

Figura 102. Precipitação Total Anual e Desvio Padrão do município de Itajaí - SC - Período de 1999 a 2010 - Estação Meteorológica Automática. Fonte: Laboratório de Climatologia - UNIVALI.

Na Figura 103, que indica a média mensal de precipitação para o período de 1999 a 2010, os meses de janeiro, fevereiro e novembro apresentam os maiores índices mensais de precipitação, acima de 140 mm. Os meses de junho e agosto apresentam os menores índices, um pouco acima de 50 mm. A média mensal ficou em 105 mm.

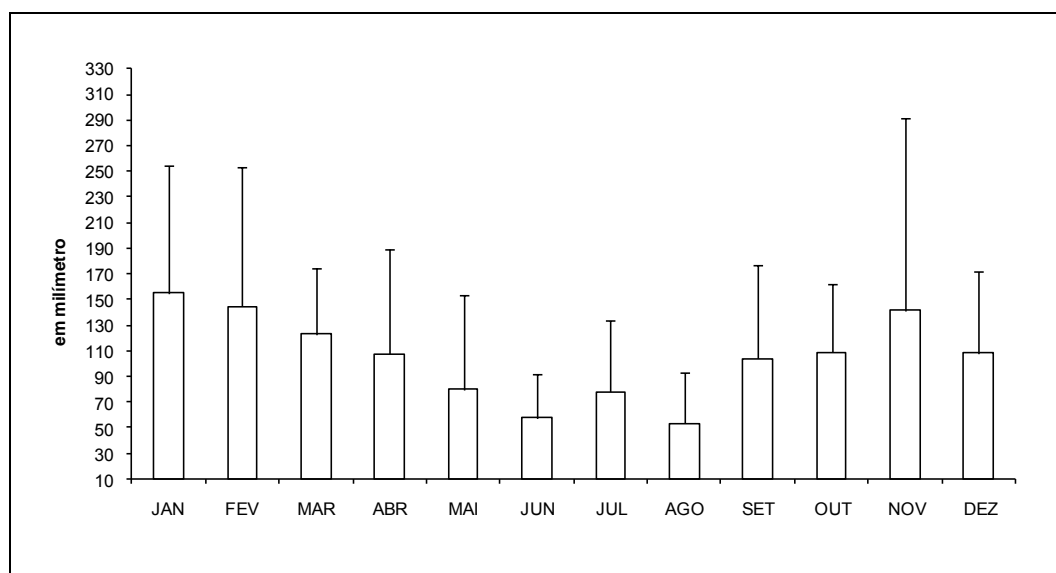


Figura 103. Precipitação Média Mensal (Média) e Desvio Padrão do município de Itajaí - SC - Período de 1999 a 2010 - Estação Meteorológica Automática. Fonte: Laboratório de Climatologia - UNIVALI.

9.1.1.3.1.1. A Enchente de Novembro de 2008

A enchente e os deslizamentos ocorridos no final de novembro de 2008 começaram a ser desenhados no mês de outubro. Nesse mês precipitou 237 mm, ou seja, 56% acima da média histórica, em 20 dias de chuva. No mês de novembro precipitou 571 mm, 343% acima da média histórica na estação da UNIVALI. Considerando-se a estação da EPAGRI, localizada no bairro Itaipava, precipitou 725,1 mm, ou seja, 437% acima da média histórica. Choveu 24 dias no mês. Do dia 19 ao dia 27 choveu na região 374,9 mm. No período mais crítico da enchente, os dias 20, 21, 22 e 23 precipitou 342,9 mm. No dia 21 precipitou em 24 horas 126,3 mm e nos dias 22 e 23 mais 80 mm em cada dia. As condições sinóticas que propiciaram essa condição de chuva permanente foram uma passagem de frente fria no dia 19 e a fixação de um sistema de alta pressão sobre o oceano que favoreceu os ventos vindos do oceano para o continente. Do dia 20 a 23 de novembro uma frente estacionária sobre a região sudeste não permitiu o deslocamento do sistema de alta pressão. Com isso, a umidade trazida pelos ventos do oceano e as características fisiográficas da região, litoral próximo das serras Geral e do Mar, favoreceu a ascendência dos mesmos a alta altitude e seu resfriamento realimentando as precipitações. Cabe ressaltar que a temperatura do oceano Atlântico Sul estava acima da média histórica favorecendo o aumento da umidade.

9.1.1.3.1.2. A Enchente de Setembro de 2011

Eventos de precipitação extrema são um dos piores problemas provocados por intempéries climáticas no Estado de Santa Catarina. Segundo levantamento da Universidade **Federal de Santa Catarina (UFSC)**, *entre 1980 a 2007 "ocorreram em Santa Catarina 1.229 inundações graduais, 701 inundações bruscas, 140 de escorregamentos, 780 de estiagens, 422 de granizos, 549 de vendavais e 43 episódios de tornados"*.

Em 2011, 68% dos municípios catarinenses com mais de 30 mil habitantes tiveram problemas com eventos climáticos. Ainda, 89% dos municípios com mais de 50 mil habitantes passaram por inundações ou deslizamentos de terra em encostas. Ou seja, os principais centros econômicos de Santa Catarina foram os mais afetados pelas chuvas.

Em setembro de 2011, 96 cidades da região foram atingidas por enchentes, enxurradas ou deslizamentos e quase 1 milhão de pessoas foram afetadas. O Município de Itajaí, um dos mais afetados, teve quase 80% de sua parte urbana ocupada pelas águas dos rios

Itajaí-Mirim e Itajaí-Açu - dados semelhantes aos ocorridos em 2008, quando ocorreu um evento similar na região.

De acordo com relatório de CPTEC (2011), na primeira semana de setembro de 2011 um sistema frontal influenciou a condição de tempo sobre Santa Catarina. No decorrer do dia 5 daquele mês uma frente fria atingiu o sudeste catarinense chegando ao litoral norte do Estado nas primeiras horas do dia 6, avançando para o Paraná onde se manteve estacionária até as primeiras horas do dia 9 de setembro, com a pista de ventos de sudeste na retaguarda deste sistema, mantendo a condição de tempo chuvoso em toda faixa leste deste Estado até as primeiras horas deste dia. O acumulado de chuva em 24h, do dia 6 ao dia 7, segundo registro do INMET, chegou a 73 mm em Campos Novos e acumulou 46 mm em Joinville. Entre os dias 7 e 8, em Campos Novos, foi registrado o acumulado de chuva de 98 mm, em Florianópolis acumulou 97 mm, em Indaial, 75 mm, em Lages, 65 mm e em Navegantes, 71 mm.

A Figura 104 (à esquerda) representa a precipitação total acumulada entre os dias 20 de Agosto e 18 de Setembro, observa-se que no centro-leste do Estado de SC houve acumulado de chuva em torno e/ou acima de 300 mm. Na ilustração à direita, nota-se anomalia positiva acima de 150 mm de precipitação para o mesmo período nesta região, ou seja, choveu pelo menos 150 mm acima do normal para este período.

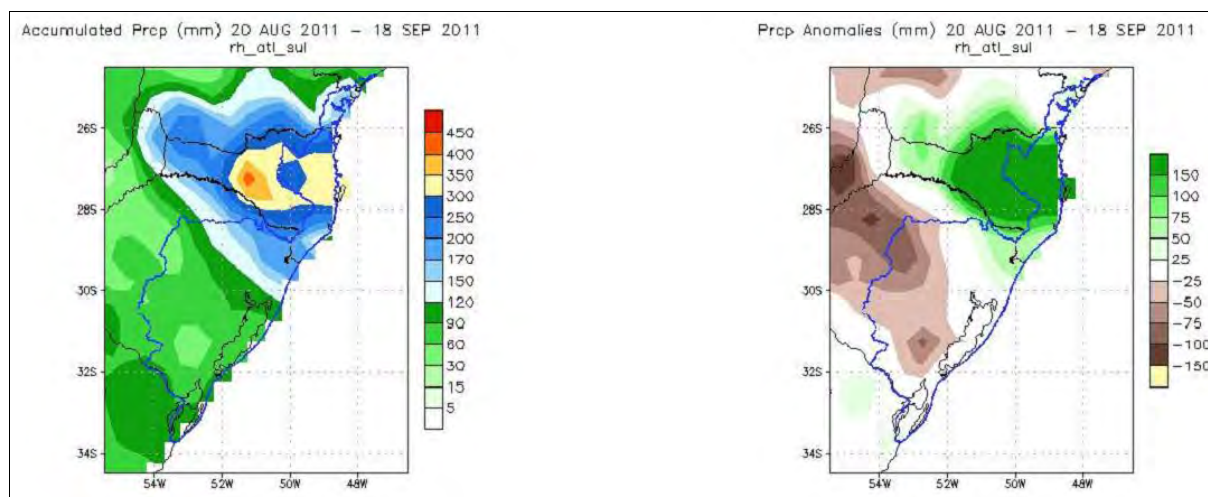


Figura 104. (a) Precipitação total acumulada entre os dias 20/08/2011 e 18/09/2011. (b) Anomalia de precipitação entre os dias 20/08/2011 a 18/09/2011.

De acordo ainda com CPTEC (2011), este sistema anticiclônico na costa da Região Sul, adveceta umidade para o continente através dos ventos de quadrante sudeste/leste devido a sua circulação. Tal fator favorece a instabilidade e a chuva, principalmente, na faixa centro-leste da região.

9.1.1.3.2. Temperatura

No período de 1980 a 2006 (Normal Climatológica), a temperatura média foi de 20,2°C, a máxima absoluta neste período foi 38,4°C em 11 de dezembro de 1980 e a mínima absoluta de 0,5°C negativo, foi observada em 3 de agosto de 1991.

No período de 1999 a 2010, a temperatura média foi de 21,6°C (Figura 105), a máxima absoluta de 35,2°C em novembro de 2002, e a mínima absoluta de 3,9°C em julho de 2000.

Utilizaram-se dados trimestrais do período de 1999 a 2010 para análise da temperatura média, máxima absoluta e mínima absoluta.

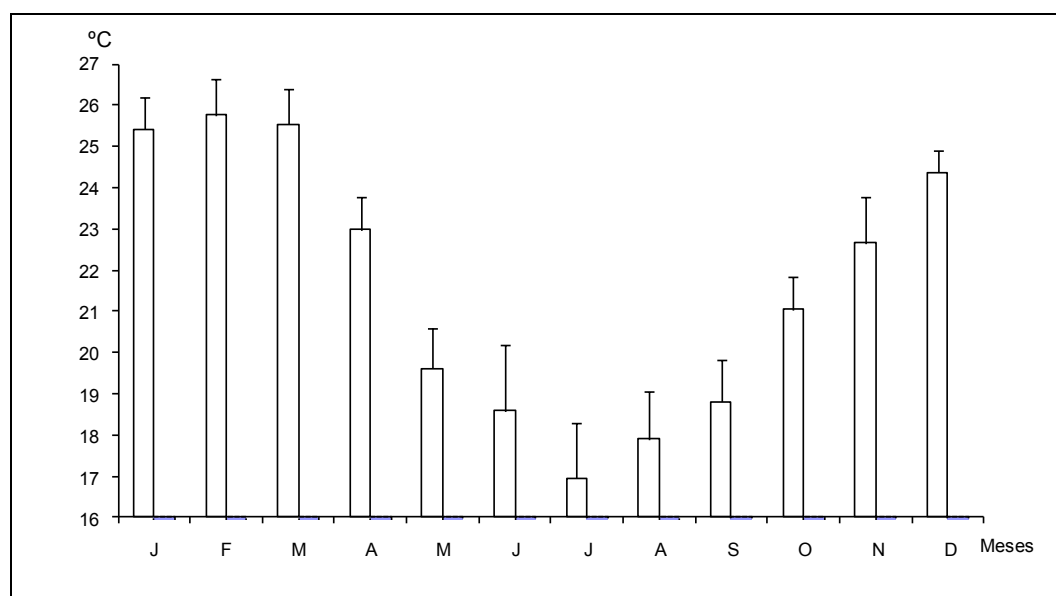


Figura 105. Temperatura Média Mensal (Média) e Desvio Padrão do Município de Itajaí - SC - período de 1999 a 2010 - Estação Meteorológica Automática. Fonte: Laboratório de Climatologia - UNIVALI.

Conforme a Figura 106 que representa o trimestre de J/F/M, o mês de fevereiro de 2003 apresentou a maior média deste trimestre com 27,4°C e março de 2004 a menor média do trimestre, com 24,0°C. A temperatura média para este trimestre ficou em 25,6°C. Observou-se também que para este trimestre as médias que predominam ficam entre 25,0 a 26,0°C. O trimestre de 2001 foi o mais quente e o trimestre de 2004 o mais frio.

Nos anos de 1999, 2000, 2001, 2006/2007 e 2008/2009 o fenômeno *La Niña*, fraco e moderado, se fazia presente, mas em fase de transição para o *El Niño*, e em 2004 foi uma fase de neutralidade (variações positivas e negativas do TSM). No segundo caso a mesma variação que ocorre com a precipitação também ocorre com a temperatura.

Desta forma observou-se que os trimestres de 1999, 2000, 2008 e 2009 corresponderam a temperaturas mais amenas.

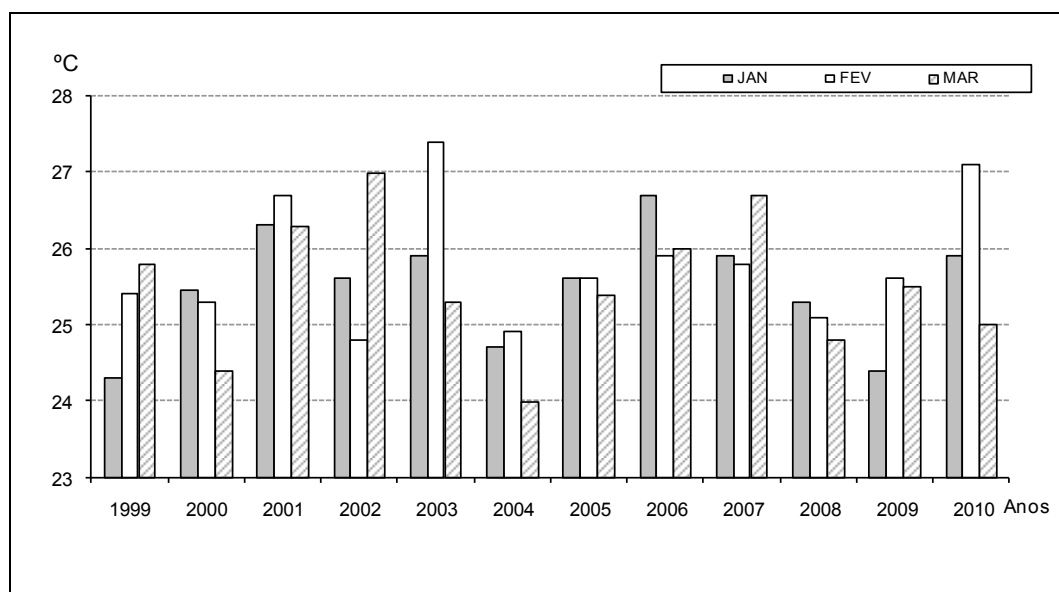


Figura 106. Temperatura Média do Município de Itajaí - SC - Trimestre de Janeiro a Março - Período de 1999 a 2010 - Estação Meteorológica Automática. Fonte: Laboratório de Climatologia - UNIVALI.

Na Figura 107, que representa o trimestre de A/M/J, a temperatura média é de 20,4°C. A menor média apresentada é de 16,6°C em junho de 2008 e a maior, de 24,0°C, em abril de 2001 e 2007. Observou-se que o ano de 1999 teve o trimestre mais frio com uma média de 19,1°C. Os trimestres mais frios foram em 1999 e 2008, anos do fenômeno *La Niña*. O trimestre mais quente foi em 2005 com uma média de 21,6°C.

O trimestre de J/A/S apresentou temperatura média de 17,8°C (Figura 108). A menor média foi em julho de 2000 com 14,4°C e a maior média de 20,4°C em setembro de 2004. O trimestre mais frio ocorreu no ano de 2000, com média de 15,8°C, e os trimestres mais quentes foram nos anos de 2001, 2006 e 2008 com média de 18,6°C. No trimestre mais frio, atuava sob a região o fenômeno *La Niña* de modo fraco passando a moderado.

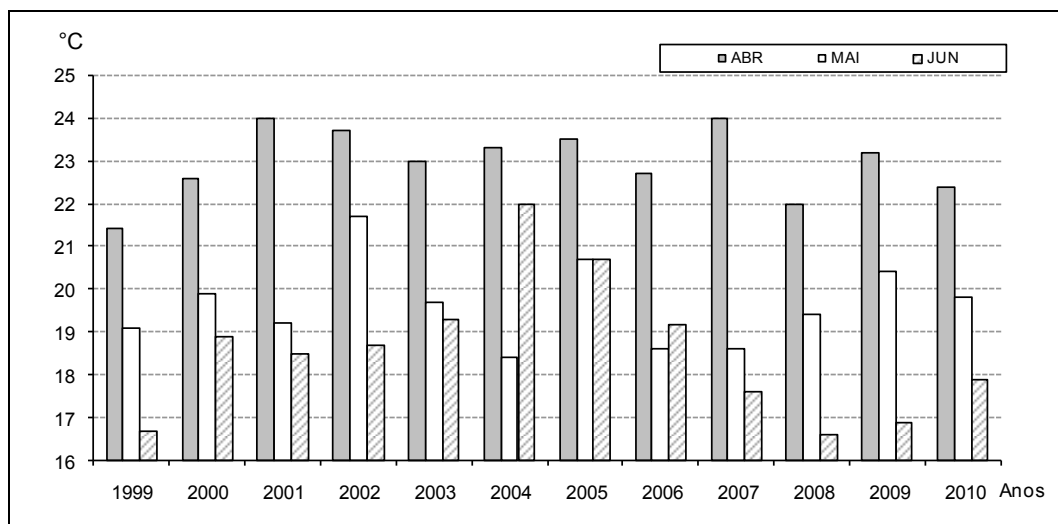


Figura 107. Temperatura Média do município de Itajaí - SC - Trimestre de Abril a Junho - Período de 1999 a 2010 - Estação Meteorológica Automática. Fonte: Laboratório de Climatologia - UNIVALI.

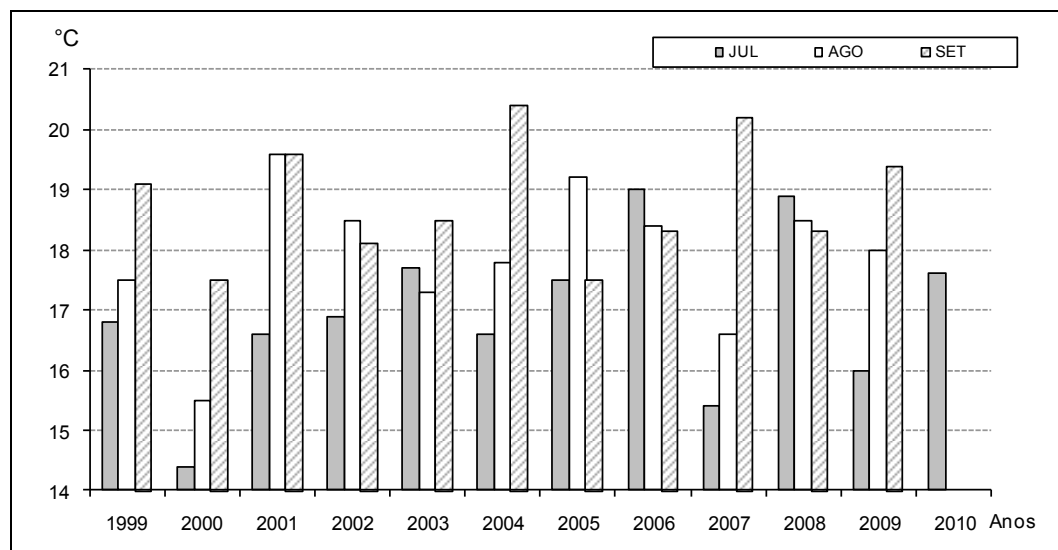


Figura 108. Temperatura Média do Município de Itajaí - SC - Trimestre de Julho a Setembro - Período de 1999 a 2010 - Estação Meteorológica Automática. Fonte: Laboratório de Climatologia - UNIVALI.

O trimestre de O/N/D apresentou temperatura média de 22,7°C (Figura 109). O trimestre mais frio foi no ano de 1999 com temperatura média de 21,6°C e o mais quente em 2009 com 23,6°C. A menor temperatura ocorreu em outubro de 1999 com 19,8°C e a maior em dezembro de 2006 e novembro de 2009, ambos com 25,2°C. Verificou-se normalidade das temperaturas em relação à estação, ou seja, outubro com temperaturas menores e dezembro com temperaturas maiores correspondendo à transição para o verão.

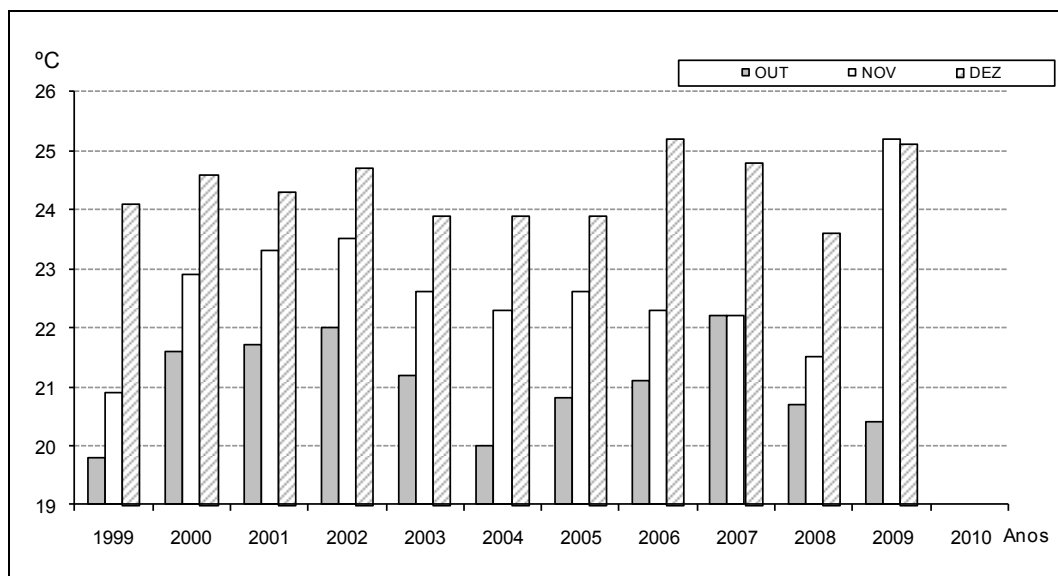


Figura 109. Temperatura Média do Município de Itajaí – SC – Trimestre de Outubro a Dezembro – Período de 1999 a 2010 – Estação Meteorológica Automática. Fonte: Laboratório de Climatologia – UNIVALI.

