00
	25	Armazém 22	ARM 22	213/218	11,30
	26	Armazém 23	ARM 23	218/224	11,30
	27	CURVA do Armazém 23	CURVA 23	224/229	8,30
	28	Armazém FRIGORÍFICO	ARM FRIGº	229/234	8,30
	29	Armazém 25	ARM 25	234/239	8,30



	30	SUGADOR do Armazém 26	SUG 26	239/246	8,30
	31	Armazém 27	ARM 27	246/252	8,30
3	32	Armazém 29	ARM 29	275/282	11,70
	33	Armazém 29/30	ARM 29/30	282/287	11,70
	34	Armazém 30	ARM 30	287/293	11,70
	35	Armazém 31	ARM 31	293/300	11,70
	36	Armazém 31/32	ARM 31/32	300/307	11,70
	37	Armazém 32	ARM 32	307/313	11,70
	38	Armazém 33	ARM 33	313/321	11,70
	39	Armazém 33/34	ARM 33/34	321/325	11,70
	40	Armazém 35 Ponto 1 (Arm34+35)	ARM 35 p.1	325/338	13,50
	41	Armazém 35 Ponto 2 (35.1+35.2)	ARM 35 p.2	338/352	13,50
	42	Armazém 37 Pontos 1 e 2	ARM 37 p.1 ; ARM 37 p.2	366/379	13,70
	43	Armazém 38	ARM 38	379/391	13,70
	44	Armazém 39	ARM 39	391/401	13,70
	45	TEAG	TEAG		13,00
	46	TEG	TEG		13,00
	47	TERMAG	TERMAG	409/416	14,20
	48	TGG	TGG	402/409	14,20
	49	TECON 4	TECON 4	396/405	15,00
	50	TECON 3	TECON 3	405/416	15,00
	51	TECON 2	TECON 2	416/426	13,70
	52	TECON 1	TECON 1	426/437	13,70
53	TEV	TEV	437/452	13,70	

A geometria dos acessos aos berços buscou majorar as direções de onde o navio pode alcançar o berço, eliminando arestas pronunciadas nas extremidades das áreas de acesso e ajustando segmentos curvos entre o alinhamento perpendicular ao berço e o canal de navegação, tanto para montante como para jusante e do berço mais profundo para o mais raso.

A Figura 5-21 ilustra o padrão do traçado geométrico adotado para os acessos aos berços. Estão indicadas as diferentes áreas de acesso aos terminais, diferenciadas por cores alternadas em função de sua profundidade. Cada área, colorida de verde ou amarelo, indica o patamar horizontal previsto desde o alinhamento do cais até a concordância com o talude da soleira do canal de acesso.

Tal padrão de geometria dos berços e acesso aos berços está de acordo com o estabelecido pelo relatório C-755/94-13 - *Parâmetros de Dragagem junto aos Berços de Atracação*, [4] elaborado pelo Eng^o Constantino Angelino Neto, consultor da CODESP.

Ainda segundo o relatório C-755/94-13 [4], especial atenção deve ser dada à transição na direção longitudinal ao cais entre o berço do Armazém 11, com profundidade de 7,30m, e o Armazém 12, com profundidade de 11,30m. O relatório recomenda dragar um talude vertical afastado 15m do final da cortina de estacas pranchas, do lado do

Armazém 12, deixando o talude se acomodar naturalmente.

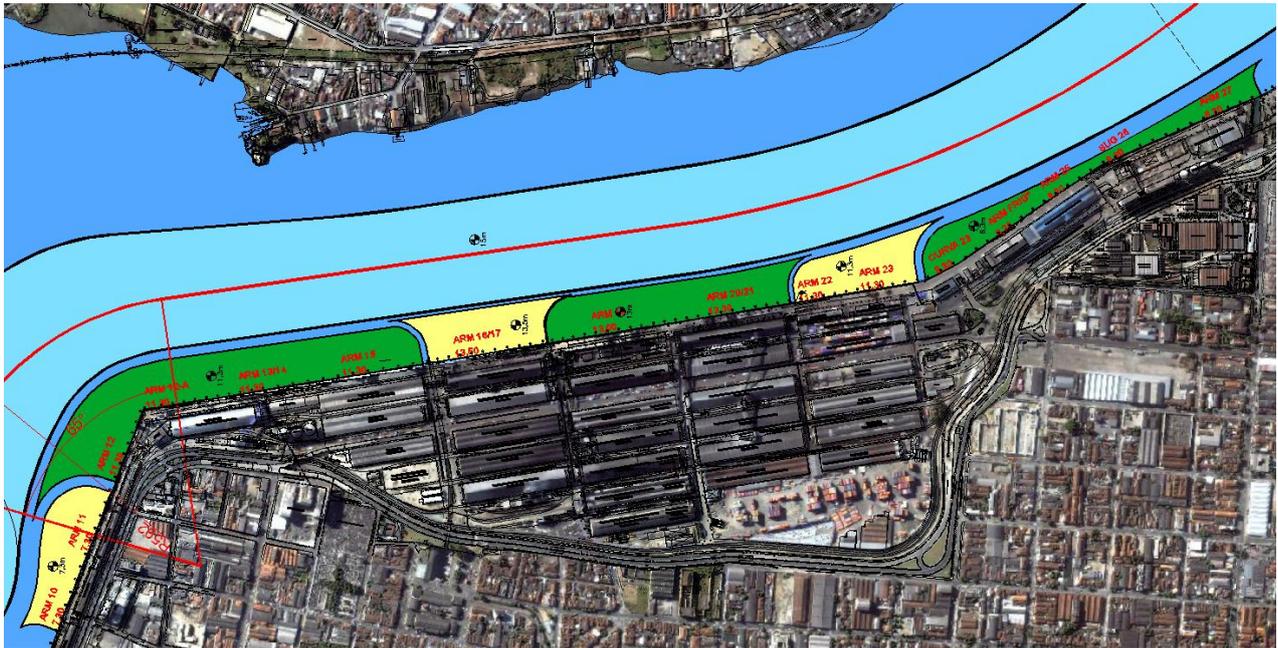


Figura 5-21 - Ilustração do padrão da geometria definida para os acessos aos berços. Repara-se as diferentes profundidades dos berços, distinguidos por cores alternadas, e seu alinhamento com o canal de navegação, a partir das maiores profundidades.

A Figura 5-22 proporciona uma representação em perspectiva tridimensional da geometria projetada para a infraestrutura náutica do complexo portuário santista. Fica evidenciada nessa figura a variabilidade das profundidades definidas para os berços e o canal de acesso.

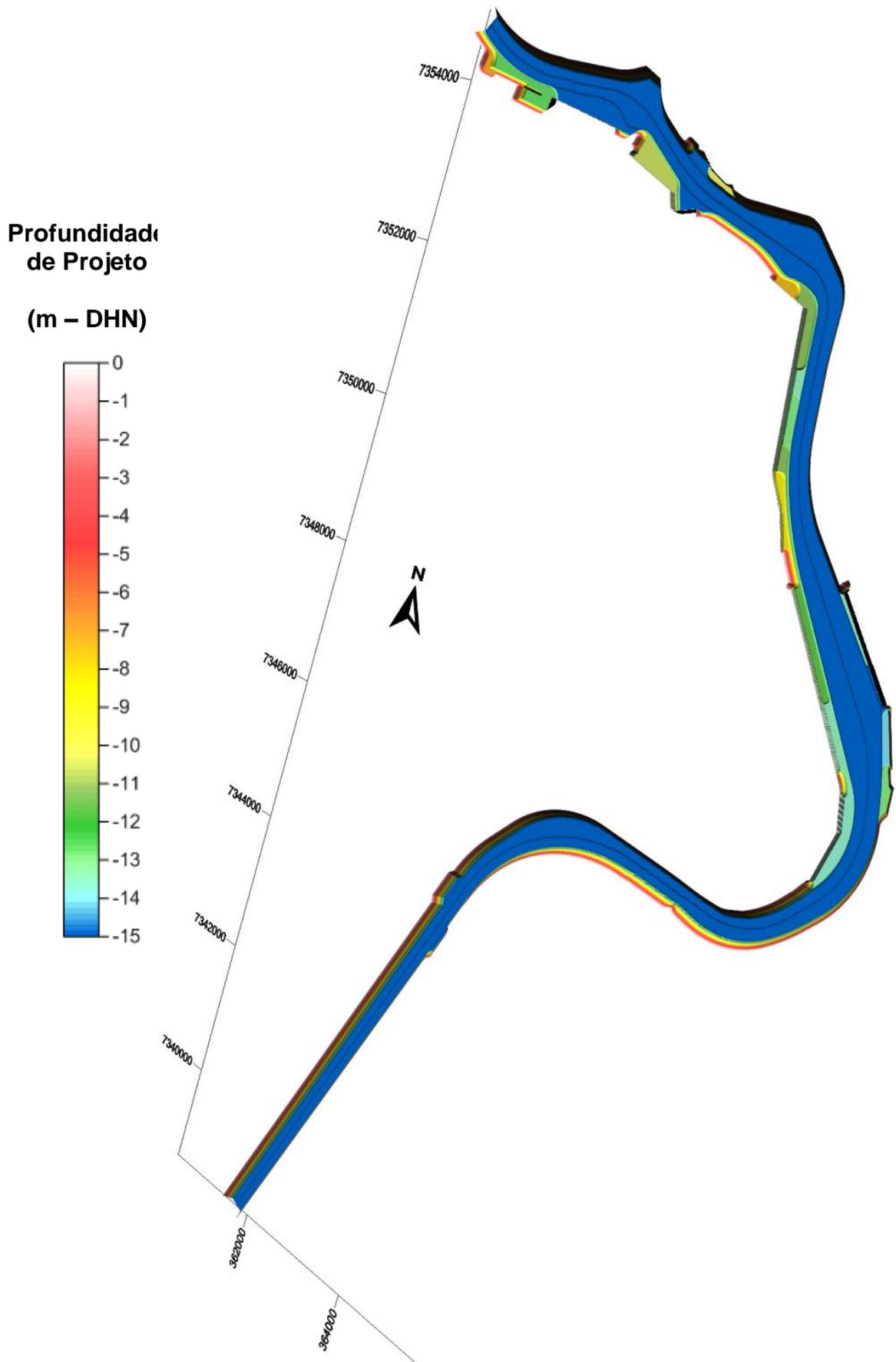


Figura 5-22 - Representação em perspectiva 3D da geometria projetada para a infraestrutura náutica do Complexo Portuário de Santos.