Na Figura 110 observa-se que o mês de março foi o que apresentou a maior média absoluta com 32,1°C e o mês de julho o de menor média com 25,3°C. Os trimestres de J/F/M e O/N/D apresentaram-se mais quentes e os trimestres de A/M/J e J/A/S os mais frios, demonstrando normalidade nas estações do ano.

Na Figura 111, Figura 112, Figura 113 e Figura 114, que representam as temperaturas absolutas nos quatro trimestres, indicam que o terceiro trimestre apresenta máximas absolutas mais baixas. A maior discrepância verificou-se no trimestre de janeiro a março do ano de 2000 com temperaturas inferiores aos outros anos.

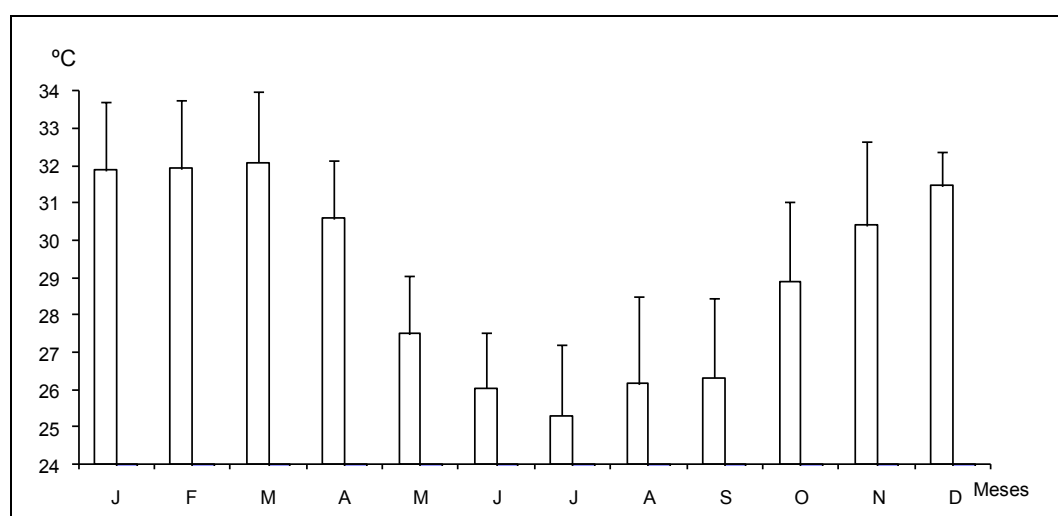


Figura 110. Temperatura Máxima Absoluta (Média) e Desvio Padrão do Município de Itajaí – SC – Período de 1999 a 2010 – Estação Meteorológica Automática. Fonte: Laboratório de Climatologia – UNIVALI.

Na Figura 111, que representa a estação de verão a média das temperaturas absolutas para o período foi de 32,0°C, o trimestre mais quente ocorreu no ano de 2002 com a média de 33,5°C e o mais frio em 2000 com média de 27,7°C. O mês mais quente foi em fevereiro de 2010 com 34,6°C e o mais frio em março de 2000 com 27,1°C.

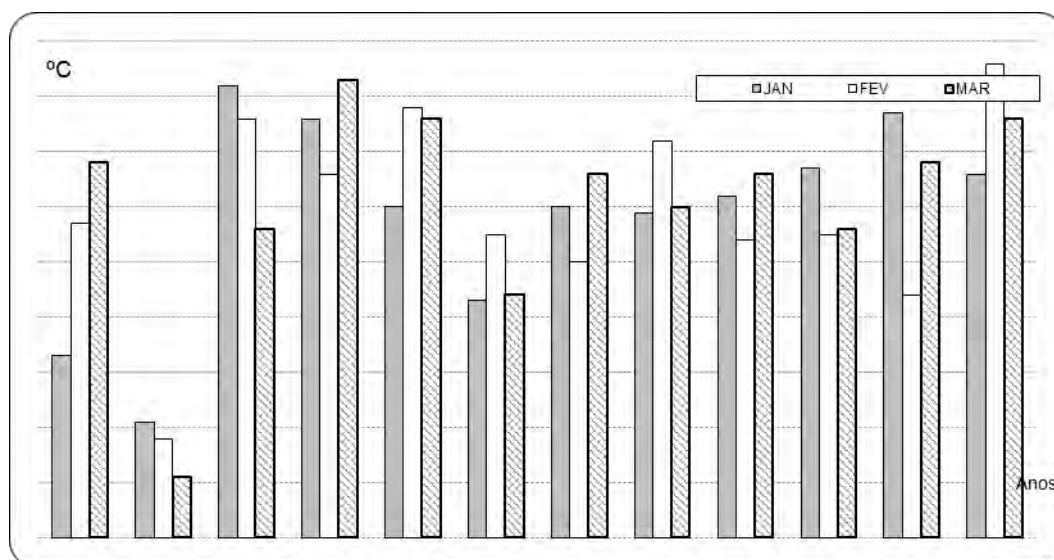


Figura 111. Temperatura Máxima Absoluta do Município de Itajaí - SC - Trimestre de Janeiro a Março - Período de 1999 a 2010 - Estação Meteorológica Automática. Fonte: Laboratório de Climatologia - UNIVALI.

Na Figura 112, que representa o trimestre de A/M/J, a média das temperaturas absolutas para o período foi de 28,0°C. O trimestre mais quente ocorreu no ano de 2005 com a média de 29,7°C e o mais frio em 2010 com média de 26,4°C. O mês mais quente foi em abril de 2005 com 33,4°C e o mais frio em junho de 2009 com 23,2°C.

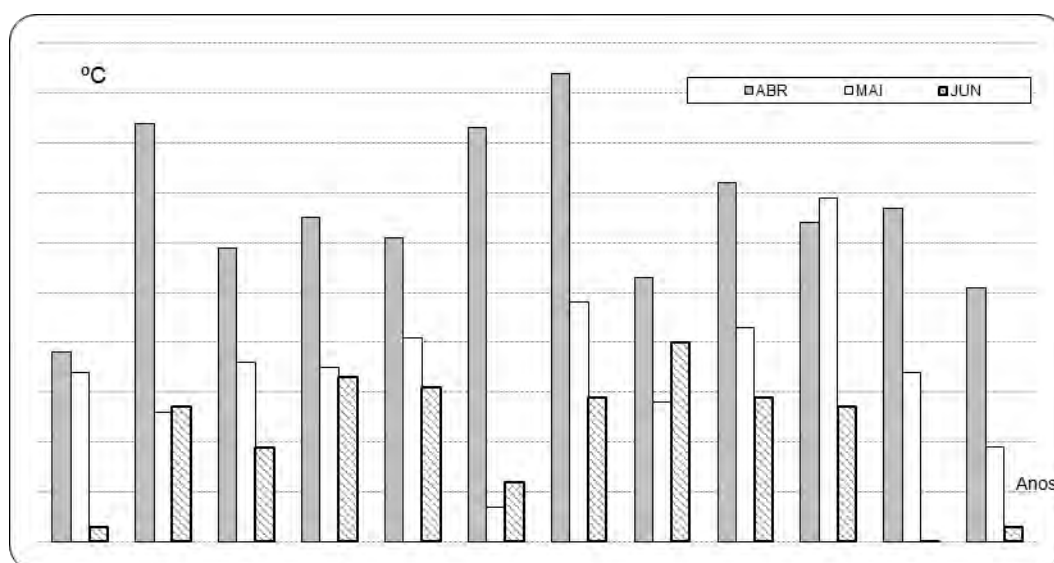


Figura 112. Temperatura Máxima Absoluta do Município de Itajaí - SC - Trimestre de Abril a Junho - Período de 1999 a 2010 - Estação Meteorológica Automática. Fonte: Laboratório de Climatologia - UNIVALI.

A média das temperaturas absolutas para o período foi de 25,8°C (Figura 113). O trimestre mais quente ocorreu no ano de 2005 com a média de 27,8°C e o mais frio nos anos de 2000 e 2002 com média de 24,3°C. O mês mais quente foi em agosto de 2005 com 31,2°C e o mais frio em julho de 2002 com 22,5°C.

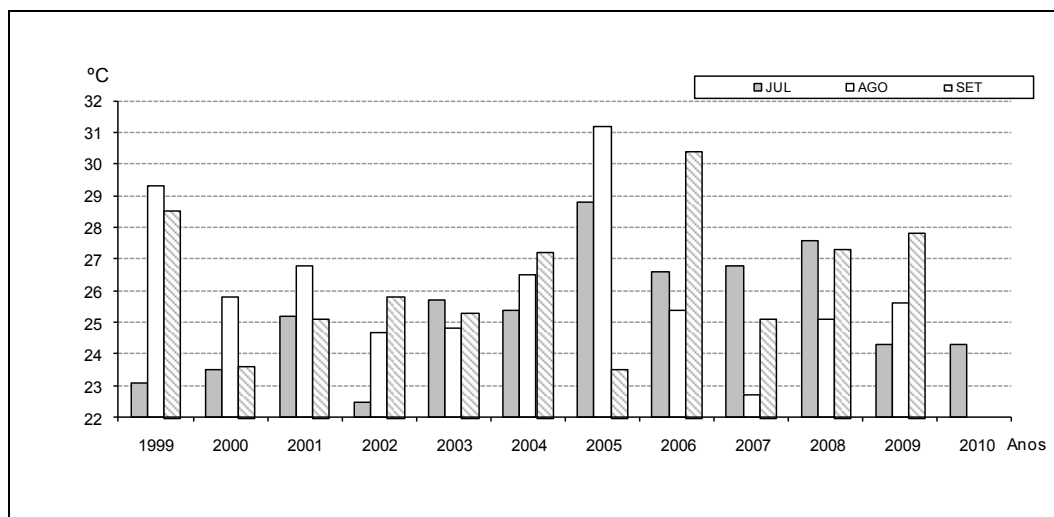


Figura 113. Temperatura Máxima Absoluta do Município de Itajaí - SC - Trimestre de Julho a Setembro - Período de 1999 a 2010 - Estação Meteorológica Automática. Fonte: Laboratório de Climatologia - UNIVALI.

A média das temperaturas absolutas para o período foi de 30,3°C (Figura 114). O trimestre mais quente ocorreu no ano de 2002 com a média de 32,1°C e o mais frio no ano de 1999 com média de 28,7°C. O mês mais quente foi em novembro de 2002 com 35,2°C e o mais frio em outubro de 1999 com 25,9°C.

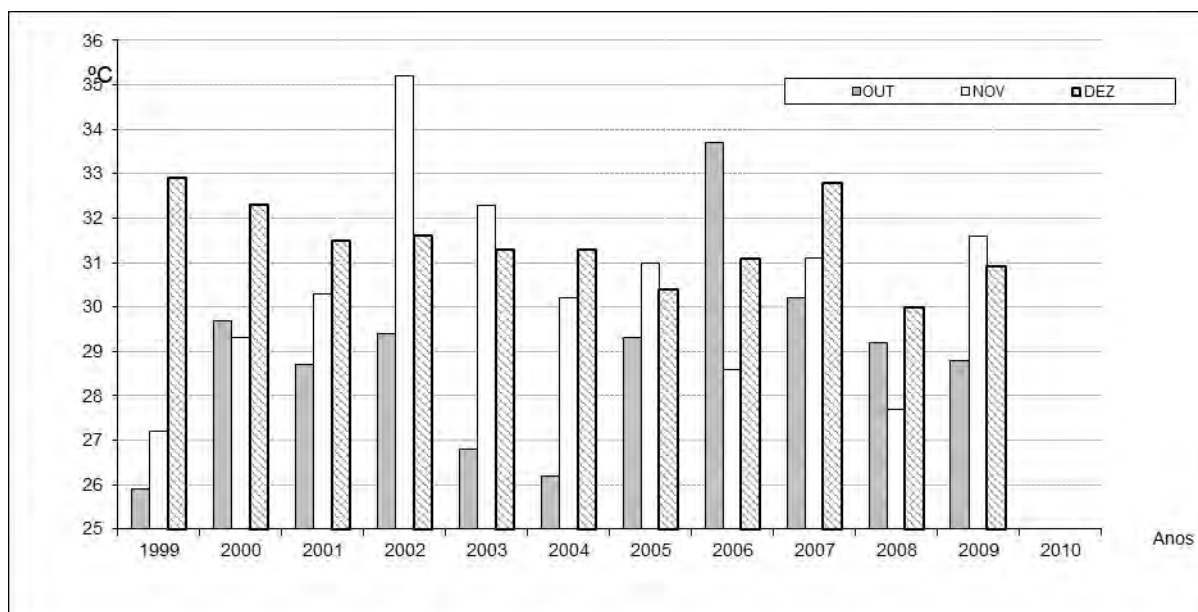


Figura 114. Temperatura Máxima Absoluta do Município de Itajaí - SC - Trimestre de Outubro a Dezembro - Período de 1999 a 2010 - Estação Meteorológica Automática. Fonte: Laboratório de Climatologia - UNIVALI.

Na Figura 115 observa-se que o mês de fevereiro foi o que apresentou a maior média absoluta e o mês de julho o de menor média. Os trimestres de J/F/M e O/N/D apresentaram-se mais quentes e os trimestres de A/M/J e J/A/S os mais frios, demonstrando normalidade nas estações do ano.

Na Figura 116, Figura 117, Figura 118 e Figura 119, que representam as temperaturas mínimas absolutas do período de 1999 a 2010 divididas por trimestre, a média da temperatura mínima absoluta foi de 14,4°C. De modo geral, a região esta sujeita à entrada de frentes frias durante o transcorrer do ano refletindo em temperaturas baixas em todas as estações do ano.

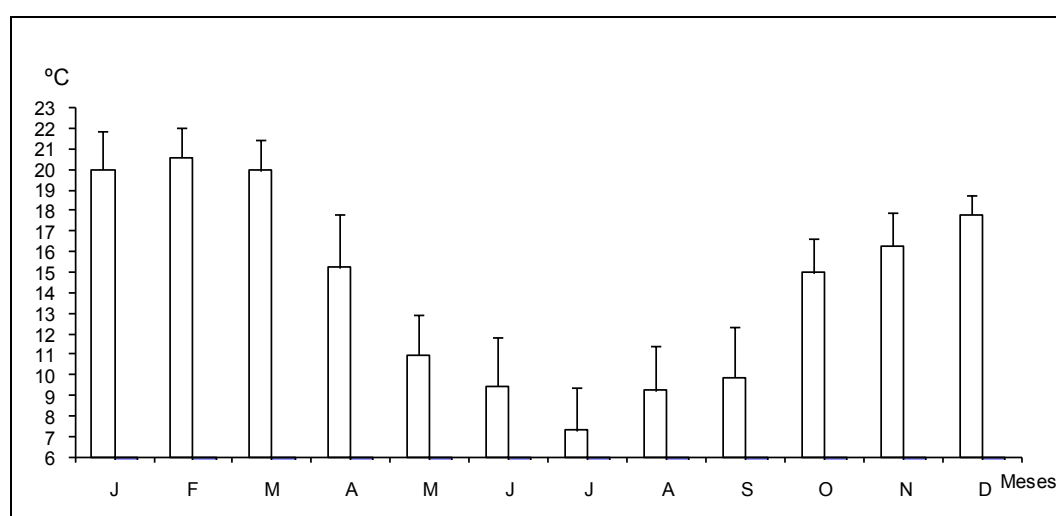


Figura 115. Temperatura Mínima Absoluta (Média) e Desvio Padrão do Município de Itajaí - SC - Período de 1999 a 2010 - Estação Meteorológica Automática. Fonte: Laboratório de Climatologia - UNIVALI.

Na Figura 116 tem-se a representação, do primeiro trimestre do ano, da média das temperaturas mínimas absolutas para o período, que foi de 20,2°C. O trimestre mais frio ocorreu no ano de 2004 com a média de 17,8°C e o mais quente no ano de 2000 com média de 22,4°C. O mês mais quente foi em janeiro de 2000 com 22,8°C e o mais frio em março de 2009 com 17,1°C.

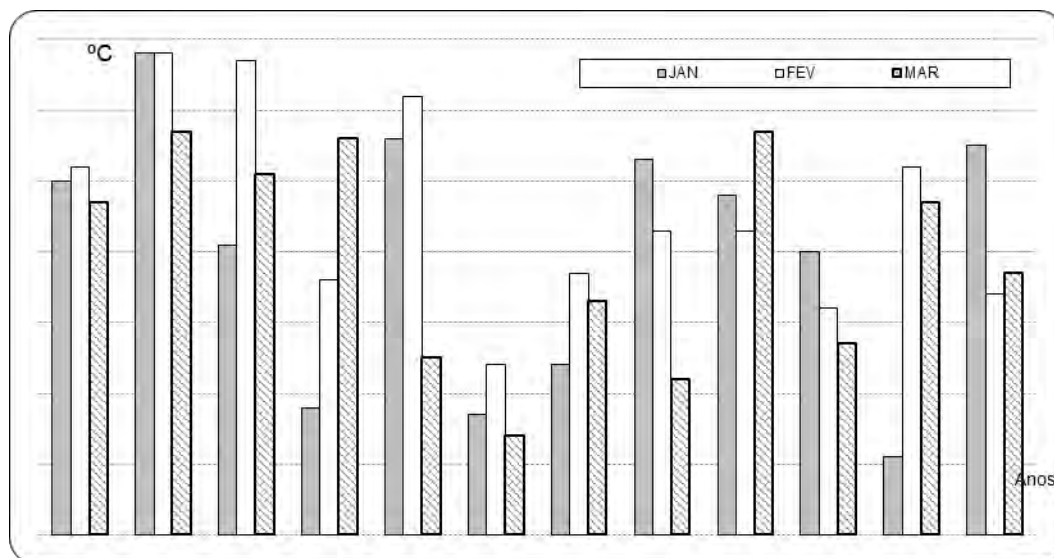


Figura 116. Temperatura Mínima Absoluta do Município de Itajaí - SC - Trimestre de Janeiro a Março - Período de 1999 a 2010 - Estação Meteorológica Automática. Fonte: Laboratório de Climatologia - UNIVALI.

Na Figura 117, que representa o segundo trimestre do ano, temos a média das temperaturas mínimas absolutas para o período, que foi de 11,9°C. O trimestre mais frio ocorreu no ano de 2008 com a média de 9,3°C e o mais quente no ano de 2010 com média de 14,0°C. O mês mais quente foi abril de 2001 com 18,8°C e o mais frio, em junho de 2008, com 5,8°C.

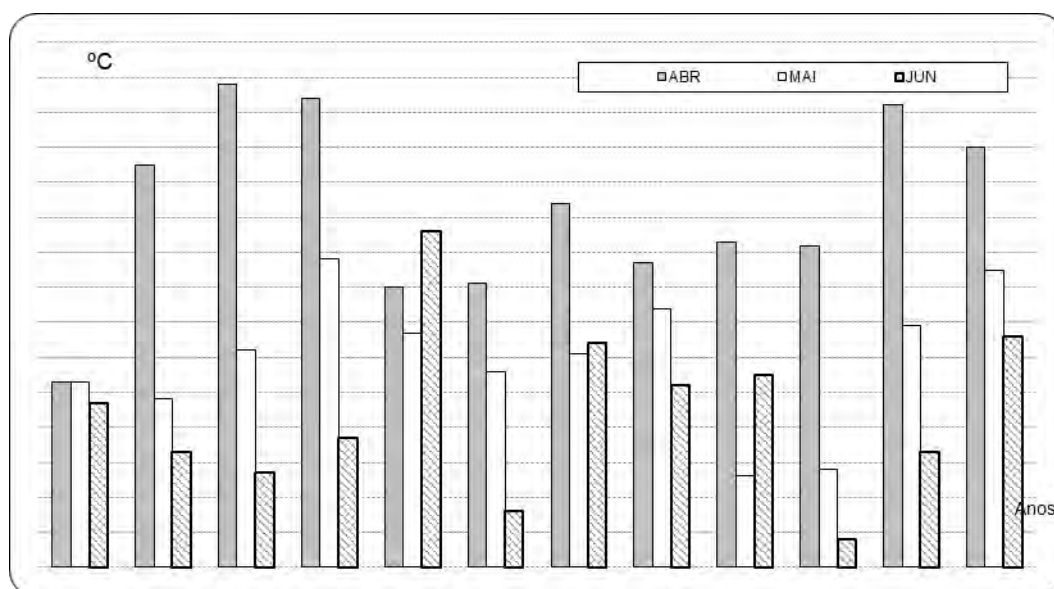


Figura 117. Temperatura Mínima Absoluta do Município de Itajaí - SC - Trimestre de Abril a Junho - Período de 1999 a 2010 - Estação Meteorológica Automática. Fonte: Laboratório de Climatologia - UNIVALI.

Na Figura 118 tem-se representado o terceiro trimestre do ano, com a média das temperaturas mínimas absolutas para o período de 8,7°C. O trimestre mais frio ocorreu

no ano de 2000 com a média de 7,1°C e o mais quente no ano de 2008 com média de 10,7°C. O mês mais quente foi setembro de 2004 com 14,7°C e o mais frio em julho de 2000, com 3,9°C.

Na Figura 119 apresenta-se o último trimestre do ano, com a média das temperaturas mínimas absolutas para o período, que foi de 16,4°C. O trimestre mais frio ocorreu no ano de 2003 com a média de 15,3°C e o mais quente no ano 2009 com média de 17,2°C. O mês mais quente foi novembro do ano de 2009 com 19,1°C e o mais frio em outubro de 2004 com 11,8°C.

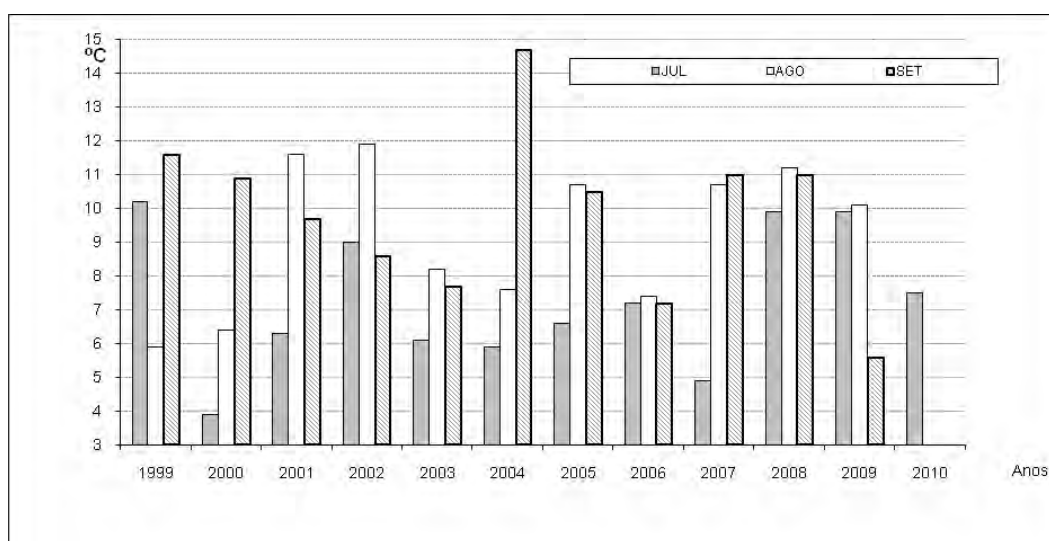


Figura 118. Temperatura Mínima Absoluta do Município de Itajaí – SC – Trimestre de Julho a Setembro – Período de 1999 a 2010 – Estação Meteorológica Automática. Fonte: Laboratório de Climatologia – UNIVALI.

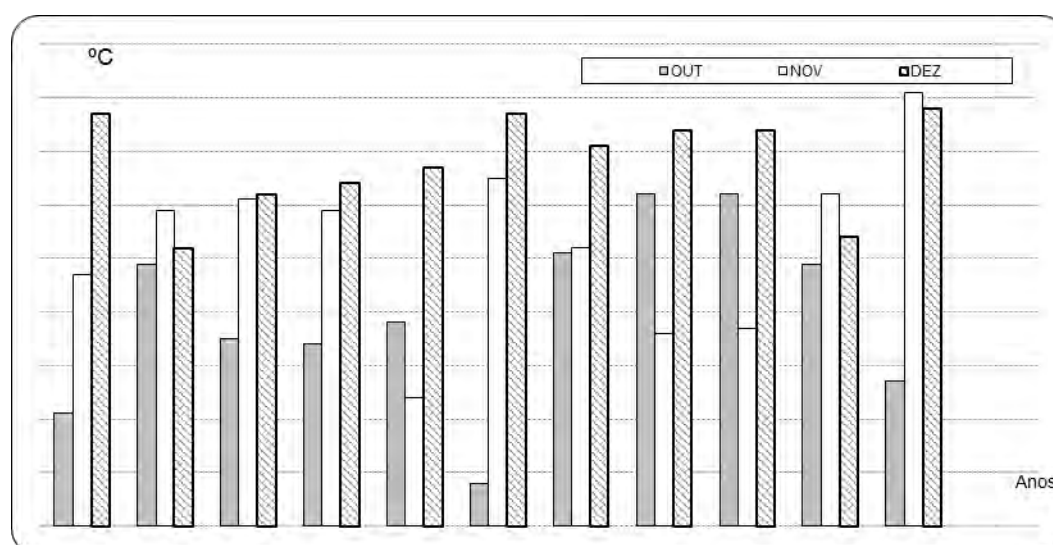


Figura 119. Temperatura Mínima Absoluta do Município de Itajaí – SC – Trimestre de Outubro a Dezembro – Período de 1999 a 2010 – Estação Meteorológica Automática. Fonte: Laboratório de Climatologia – UNIVALI.

9.1.1.3.3. Umidade Relativa do Ar

A média da umidade relativa do ar para o período de 1999 a 2010 foi de 83,3%. As menores médias de umidade foram evidenciadas no trimestre J/F/M e O/N/D e as maiores médias nos trimestres são os meses de junho e julho (Figura 120). A média para o trimestre de janeiro a março foi de 81,7% e no ano de 2000 ocorreu a menor média com 74,6%, e em 2010 a maior média com 88,2%. Para o trimestre de abril a junho a média foi de 83,7% com o ano de 2000 apresentando a menor média com 77,3% e o ano de 2010 com a maior média de 90,1%. No trimestre de julho a setembro a média foi de 85,0% sendo o ano de 1999 com a menor média de 78,8% e o ano de 2009 com a maior média de 90,7%. No trimestre de outubro a dezembro a média foi de 82,2% com a menor média no ano de 1999 com 75,4% e a maior em 2008 com 88,5%.

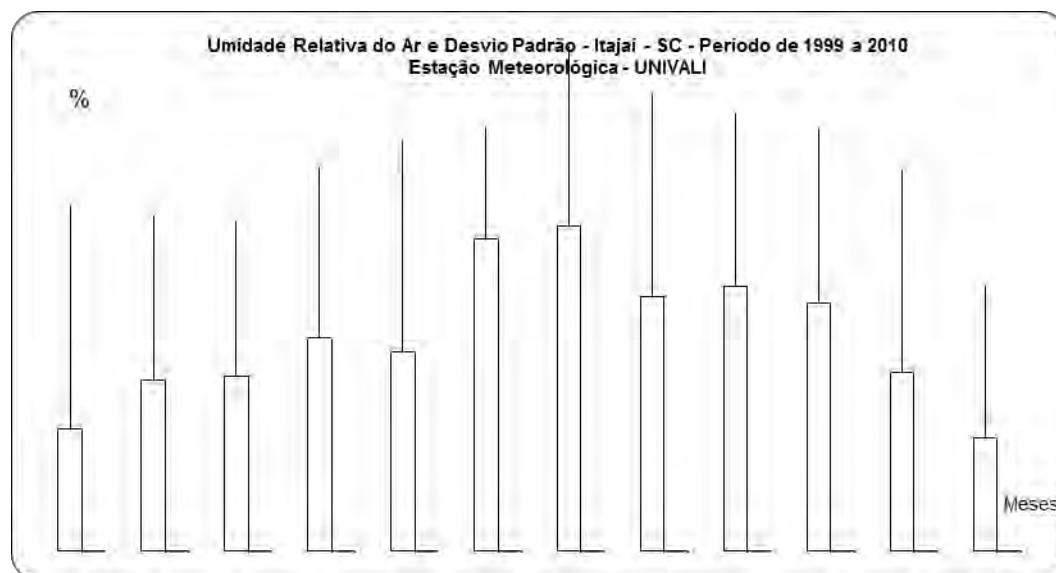


Figura 120. Umidade Relativa do Ar (Média) e Desvio Padrão do Município de Itajaí - SC - Período de 1999 a 2010 - Estação Meteorológica Automática. Fonte: Laboratório de Climatologia - UNIVALI.

9.1.1.3.4. Vento

A velocidade média do vento foi 4,3 km/h (Figura 121) com o mês de dezembro apresentando a maior média e o mês de abril com a menor média. A maior velocidade média registrada no período foi no mês de dezembro de 1999 com 6,1 km/h e a menor no mês de janeiro do mesmo ano, com 2,1 km/h.

As médias das rajadas máximas foram de 46,4 km/h (Figura 122) com o mês de fevereiro com maior média e o mês de abril com a menor média. A maior rajada máxima

no período foi em fevereiro de 2007 com 78,9 km/h e a menor rajada máxima foi em abril de 2007 com 32,2 km/h.

A direção predominante para o período de 1999 a 2010 foi de Sul-Sudoeste (SSW) de fevereiro a setembro e Leste-Nordeste (ENE) de outubro a janeiro (Figura 123). De fevereiro a agosto a ocorrência da direção de SSW foi de 7,5 anos em 12 anos e da direção de ENE foi 5,3 em 12 anos (período de 1999 a 2010).

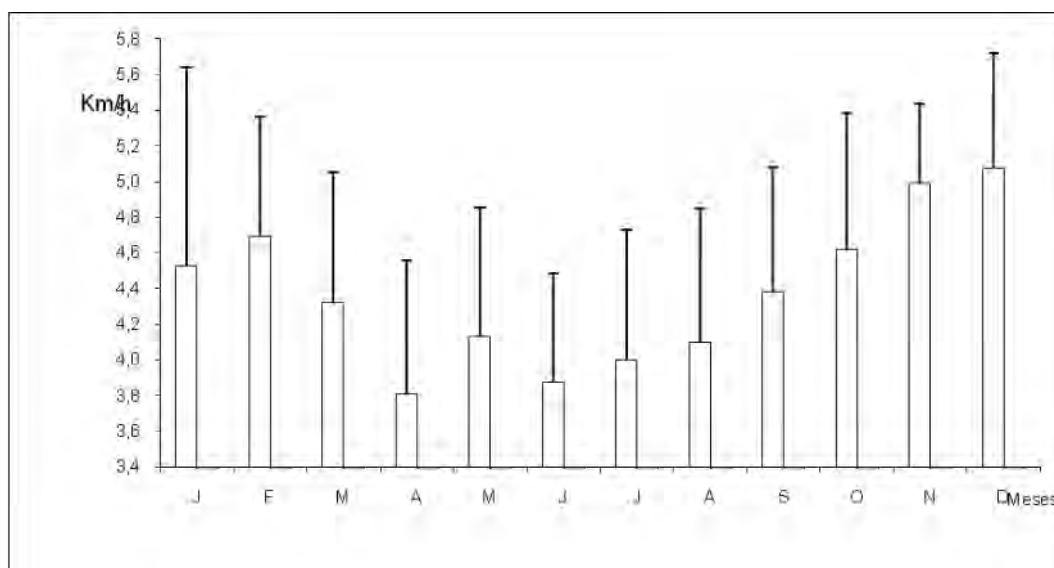


Figura 121. Velocidade Média do Vento e Desvio Padrão do Município de Itajaí – SC – Período de 1999 a 2010 – Estação Meteorológica Automática. Fonte: Laboratório de Climatologia – UNIVALI.

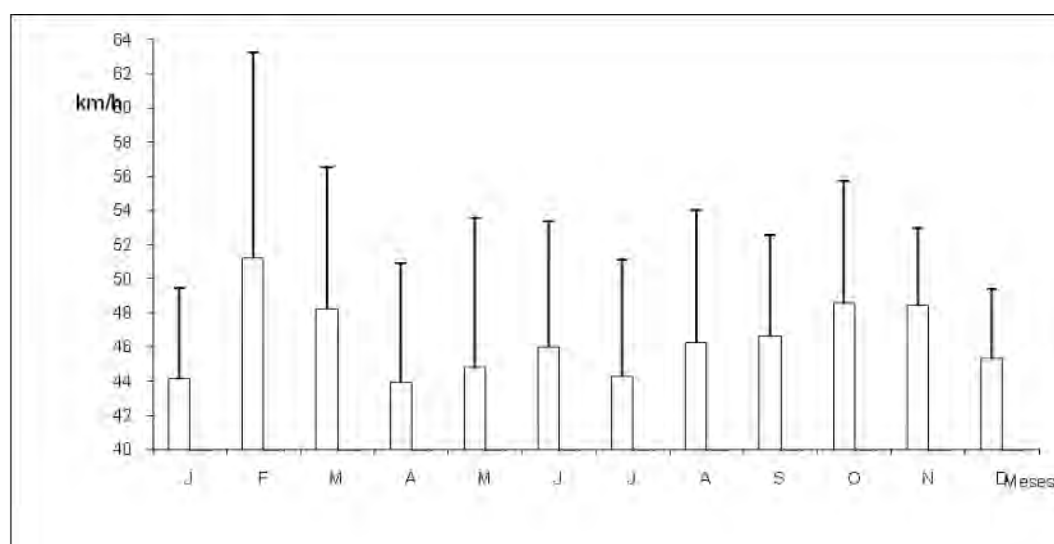


Figura 122. Rajada Máxima do Vento (Média) e Desvio Padrão do Município de Itajaí – SC – Período de 1999 a 2010 – Estação Meteorológica Automática. Fonte: Laboratório de Climatologia – UNIVALI.

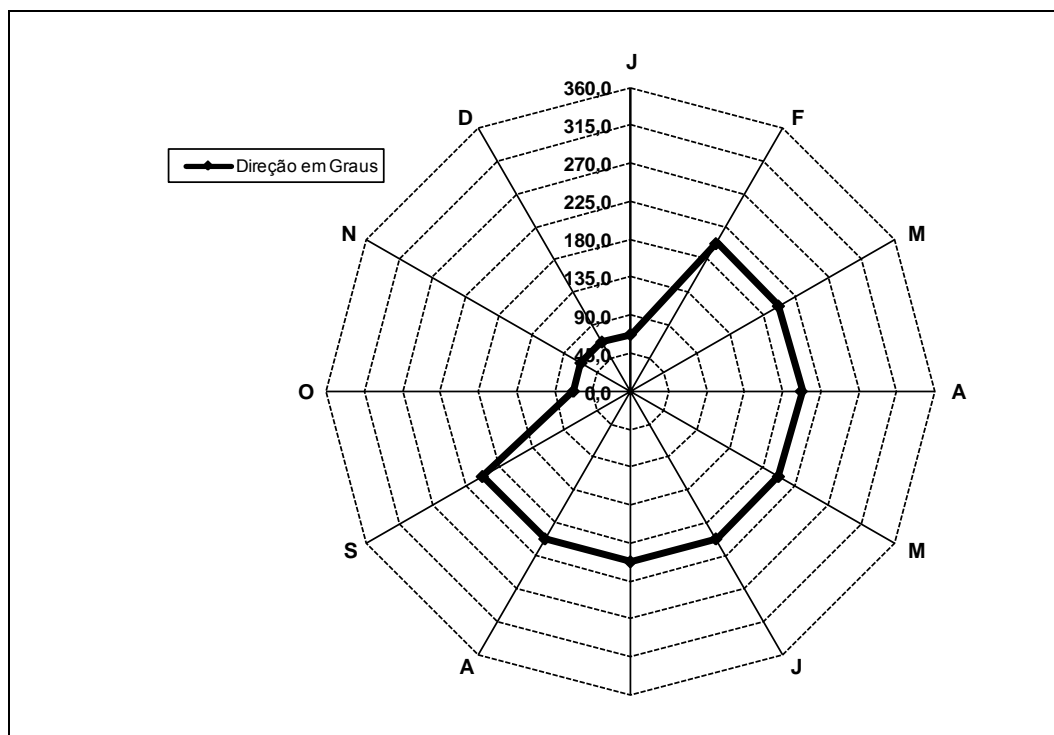


Figura 123. Direção Predominante do Vento (Média) do Município de Itajaí - SC - Período de 1999 a 2010 - Estação Meteorológica Automática. Fonte: Laboratório de Climatologia - UNIVALI.

9.1.1.3.5. Balanço Hídrico

O balanço hídrico representa o excedente ou déficit hídrico para uma determinada região. É importante tanto na sua aplicação agrícola como na capacidade de reposição dos mananciais de água.

O Município de Itajaí, no período de 1999 a 2010, não apresentou déficit hídrico anual (Figura 124). A média anual de excedente hídrico foi de 195,1 mm e a média mensal de 16,3 mm. Os meses de setembro, outubro e novembro apresentam a maior disponibilidade de água no solo com 116 mm e os meses de janeiro, março e dezembro não apresentaram excedente hídrico. Os meses de março e dezembro apresentaram déficit e retirada hídrica (Figura 125). A primavera apresenta o maior excedente, enquanto o verão o menor. Utilizando-se os dados da Normal Climatológica (período 1987-2010) o a região do baixo estuário não apresenta déficit hídrico em nenhum mês, e um excedente hídrico de 776,1 mm no ano, com média mensal de 64,7 mm.

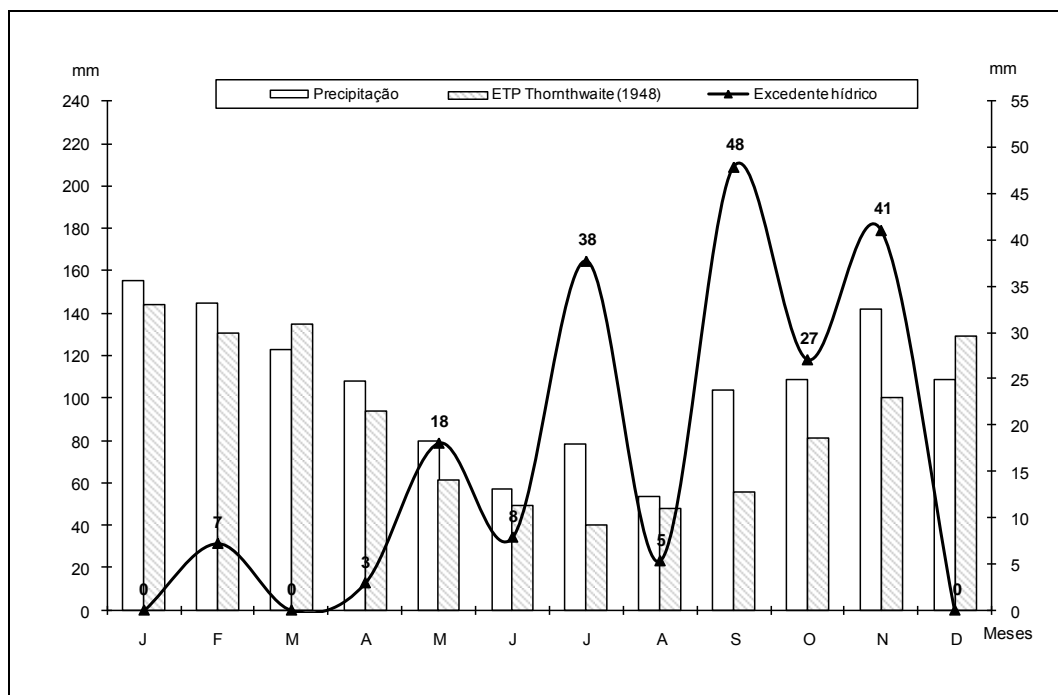


Figura 124. Excedente hídrico – Balanço hídrico do Município de Itajaí – SC – Período 1999 a 2010 – Estação Meteorológica Automática. Fonte: Laboratório de Climatologia – UNIVALI.

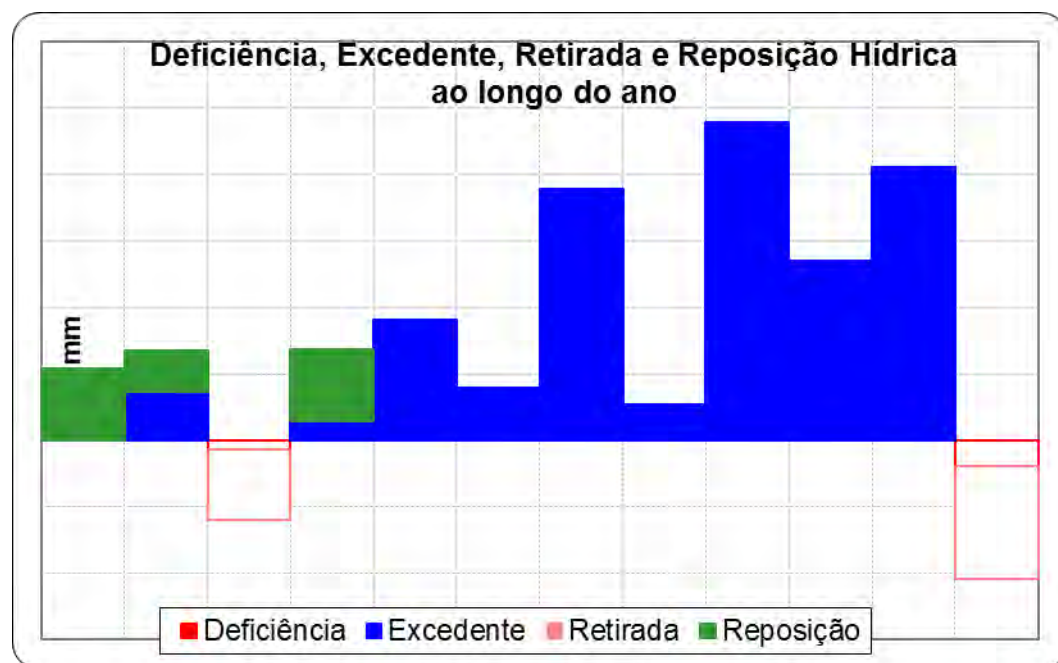
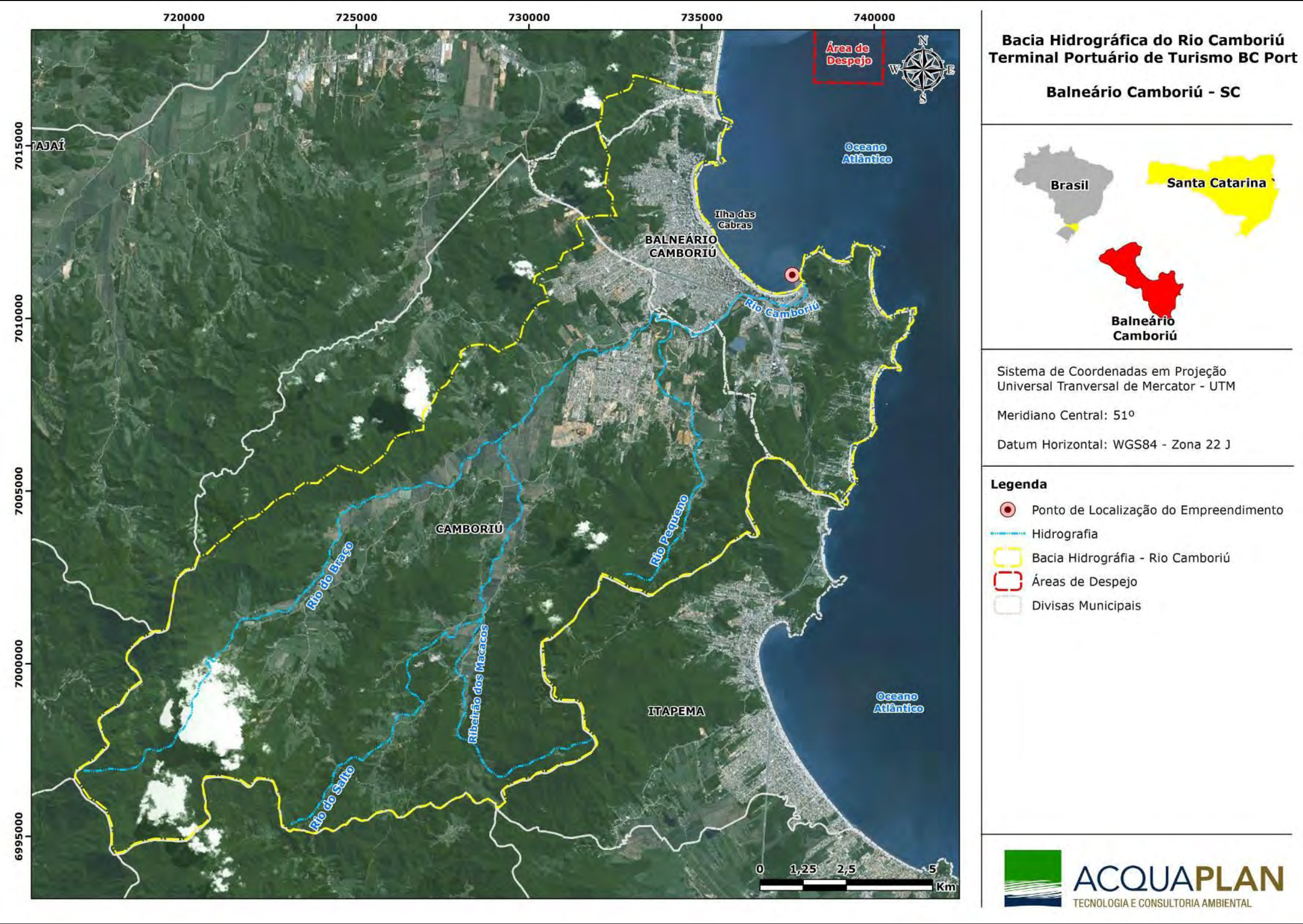


Figura 125. Deficiência, excedente, retirada e reposição hídrica ao longo do ano – Balanço hídrico do Município de Itajaí – SC – Período 1999 a 2010 – Estação Meteorológica Automática. Fonte: Laboratório de Climatologia – UNIVALI.