6 VOLUMES DE DRAGAGEM NO PORTO DE SANTOS

Os volumes de dragagem apurados nesse anteprojeto foram separados por dois seguimentos de projeto, de acordo com o dimensionamento das intervenções de dragagem correspondentes, como segue:

- Dragagem de readequação da geometria do Canal de Acesso Aquaviário; e
- Dragagem de Manutenção das Profundidades do Canal de Acesso Aquaviário.

6.1 Dragagem de Readequação da Geometria do Canal de Acesso Aquaviário

Para o projeto de dragagem de Readequação do Porto de Santos, os volumes de material a ser retirado do leito do canal foram calculados pela diferença entre a geometria da readequação do canal de acesso aquaviário projetada e a superfície batimétrica composta pelas informações mais recentes e abrangentes de batimetria disponibilizadas pela CODESP.

O cálculo do volume foi realizado pelo programa computacional *Surfer*, desenvolvido pela empresa *Golden Software Inc.*, através da construção de malhas regulares isoespaçadas em 2m, uma interpolando os dados de batimetria e outra os dados da geometria do canal de projeto, ao longo de toda a superfície da área de interesse e posterior subtração entre elas, encontrando-se as alturas de corte para cada ponto da malha e multiplicando-se pela área representada por cada ponto.

6.1.1 Dados de Batimetria

O levantamento batimétrico principal do canal, utilizado para a composição do mosaico de batimetrias e elaboração da superfície batimétrica utilizada para o cálculo de volumes a dragar, foi realizado pela empresa HIDROTOP Construções, Importação e Comércio Ltda. no período de 15/03/2013 à 14/5/2013, abrangendo toda a extensão do canal. O levantamento está representado nos desenhos HCICL-012-2013-001-np03 à HCICL-012-2013-014-np03, disponibilizados pela Autoridade Portuária.

Nas regiões junto aos berços foi composto um mosaico de levantamentos, relacionados pela CODESP, realizados entre 2006 e 2013 e foram utilizados para complementar as áreas não levantadas pela campanha de abril e maio.

A superfície batimétrica resultante está representada nos desenhos INPH-169-130 A à F - *Anteprojeto de Dragagem de Manutenção e de Readequação da Geometria do Canal de Acesso Aquaviário e dos Berços de Acostagem do Complexo Portuário de Santos – SP – Levantamento Batimétrico*, encontrados no Volume II – Desenhos desse relatório, e ilustradas na Figura 6-1.

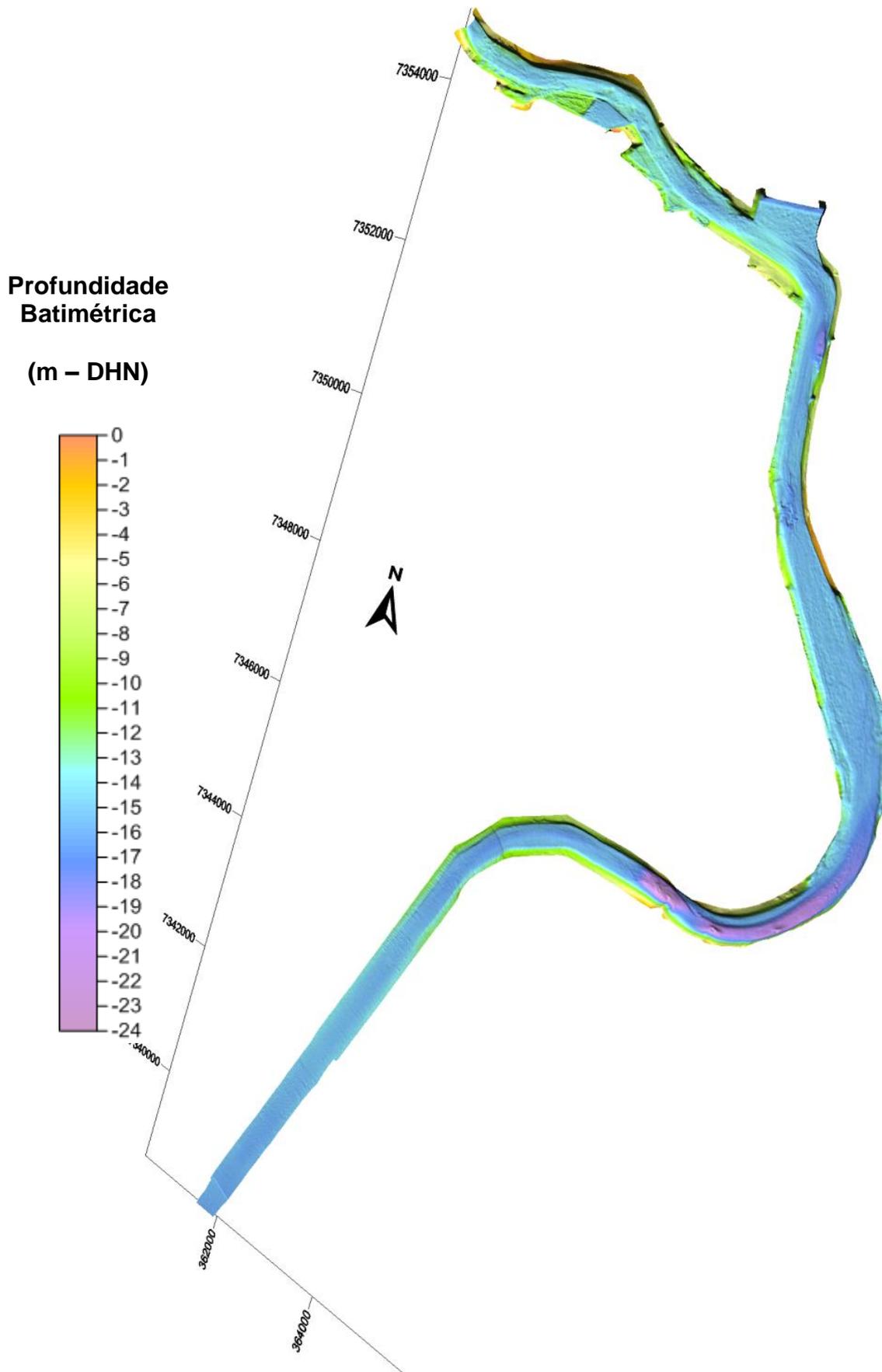


Figura 6-1 – Representação em perspectiva tridimensional da superfície batimétrica do canal de acesso aquaviário do Porto de Santos, resultante do mosaico de batimetrias disponíveis, utilizada para cálculo dos volumes a dragar.

6.1.2 Metodologia de Cálculo de Volumes

Devido às particulares do processo de dragagem e seus equipamentos, bem como a disponibilidade restrita de acesso às áreas dos berços de atracação, conforme serão descritos no item 7, o canal de acesso aquaviário de Santos foi subdividido em 3 áreas:

Canal Externo – considerando a fração do canal situada em ambiente costeiro e sujeita à ação de ondas. Compreende desde a extremidade marítima ao sul do canal até o limite do berço do Armazém 39.

Canal Interno e Acesso aos Berços – considerando a parte abrigada do canal a partir do Armazém 39, inclusive, até a extremidade de montante do canal, a Noroeste, na região da Alemoa, incluindo também as áreas de acesso aos berços.

Berços de Atracação – considerando uma faixa de 60m de largura a partir da estrutura de acostagem de cada terminal. Os berços de atracação integrantes desse projeto estão listados na Tabela 5-5, sendo subdivididos em três trechos (1 – vermelho; 2 – amarelo e 3 – verde), de acordo com a região do canal onde estão localizada e as respectivas distâncias de transporte do material até a região de descarte.

A Figura 6-2 elucida as áreas consideradas para o cálculo de volumes e projeto de dragagem.

6.1.2.1 Tolerâncias de Dragagem

Para o trecho do canal externo foi definida uma tolerância de dragagem de 0,7m, em virtude da incidência de ondas no local, o que confere imprecisão ao processo de dragagem, além de ser conveniente uma tolerância adicional à profundidade do canal de acesso na área exposta à vagas.

Para o trecho do canal interno foi definida uma tolerância de dragagem de 0,4m, um valor considerado adequado às condições abrigadas do canal e aos equipamentos de dragagem previstos. Ao mesmo tempo, esse valor vai de encontro ao previsto pelo relatório C-755/94-13 [4].