9.1.2. Caracterização Geológica e Geomorfológica da Bacia Hidrográfica do Rio Camboriú

9.1.2.1. Introdução

A Bacia Hidrográfica do Rio Camboriú (BHRC) faz parte da Região Hidrográfica Atlântico Sul e da Região Hidrográfica RH 7 – Vale do Itajaí (FUNDACENTRO, 2007), drenando uma área de 138,8 km² dos municípios de Camboriú e Balneário Camboriú, no litoral centro-norte de Santa Catarina (Figura 126). Os principais cursos fluviais dessa bacia são representados pelos rios Camboriú, Gavião, Braço, Canoas, ribeirão do Salto, ribeirão dos Macacos e ribeirão Pequeno, sendo que o rio Camboriú que dá nome à bacia estende-se por cerca de 40 km, com largura aproximada de 120 m e vazão de 2,7 m³/s.



As nascentes do rio Camboriú encontram-se no Município de Camboriú, situado nas coordenadas geográficas de 27°01'31"S e 48°39'16"W, altitude média de 8 m e área territorial de 215 km², enquanto que a foz do rio encontra-se junto ao setor sul da Praia Central de Balneário Camboriú, no município de mesmo nome, localizado nas coordenadas geográficas de 26°59'26"S e 48°38'05"W, altitude média de 2 m e área territorial de 46 km².

A BHRC está orientada, aproximadamente, na direção NE-SW, sendo cortada em toda sua extensão a nordeste pela rodovia federal BR-101. Sua linha de costa junto ao oceano Atlântico apresenta 24 km de extensão, cujas principais praias, no Município de Balneário Camboriú, são denominadas de sul para norte de: Estaleirinho, Estaleiro, Pinho, Taquaras, Taquarinhas, Laranjeiras, Praia Central de Balneário Camboriú, Buraco, Coco e Amores. O Município de Camboriú, drenado pela BHRC, apesar de ser um município costeiro catarinense, não faz frente com o oceano Atlântico.

A Praia Central, a principal da BHRC, é considerada uma praia de enseada ou parabólica, semi-protegida a protegida da ação de ondulações provenientes do quadrante sudeste e de acesso irrestrito. Orientada nas direções ESE-WNW (setores sul e central) e SSE-NNW (setor norte) com azimutes norte de 120° e 170°, respectivamente, a praia apresenta 5.720 m de extensão, largura média de 27,3 m; declividade média de 3,5°, e altura e período de onda médios de 0,3 m e 6,5 s (HORN FILHO, 2013). Destaca-se por ser a praia urbana mais consolidada do Estado de Santa Catarina, cujo município possui uma população fixa de 108.000 habitantes (IBGE, 2010), atraindo anualmente uma grande população durante os meses de verão.

O estudo geológico-geomorfológico da BHRC tem como objetivo principal a descrição dos aspectos geológicos e geomorfológicos da área do entorno da Praia Central de Balneário Camboriú, até uma distância de cerca de 20 km a partir da linha de costa na direção sudoeste. Esse estudo tem como base dados secundários e a proposição de dois mapas, um geológico e outro geomorfológico, considerando a área da BHRC, nos municípios de Camboriú e Balneário Camboriú.

9.1.2.2. Trabalhos Anteriores

Os trabalhos anteriores de cunho geológico e geomorfológico realizados na área da BHRC e entorno serão apresentados a seguir, com ênfase aos municípios de Camboriú e Balneário Camboriú, no litoral centro-norte de Santa Catarina.

A área de estudo faz parte da província costeira, termo introduzido por Villwock (1972), que a descreveu como uma unidade tridimensional, no que tange aos aspectos geológicos, estratigráficos e estruturais.

Segundo Horn Filho (2003), província costeira é descrita do ponto de vista morfolitológico como uma região onde dominam terrenos de baixa altitude (até 50-60 m) e profundidade (até 150-200 m), adjacente aos continentes e oceanos e mares e composta de sedimentos consolidados a semi-consolidados, e secundariamente, de rochas cristalinas e sedimentares.

Na área da BHRC a província costeira é constituída do embasamento rochoso e da sedimentação da bacia de Santos, sendo que na porção emersa, a mesma é representada pela planície costeira e seus depósitos e na porção submersa, pela plataforma continental e suas fácies. Nesse estudo foi dada ênfase ao embasamento rochoso e depósitos emersos da planície costeira, desconsiderando, nesse capítulo, a sedimentação da enseada de Balneário Camboriú.

Horn Filho *et al.* (1996a, b) e Horn Filho *et al.* (1997a, b) caracterizaram do ponto de vista geológico, geomorfológico e morfo-sedimentar os depósitos quaternários do litoral centro-norte catarinense, representados no mapa geológico da planície costeira deste setor, na escala 1:120.000, onde foram descritas 10 unidades litoestratigráficas, assim distribuídas: uma indiferenciada do embasamento cristalino; três indiferenciadas, representando os depósitos quaternários continentais; duas, do Pleistoceno superior e, quatro, do Holoceno.

Caruso Jr. & Araújo (1999) descreveram os ambientes de sedimentação costeiros da região centro-norte de Santa Catarina e seu relacionamento com a geologia regional, complementado pelo mapa geológico da folha Camboriú, na escala 1:100.000 (CARUSO JR *et al.*, 2000).

Meireles (2003) realizou estudo mineralógico dos sedimentos quaternários do litoral centro-norte catarinense, definindo o domínio das areias quartzosas que indicam alto grau de maturidade textural e mineralógica. Este autor também identificou a presença entre os sedimentos dos argilominerais vermiculita, caulinita, illita e montmorilonita.

Abreu *et al.* (2003), utilizando técnicas de análise multivariada sobre os sedimentos do litoral centro-norte catarinense, inferiram que os depósitos litorâneos sofreram

mecanismos de sedimentação fluvial, marinho raso, gravitacional e eólico, predominando nestas áreas sedimentos de granulometria que variam desde silte grosso até areia muito grossa e cascalho.

Perrota *et al.* (2004), ao mapearem a folha Curitiba, na escala 1:1.000.000, no Programa Geologia do Brasil, do Serviço Geológico do Brasil (CPRM), apresentaram seis unidades litoestratigráficas para a BHRC, denominadas de: (1) Complexo Granulítico de Santa Catarina, (2) Complexo Metamórfico Brusque, (3) Granito Valsungana, (4) Granito Guabiruba, (5) Depósitos Aluvionares e (6) Depósitos Litorâneos.

Horn Filho (2010) e SANTA CATARINA (2010), ao apresentarem o diagnóstico geológico-geomorfológico do Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro de Santa Catarina (GERCO/SC), referente ao Município de Camboriú, definiram nove unidades litoestratigráficas aflorantes na planície costeira, denominadas da mais antiga para a mais recente de: (1) Complexo Camboriú, (2) Complexo Brusque, (3) Granitóide Valsungana, (4) Granito Guabiruba, (5) Depósito Coluvial, (6) Depósito de Leque Aluvial, (7) Depósito Aluvial, (8) Depósito Paludial e (9) Depósito Tecnogênico.

Horn Filho *et al.* (2012), ao mapearem na escala 1:100.000, as folhas Barra Velha, Itajaí e Gaspar e Horn Filho *et al.* (2012), ao mapearem a folha Camboriú, apresentaram a coluna estratigráfica composta de 11 unidades litoestratigráficas, denominadas da mais antiga para a mais recente de: (1) Embasamento Indiferenciado, (2) Depósito Coluvial, (3) Depósito de Leque Aluvial, (4) Depósito Aluvial, (5) Depósito Eólico do Pleistoceno superior, (6) Depósito Lagunar, (7) Depósito Flúvio-lagunar, (8) Depósito Marinho Praial, (9) Depósito Paludial, (10) Depósito Eólico do Holoceno e (11) Depósito Tecnogênico.

Tomando-se como base os trabalhos anteriores, dependendo da especificidade de cada mapeamento geológico e principalmente da escala de trabalho utilizada, as unidades geológicas da BHRC podem ser reunidas de um modo geral, respeitando a cronoestratigrafia, em dois agrupamentos distintos: (1º) grupo das unidades que representam o embasamento da BHRC e (2º) grupo das unidades que representam os sistemas deposicionais do Quaternário, tanto aqueles de origem continental como aqueles de origem transicional ou litorânea. O sistema deposicional antropogênico apesar de relevante, é pouco considerado nos trabalhos anteriores.

9.1.2.3. Geologia e Geomorfologia da Bacia Hidrográfica do Rio Camboriú (BHRC)

Os aspectos geológicos e geomorfológicos da BHRC, em base aos dados secundários, são apresentados sobre imagem obtida no *BingMaps*, em maio de 2013, na escala aproximada 1:95.000. Essa escala impossibilita o detalhamento da geologia e geomorfologia da área da BHRC, entretanto, considerando o objetivo do estudo, a mesma é adequada para a proposição das principais unidades litoestratigráficas.

9.1.2.3.1. Geologia

Do ponto de vista geológico, afloram na BHRC oito unidades lito-estratigráficas, sendo cinco destas do sistema Embasamento cristalino, uma do sistema deposicional continental e duas do sistema deposicional transicional (Tabela 12). A proposição das unidades teve por base os resultados dos trabalhos de Caruso Jr *et al.* (2000), Perrota *et al.* (2004), Horn Filho (2010), SANTA CATARINA (2010), Horn Filho *et al.* (2012a) e Horn Filho *et al.* (2012b). O mapa geológico da Figura 127 apresenta a disposição das unidades litoestratigráficas na área da BHRC e seus contatos geológicos. Destaca-se que o Depósito Tecnogênico, do sistema deposicional antropogênico, não foi mapeado, entretanto, deve ser considerado no mapeamento juntamente com as áreas antropizadas em diversos níveis de urbanização.

Tabela 12. Coluna estratigráfica proposta para as unidades lito-estratigráficas da BHRC.

SISTEMA GEOLÓGICO	UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA	IDADE
Transicional	(8) Depósito Marinho Praial	Holoceno
	(7) Depósito Eólico	Pleistoceno superior
Continental	(6) Depósito Colúvio-aluvionar	Quaternário indiferenciado
Embasamento cristalino	(5) Granito Guabiruba	Proterozoico superior
	(4) Granitóide Valsungana	Proterozoico médio
	(3) Complexo Brusque	Proterozoico inferior-médio
	(2) Complexo Camboriú	Arqueano
	(1) Complexo Granulítico	

As unidades do Embasamento cristalino em ordem cronológica são: Complexo Granulítico e Complexo Camboriú, do Arqueano; Complexo Brusque, do Proterozoico inferior-médio; Granitóide Valsungana, do Proterozoico médio e Granito Guabiruba, do Proterozoico superior. A unidade que representa o sistema deposicional continental do Quaternário indiferenciado é o Depósito Colúvio-aluvionar. As unidades do sistema deposicional transicional ou litorâneo em ordem cronológica são: Depósito Eólico, do Pleistoceno superior e Depósito Marinho Praial, do Holoceno.



O Complexo Granulítico aflora em um pequeno trecho no extremo sudeste da BHRC, próximo à linha de costa, conforme proposição de Perrota *et al.* (2004). A idade do Complexo Granulítico é do Arqueano, do ciclo geotectônico Guriense/Jequié, consideradas as rochas mais antigas do estado de Santa Catarina (idades de 2.716 Ma AP U-Pb). Esta unidade é constituída de mais de 90% de gnaisses quartzo-feldspáticos, leuco a mesocráticos (SILVA, 1987), complementado pelas variedades petrográficas: quartzitos, anortositos, formações ferríferas bandadas, gnaisses calcossilicatados, kinzigitos, milonito-gnaisses e metaultramafitos (HARTMANN *et al.*, 1979; SILVA & DIAS, 1981). Estas rochas de granulação grosseira apresentam texturas variadas metamórficas e bandeadas com alternância de camadas claras quartzíticas e camadas escuras biotíticas.

Segundo Perrota *et al.* (2004), os litotipos neoarqueanos dominantes do Complexo Granulítico de Santa Catarina são ortognaisses granulítico com gnaisses diorítico, monzodiorítico, monzonítico, sienítico e kinzigítico; granulito piroxenítico, leucogranito foliado, granada quartzito e formação ferrífera bandada biotita-(anfíbólio) ortognaisse e migmatitos granodiorítico, tonalítico, quartzo-diorítico e diorítico.

O Complexo Camboriú aflora ao sul da BHRC em contato geológico com outras unidades do Embasamento cristalino. Segundo Caruso Jr *et al.* (2000), essa unidade refere-se a um complexo granito-gnáissico de grande heterogeneidade estrutural, variando entre meta (granitóides) com deformação plástica variável e bandejamento gnáissico atenuado até porções migmatíticas, apresentando amplo espectro de composições graníticas. Encontra-se intensamente afetado por intrusões graníticas de diferentes níveis de colocação. DNPM (1986) referiu-se a esta unidade como Núcleo Migmatítico de Injeção Polifásica de Itapema, constituído de migmatitos com paleossoma anfibolítico e várias fases de injeções de granitóides neossômicos bandados.

O Complexo Brusque aflora ao longo de todo o setor noroeste e norte da BHRC em contato geológico com o Granitóide Valsungana e Depósito Colúvio-aluvionar. Sua idade é de 640 Ma AP U-Pb. Esta unidade é composta de duas sequências que se interrelacionam entre si: a sequência vulcano-sedimentar, na porção inferior da unidade, e a sequência terrígena, na porção superior da unidade.

Na sequência vulcano-sedimentar ocorre a predominância de rochas sedimentares clásticas pelíticas e parametamórficas associadas (micaxistos) e subordinadamente rochas sedimentares clásticas psamíticas e químicas e parametamórficas associadas (metarenitos, quartzitos, metacalcários dolomíticos e *metacherts*). Nesta sequência é

comum a presença de rochas magmáticas vulcânicas de composição química complexa, desde rochas ácidas a ultrabásicas. Na sequência terrígena, predominam micaxistos, metacalcários, mármore, metarenitos, metavulcânicas ácidas e filonitos, que gradam em todos os níveis para a sequência vulcano-sedimentar (DNPM, 1986).

O Granitóide Valsungana aflora no setor sul e nordeste da BHRC em contato geológico principalmente com o Depósito Colúvio-aluvionar. Sua idade é de 650-610 Ma AP U-Pb. Essa unidade é composta de granitóides porfiróides de cor cinza-clara, com abundantes megacristais de microclínio idiomórficos com tamanho médio de 5cm. A matriz da rocha é inequigranular grossa, eventualmente foliada, rica em biotita com posição tonalítica (DNPM, 1986). Segundo Caruso Jr *et al.* (2000), esta unidade é constituída de biotita granitóides, porfiríticos grossos a muito grossos, petrograficamente classificados como granitos (sienogranito a monzogranito) e granodioritos.

O Granito Guabiruba aflora no setor centro-sul da BHRC e no extremo nordeste junto às pontas das Laranjeiras, Taquaras e Taquarinhas. Esta unidade é composta de ortoclásio granitos de textura fina a média, cor cinza, biotíticos, parcialmente foliados, enquadrados como sienogranitos e monzogranitos da Suíte granítica Valsungana – Guabiruba, Fácies Guabiruba. Bitencourt (1996) denominou esta unidade como Metagranito Mariscal (Fácies Guabiruba).

O Depósito Colúvio-aluvionar aflora em boa parte do setor central da BHRC e junto à desembocadura do rio Camboriú, na Barra Sul. Engloba as fácies colúvias, de leques aluviais e aluviais do sistema deposicional continental, depositadas de forma indiferenciada durante todo o Quaternário (últimos dois Ma AP).

Os colúvios estão localizados nas porções distais das elevações rochosas e compreendem proporções variadas de cascalhos e sedimentos areno siltico-argilosos, representando morfologicamente rampas colúvias e tálus, os quais gradam para leques aluviais e planícies aluviais.

Os leques aluviais são constituídos por sedimentos inconsolidados, pobremente selecionados, à base de areias finas e muito finas até siltes grossos, porém em alguns locais há o predomínio de areias grossas e grânulos. Os sedimentos encontram-se sobre influência aluvial e gravitacional como mecanismo principal de sua deposição

Os sedimentos aluviais estão diretamente relacionados aos principais cursos fluviais, com destaque ao rio Camboriú; que se desloca nas formas meandrante e retilínea na planície costeira, em cujas margens estão configuradas as principais fácies fluviais, que incluem a planície de inundação e a barra em pontal, caracterizadas por sedimentos argilo-arenosos, de granulometria média a grossa, além da presença de cascalhos e argilas, evidenciando um moderado selecionamento para estes depósitos.

O Depósito Eólico aflora de forma localizada na BHRC, na planície costeira das praias de Taquaras e Estaleirinho, sendo constituído por areias finas a médias, bem selecionadas e de cores ocre a castanho claro, podendo ser recobertos por sedimentos também eólicos, mais recentes (Holoceno), compostos de areias finas e de cores amarelada, bege e esbranquiçada. Este depósito representa o conhecido nível marinho alto de 120 Ka AP, correlacionado ao evento marinho da transgressão Cananéia (SUGUIO & MARTIN, 1978), da Penúltima Transgressão (BITTENCOURT *et al.*, 1979) ou da Transgressão Pleistocênica III (VILLWOCK & TOMAZELLI, 1995). Os sedimentos eólicos foram depositados durante o Pleistoceno superior, no período regressivo ocorrido entre 120 e 18 Ka AP.

O Depósito Marinho Praial aflora ao longo de todas as praias da BHRC e que constituem a Costa Brava. De sul para norte essas praias são denominadas de Estaleirinho, Estaleiro, Pinho, Taquaras, Taquarinhas, Laranjeiras, Balneário Camboriú (Praia Central), Buraco e Coco. Do ponto de vista sedimentológico, o Depósito Marinho Praial das praias atuais consiste de sedimentos arenosos fino, médio a grosso, selecionados a moderadamente selecionados, imaturos a maduros e compostos de quartzo, feldspato, minerais pesados, opacos e bioclastos carbonáticos.

9.1.2.3.2. Geomorfologia

Do ponto de vista geomorfológico, as unidades lito-estratigráficas correspondem aos domínios das Terras altas e das Terras baixas e seus respectivos compartimentos geomorfológicos, denominados na BHRC de Embasamento, Colúvio-aluvionar e Eólico/Marinho praial (Figura 128 e Tabela 13).

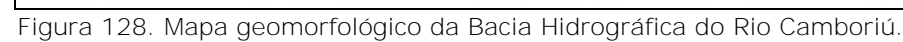


Tabela 13. Correlação geológico-geomorfológica das unidades da BHRC.

SISTEMA GEOLÓGICO	UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA	DOMÍNIO GEOMORFOLÓGICO	COMPARTIMENTO GEOMORFOLÓGICO
Transicional	Depósito Marinho Praial	Terras baixas	Eólico/Marinho praial
	Depósito Eólico		
Continental	Depósito Colúvio-aluvionar		Colúvio-aluvionar
Embasamento cristalino	Granito Guabiruba	Terras altas	Embasamento
	Granitóide Valsungana		
	Complexo Brusque		
	Complexo Camboriú		
	Complexo Granulítico		

Dominam no litoral de Santa Catarina, as regiões geomorfológicas das Escarpas e Reversos da Serra do Mar, das Serras do Leste Catarinense e das Planícies Costeiras (ROSA & HERRMANN, 1986). A primeira constitui a unidade geomorfológica Serra do Mar; a segunda, Serras do Tabuleiro/Itajaí e a terceira são subdivididas em duas unidades: Planícies Litorâneas e Planície Colúvio Aluvionar. Na área da BHRC, ocorrem as regiões geomorfológicas das Serras do Leste Catarinense e das Planícies Costeiras.

O compartimento geomorfológico Embasamento predomina na área da BHRC, prevalecendo o modelado de dissecção, susceptível à atuação de fenômenos erosivos como enxurradas, deslizamentos, queda de blocos e matacões, entre outros, principalmente nas encostas mais íngremes das serras, morros e colinas isentas de cobertura vegetal. Predomina na BHRC os modelos de dissecção em morraria e em montanhas, sendo que o primeiro apresenta dissecção com vales encaixados, presença de elevações convexo-côncavas, conformando morros em declividade das vertentes que variam entre 11 a 24° e o segundo, apresenta dissecção com vales bem encaixados, fechados, podendo conter terraços alveolares, topos extensos convexo-côncavos e vertentes com diferentes graus de inclinação, com amplitudes altimétricas superiores a 200m, conferindo a qualificação de montanhas, cuja declividade varia entre 24 a 37°. No Município de Camboriú ressaltam-se o morro do Trombudo e serras do Camboriú, Macacos e Cantagalo, e no Município de Balneário Camboriú, o morro do Boi.

O compartimento geomorfológico Embasamento correlaciona-se geologicamente às unidades litoestratigráficas Complexo Granulítico, Complexo Camboriú, Complexo Brusque, Granitóide Valsungana e Granito Itacorubi.

As altitudes desse compartimento diminuem gradativamente de oeste para leste (BORTOLUZZI, 1987), manifestando-se junto à linha de costa atual, na forma de pontais, promontórios e ilhas continentais.

O compartimento geomorfológico Colúvio-aluvionar está diretamente vinculado aos sedimentos continentais coluviais, de leques aluviais e aluviais, os quais foram reunidas na BHRC em uma unidade litoestratigráfica denominada de Depósito Colúvio-aluvionar, localizada principalmente no setor central da área de estudo. Os sedimentos desse compartimento são mal selecionados e compostos por diferentes tamanhos de grãos, desde matacões, seixos, areias e argilas.

As formas de relevo deste compartimento incluem as rampas coluviais ou tálus, os leques aluviais e as calhas atuais dos cursos de água e planícies de inundação, associadas às encostas do Embasamento cristalino a partir de fluxos torrenciais no ambiente de transição entre os depósitos transicionais e os continentais.

Ocorre nesse compartimento tanto os modelados de dissecação como os de acumulação. O modelado de acumulação das rampas coluviais compreende os planos (localmente abaciados), rampas de declividades diversas e, mais restritamente, formas tabulares e baixos platôs. O modelado de acumulação dos leques aluviais compreende os setores proximal, intermediário e distal, dispondo-se ao longo dos canais principais e secundários, cujos sedimentos serão escoados e retrabalhados posteriormente na planície de inundação. O modelado de acumulação fluvial compreende a planície de inundação, caracterizada como uma área plana sujeita a inundações periódicas, e que corresponde às várzeas atuais. O terraço fluvial, plano ou levemente inclinado, apresenta rupturas de declive em relação ao leito do rio e às várzeas, podendo-se apresentar dissecado devido a mudanças no nível de base e consequentes retomadas erosivas, vindo a aflorar os sedimentos tipicamente fluviais.

O compartimento geomorfológico Eólico/Marinho praial da BHRC reúne as unidades litoestratigráficas Depósito Eólico e Depósito Marinho Praial, de idade do Pleistoceno superior e do Holoceno, respectivamente. Representa as praias atuais da Costa Brava, encaixadas entre as pontas e promontórios do compartimento Embasamento, na forma de praias de bolso e parabólicas e os respectivos mantos eólicos pleistocênicos à retaguarda do ambiente praial, podendo ser recobertos por sedimentos também eólicos de idade mais recente.

9.1.2.4. Considerações Finais

A Bacia Hidrográfica do Rio Camboriú apresenta seus elementos geológicos e geomorfológicos correlacionados do ponto de vista estratigráfico e temporal (Tabela 14). As formas de relevo, condicionadas ao clima e à herança geológico-estrutural, dispõem-se ao longo da bacia, tendo como principais agentes modeladores, a drenagem superimposta dos principais rios da região e os agentes oceanográficos costeiros (ondas e correntes litorâneas). Os dados aqui apresentados tiveram por base os trabalhos anteriores de Caruso Jr *et al.* (2000), Perrota *et al.* (2004), Horn Filho (2010), SANTA CATARINA (2010), Horn Filho *et al.* (2012a) e Horn Filho *et al.* (2012b).

Tabela 14. Unidades litoestratigráficas e feições geomorfológicas correlatas na BHRC.

UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA	COMPARTIMENTO GEOMORFOLÓGICO	FEIÇÃO GEOMORFOLÓGICA
Depósito Marinho Praia	Eólico/Marinho praial	Terraço praial
Depósito Eólico		Manto eólico
Depósito Colúvio-aluvionar	Colúvio-aluvionar	Rampa, tálus, leque, planície, canal
Granito Guabiruba	Embasamento	Morro, montanha, serra Ponta, promontório Ilha continental ou costeira
Granitóide Valsungana		
Complexo Brusque		
Complexo Camboriú		
Complexo Granulítico		

As unidades litoestratigráficas Complexo Granulítico, Complexo Camboriú, Complexo Brusque, Granitóide Valsungana e Granito Guabiruba, fazem parte do sistema geológico do Embasamento cristalino, com idades que variam do Arqueano ao Proterozoico superior. Os litotipos principais dessas unidades (granitos, gnaisses e xistos) caracterizam as Terras altas da BHRC, do compartimento geomorfológico Embasamento, cujas formas de relevo são os morros, montanhas, serras, pontas, promontórios e ilhas continentais.

A unidade litoestratigráfica Depósito Colúvio-aluvionar faz parte do sistema deposicional continental, com idade do Quaternário indiferenciado. Engloba os sedimentos coluviais, de leques aluviais e aluviais, associados aos principais rios da BHRC, inclusive o rio Camboriú. Caracteriza as Terras baixas da BHRC, do compartimento geomorfológico Colúvio-aluvionar, cujas formas de relevo são as rampas coluviais, tálus, leques aluviais proximais, medianos e distais, planícies de inundação e canais fluviais.

Os dois compartimentos geomorfológicos Embasamento e Colúvio-aluvionar estão diretamente relacionados do ponto de vista genético, uma vez que a dissecação do Embasamento produz os sedimentos continentais dos colúvios, leques e aluviões.

As unidades litoestratigráficas Depósito Eólico e Depósito Marinho Praial do Holoceno, fazem parte do sistema deposicional transicional, com idades do Pleistoceno superior e do Holoceno, respectivamente. Engloba os sedimentos eólicos que se dispõem à retaguarda dos sedimentos marinho praias ao longo das praias da Costa Brava. Caracteriza as Terras baixas da BHRC, do compartimento geomorfológico Eólico/Marinho praial, cujas formas de relevo são os terraços praias e os mantos eólicos.

9.1.3. Caracterização da Morfologia Costeira

A área proposta para a instalação do empreendimento apresentado neste Estudo de Impacto Ambiental (EIA) está localizada na zona costeira da região centro-norte do Estado de Santa Catarina, a qual é caracterizada por uma linha de costa recortada por promontórios rochosos, baías e enseadas de praias arenosas. A costa Centro-Norte do Estado de Santa Catarina está inserida dentro de um embasamento cristalino, responsável pelo esgarçamento da costa em diversas enseadas delimitadas por promontórios rochosos (Caruso *et. al.*, 2000). Desta forma, o litoral é constituído por uma planície costeira onde predominam os depósitos inconsolidados ou fracamente consolidados de areias, siltes, argilas ou conglomerados de forma descontínua, devido aos promontórios rochosos existentes (Scheibe, 1986). Ainda, Klein *et al.* (2010) **classifica a praia de Balneário Camboriú como "Planície Costeira de Embaiamentos Rochosos", a qual é marcada por uma linha de costa recortada por promontórios rochosos e que no passado sofreu um extenso processo de sedimentação, o qual propiciou a progradação e o alinhamento da linha de costa.**

A praia central de Balneário Camboriú é uma praia oceânica arenosa de enseada (Figura 130), com extensão de 5.840 metros na direção NW-SE, e largura média de 17 metros de faixa de areia (Albernaz, 2010). De acordo com Temme *et. al.* (1997) e Menezes (2008), a existência dos promontórios nas extremidades da praia (Ponta da Preguiça-Norte e a Ponta das Laranjeiras-Sul), e a Ilha das Cabras em sua porção central, resultam no processo de difração de ondas (espalhamento radial da energia de onda devido à interação com obstáculos como ilhas e quebra mares), estabelecendo assim a forma parabólica da praia (em forma de arco), conforme ilustrado na Figura 130.

De acordo com a classificação técnica, a praia central de Balneário Camboriú pode ser categorizada como uma praia dissipativa (Klein e Menezes, 2001), conforme o trabalho clássico de morfodinâmica costeira de Wright & Short (1984), com embasamento teórico

detalhado no item 9.1.3.6 - Fundamentação Teórica. As praias dissipativas são basicamente caracterizadas por uma pendente suave, ampla zona de arrebentação, e grande estoque de sedimentos de granulometria de areia fina na porção submersa da praia. Na Figura 129 é apresentada uma fotografia da praia de Navegantes – SC, um bom exemplo de praia dissipativa, com ampla zona de surfe e zona de arrebentação de ondas bem desenvolvida.



Figura 129. Praia de Navegantes – SC, exemplo de uma praia arenosa em estágio morfodinâmico dissipativo, com zona de surfe e arrebentação de ondas bem definida e extensa.

A largura média da zona de surfe para a praia de Balneário Camboriú varia de 5 metros na região sul para 110 metros na região norte, não ocorrendo a existência de bancos arenosos submersos (Temme *et al.*, 1997; Menezes, 2008). A declividade da praia varia entre 0,85 e 2,90 graus (Temme *et al.*, 1997).

Na porção central da orla da praia, em frente à Ilha das Cabras (Figura 130), ocorre a presença de cúspides de praia com tamanhos de 15 a 20 metros, resultantes da redução da energia das ondas difratadas (distribuição radial da energia de onda) na ilha, e do consequente aumento de deposição neste local.

De acordo com Klein *et al.* (2002) e Menezes (2008), a morfodinâmica da praia central é dominada pela ação das ondas. A praia basicamente é composta por areia fina a muito fina, com grau de selecionamento dos sedimentos variando de moderado a bem selecionado, com tamanho médio de grão de 0,16 mm. A origem dos sedimentos remonta ao período geológico Holocênico (11,5 mil anos atrás até o presente), e são provenientes do transporte eólico (vento), depositados sobre uma antiga linha de costa do período geológico conhecido como Pleistoceno (2,588 milhões de anos atrás até 11,5 mil anos atrás), conforme descrito por Caruso *et al.* (2000) e Petterman (2005).

Existe um padrão de variação temporal do volume subaéreo (região emersa) da praia, o qual é associado aos ciclos de tempestades e calmarias correspondentes aos períodos de inverno e verão, respectivamente. A porção norte da praia tende a ser mais dinâmica do que a região sul, apresentando maiores variações de volume de sedimento e largura da praia, principalmente devido à sua maior exposição às ondas de maior energia, provenientes do quadrante sul e associadas aos eventos de tempestade. Ocorre a alternância de eventos erosivos e deposicionais entre a extremidade norte e sul da praia central, caracterizando a existência do processo de rotação praial no ambiente (alternância entre deposição/erosão dos sedimentos entre as extremidades de uma praia de enseada, em decorrência da variação da direção da incidência de ondas).

Em relação ao balanço sedimentar da praia central de Balneário Camboriú, Siegle (1999) havia calculado uma contribuição do rio Camboriú para a praia central de 6.900 kg de sedimentos na maré de quadratura, e 32.400 kg, na maré de sizígia. Porém, de acordo com Abreu *et al.* (2003), o rio não mais contribui com essa carga de sedimentos arenosos em decorrência da construção de uma barragem que atua como uma armadilha de sedimentos. Na verdade, a praia encontra-se em equilíbrio dinâmico, onde a troca de sedimentos que ocorre entre as extremidades norte e sul da praia (rotação praial) funciona como um sistema fechado e em equilíbrio, onde não ocorre ganho nem perda do sedimento para o ambiente externo à praia (Menezes, 2008; Klein *et al.* 2002; Temme *et al.*, 1997).

A forma e o tamanho da praia, bem como a dinâmica sedimentar da Praia Central de Balneário Camboriú são governados pelos processos físicos de arrebentação das ondas, correntes e marés (hidrodinâmica), os quais podem ser afetados diretamente por estruturas físicas que possam vir a ser instaladas na região costeira. Desta forma, é de fundamental importância a descrição detalhada das características de forma e volume da praia, das profundidades da enseada, das características sedimentológicas e do balanço sedimentar local, antes da instalação do terminal de transatlânticos BC PORT. Com o objetivo de prover ao leitor uma fundamentação adequada dos principais processos físicos relevantes à morfodinâmica costeira, no item 9.1.3.6 é apresentada uma breve fundamentação teórica do sistema morfodinâmico e da classificação dos tipos de praias arenosas.

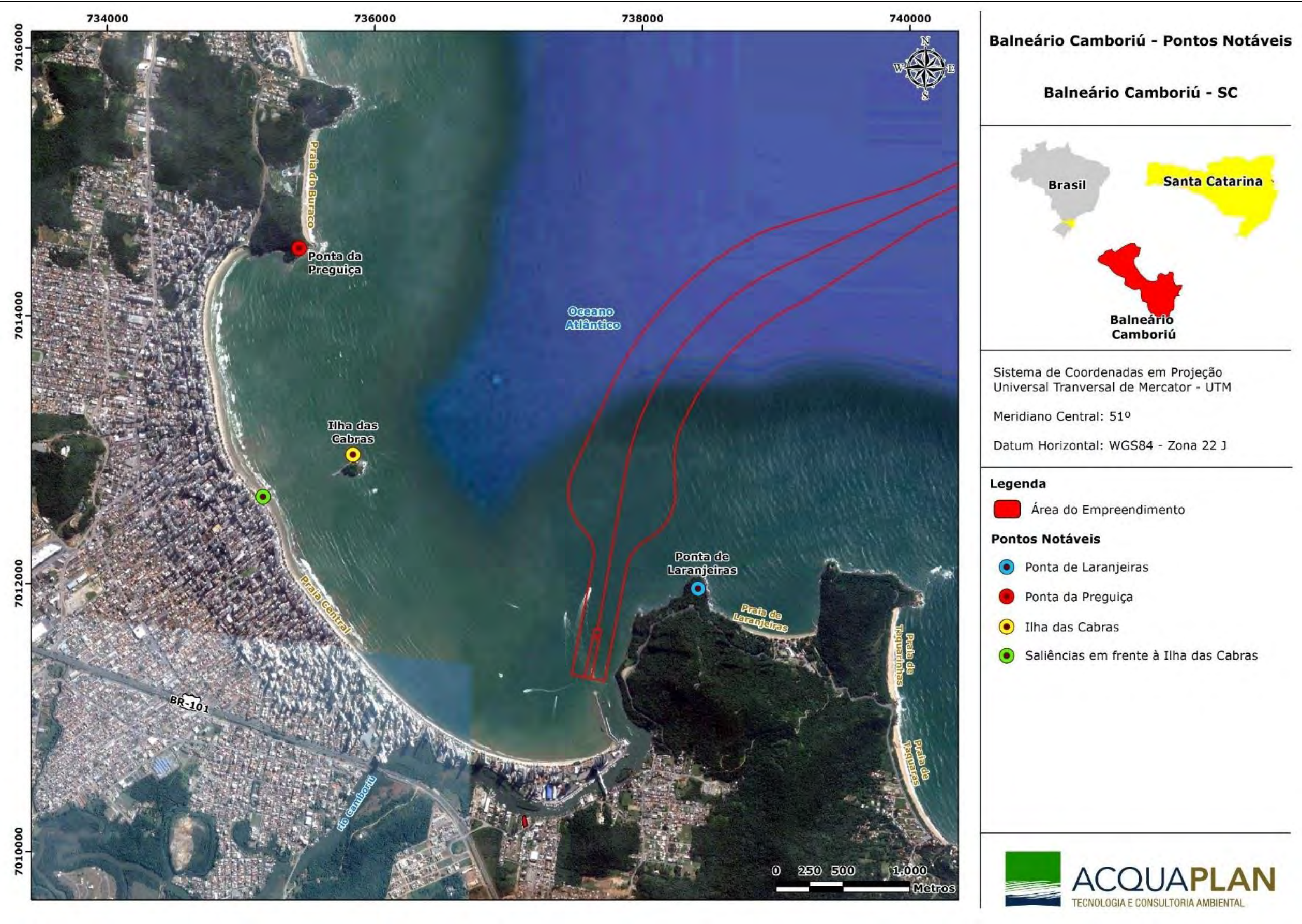


Figura 130. Delimitação da enseada da Praia Central de Balneário Camboriú pelos promontórios de Ponta de Laranjeiras e Ponta da Preguiça.

9.1.3.1. Breve Histórico das Intervenções Antrópicas na Morfologia Costeira

Uma vez que as características da morfologia variam substancialmente com a realização de intervenções e obras de engenharia na região costeira, na sequência do texto é apresentado um breve histórico das principais intervenções antrópicas realizadas na praia central de Balneário Camboriú.

De acordo com Albernaz (2010), no ano de 2000, o Instituto Nacional de Pesquisas Hidrográficas (INPH) iniciou estudos prévios para um projeto de alimentação artificial da Praia Central, mas, embora sem nenhum resultado conclusivo e sem qualquer pesquisa mais específica, a Prefeitura de Balneário Camboriú, em 2002, executou essa obra, com sedimentos retirados do leito e da desembocadura do rio Camboriú. Essas dragagens foram também realizadas nos anos de 2006 e 2008. A incompatibilidade sedimentar, gerada pela dragagem, provocou diversos impactos negativos no ambiente, dentre os quais Menezes (2008) citou:

- Morte de toneladas de bivalves e briozoários na praia, provavelmente ocasionada pelos sedimentos finos que colmataram os aparelhos filtradores desses organismos (Pezzuto et. al., 2004);
- Alteração das características morfológicas e morfodinâmicas do local, em função da incompatibilidade sedimentar;
- Ancoragem de toneladas de serrapilheira na praia, resultantes do material dragado do rio.

Outra obra de grande impacto na morfologia da praia central foi a construção do molhe na barra do Rio Camboriú. Essa obra foi realizada em duas etapas, no ano de 2004, pela Prefeitura de Balneário Camboriú, tendo um comprimento total de 451 metros. De acordo com INPH (2000), os objetivos dessa obra eram: (1) bloquear o transporte de areia da praia para a desembocadura do rio; (2) manter o canal de navegação estável; (3) criar espaço para a instalação de uma marina próxima à desembocadura; (4) impedir que a água do esgoto do rio adentrasse a área de banho da praia. Entretanto, Menezes (2008) alegou que, novamente, a falta de estudos gerou a ineficiência dessa obra em relação à estabilização da desembocadura.

9.1.3.2. Variação Morfológica e Volumétrica da Praia Central de Balneário Camboriú

Para a caracterização da variação morfológica em perfil (largura e forma) e volumétrica da Praia Central de Balneário Camboriú, são considerados dados secundários, levantados em estudos pretéritos a este Estudo de Impacto Ambiental (EIA). Os dados considerados compreendem o monitoramento de quatro perfis topográficos na praia central, realizados em três momentos distintos: entre abril de 1994 e fevereiro de 1996; entre julho de 2004 e fevereiro de 2007; coletados pela Universidade do Vale do Itajaí, e entre fevereiro e abril de 2013, coletados pelo consórcio ACQUAPLAN/PROSUL para o desenvolvimento do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) da Alimentação Artificial da Praia Central de Balneário Camboriú, SC (ACQUAPLAN & PROSUL, 2014).

Os parâmetros morfométricos de largura e volume dos perfis praias descritos em ACQUAPLAN & PROSUL (2014) são apresentados na Tabela 15 e na Tabela 16, respectivamente.

Tabela 15. Valores de largura de praia para os quatro perfis praias durante os três períodos analisados. Fonte: ACQUAPLAN & PROSUL (2014).

Levantamento	Data	P1	P2	P3	P4
1	Jan/94	44.00	35.00	39.00	7.00
2	Mar/94	*	*	*	8.00
3	Abr/94	44.00	40.00	41.00	*
4	Mai/94	44.00	44.00	*	9.00
5	Mai/94	46.00	*	35.00	8.00
6	Jun/94	48.00	33.00	*	9.00
7	Jun/94	39.00	33.00	40.00	*
8	Ago/94	41.00	33.00	41.00	7.00
9	Out/94	45.00	28.00	*	*
10	Nov/94	44.00	25.00	38.00	6.00
11	Nov/94	46.00	*	41.00	4.00
12	Dez/94	*	*	41.00	6.00
13	Jan/95	46.00	28.00		4.00
14	Fev/95	46.00	30.00	40.00	4.00
15	Fev/95	47.00	30.00	34.00	*
16	Jun/95	34.00	36.00	*	8.00
17	Jul/95	39.00	38.00	42.00	5.00
18	Ago/95	46.00	35.00	43.00	5.00
19	Out/95	46.00	35.00	40.00	5.00
20	Dez/95	48.00	33.00	40.00	5.00
21	Fev/96	44.00	43.00	45.00	6.00
Media (1994-1996)		44.10	34.10	40.00	6.20
Desvpad		3.50	5.20	2.80	1.70
CV		8.00	15.20	6.90	27.50
22	Jul/04	31.10	55.60	46.70	44.30
23	Set/04	47.90	52.90	46.10	42.10
24	Dez/04	32.20	45.60	32.60	57.10
25	Mar/05	36.10	48.00	48.30	58.80
26	Mai/05	39.30	47.20	48.00	58.00

Levantamento	Data	P1	P2	P3	P4
27	Jul/05	43.00	53.00	54.00	86.00
28	Mar/06	38.90	51.00	52.20	70.00
29	Mai/06	35.00	58.20	53.00	77.80
30	Jul/06	28.00	49.10	50.30	79.50
31	Out/06	30.00	42.90	*	73.50
32	Nov/06	*	*	44.80	*
33	Dez/06	35.00	48.10	49.10	71.90
34	Jan/07	34.00		46.60	69.20
35	Fev/07	*	47.00	*	*
Media (2004-2007)		35.88	49.88	47.65	65.68
Desvpad		5.69	4.38	5.54	13.73
CV		15.80	8.80	11.60	20.90
36	Fev/13	32.2	55	52.2	45.1
37	Mar/13	31.7	57.2	54.6	43.7
38	Abr/13	32.2	56.3	49.4	42.8
Media (2013)		32.03	56.17	52.07	43.87
Desvpad		0.29	1.11	2.60	1.16
CV		0.90	1.97	5.00	2.64

Tabela 16. Valores de volume de praia para os quatro perfis praias durante os três períodos analisados. Fonte: ACQUAPLAN & PROSUL (2014).

Levantamento	Data	P1	P2	P3	P4
1	Jan/94	40.00	22.20	26.40	1.90
2	Mar/94	*	*	*	1.40
3	Abr/94	37.10	22.80	26.40	*
4	Mai/94	37.40	24.80	*	2.30
5	Mai/94	34.00	*	18.80	2.10
6	Jun/94	35.00	16.50	*	2.60
7	Jun/94	32.60	18.10	24.00	*
8	Ago/94	32.70	17.40	28.70	2.30
9	Out/94	37.00	15.90	*	*
10	Nov/94	36.60	11.60	27.10	0.90
11	Nov/94	36.60	*	28.70	0.70
12	Dez/94	*	*	29.00	1.00
13	Jan/95	37.30	12.30	*	0.70
14	Fev/95	37.80	13.00	23.60	0.20
15	Fev/95	38.60	14.60	20.60	*
16	Jun/95	31.80	28.90	*	2.10
17	Jul/95	32.90	25.90	28.70	0.70
18	Ago/95	38.80	23.10	29.70	0.60
19	Out/95	42.90	19.80	27.30	0.60
20	Dez/95	43.60	18.40	26.80	0.80
21	Fev/96	40.90	22.90	30.60	1.20
Media (1994-1996)		37.03	19.31	26.43	1.30
Desvpad		3.40	5.10	3.40	0.80
CV		9.10	26.20	12.70	58.10
22	Jul/04	18.31	38.58	28.13	30.87
23	Set/04	35.23	39.98	35.29	28.00
24	Dez/04	17.99	24.20	20.17	38.37
25	Mar/05	20.92	31.00	29.60	47.52
26	Mai/05	21.15	28.03	28.00	45.31
27	Jul/05	24.00	38.00	36.00	63.00
28	Mar/06	23.90	34.90	34.90	46.00
29	Mai/06	23.00	42.30	36.40	67.80
30	Jul/06	16.00	35.30	35.90	70.30
31	Out/06	15.00	25.30	*	66.90
32	Nov/06	*	*	27.00	*

Levantamento	Data	P1	P2	P3	P4
33	Dez/06	17.00	27.40	32.10	66.50
34	Jan/07	18.00	*	29.30	62.80
35	Fev/07	*	30.20	*	*
Media (2004-2007)		20.87	32.93	31.07	52.78
Desvpad		5.40	6.10	4.90	15.20
CV		26.10	18.40	15.90	28.90
36	Fev/13	19.8	48.8	54.7	56.4
37	Mar/13	19.7	49.0	55.6	53.0
38	Abr/13	18.0	48.5	54.2	51.4
Media (2013)		19.17	48.77	54.83	53.60
Desvpad		1.01	0.25	0.71	2.55
CV		5.28	0.52	1.29	4.76

Analisando os dados de variação morfológica, largura e volume, e observando a topografia dos perfis medidos em campo para o Perfil 1 (Figura 131), verifica-se claramente uma modificação brusca no volume e na largura entre o período amostral 1 (1994-1996) e o período amostral 2 (2004-2006), demonstrando uma erosão grande no perfil, sendo que o mesmo sofreu uma retração de 30% e uma erosão de 50% de todo o seu volume sedimentar (Tabela 16). Entre o segundo período amostral e o terceiro (2013), observa-se uma estabilização do perfil praiar, sendo que o mesmo não apresenta variação considerável nestes sete anos, entre os períodos amostrais.