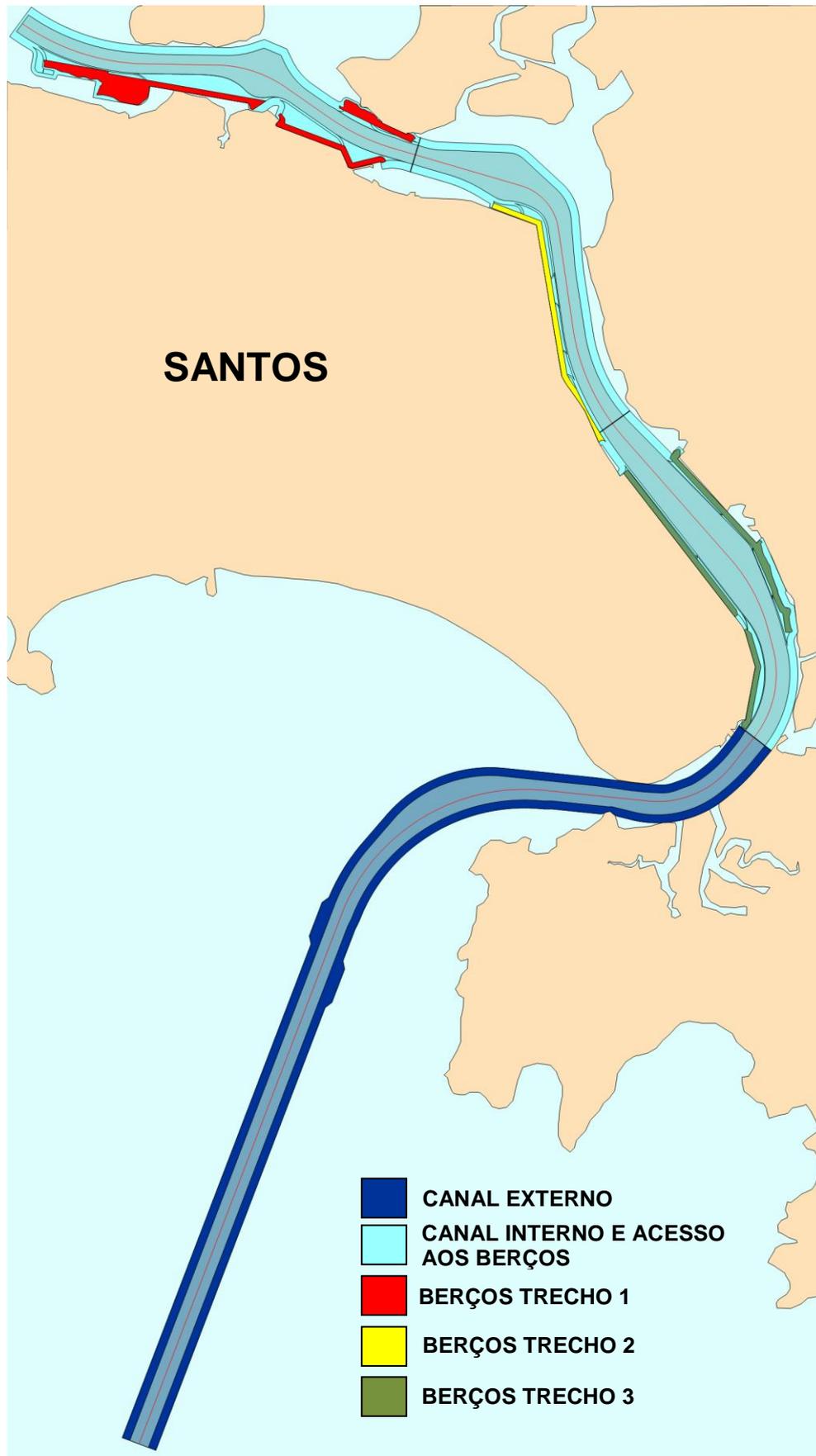


Figura 6-2 - Áreas do Projeto do Acesso Aquaviário do Porto de Santos.

6.1.2.2 Determinação das Alturas de Corte de Dragagem

As alturas de corte de dragagem apontam a localização e espessura das camadas de material a serem removidos para que se atinja a profundidade de projeto em determinada área. Foram determinadas pela diferença entre a superfície batimétrica e a geometria de projeto. Nos pontos da malha onde as alturas de corte são maiores do que zero, ou seja, nos locais onde existem materiais a serem dragados, foram também acrescentadas as tolerâncias de dragagem (ver item 6.1.2.1).

Nota-se que as áreas de berços, consideradas nos cálculos de volume (faixa de 60m a partir do alinhamento das estruturas de acostagem), estão destacadas com uma hachura listrada na cor cinza.

O desenho INPH-169-131 - *Anteprojeto de Dragagem de Manutenção e de Readequação da Geometria do Canal de Acesso Aquaviário e dos Berços de Acostagem do Complexo Portuário de Santos – SP – Localização e Espessura do Material a Dragar*, encontrado no Volume II – Desenhos desse relatório, revela as alturas de corte calculadas por toda a superfície do canal de navegação, berços e seu acessos, de acordo com a geometria de projeto do canal e com a superfície batimétrica considerada.

Nos espaços não alcançados pelos dados batimétricos, valeu-se da interpolação numérica gerada pelo programa *Surfer*, a partir das áreas circunvizinhas, de modo a atribuir valores esperados para esses pontos da malha tridimensional batimétrica. Os valores interpolados foram utilizados para os cálculos de volumes.

Na Figura 6-3 estão desenhadas as alturas de corte para as áreas de canal externo. Na Figura 6-4 estão desenhadas as alturas de corte para as áreas de canal interno, berços e acesso aos berços região denominada berços trecho 1. Na Figura 6-5 estão desenhadas as alturas de corte para as áreas de canal interno, berços e acesso aos berços região denominada berços trecho 2. Na Figura 6-6 estão desenhadas as alturas de corte para as áreas de canal interno, berços e acesso aos berços região denominada berços trecho 3.

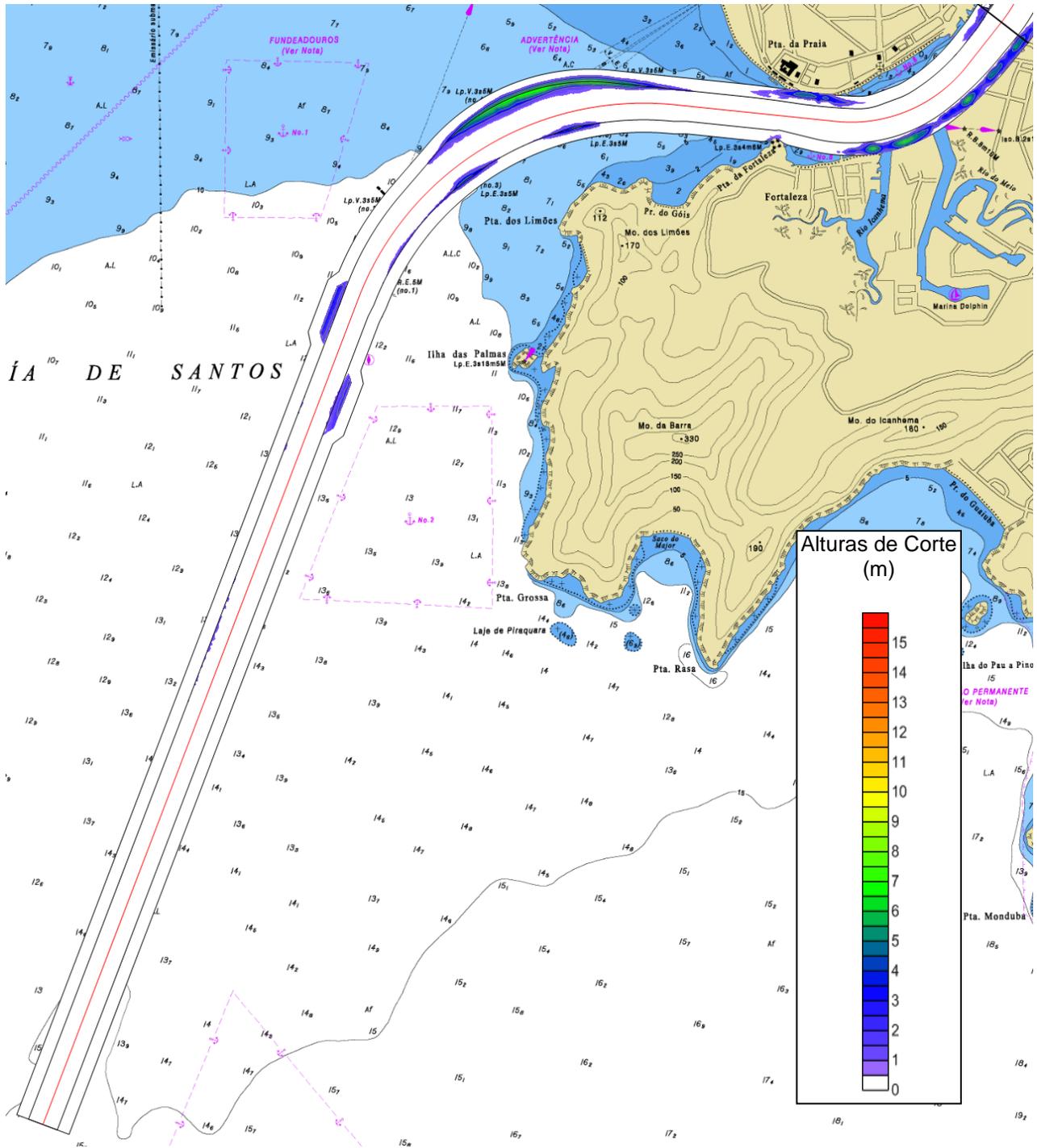


Figura 6-3 - Alturas de corte de dragagem na área denominada Canal Externo.

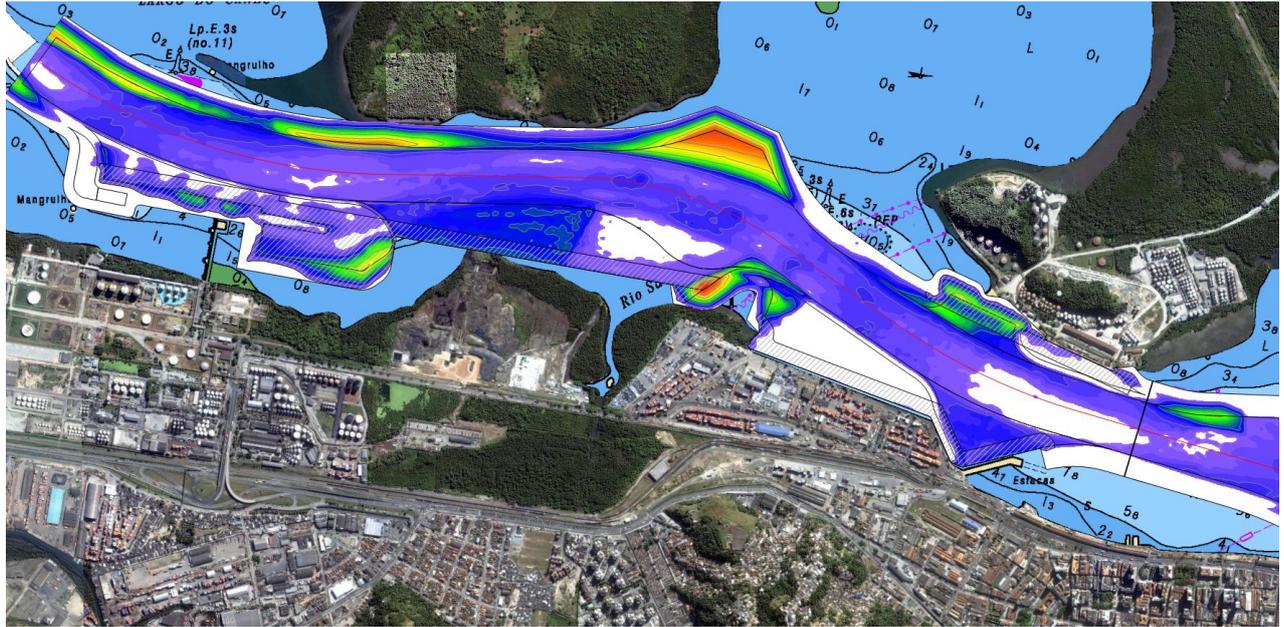


Figura 6-4 - Alturas de corte de dragagem nas áreas denominadas Canal Interno e Acesso aos Berços e Berços Trecho 1, no limite norte do canal. As áreas consideradas berços destacadas com hachura listrada na cor cinza.

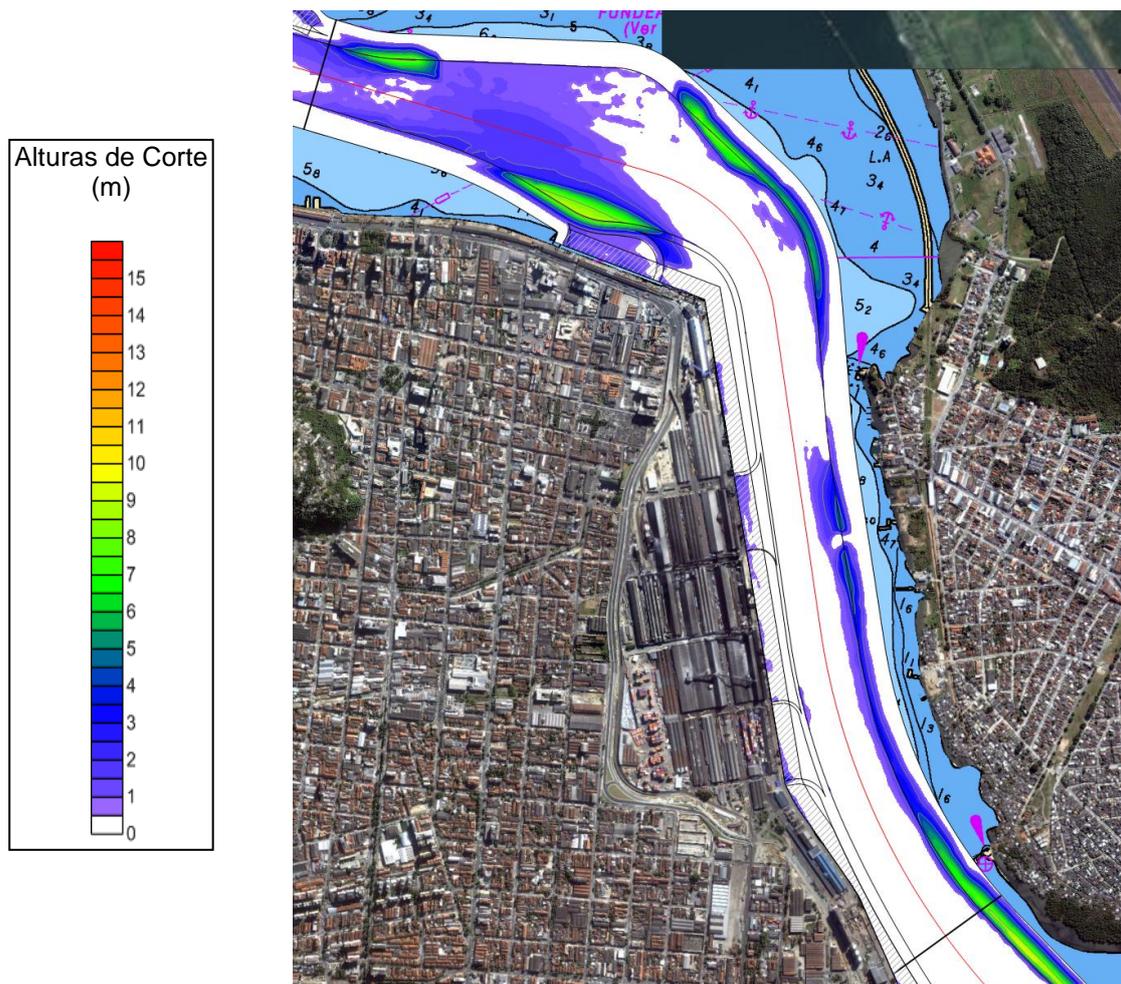


Figura 6-5 - Alturas de corte de dragagem nas áreas denominadas Canal Interno e Acesso aos Berços e Berços Trecho 2. As áreas consideradas berços destacadas com hachura listrada na cor cinza.

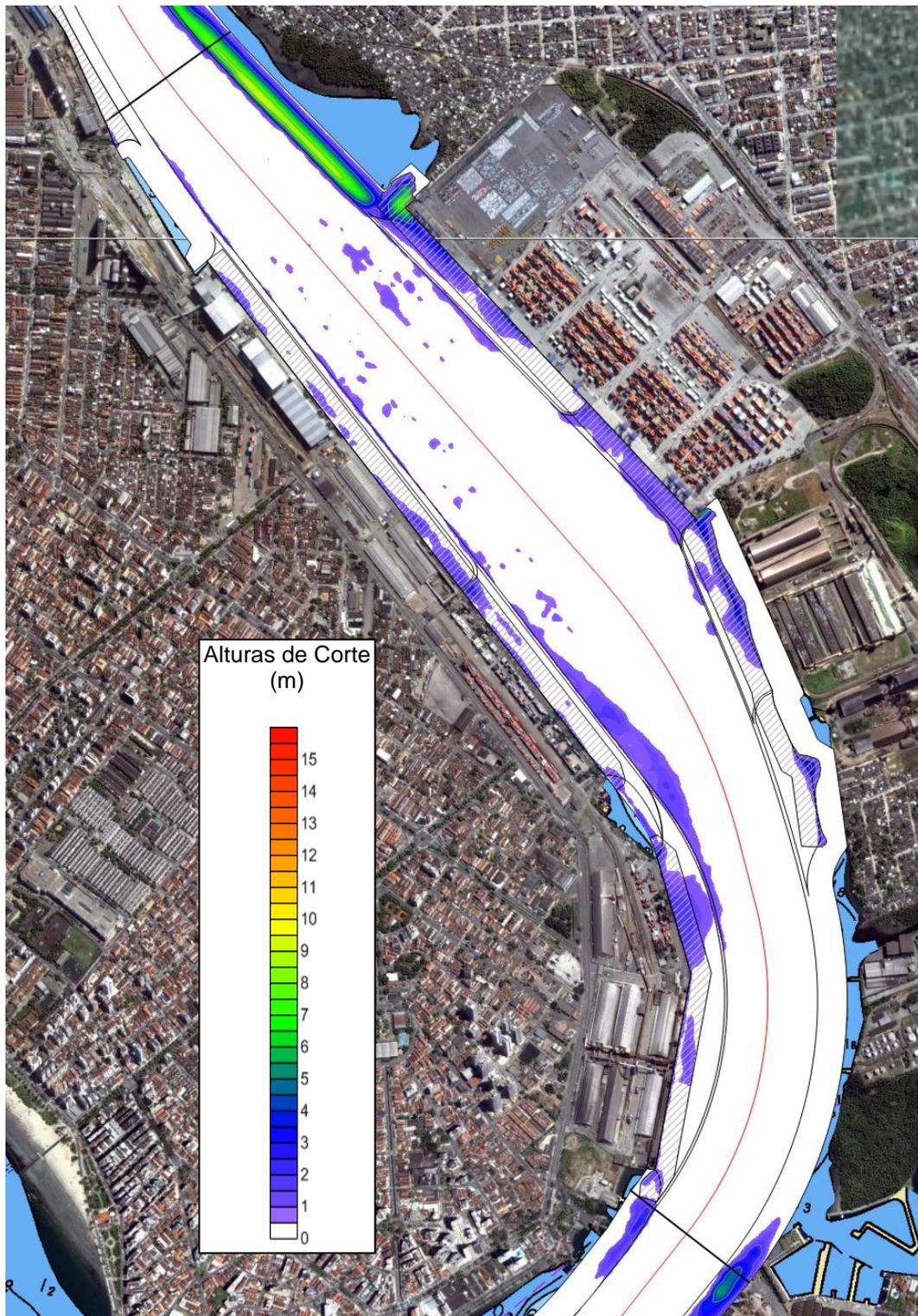


Figura 6-6 - Alturas de corte de dragagem nas áreas denominadas Canal Interno e Acesso aos Berços e Berços Trecho 2. As áreas consideradas berços destacados com hachura listrada na cor cinza.

6.1.2.3 Dragagem da Área da Brasil Terminal Portuário

A Brasil Terminal Portuário (BTP) é um terminal multiuso privado, ainda em fase de instalação, localizado no bairro da Alemoa, porção norte do Porto Organizado de Santos.