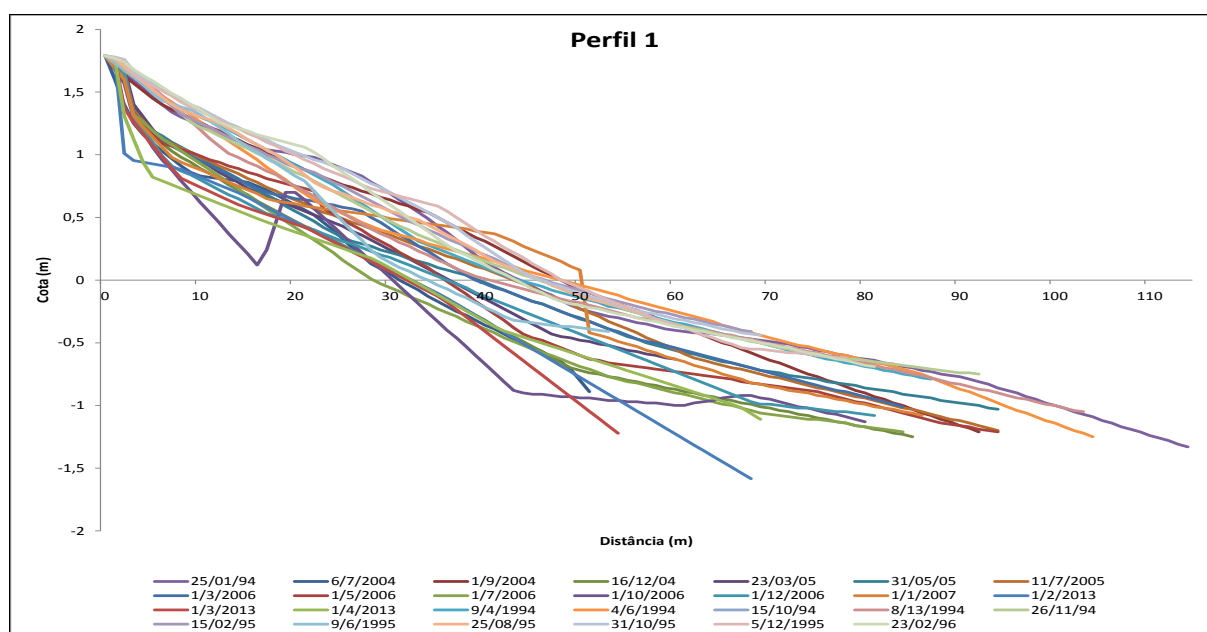


Figura 131. Variação morfológica para o Perfil 1, demonstrando os três períodos amostrais analisados. Fonte: ACQUAPLAN & PROSUL (2014).

Para o perfil topográfico 2, localizado na porção centro-norte da praia (Figura 132, Figura 133), verifica-se que o mesmo apresentou um comportamento oposto ao observado no Perfil 1, demonstrando um aumento nos parâmetros de largura e volume para os 19 anos analisados, que compreende os três períodos amostrais. O perfil apresentou um aumento

médio de 10 metros entre os períodos amostrais 1 (1994-1996) e 2 (2004-2006), e um aumento adicional médio de 10 metros entre os períodos 2 e 3 (2013) (Figura 132). Este comportamento pode estar relacionado com um transporte de sedimentos, através da deriva litorânea, contribuindo para o acúmulo e crescimento da saliência presente na porção central da praia de Balneário Camboriú (Figura 133).

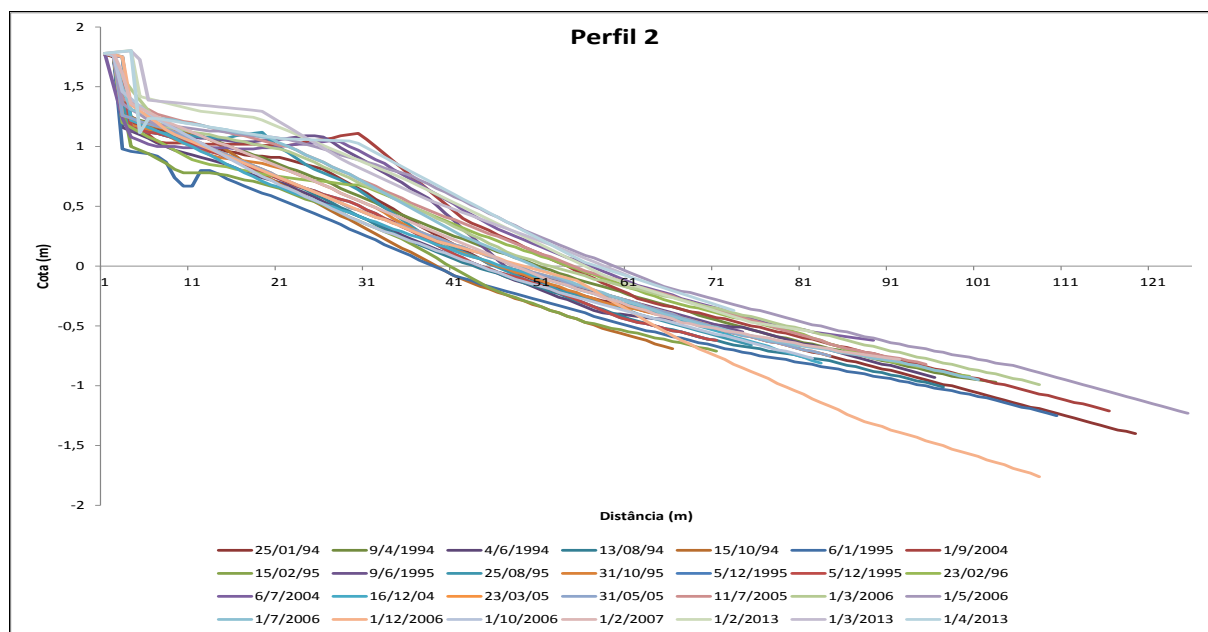


Figura 132. Variação morfológica para o Perfil 2, demonstrando os três períodos amostrais analisados. Fonte: ACQUAPLAN & PROSUL (2014).



O perfil topográfico 3, localizado ao sul da saliência central da praia de Balneário Camboriú, apresentou um comportamento semelhante ao Perfil 2, com acréscimo de volume e largura ao longo do tempo. O volume aumentou continuamente, ao contrário da largura que somente demonstrou aumento entre o primeiro e segundo período de análise (Tabela 15 e Tabela 16). Para a variação do volume entre os últimos períodos analisados (2006-2013), pode ser verificado claramente que nos perfis coletados na praia, esse aumento é em decorrência do transporte de sedimentos oriundos da porção sul da praia, a qual sofreu uma alimentação artificial entre os anos de 2002 e 2004, comprovada pela perda de sedimentos do Perfil 4 neste período (Tabela 16). Isto demonstra que na porção centro-sul da praia ocorre outra célula de circulação costeira, como a observada na porção centro-norte, porém, com sentido oposto (Figura 135).

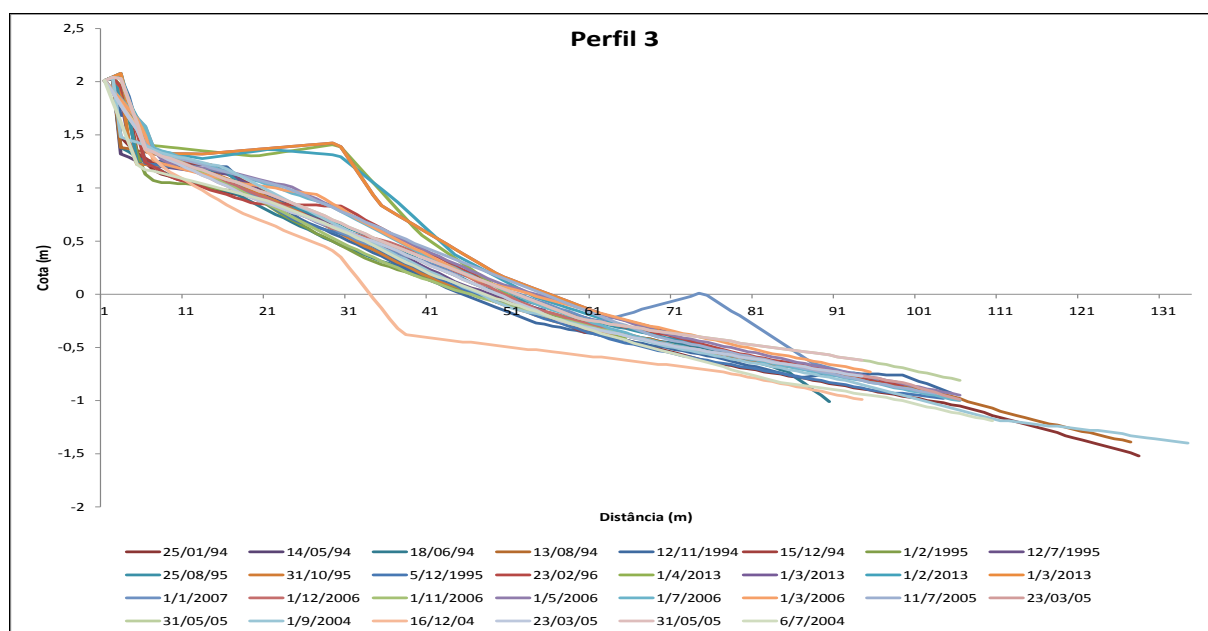


Figura 134. Variação morfológica para o Perfil 3, demonstrando os três períodos amostrais analisados. Fonte: ACQUAPLAN & PROSUL (2014).

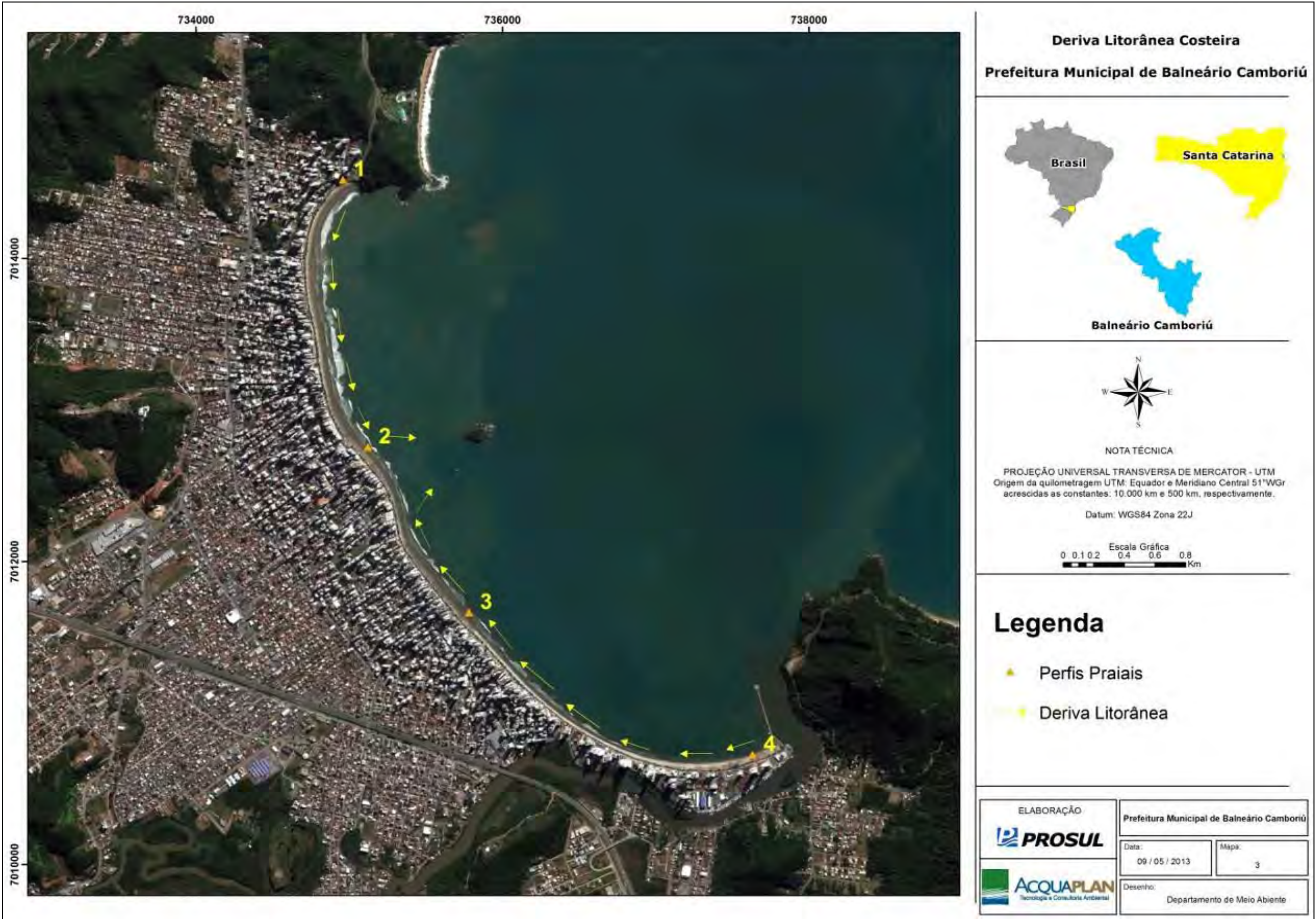


Figura 135. Deriva litorânea de larga escala demonstrada pela erosão do Perfil 4 e acresção no Perfil 03. Fonte: ACQUAPLAN & PROSUL (2014).

O perfil 4 foi o que apresentou a maior variação em largura e volume de todos os perfis analisados (Tabela 15 e Tabela 16). No primeiro período analisado este perfil apresentava uma curta extensão de areia em função de um processo erosivo instalado no local, e devido a parte do seu sedimento ser transportado para o interior do rio Camboriú, pela ausência do guia-correntes que foi construído no ano de 2002 na desembocadura do rio Camboriú. Entre os anos de 2002 e 2006 foram realizados processos de alimentação artificial da área com sedimentos provenientes da desembocadura do rio Camboriú, em três momentos distintos (Figura 136).

Após o período de alimentação artificial se verifica uma redução no perfil praial 4 (Figura 137) em volume e largura devido à readequação do perfil praial, sendo que esta distribuição ocorre ao longo da praia (Figura 135), e pode ser comprovada pelo aumento do volume de sedimentos no perfil 3 (Figura 134).



Figura 136. Fotos da alimentação realizada pela Prefeitura de Balneário Camboriú na porção sul da enseada de Balneário Camboriú (fotos: Glaucio Vintem). Fonte: ACQUAPLAN & PROSUL (2014).

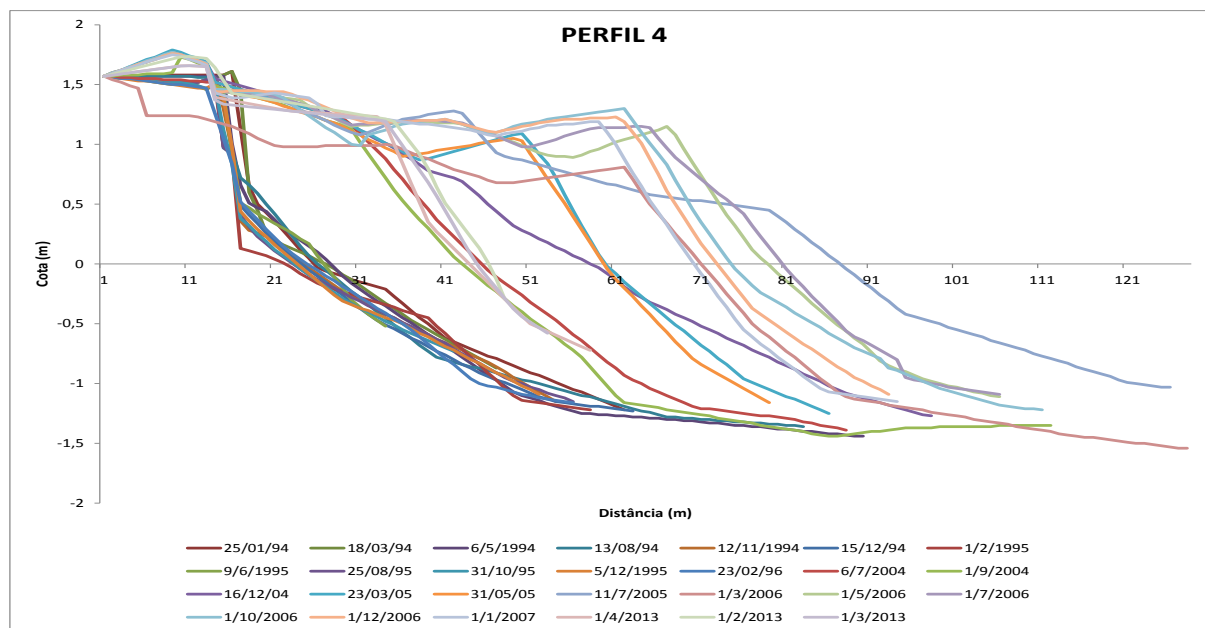


Figura 137. Variação morfológica para o Perfil 4, demonstrando os três períodos amostrais analisados. Fonte: ACQUAPLAN & PROSUL (2014).

Como já foi verificado por Temme (1996), Menezes (1999), Klein & Menezes (2001) e Benedet (2000), os perfis que apresentaram as maiores frequências e amplitudes de variação volumétrica natural foram aqueles localizados na região da praia com maior grau de exposição às ondas incidentes, ou seja, na porção norte da praia.

Não foi observada uma sazonalidade nas variações de volume e largura da praia. Assim como Benedet (2000) já havia observado, essas variações são respostas a eventos de alta energia de ondas e ressacas, que podem ocorrer em qualquer mês do ano, porém, sendo mais frequentes no inverno.

Pode-se verificar, nos perfis da Praia Central de Balneário Camboriú, uma troca de sedimentos entre anos consecutivos, nos quais alguns perfis sofrem erosão em um ano e acreção no ano subsequente. Enquanto que perfis vizinhos possuem comportamento inverso.

A este fenômeno dá-se o nome de rotação praial, definido por Klein (2004) como sendo um fenômeno que ocorre em escalas de tempo diversas, com grandes variações de volumes de sedimentos e movimentação da linha de costa, sem haver ganho ou perda de sedimentos na célula ou compartimento costeiro.

Benedet (2000) e Klein *et al.* (2002) descreveram este comportamento para a Praia Central de Balneário Camboriú, onde a alteração na direção predominante das ondas incidentes seria responsável por este fenômeno.

De acordo com Albernaz (2010), a morfodinâmica da Praia Central de Balneário Camboriú é marcada por uma zona de grande acreção de sedimentos pela obra de alimentação de praia no setor sul; o setor norte da praia apresenta maior dinâmica no transporte de sedimentos, sendo que nessa área o transporte através da costa é o principal agente controlador dos eventos de erosão e deposição, porém também foi identificado o fenômeno de rotação de praia realizado pelo transporte ao longo da costa entre o extremo norte e a região centro-sul da praia. O transporte através da costa é distribuído ao longo do ano todo, sem uma sazonalidade marcada, enquanto o transporte ao longo da costa acontece em todos os períodos do ano, exceto no inverno.

Desta forma, pode-se caracterizar o setor Norte da praia como uma área mais energética, em que há maior dinâmica sedimentar envolvendo areia fina, muito fina e até mesmo areia média. Nessa área, predomina o transporte através da costa ao longo de todo o ano, com eventos bem pronunciados de rotação praial, quando a energia de onda não é tão alta. Já o setor sul é caracterizado por uma menor dinâmica marcada por areia muito fina, porém, após as obras de alimentação de praia (2002 – 2004), um grande volume sedimentar foi adicionado, contendo sedimentos mal selecionados, em desacordo com os sedimentos pretéritos (Albernaz, 2010).

9.1.3.3. Profundidades da Área de Influência do Empreendimento

Na Figura 138 são apresentados os dados primários das profundidades levantadas na área de instalação do empreendimento BC PORT. O levantamento batimétrico monofeixe de alta frequência (200 kHz) foi realizado nos dias 16/07/15 e 17/07/15, na área de instalação do empreendimento, especialmente para o desenvolvimento deste Estudo de Impacto Ambiental (EIA).

A profundidade máxima, média e mínima na área de instalação do empreendimento é de 10,62 metros, 6,51 metros e 1,92 metros, respectivamente. As menores profundidades ocorrem junto à desembocadura do rio Camboriú e aumentam em direção ao mar. Na extremidade sudeste da poligonal hidrografada pode ser observada uma região de maiores profundidades, ultrapassando a isóbata dos 10 metros.

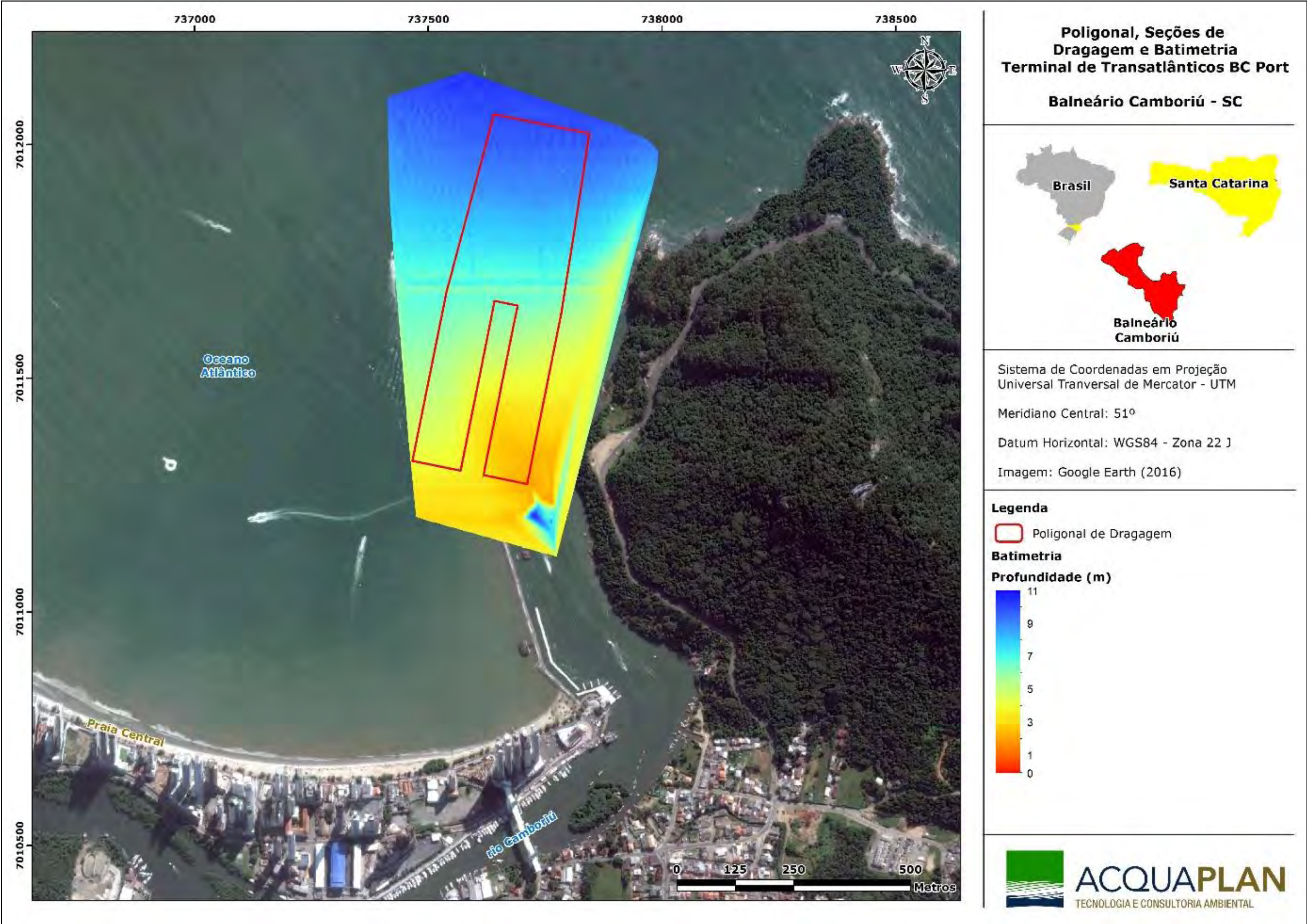


Figura 138. Levantamento batimétrico 200 kHz realizado para este Estudo de Impacto Ambiental. Executado nos dias 16/07/15 e 17/07/15 na área de instalação do empreendimento. Datum vertical IBGE/Imbituba.