Operando parcialmente desde o dia 14 de agosto de 2013, a dragagem de sua infraestrutura náutica, composta por seu berço de acostagem e acesso ao berço, além da bacia de manobra, é objeto de contrato vigente e em execução, sendo seu escopo sobreposto ao deste projeto de readequação do canal (vide Figura 5-18).

Em vista disso, como o cálculo de volumes foi realizado com base nas informações atuais de batimetria da área, foi calculado o volume relativo à área contemplada pela dragagem da BTP, conforme demonstra a Figura 6-7, sendo seu valor descontado do volume total desse projeto, como explanado no item 6.1.3, abaixo.

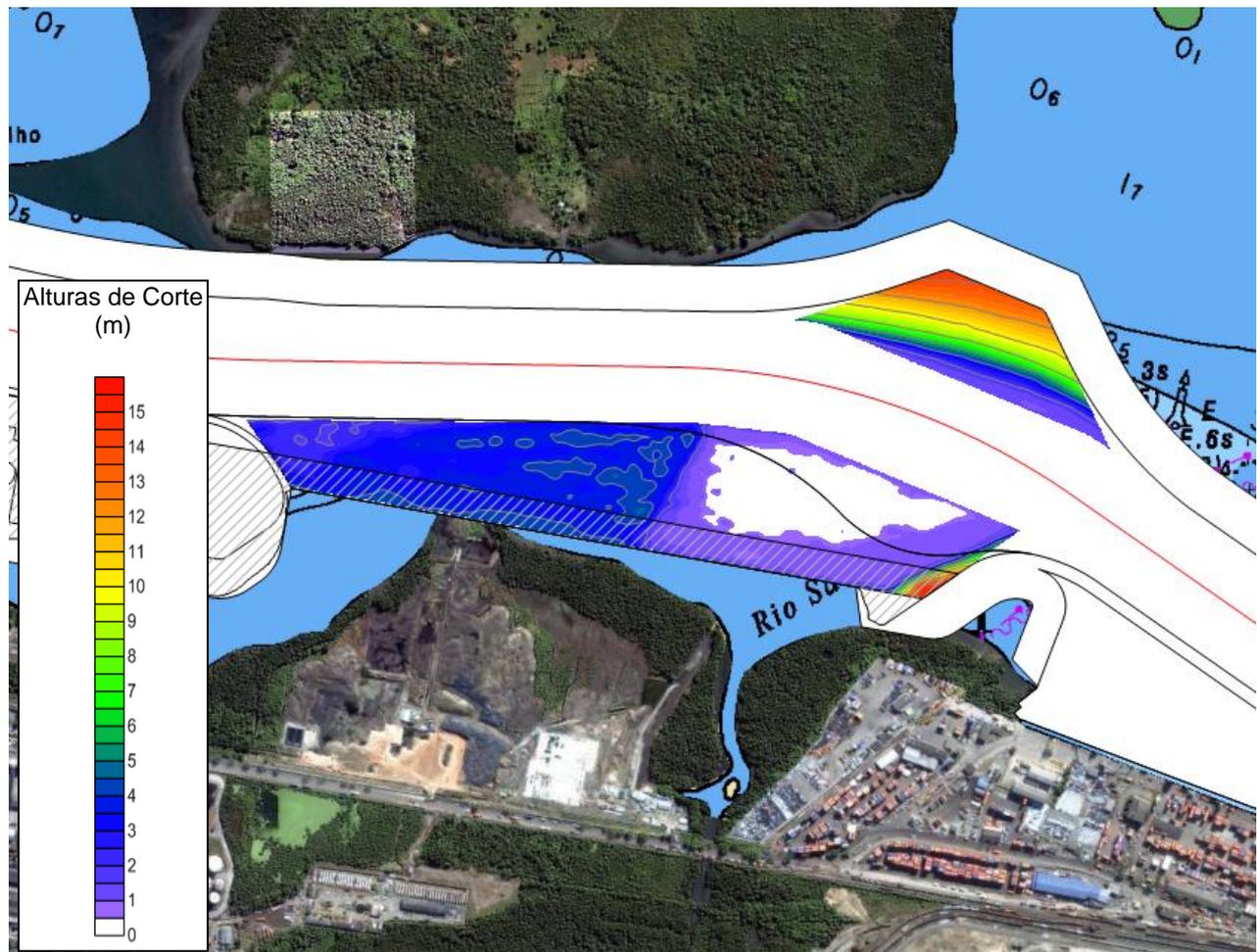


Figura 6-7 - Alturas de corte de dragagem nas áreas contempladas pela dragagem atual da BTP. O volume de material a ser dragado nessa região foi retirado do escopo desse projeto.

6.1.3 Planilhas de Cálculo de Volumes

Os cálculos de volumes realizados pelo programa Surfer e as distâncias médias de transporte até o bota-fora são resumidos nas tabelas abaixo (Tabela 6-1, Tabela 6-2 e Tabela 6-3).

**Tabela 6-1 - Planilha de Cálculo de Volumes Integral, incluindo a área da BTP, e distâncias médias de transporte até a área de descarte oceânico.**

Área		Volume (m ³)			Dist. Méd. de Transp. DMT (MN)
		Projeto	Tolerância	Total	
Canal	Externo	945.514,22	338.904,92	1.284.419,14	8,71
	Interno (+ Acesso aos Berços)	5.747.081,51	1.056.246,95	6.803.328,45	15,36
	Sub-total			8.087.747,59	
Berços	Trecho 1	844.125,39	145.945,53	990.070,92	16,30
	Trecho 2	22.782,25	17.288,78	40.071,03	13,67
	Trecho 3	168.097,76	70.882,03	238.979,79	11,43
	Sub-total			1.269.121,74	
TOTAL GERAL				9.356.869,33	

Tabela 6-2 - Planilha de Cálculo de Volumes da área da BTP.

Área		Volume (m ³)		
		Projeto	Tolerância	Total
BTP	Canal Interno (+ Acesso aos Berços)	980.917,70	98.286,65	1.079.204,35
	Berços - Trecho 1	149.964,46	28.255,67	178.220,12
	Total	1.130.882,16	126.542,32	1.257.424,48

Tabela 6-3 - Planilha de Cálculo de Volumes Final, subtraindo a área da BTP, e distâncias médias de transporte até a área de descarte oceânico.

Área		Volume (m ³)			Dist. Méd. de Transp. DMT (MN)
		Projeto	Tolerância	Total	
Canal	Externo	945.514,22	338.904,92	1.284.419,14	8,71
	Interno (+ Acesso aos Berços)	4.766.163,81	957.960,30	5.724.124,10	15,27
	Sub-total			7.008.543,24	
Berços	Trecho 1	694.160,93	117.689,87	811.850,79	16,24
	Trecho 2	22.782,25	17.288,78	40.071,03	13,67
	Trecho 3	168.097,76	70.882,03	238.979,79	11,43
	Sub-total			1.090.901,61	
TOTAL GERAL				8.099.444,85	

6.1.4 Comentários sobre o Cálculo de Volumes de Dragagem de Readequação da Geometria do Canal de Acesso Aquaviário

Como já relatado acima, os cálculos de volumes foram feitos com base em dados de batimetria disponíveis atualmente, e com a geometria de projeto aqui desenvolvida.

Nas fases de elaboração dos projetos básicos e executivos de dragagem deverá ser feito um novo levantamento batimétrico abrangendo 100% das áreas de interseção com a geometria do canal, como é de praxe, devendo assim serem ajustados os volumes de dragagem para readequação da geometria do canal de acesso aquaviário.

O Complexo Portuário de Santos encontra-se em constante evolução, como, por exemplo, com a implantação de novos terminais, readequação de terminais existentes, execução de obras de reforço estrutural nas instalações de atracação de terminais de forma a aumentar seu caldo operacional e a participação no Programa de Dragagens e Arrendamentos do Governo Federal. Em vista disso, eventuais alterações na geometria desse projeto poderão ser incluídas como aditivo no escopo contratado, sendo objeto de estudo e licenciamento específicos, e mensurados por volume unitário de dragagem.

6.2 Dragagem de Manutenção das Profundidades do Canal de Acesso Aquaviário

Conforme descrito anteriormente, o estuário de Santos exerce a função de receber as descargas de drenagem da sua bacia hidrográfica. Isso implica no constante aporte de sedimentos, que são, em parte, depositados no leito de suas áreas utilizadas para navegação. Paralelamente, na região de sua foz, os processos costeiros, dominados pela ação das ondas, também carregam sedimentos para o interior de seu canal de acesso náutico. Tais processos reduzem sua lâmina d'água útil, afetando sensivelmente as operações portuárias.

De forma a determinar uma estimativa da taxa de dragagem anual de manutenção do canal de acesso e bacias de evolução do Porto de Santos para as cotas atuais – 15,00 m (DHN), a CODESP contratou um estudo da evolução dos fundos do sistema estuarino e estimativa das taxas volumétricas anuais de dragagem de manutenção junto à empresa Argonáutica Engenharia e Pesquisas. O relatório intitulado *Estimativa da Taxa de Dragagem Anual de Manutenção do Canal de Acesso e Bacias de Evolução do Porto de Santos Após a Obra de Dragagem de Aprofundamento para Cota -15,00 m (DHN) e Alargamento* (Anexo I), coordenado pelo Eng^o Paolo Alfredini, especialista em hidráulica marítima e engenharia portuária e Professor Titular da Universidade de São Paulo, define valores esperados para os volumes anuais de assoreamento no canal e nos berços e será utilizado como referência para a quantificação e contratação dos serviços de dragagem de manutenção no canal do porto.