Na Figura 139 é apresentado um levantamento batimétrico monofeixe de alta frequência (200 kHz) realizado na enseada de Balneário Camboriú no dia 31 de outubro de 2012, para o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) da Alimentação Artificial da praia Central (Acquaplan & Prosul, 2014), utilizado neste Estudo de Impacto Ambiental (EIA) como dado secundário.

De acordo com o levantamento realizado em 2012 (Acquaplan & Prosul, 2014), ilustrado na Figura 139, a extremidade norte da enseada de Balneário Camboriú possui uma pendente mais íngreme, apresentando uma maior variação da profundidade próximo à linha de costa, que varia entre 1,0 metro e 10,3 metros na região mais profunda. Neste setor também foi possível observar que o fundo marinho apresenta maior irregularidade, devido a presença de fundos rochosos elevados (parcéis) que variam entre 2,5 metros a 5,5 metros de profundidade. Para o setor próximo à extremidade sul da enseada, as profundidades variaram entre 1,0 metro a 8,7 metros, onde se observou um declive mais suave na profundidade, quando comparado ao setor norte, principalmente caracterizado por esta ser a área mais abrigada da enseada. Já no setor mediano da enseada, na região que compreende a parte central da linha de praia e a ilha das Cabras, observa-se a presença de um desnível suave da costa, com profundidades que variam entre 2,0 e 3,8 metros de profundidade, em média, representando a formação natural de um tombolo, estrutura geológica caracterizada pelo acúmulo sedimentar em uma região de **“sombreamento” da energia de onda.**

Na Figura 140 é apresentado um modelo batimétrico composto dos dados primários (2015) e secundários (2012), apresentados na Figura 138 e na Figura 139, respectivamente.

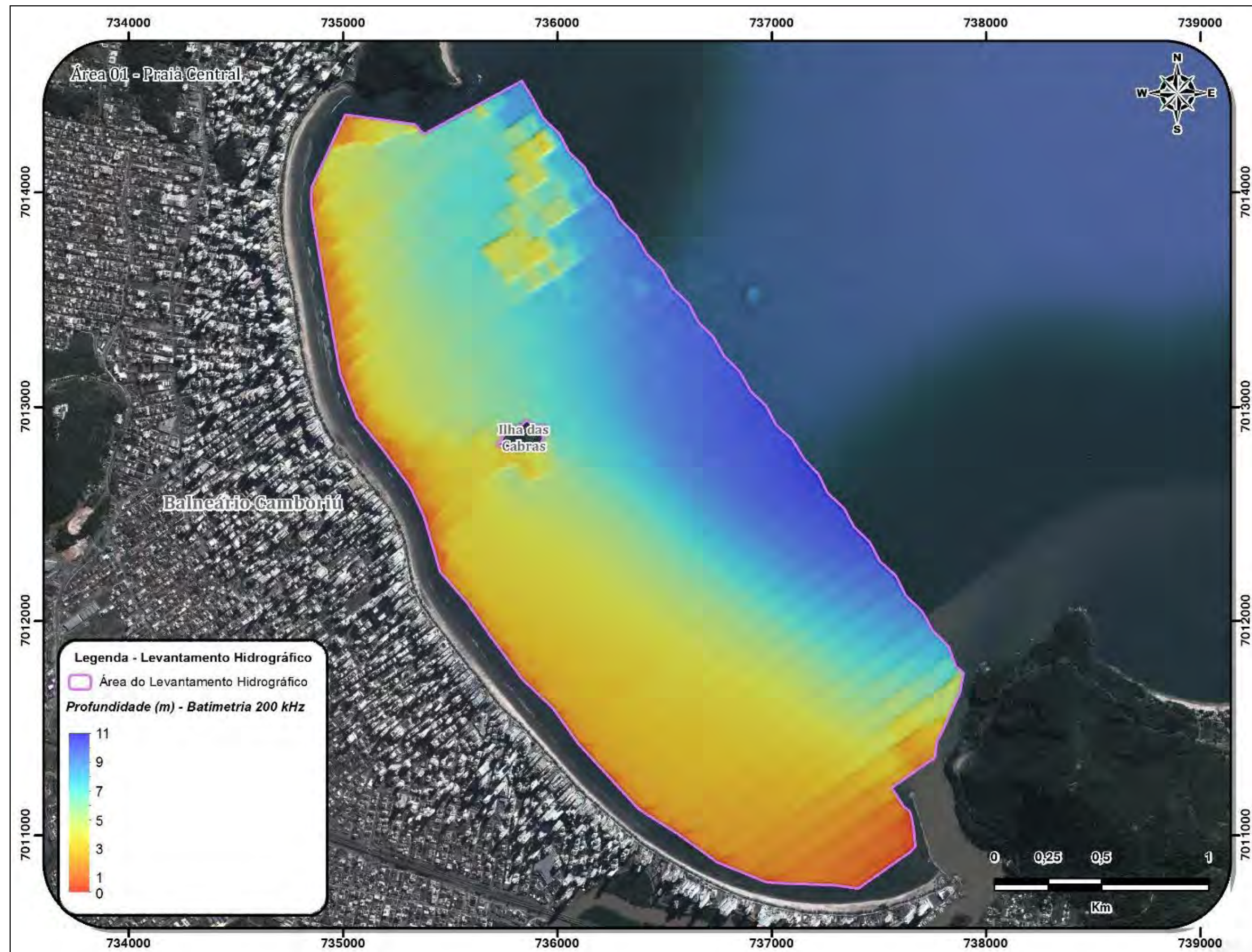


Figura 139. Levantamento batimétrico 200 kHz da enseada de Balneário Camboriú, realizado em 31/10/12 para o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) da Alimenção Artificial da praia Central. Datum vertical IBGE/Imbituba. Fonte: ACQUAPLAN & PROSUL (2014).

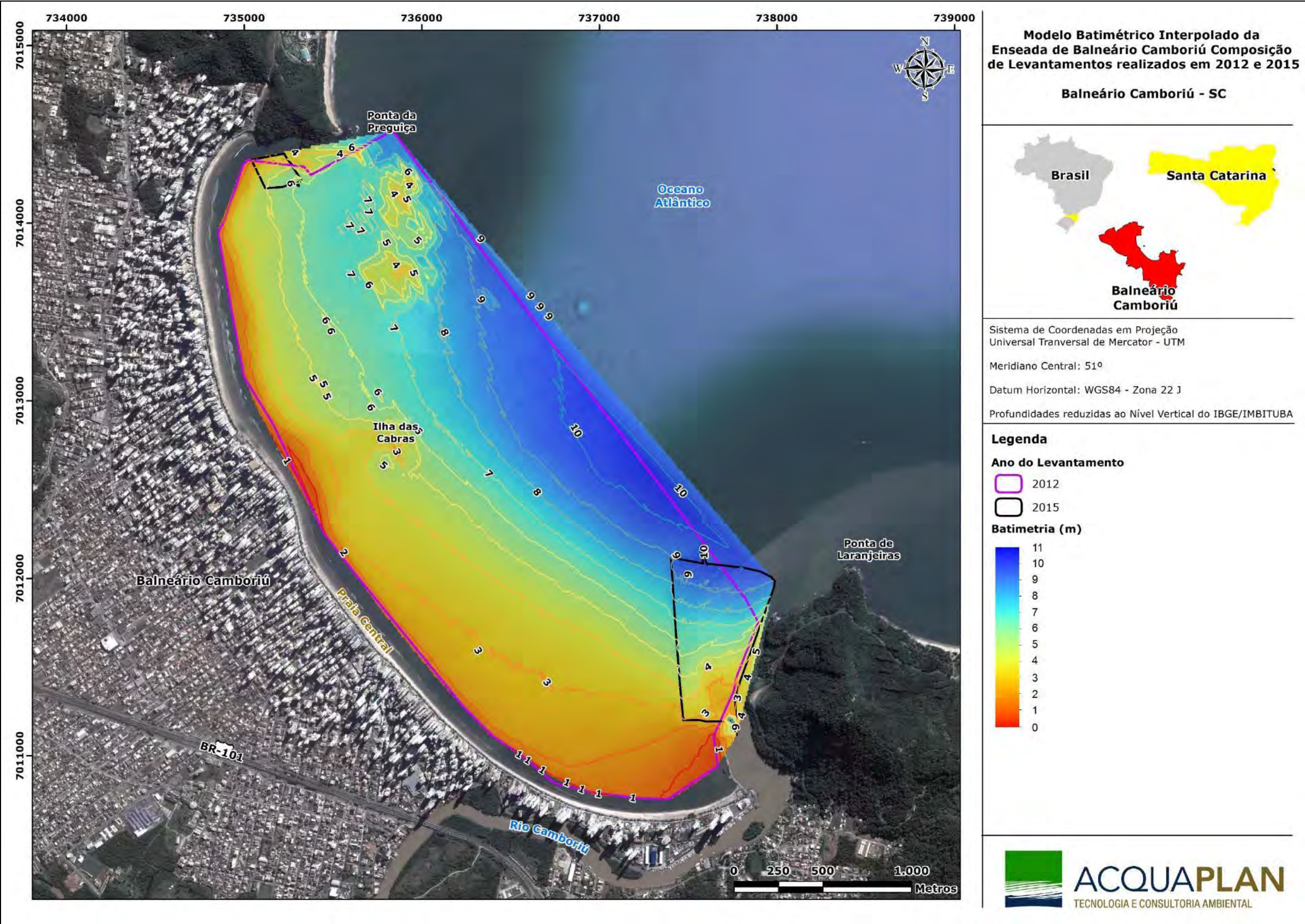


Figura 140. Modelo interpolado das prondidades da enseada de Balneário Camboriú. Composição de levantamentos realizados no ano de 2012 (dados secundários, poligonal maior, em roxo) e no ano de 2015 (dados primários, poligonais menores, em preto). Fonte dos dados secundários do ano de 2012: ACQUAPLAN & PROSUL (2014).

9.1.3.4. Características de Subsuperfície da Área de Implantação do Empreendimento

Para a execução adequada de uma obra de dragagem, é de grande relevância o conhecimento das características do material que compõe as camadas de subsuperfície (subfundo) do leito marinho. O conhecimento da existência de rochas em subsuperfície na poligonal de dragagem é fundamental para a escolha do equipamento de dragagem mais adequado e muito importante para todo o processo de planejamento e execução da obra.

Desta forma, visando caracterizar as estruturas de subsuperfície na poligonal de dragagem deste empreendimento, foi realizada a amostragem indireta das camadas de subsuperfície, fazendo uso da técnica de sísmica de reflexão. O levantamento sísmico foi realizado nos dias 16 e 17/05/15, sob Autorização CHM N° 217/15, pela empresa Mar Tethys Levantamentos Oceanográficos e Estudos Ambientais Ltda, subsidiária do Grupo Acquaplan. Todos os procedimentos de aquisição e processamento de dados, bem como o desenvolvimento dos produtos apresentados, foram realizados de acordo com as Normas da Autoridade Marítima para Levantamentos Hidrográficos (NORMAM 25 / DHN).

Na Figura 141 é apresentada a profundidade sísmica da área de instalação e da poligonal de dragagem do empreendimento deste Estudo de Impacto Ambiental (EIA). Todas as profundidades apresentadas estão referenciadas ao *datum* vertical do IBGE para o local, e reduzidas ao levantamento batimétrico (Figura 138) realizado de forma simultânea ao levantamento sísmico. A profundidade sísmica consiste na profundidade máxima de penetração do sinal sísmico, a qual é limitada pela existência de rochas e/ou outras estruturas que atenuam/impeçam a propagação do sinal (sedimento grosseiro, bolhas de gases, grande quantidade de matéria orgânica, biodetritos, etc).

Conforme ilustrado na Figura 141, a profundidade sísmica da área levantada varia entre 2 metros (na extremidade sul da área levantada) e 22 metros (extremidade norte). De maneira geral, a parte inferior (sul para o centro) da área levantada apresenta profundidade sísmica de até 10 metros (em amarelo). Na porção norte da área levantada, a grande maioria das profundidades sísmicas ocorrem entre 12 metros e 22 metros, com algumas diminutas regiões com profundidades entre 10 metros e 11 metros.

No levantamento sísmico realizado, foram identificadas e mapeadas duas (2) rochas, uma na extremidade nordeste e outra na extremidade sudeste da área levantada, as quais são ilustradas pelas poligonais em lilás na Figura 142.

A rocha mapeada (em lilás) na extremidade sudeste da área levantada é ilustrada em detalhe na Figura 143, onde pode ser observado que esta não intercepta a poligonal de dragagem (em vermelho), e está situada em profundidades entre 4 metros e 11 metros. Portanto, não é necessária a remoção desta rocha para a dragagem da poligonal proposta. A espessura do pacote de material inconsolidado (sedimento) depositado sobre a rocha mapeada na extremidade sudeste varia entre 0,10 metros (parte aflorante) e 8 metros (em subfundo), conforme ilustrado na Figura 145.

A rocha mapeada na extremidade nordeste da área levantada é ilustrada em detalhe na Figura 144, e ocorre entre as profundidades de 9 metros e 16 metros. No ponto em que a rocha mapeada na extremidade nordeste intercepta a poligonal de dragagem, a profundidade de ocorrência da rocha é de 16 metros, ou seja, abaixo da cota de dragagem (- 10 metros), tornando assim desnecessária a remoção desta rocha para a dragagem da poligonal pretendida. A espessura do pacote de material inconsolidado (sedimento) depositado sobre a rocha mapeada na extremidade nordeste varia entre 0,10 metros (parte aflorante) no centro da rocha, e 8 metros (em subfundo) nas extremidades, conforme ilustrado na Figura 145.

No restante da área levantada, fora das poligonais das rochas mapeadas, as profundidades apresentadas dizem respeito à profundidade do Embasamento Acústico. O Embasamento Acústico pode ser definido como a profundidade máxima em que se tem certeza da ausência de rochas, sendo que abaixo dessa profundidade não é possível determinar de forma exata a composição do material (rochas, sedimentos, etc).

Conforme ilustrado na Figura 141 e na Figura 142, em algumas regiões inseridas dentro da poligonal de dragagem (em vermelho) a profundidade do embasamento acústico é menor do que a cota de dragagem (- 10 metros). Ou seja, nos locais em que a profundidade do embasamento acústico é menor do que 10 metros, existe uma incerteza da composição (rochas, sedimentos) do material das camadas de subfundo. Para a eliminação destas áreas de incerteza, na elaboração dos projetos executivos de engenharia e de dragagem, serão realizadas sondagens diretas em campo (SPT, *vibracore*, *jetprobe*), a fim de comprovar a composição do material das camadas de subfundo. Na Figura 146 é apresentada a espessura (em metros) de material

inconsolidado (sedimentos) depositado sobre o embasamento acústico (profundidade limite da ausência de rochas) da área levantada.

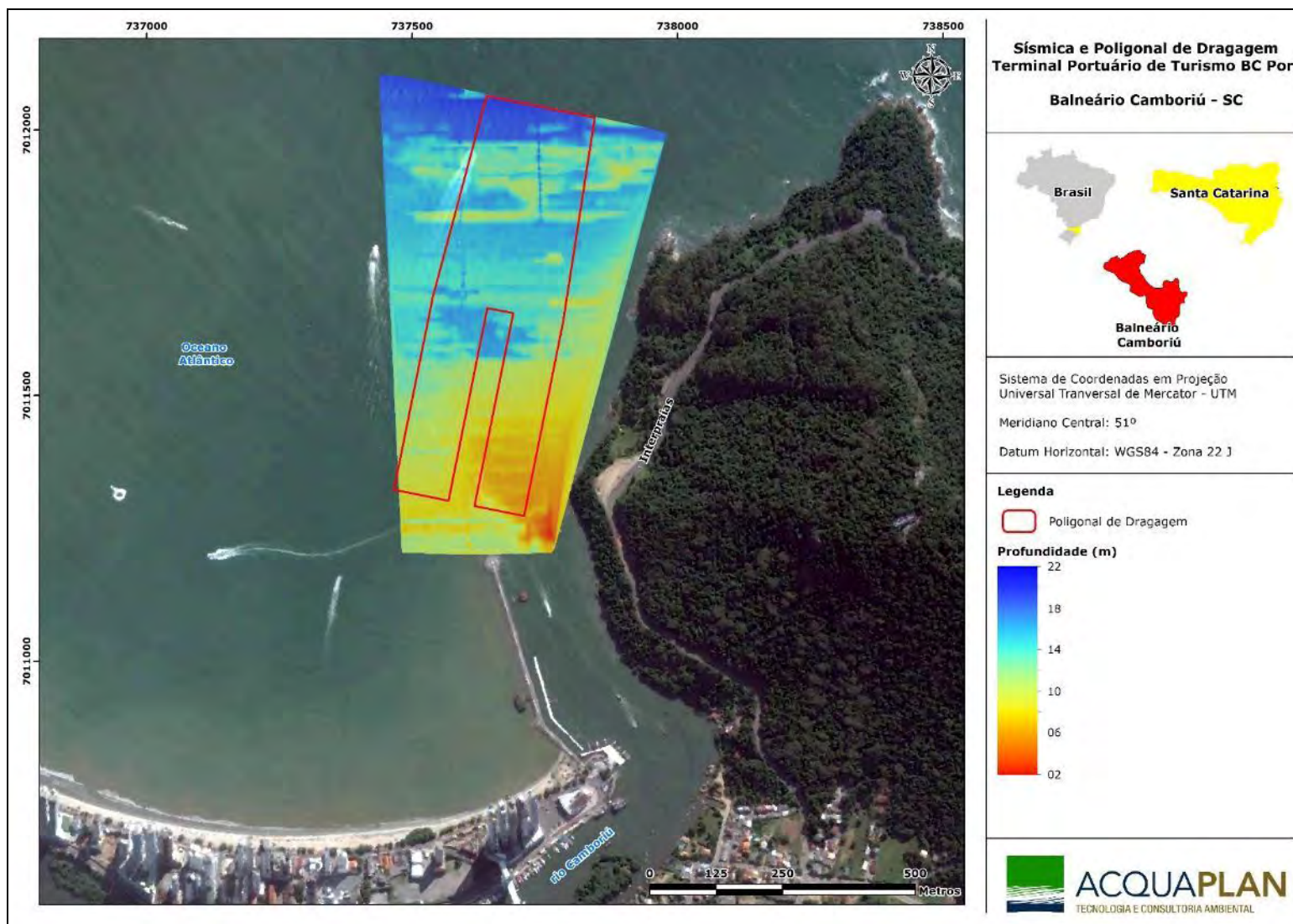


Figura 141. Profundidade sísmica da área de instalação e poligonal de dragagem (em vermelho) do empreendimento deste Estudo de Impacto Ambiental. Levantamento sísmico realizado em 16 e 17/07/15. Datum vertical IBGE.

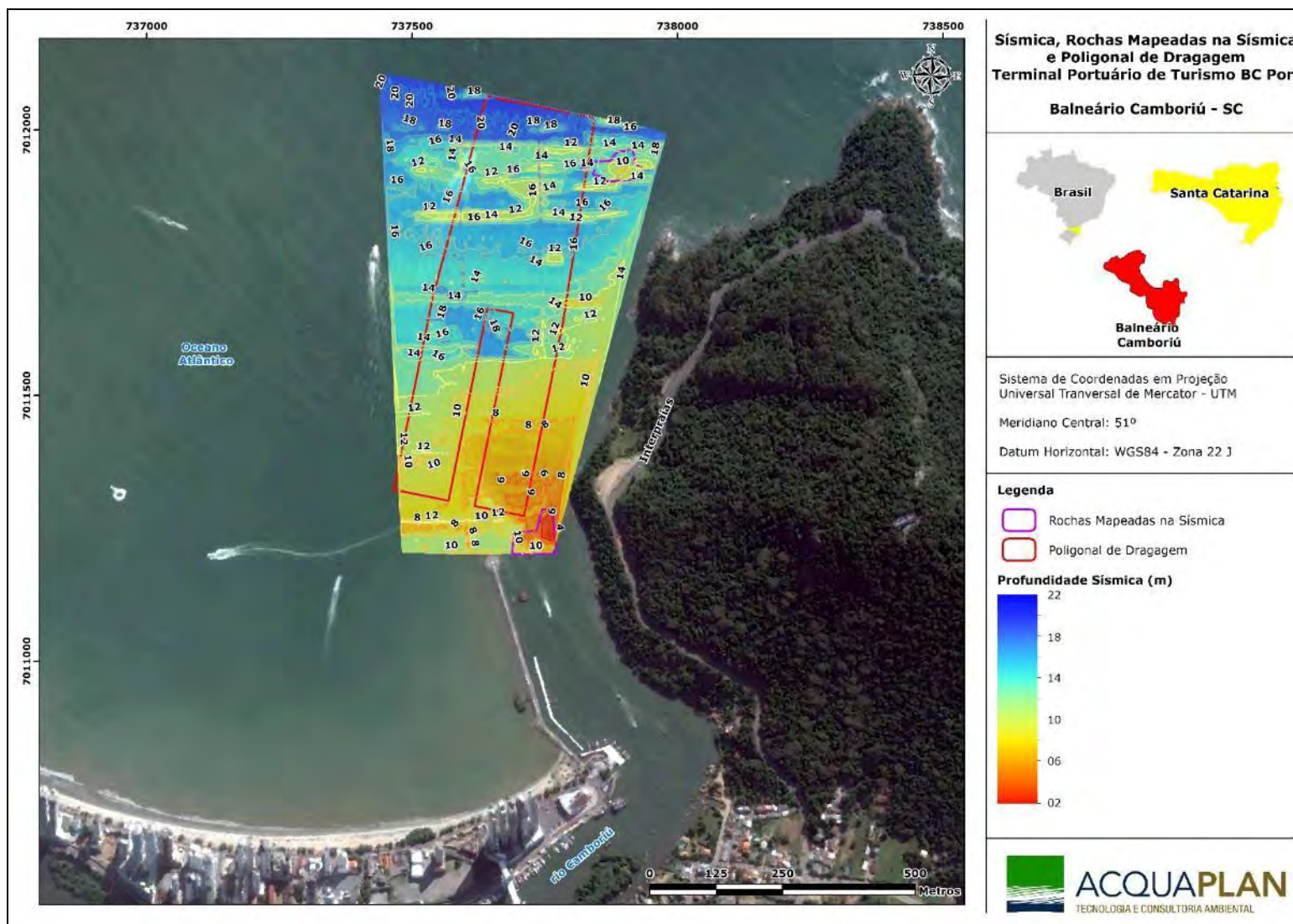


Figura 142. Profundidade sísmica e do topo das rochas mapeadas (poligonais em lilás) no levantamento sísmico realizado na área de interesse deste Estudo de Impacto Ambiental. Levantamento realizado em 16 e 17/07/15. Datum vertical IBGE.