6.2.1 Metodologia Utilizada para a Determinação dos Volumes

O estudo do Prof. Alfredini [2] adotou a seguinte metodologia:

1. Levantamento e triagem da documentação técnica pretérita (Referências Bibliográficas);
2. Levantamento e triagem da documentação técnica de sondagens batimétricas com arquivo digital de 1997 a 2003 e do alargamento e aprofundamento com manutenção para a cota – 15,0 m (DHN);
3. Levantamento dos períodos e volumes de dragagem. Não foi possível dispor dos dados de 2010 a 2013, mas tão somente da localização das dragas por quinzena;
4. Levantamento das informações maregráficas fornecidas pela Santos Pilots;
5. Estudo do clima ondulatório de 1980 a 2012;
6. Estudo hidrológico dos dados pluviométricos das bacias hidrográficas contribuintes ao Estuário do Canal do Porto;
7. Estimativa dos volumes de contribuição sedimentar das bacias hidrográficas ao estuário; e
8. Cálculo das taxas de sedimentação referente ao gabarito do projeto geométrico do canal de acesso entre períodos de dragagem.

6.2.2 Conclusões do Relatório

O resultado da análise dos dados disponibilizados para o Canal de Acesso e Bacias do Porto de Santos no gabarito atual na cota – 15,00 m (DHN) e 220 m de largura é transcrito na Tabela 6-4.

Foram estimadas duas faixas de valores de volumes de dragagem: uma considerando períodos de intenso aporte de sedimentos (estimativa superior) e outra considerando valores médios (estimativa média). As áreas denominadas de 1 à 4 referem-se à nomenclatura dos trechos do canal de acesso seguida pela CODESP de jusante para montante, sendo: Área 1 - Canal da Barra (externo) ao Armazém 39; Área 2 - do Armazém 39 à Torre Grande; Área 3 - da Torre Grande ao Armazém 6; e Área 4 - do Armazém 6 à Alemoa.

Tabela 6-4 - Estimativa das taxas volumétricas anuais de dragagem no Porto de Santos (“m³ situ”), Tabelas 10 e 11 do Rel. Argonáutica.

Área	VOLUMES ANUAIS DE DRAGAGEM DE MANUTENÇÃO (m ³)			
	CANAL DE ACESSO		BERÇOS	
	Estimativa Superior	Estimativa Média	Estimativa Superior	Estimativa Média
1	2.500.000	2.200.000	-	-
2	800.000	500.000	900.000	500.000
3	1.100.000	600.000	100.000	100.000
4	2.600.000	1.600.000	1.800.000	1.100.000
TOTAL	7.000.000	4.900.000	2.800.000	1.700.000

6.2.3 Volumes Empregados para Dimensionamento da Dragagem de Manutenção

Para o dimensionamento das obras de dragagem de manutenção anual do canal de acesso foram adotados os volumes estabelecidos pela **estimativa média** realizada pelo estudo acima (Tabela 6-4).

Para o dimensionamento dos equipamentos de dragagem, verificou-se que a área considerada como Berços no relatório da Argonáutica, engloba também a área de acesso aos berços. Para fins da distribuição dos volumes por equipamentos de dragagem, detalhado adiante, foi determinada a proporção da área ocupada pelos berços e da área ocupada pelos acessos aos berços em relação à área ocupada pelos berços e acesso aos berços no traçado da readequação da geometria do canal projetada nesse relatório. Com isso foram definidos os volumes empregados para o Dimensionamento da Dragagem de Manutenção, expostos na Tabela 6-5.

Tabela 6-5 - Estimativa das taxas volumétricas anuais de dragagem empregadas para o dimensionamento da dragagem de manutenção.

Área	VOLUMES ANUAIS DE DRAGAGEM DE MANUTENÇÃO (m ³)	
	CANAL + ACESSO AOS BERÇOS	BERÇOS
TOTAL	5.948.000	652.000

7 METODOLOGIA EXECUTIVA DAS OBRAS DE DRAGAGEM

As características do local da obra são típicas de uma região portuária, onde existe um intenso tráfego de embarcações cruzando o canal principal, local da maior concentração de sedimentos a dragar e alta sensibilidade à obstruções em seu traçado. Por outro lado, nas áreas dos berços de atracação, existem acúmulos pontuais de material a dragar (assoreamento), adjacentes à elementos estruturais fixos e grandes taxas de ocupação por embarcações atracadas.

Em virtude das características físico-químicas do solo marinho, encontrado no Porto de Santos e da acessibilidade aos locais de dragagem, os equipamentos indicados para a dragagem dos volumes quantificados na Tabela 6-3 e na Tabela 6-5:

- 1- Draga Autotransportadora; e
- 2- Conjunto Draga Backhoe (Retroescavadeira Autopropulsada) + Batelão de Carga Autopropulsado.

As áreas do Canal Externo, Canal Interno e Acesso aos Berços, devido à necessidade de manter sua calha sem obstruções por equipamentos estacionários e maior produtividade, deverão ser dragadas por dragas autotransportadoras, com porte e potência compatíveis. O conjunto draga backhoe e batelão autopropelido, uma draga estacionária que dispõe de uma ferramenta precisa de corte capaz de operar próximo à estruturas de contenção e acostagem do cais ou pier, fará a dragagem dos Berços.

Todos os equipamentos deverão estar dotados de sistema de posicionamento dinâmico por satélite (DGPS) da embarcação, além de toda a instrumentação necessária ao correto georreferenciamento da ferramenta de corte sobre as faixas de dragagem, com precisão submétrica.

Deverão, também, estar providos de todos os equipamentos exigidos pela Marinha do Brasil para navegação em águas costeiras, além de sistema de rastreamento por satélite que indique “on line,” a uma central de controle em tempo real, as coordenadas de seu posicionamento e da abertura da cisterna no interior da área de descarte.

A Figura 7-1 exibe uma foto de uma Draga Autotransportadora (Hopper) operando no Porto de Santos, enquanto a Figura 7-2 ilustra um equipamento típico do tipo Draga Backhoe (escavadeira hidráulica) carregando um Batelão Autopropelido.



Figura 7-1 - Foto de uma Draga Autotransportadora – "Hopper" no Porto de Santos

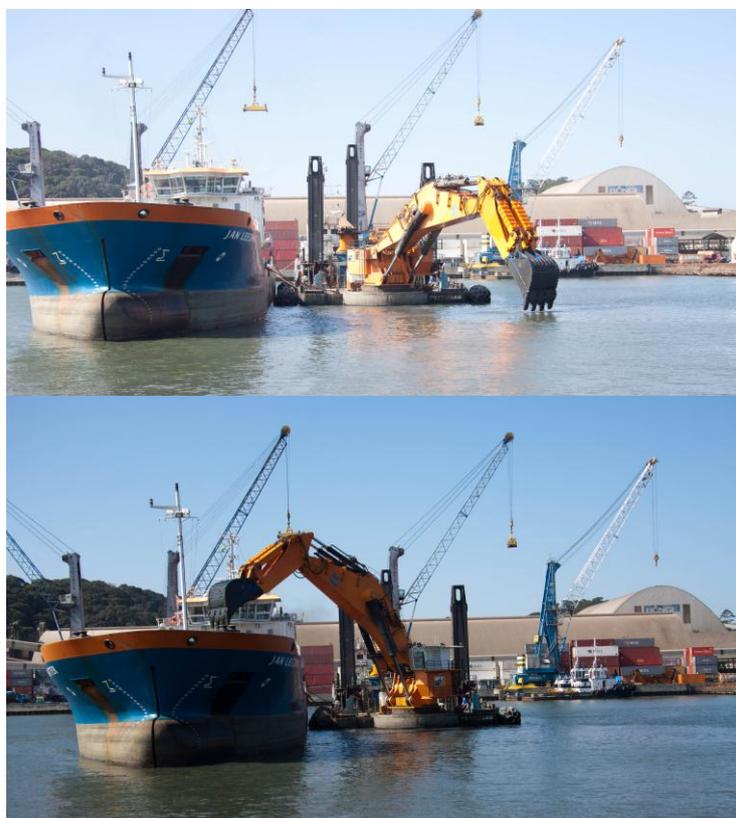


Figura 7-2 - Ilustração de uma draga tipo "Backhoe" carregando um batelão em dois instantes da operação: acima o posicionamento da ferramenta de corte para iniciar a escavação e abaixo o carregamento do batelão.

A seguir estão detalhados a área de descarte do material a ser dragado, os equipamentos a serem empregados na obra e determinados suas produtividades e prazos de execução. Ressalta-se que é imprescindível dispor de um conjunto Draga Backhoe e Batelão com produtividade compatível às janelas disponíveis para a execução da dragagem dos berços, que terão sua operação interrompida para a realização da dragagem.

7.1 Área de Descarte do Material a ser Dragado

Em conformidade com a LI nº 961/2013 emitida pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA em 19 de agosto de 2013, que autoriza a CODESP a realizar dragagem de manutenção no Porto de Santos, os sedimentos a serem dragados deverão ser dispostos no Polígono de Disposição Oceânica, com as seguintes coordenadas geográficas (Tabela 7-1):

Tabela 7-1 - Coordenadas do Polígono de disposição Oceânica o material a ser dragado.

COORDENADAS – Datum WGS 84			
Geográficas		UTM	
Lat	Long	E	N
-24° 06'01,3"	-46° 23'51,2"	357.955	7.333.954
-24° 06'04,5"	-46° 17'57,0"	367.955	7.333.954
-24° 08'14,5"	-46° 17'58,3"	367.955	7.329.954
-24° 08'11,4"	-46° 23'52,6"	357.955	7.329.954

A localização da área de dragagem e da área de descarte do material a ser dragado estão definidas no desenho INPH-169-132 - *Anteprojeto de Dragagem de Manutenção e de Readequação da Geometria do Canal de Acesso Aquaviário e dos Berços de Acostagem do Complexo Portuário de Santos – SP – Localização da Obra e da Área de Descarte*, encontrado no Volume II – Desenhos desse relatório.

7.2 Equipamentos de Dragagem Especificados

A indicação dos equipamentos de dragagem tem o intuito de proporcionar a melhor configuração para a execução da obra, calcado na metodologia executiva de dragagem, nos materiais a serem dragados, nas particularidades da área em questão e na experiência da equipe técnica do INPH, com prazos e preços condizentes a serviços deste porte.

Todavia é entendido que outros “arranjos executivos” poderão ser apresentados nas fases da elaboração dos projetos básicos e executivos dos serviços de dragagem, desde que, comprovados tecnicamente, e que não excedam os prazos especificados e preços constantes da Composição de Preços Unitários – CPU, elaboradas por esse instituto,

referentes à obra em questão.

7.2.1 Dragagem de Readequação da Geometria do Canal de Acesso Aquaviário

Para a execução da dragagem de readequação da geometria do canal de acesso aquaviário são especificados os seguintes equipamentos:

1- Draga Autotransportadora “Hopper” (TSHP)

Capacidade nominal da cisterna (CIRIA [7])	11.000m ³
Velocidade média de Navegação	9 nós (MN/h)
Potência total instalada (CIRIA [7])	16.720kW

2- Conjunto Draga Backhoe + Batelão Autopropelido

Escavadeira hidráulica a bordo de embarcação autopropelida - Draga Backhoe

Capacidade nominal da caçamba	20m ³
Potência total instalada (CIRIA [7])	2.600kW

Batelão de carga autopropulsado Tipo "Split"

Capacidade nominal da cisterna (CIRIA [7])	1.650m ³
Velocidade média de transporte	9 nós (MN/h)
Potência total instalada (CIRIA [7])	1.900kW

7.2.1.1 Produtividade e Prazos Dimensionados para os Equipamentos

A seguir estão detalhados as produtividades e os prazos dos equipamentos especificados e discretizados pela área de atuação.

7.2.1.1.1 Draga Autotransportadora “Hopper” (TSHP) de 11.000m³ de cisterna – Canal Externo

Para o cálculo da produtividade desse equipamento (Tabela 7-2), serão considerados os seguintes parâmetros:

- Coeficiente de enchimento da cisterna de 85%
- Empolamento do material de 20% - (Tabela 9.1 da referência [6])
- Tempo médio de carregamento de 1 h
- Tempo médio de manobras (posicionamento e descarga) de 0,2h

- Horas de operação mensal estimadas 576 horas, incluindo paralisações para abastecimento; paralisações para recebimento de rancho; paralisações devido a manutenção corretiva; paralisações por condições adversas de clima; paralisações por tráfego de navios; paralisações para realização de batimetrias; paralisação para troca de tripulação.

Tabela 7-2 - Planilha de cálculo da produtividade mensal da Draga Autotransportadora “Hopper” (TSHP) de 11.000m³ de cisterna – Canal Externo

Descrição	Valor	Unidade
Capacidade nominal da cisterna	11.000	m ³
Coeficiente de enchimento da cisterna	85%	fator
Empolamento estimado	20%	fator
Carga real estimada (in situ)	7.480	m ³
Ciclo de dragagem		
Distância média de transporte (DMT)	8,71	MN
Velocidade média de navegação	9	MN/h
Tempo médio de viagem até a área de descarte (ida e volta)	1,94	h
Tempo médio de carregamento	1,0	h
Tempo médio de manobras (posic. e descarga)	0,2	h
Ciclo de dragagem estimado	3,14	h
Horas de operação mensais estimadas	576	h/mês
Numero estimado de ciclos mensais	184	cicl./mês
Produção mensal estimada (in situ)	1.374.072	m³/mês

O prazo estimado para este serviço de dragagem, considerando o volume total a dragar de 1.284.419,14 m³ (Tabela 6-3) é de **0,9 meses**.

7.2.1.1.2 Draga Autotransportadora “Hopper” (TSHP) de 11.000m³ de cisterna – Canal Interno e Acesso aos Berços

Para o cálculo da produtividade desse equipamento (Tabela 7-3), serão considerados os seguintes parâmetros:

- Coeficiente de enchimento da cisterna de 85%
- Empolamento do material de 20% - (Tabela 9.1 da referência [6])



- Tempo médio de carregamento de 1 h
- Tempo médio de manobras (posicionamento e descarga) de 0,2h
- Horas de operação mensal estimadas 576 horas, incluindo paralisações para abastecimento; paralisações para recebimento de rancho; paralisações devido a manutenção corretiva; paralisações por condições adversas de clima; paralisações por tráfego de navios; paralisações para realização de batimetrias; paralisação para troca de tripulação.

Tabela 7-3 - Planilha de cálculo da produtividade mensal da Draga Autotransportadora "Hopper" (TSHP) de 11.000m³ de cisterna – Interno e Acesso aos Berços

Descrição	Valor	Unidade
Capacidade nominal da cisterna	11.000	m ³
Coefficiente de enchimento da cisterna	85%	fator
Empolamento estimado	20%	fator
Carga real estimada (in situ)	7.480	m ³
Ciclo de dragagem		
Distância média de transporte (DMT)	15,27	MN
Velocidade média de navegação	9	MN/h
Tempo médio de viagem até a área de descarte (ida e volta)	1,94	h
Tempo médio de carregamento	1,0	h
Tempo médio de manobras (posic.e descarga)	0,2	h
Ciclo de dragagem estimado	4,59	h
Horas de operação mensais estimadas	576	h/mês
Numero estimado de ciclos mensais	125	cicl./mês
Produção mensal estimada (in situ)	937.985	m³/mês

O prazo estimado para este serviço de dragagem, considerando o volume total a dragar de 5.724.124,10 m³ (Tabela 6-3) é de **6,1 meses**.

7.2.1.1.3 Conjunto Draga Backhoe + Batelão Autopropelido – Berços Trechos 1, 2 e

3

O cálculo da produção do conjunto Draga Backhoe + Batelão Autopropelido é condicionado à capacidade de carga mensal da escavadeira e à capacidade dos batelões transportarem esta carga com a maior eficiência possível para que o ciclo de



dragagem não sofra solução de continuidade.

Nas diversas áreas em que irá atuar, é esperado que a Draga Backhoe terá sempre a mesma produtividade devido à similaridade do solo a ser dragado e das profundidades de projeto.

Para o cálculo da produtividade desse equipamento foi considerado que, das horas disponíveis mensais para a operação da escavadeira hidráulica, devemos diminuir as horas de paralisação para abastecimento, para recebimento de rancho, paralisações devido a manutenção corretiva, tráfego de navios, troca de tripulação, avanço do equipamento e paralisações para efetuar batimetrias e imprevistos. Adicionalmente, em reunião realizada com representantes da SEP e da CODESP, foi estabelecido que haverá dificuldades para se obter "janelas operacionais" para a dragagem dos berços, em virtude das elevadas taxas de ocupação dos terminais. Portanto o número de horas operacionais foi arbitrado em: **350h/mês**

Ciclos de carga estimados para a escavadeira

Uma retroescavadeira hidráulica autopropulsada operando sob água tem um tempo de ciclo de carga maior que uma retroescavadeira operando em terra firme, pois o posicionamento de sua caçamba no solo marinho é mais complexo do que em terra. Todavia, considerando a pouca consistência do solo a ser dragado, o INPH adota o quantitativo de 40 ciclos/hora para este tipo de serviço.

Cálculo da produção horária

$$P = 60 \times B \times G \times H \times I / S \quad (\text{www.dnit.gov.br/servicos/sicro})$$

onde:

B =	capacidade da caçamba	20m ³
G =	fator de carga	0.90
H =	fator de conversão	0,77
I =	fator de eficiência	0,83
S =	tempo total do ciclo em minutos = 60/40	1,5 min

Logo:

$$P = 460\text{m}^3/\text{h}$$

Portanto, a produção mensal estimada é:

$$P = 350 \text{ h/mês} \times 460 \text{ m}^3/\text{h} = \mathbf{161.000\text{m}^3/\text{mês}}$$



Cálculo da quantidade de batelões de carga autopropulsados recomendados

O fator que determinará a quantidade de Batelões de Carga utilizados será a relação entre o tempo de carregamento e o de transporte (tempo de ida/volta e manobras) até a área de disposição do material dragado. Para determinar a quantidade necessária de Batelões são levadas em consideração a maior e a menor DMT, comparadas com o tempo de carregamento/produção da escavadeira, como demonstrado adiante.

A menor DMT (Trecho 3) é de: 11,43MN

A maior DMT (Trecho 1) é de: 16,24MN

Segue:

Distância média de transporte	11,43MN
Velocidade média de transporte	9 nós
Tempo de carregamento estimado	
1.650 m ³ / 460 m ³ /h (produção da Backhoe)	3,59h
Tempo de transporte (ida e volta)	2,54h
Tempo de manobras (descarga e atracação no costado da Backhoe)	0,50h
Ciclo de carregamento estimado	6,63h

e :

Distância média de transporte	16,24MN
Velocidade média de transporte	9 nós
Tempo de carregamento estimado	
1.650 m ³ / 460 m ³ /h (produção da Backhoe)	3,59h
Tempo de transporte (ida e volta)	3,61h
Tempo de manobras (descarga e atracação no costado da Backhoe)	0,50h
Ciclo de carregamento estimado	7,70h

Considerando que a Draga Backhoe operará durante 350 h/mês, que equivalem a 11,67 h/dia, a escavadeira realizará 3,25 cargas por dia, de acordo com o tempo de carregamento estimado de 3,59 h. Considerando o maior ciclo do batelão, 7,70h, 1 batelão tem capacidade de realizar 3,11 viagens por dia.

Pelo exposto, o Conjunto de Dragagem será composto por **1 Draga Backhoe + 2 Batelões (tipo Split)** e sua produtividade será determinada pela produção da escavadeira = **161.000m³/mês**.

O prazo estimado para este serviço de dragagem, considerando o volume total a dragar de 1.090.901,61 m³ (Tabela 6-3) é de **6,8 meses**.

7.2.2 Dragagem de Manutenção das Profundidades do Canal de Acesso Aquaviário

Analogamente, para a execução da dragagem de manutenção das profundidades do canal de acesso aquaviário são especificados os seguintes equipamentos:

1- Draga Autotransportadora “Hopper” (TSHP)

A draga autotransportadora irá realizar os serviços de dragagem de manutenção na área do Canal de Navegação Interno e Externo e Acesso. O volume anual esperado para dragagem de manutenção nessas áreas é de 5.948.000m³ (Tabela 6-5). A distribuição desses volumes durante o ano não é homogênea, existindo períodos de grande aporte de sedimentos, relacionados à períodos de chuvas na bacia hidrográfica na região montante do canal e períodos de alta incidência de ondas na região jusante do canal (externa), e períodos de pequeno aporte de sedimentos.

A draga autotransportadora contratada deverá atuar de forma a que os gabaritos de projeto não sejam alterados e sua lâmina d’água mínima seja mantida durante 100% do tempo de contrato. A determinação da capacidade da cisterna da draga a ser utilizada, bem como sua potência instalada e produtividade deverão ser determinadas nas fases do projeto básico e executivo.

2- Conjunto Draga Backhoe + Batelão Autopropelido

Escavadeira hidráulica a bordo de embarcação autopropelida - Draga Backhoe

Capacidade nominal da caçamba	20m ³
Potência total instalada (CIRIA [7])	2.600kW

Batelão de carga autopropulsado Tipo "Split"

Capacidade nominal da cisterna (CIRIA [7])	1.650m ³
Velocidade média de transporte	9 nós (MN/h)
Potência total instalada (CIRIA [7])	1.900kW

Por conta da necessidade de a produtividade da draga atender às janelas disponíveis para a execução da dragagem dos berços, que terão sua operação interrompida para a realização da dragagem, foi mantido o conjunto 1 Draga Backhoe + 2 Batelões Autopropelidos (tipo Split) para os serviços de dragagem do volume anual de manutenção de 650.000m³ (Tabela 6-5).

A Draga Backhoe contratada deverá atuar de forma a que os gabaritos de projeto não sejam alterados e sua lâmina d’água mínima seja mantida durante 100% do tempo de contrato.

8 PROCEDIMENTOS DE CONTROLE DA DRAGAGEM

A seguir estão elencadas as principais exigências a serem estabelecidas para o controle dos serviços de dragagem.

8.1 Sistema de Vedação da Cisterna

Dragas do tipo “Hopper” e batelões de transporte possuem sistema de descarga de material pela abertura de comportas de fundo ou pela abertura do próprio casco bi-partido e articulado no sentido longitudinal. Qualquer que seja a forma construtiva, o sistema de vedação deverá estar em perfeitas condições, evitando assim vazamentos indesejáveis durante o enchimento da cisterna e ao longo do trajeto até a área de descarte. Estes vazamentos podem ocasionar turbidez acentuada nas águas do entorno.

8.2 Controle de Enchimento e "Overflow" da Draga Autotransportadora

O “overflow” é o sistema de descarga da água excedente, proveniente do transporte hidráulico dos sedimentos desde o leito marinho até o interior da cisterna. Para um maior controle da turbidez gerada no entorno da draga ou do batelão, o carregamento da cisterna deverá ser feito somente até que se consiga uma proporção de mistura água-solo adequada para transporte e lançamento na área de descarte.

Após o completo enchimento da cisterna com a mistura água-solo adequada, o equipamento passa a operar no transporte até a área de disposição oceânica. É comum em dragas que possuem “overflow” fixo, a ocorrência de transbordamentos de material ocasionados pelo balanço da embarcação durante o trajeto, principalmente em região desabrigada sujeita a ondas, ventos e correntes. Para evitar este tipo de ocorrência, o equipamento de dragagem deverá estar dotado de sistema de “overflow” com altura ajustável, para que o mesmo possa ser elevado após o enchimento da cisterna, antes do início de cada viagem.

8.3 Sistema de Rastreamento por Satélites

A draga e os batelões deverão estar equipados com sistema de rastreamento por satélites de forma que todas as suas movimentações possam ser acompanhadas por uma central de controle com o registro de suas coordenadas em tempo real.

Este sistema de rastreamento deverá possuir no entorno da área de disposição de material dragado, uma cerca eletrônica dentro da qual deverá ser efetuado o lançamento. Quando a draga adentrar ao perímetro da cerca eletrônica da área de disposição, o sistema deverá emitir na tela do computador de monitoramento, e na cabine de operação da draga, um sinal sonoro ou visual de alerta.



A contratada deverá disponibilizar à fiscalização, através da internet, e às suas expensas, acesso ao sistema mencionado, onde será permitido acessar através de no mínimo 3 (três) computadores, as informações relativas aos movimentos do equipamento de dragagem.

No momento da abertura da cisterna, o operador da draga deverá pressionar o botão de pânico do rastreador. Neste momento serão destacadas e registradas pelo sistema de rastreamento as coordenadas do ponto de lançamento.

A fiscalização poderá estabelecer multa no caso de ocorrência de abertura da cisterna fora da área delimitada pela cerca eletrônica.

O sistema de rastreamento deverá permitir que a fiscalização emita relatório sobre o equipamento da contratada contendo: datas, horários e coordenadas de posicionamento.

9 BIBLIOGRAFIA

- [1] ALFREDINI, P., Estudo sobre avaliação das taxas de evolução do fundo do canal de acesso ao Porto de Santos no período de 1997 a 2003. GH para a CODESP, 2004
- [2] ALFREDINI, P. Estimativa da taxa de dragagem anual de manutenção do canal de acesso e bacias de evolução do porto de santos após a obra de dragagem de aprofundamento para cota -15,00 m (DHN) e alargamento, Argonáutica Engenharia e Pesquisas, para a CODESP, 2013
- [3] ALONSO, U.R. & AOKI, N., Uma solução alternativa para as fundações profundas na baixada santista, In: Simpósio sobre depósitos quaternários das baixadas litorâneas brasileiras: Origem, características geotécnicas e experiências de obras, ABGE, Anais, Rio de Janeiro – RJ, 1988.
- [4] ANGELINO NETO, C., Relatório C-755/94-13 - Parâmetros de dragagem junto aos berços de atracação, para a CODESP 2013
- [5] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT, NBR 13246, Planejamento portuário - aspectos náuticos, 1995
- [6] BRAY, R.N., BATES, A.D., LAND, J.M.. Dredging - a handbook for engineers., 2ª ed., Butterworth Heinemann, 2005.
- [7] BRAY, R.N..A guide to cost standards for dredging equipment 2009 - CIRIA C 684, London, UK, 2009.
- [8] BRASIL, Marinha, Diretoria de Hidrografia e Navegação - Carta náutica 1701 – Porto de Santos
- [9] BRASIL, Marinha, Diretoria de Hidrografia e Navegação - Carta náutica 1711 – Proximidades do Porto de Santos
- [10] BRASIL, Marinha, Diretoria de Portos e Costas, Normas Orientadoras para as Capitânicas – NORIP/DPC
- [11] COMPANHIA DOCAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - CODESP, Relatório anual 2012, 2013.
- [12] COMPANHIA DOCAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - CODESP, Panorama do porto de Santos, 2013. Disponível em: <<http://www.portodesantos.com.br/imprensa.php?pagina=art1>>. Acessado em: 10 out 2013
- [13] COMPANHIA DOCAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - CODESP, Estudo de impacto ambiental, dragagem de aprofundamento do canal de navegação, bacias de evolução e berços de atracação do porto organizado de santos - Volumes I à VI, 2007.
- [14] COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS - CPRM. 1999. Projeto integração geológico-metalogenética, Folha Rio de Janeiro, Integração geológica da folha Santos SF.23-Y-D. Escala 1 : 250.000. Nota explicativa. São Paulo: CPRM. 26 p. il. + mapas
- [15] INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS HIDROVIÁRIAS - INPH; Relatório INPH nº 018 / 2007 – Projeto geométrico da infra-estrutura aquaviária ao porto de Santos-SP, para a



CODESP, 2007

- [16] INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS HIDROVIÁRIAS - INPH; Relatório INPH nº 041 / 2012 - Projeto Executivo de engenharia da dragagem dos berços, da área de acesso aos berços e bacia de evolução de navios da Brasil Terminal Portuário S/A – Santos/SP, 2012
- [17] INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS HIDROVIÁRIAS - INPH; CENTRO DE EXCELÊNCIA EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES – CENTRAN, Levantamentos geológicos básicos e projeto de infra-estrutura aquaviária no canal de acesso ao porto de Santos, para a CODESP, 2007
- [18] INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT, 1981, Mapa geomorfológico do estado de São Paulo, escala 1:1.000.000, São Paulo, 2v, IPT: Publicação 1183
- [19] MASSAD, F. 1999, Baixada santista: Implicações da história geológica no projeto de fundações. Solos e rochas, Revista latino-americana de geotecnia, 22(1): 3-49.
- [20] PARKER, B.B. e HUFF, L.C., 1998. Modern under-keel clearance management. The International Hydrographic Review. Vol. LXXV No. 2. September, 1998. Monaco
- [21] PERMANENT INTERNATIONAL ASSOCIATION OF NAVIGATION CONGRESSES – PIANC, Approach channels – a guide for design - Final report of the joint PIANC and International Association of Ports and Harbors – IAPH, 1997
- [22] PORTOBRÁS, Comitê de recomendações para obras portuárias – CROPOR, Capítulo 5, Arranjo geral e requisitos básicos



10 ANEXOS

- Anexo I** **Relatório Estimativa da Taxa de Dragagem Anual de Manutenção do Canal de Acesso e Bacias de Evolução do Porto de Santos Após a Obra de Dragagem de Aprofundamento para Cota -15,00 m (DHN) e Alargamento, elaborado pela empresa Argonáutica Engenharia e Pesquisas, coordenado pelo Eng^o. Paolo Alfredini, D. Sc. – Julho de 2013**



Anexo II Perfis Geológico-Geofísicos – ANEXO IV do Relatório INPH nº 018/2007 [17]



Anexo III Relatório INPH nº 026/2013 - Estudo de Navegabilidade do Novo Traçado Geométrico do Canal de Acesso ao Porto de Santos – SP - “Canal Externo”