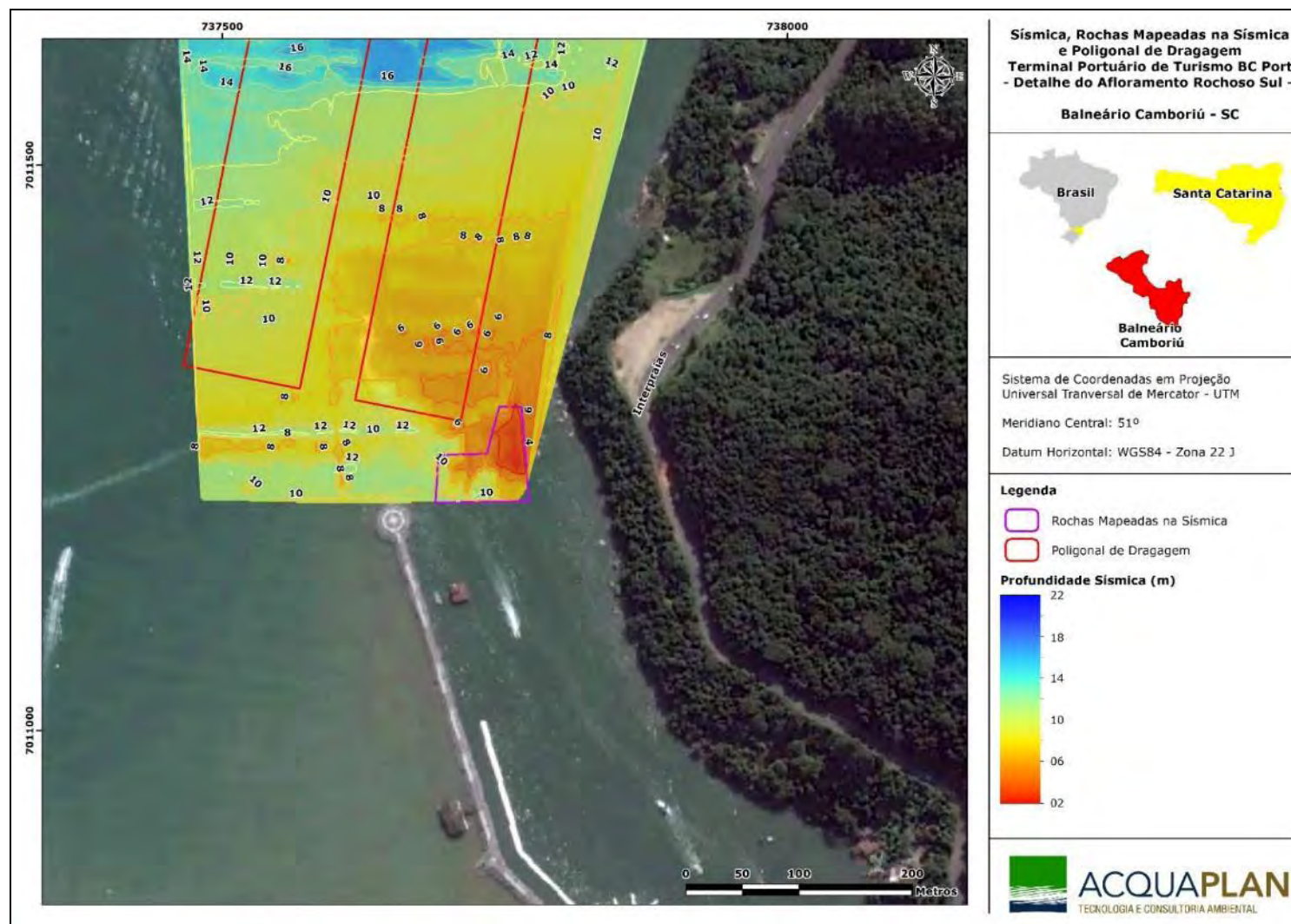


Figura 143. Detalhe rocha na porção sul da poligonal. Profundidade sísmica e do topo das rochas mapeadas (poligonais em lilás) no levantamento sísmico realizado na área de interesse deste Estudo de Impacto Ambiental. Levantamento realizado em 16 e 17/07/15. Datum vertical IBGE.

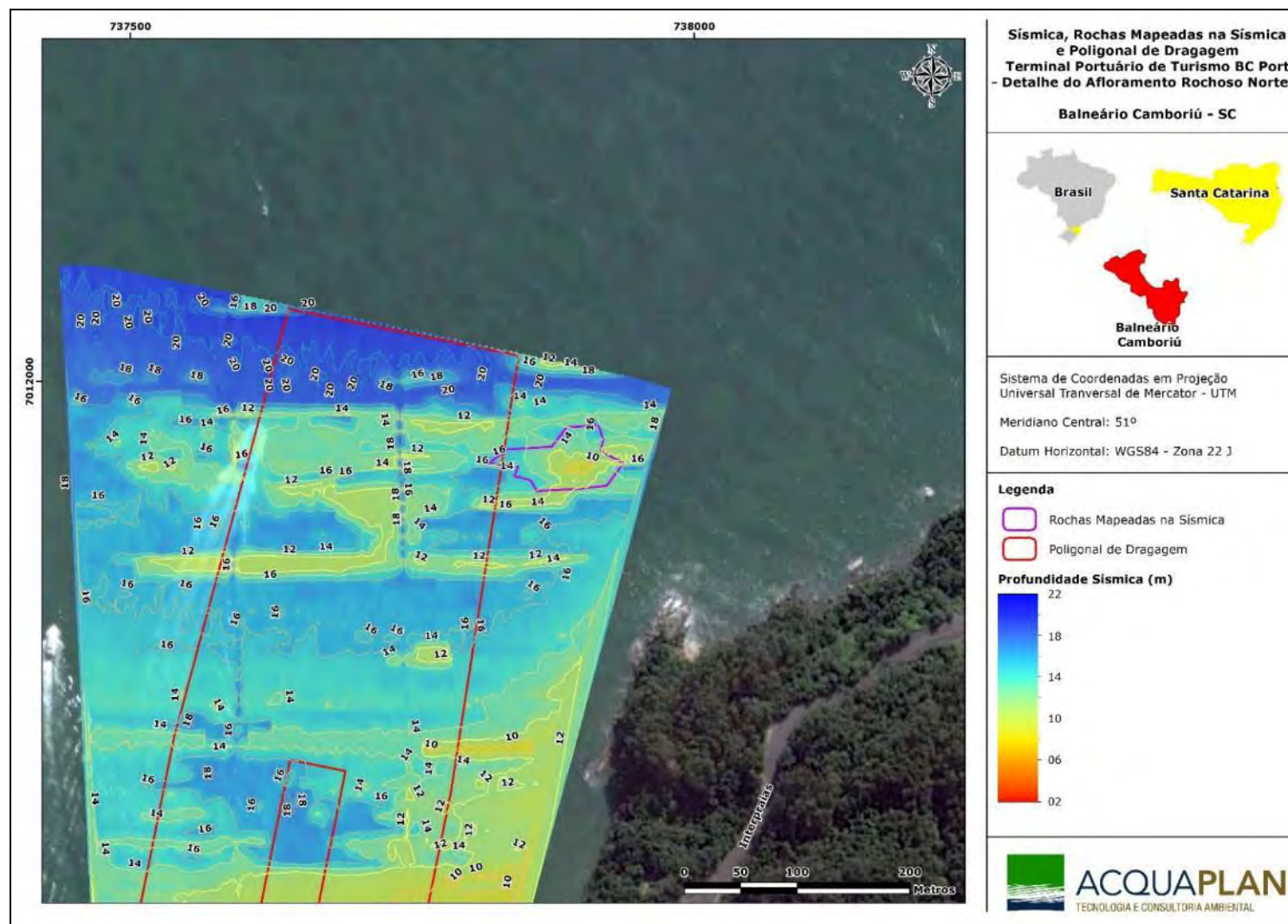


Figura 144. Detalhe rocha na porção norte da poligonal. Profundidade sísmica e do topo das rochas mapeadas (poligonais em lilás) no levantamento sísmico realizado na área de interesse deste Estudo de Impacto Ambiental. Levantamento realizado em 16 e 17/07/15. Datum vertical IBGE.

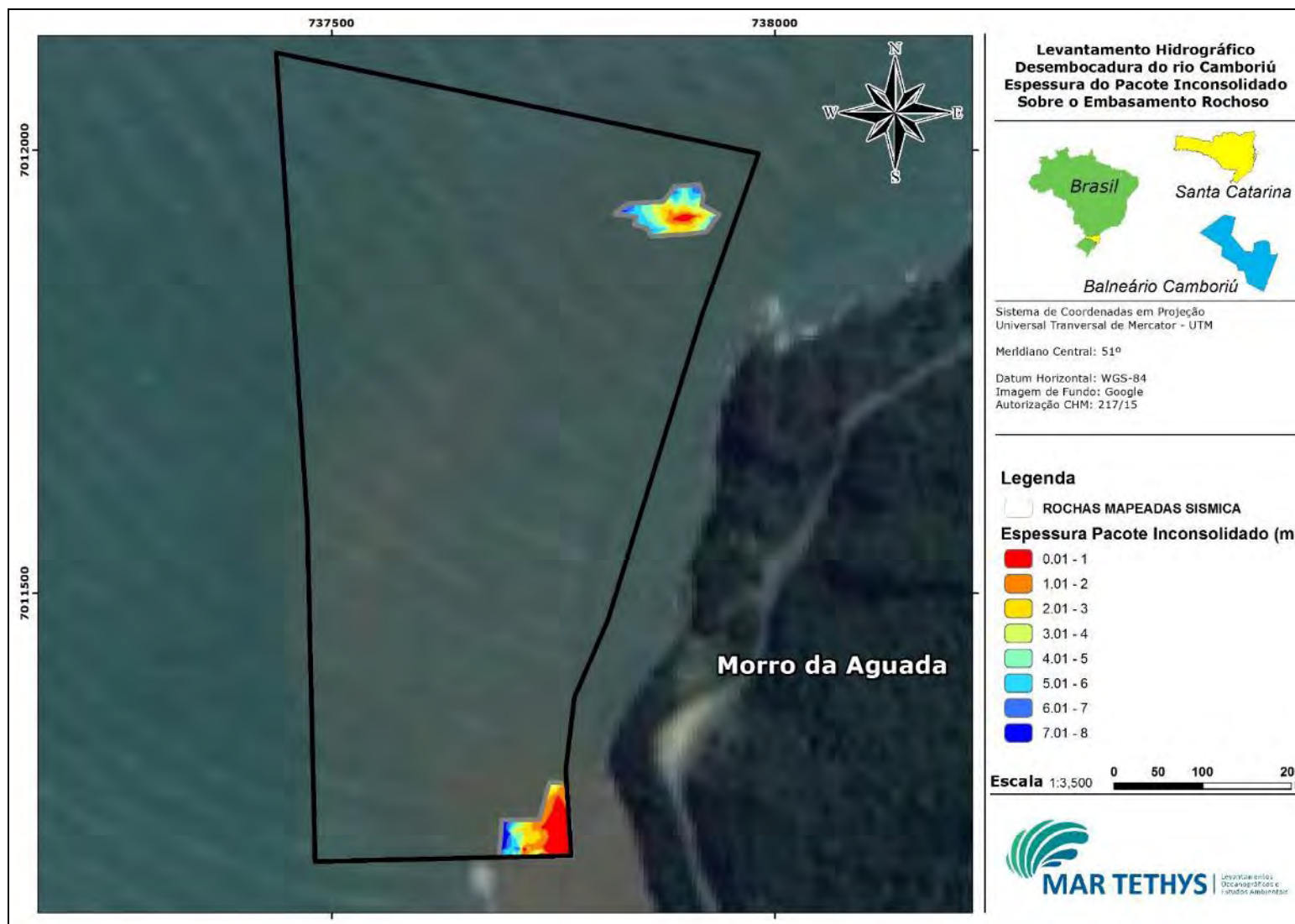


Figura 145. Espessura do pacote de material inconsolidado, em metros, depositado sobre o topo das rochas mapeadas. Levantamento sísmico realizado em 16 e 17/07/15. Datum vertical IBGE.

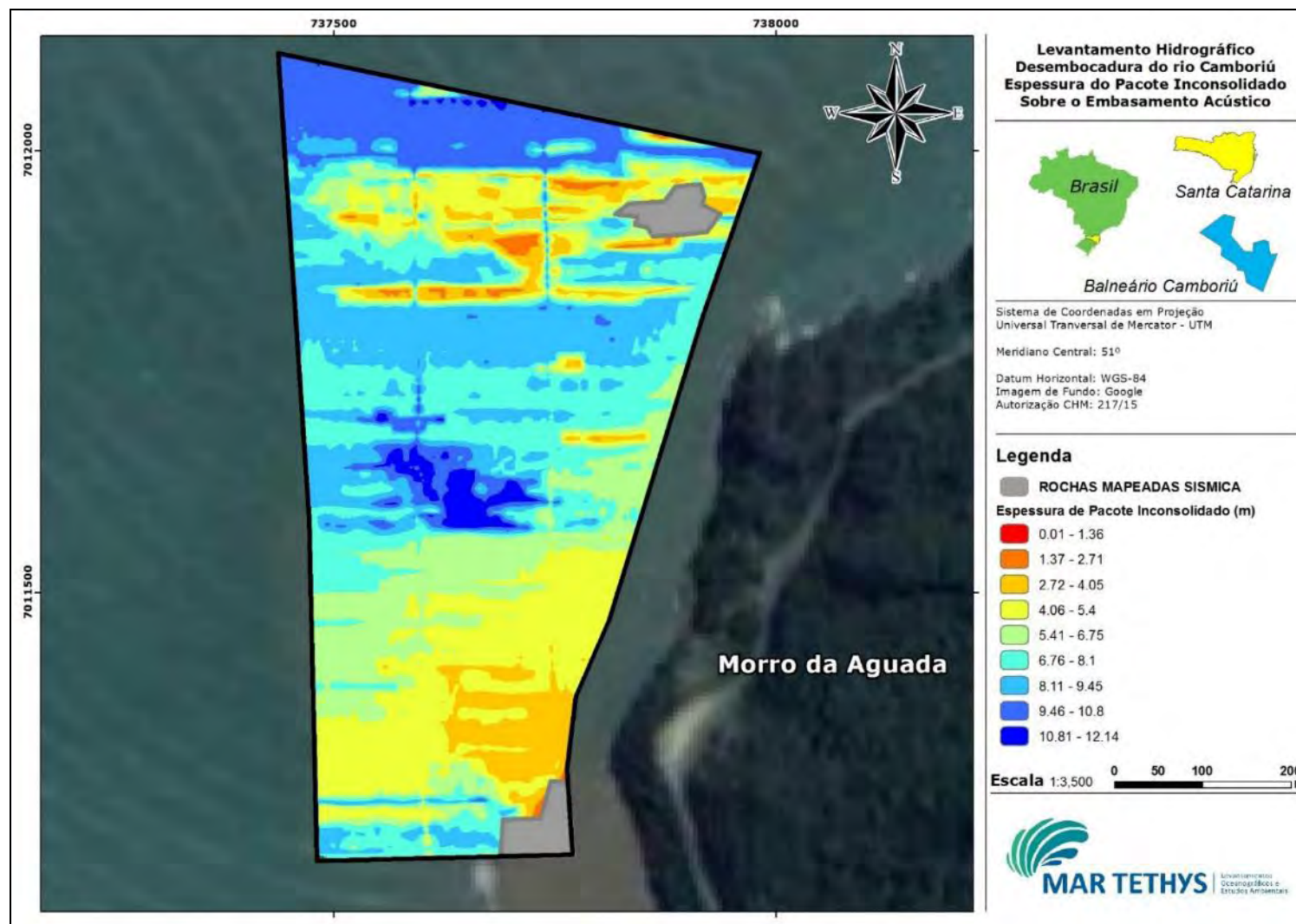


Figura 146. Espessura do pacote de material inconsolidado, em metros, depositado sobre o embasamento acústico (profundidade máxima em que se tem certeza da ausência de rochas). Levantamento sísmico realizado em 16 e 17/07/15. Datum vertical IBGE/IMBITUBA.

9.1.3.5. Características Sedimentológicas da Praia Central e da Enseada de Balneário Camboriú

Nesta seção são apresentadas as características sedimentológicas relevantes aos processos morfodinâmicos, que consiste fundamentalmente do tamanho das partículas sedimentares. As informações referentes à qualidade dos sedimentos e características químicas associadas são apresentadas de forma detalhada no capítulo que discorre sobre a Qualidade dos Sedimentos de acordo com a Resolução CONAMA N° 454/2012.

Os dados primários considerados para a caracterização sedimentológica da enseada da praia Central foram amostrados em dois momentos, (1) no dia 17 de fevereiro de 2016, e (2) no dia 03 de agosto de 2016.

Para o dia 17 de fevereiro foi realizada a coleta de sedimentos superficiais num total de 41 pontos amostrais, localizados na área costeira da enseada de Balneário Camboriú, e também, em estações amostrais localizadas no rio Camboriú, adjacentes à faixa de areia da praia central, conforme ilustrado na Figura 147. No dia 03 de agosto de 2016 foi realizada a coleta de 10 amostras de sedimentos superficiais e 9 amostras de sedimentos de subsuperfície, conforme ilustrado na Figura 148.

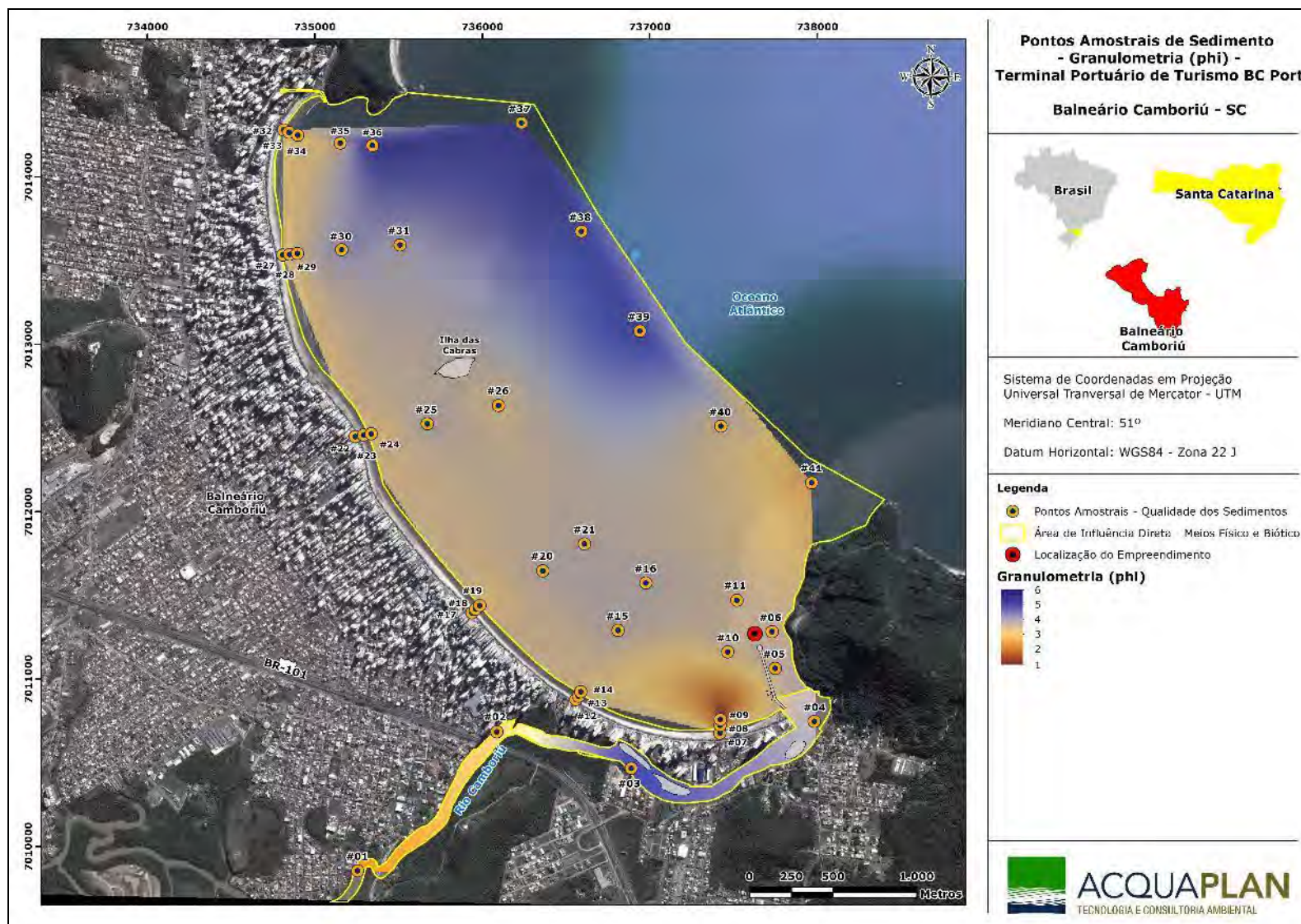


Figura 147. Médias de granulometria (Phi) dos sedimentos superficiais amostrados nos rios Marambaia e Camboriú e na enseada de Balneário de Camboriú. Dados primários obtidos em fevereiro de 2016.

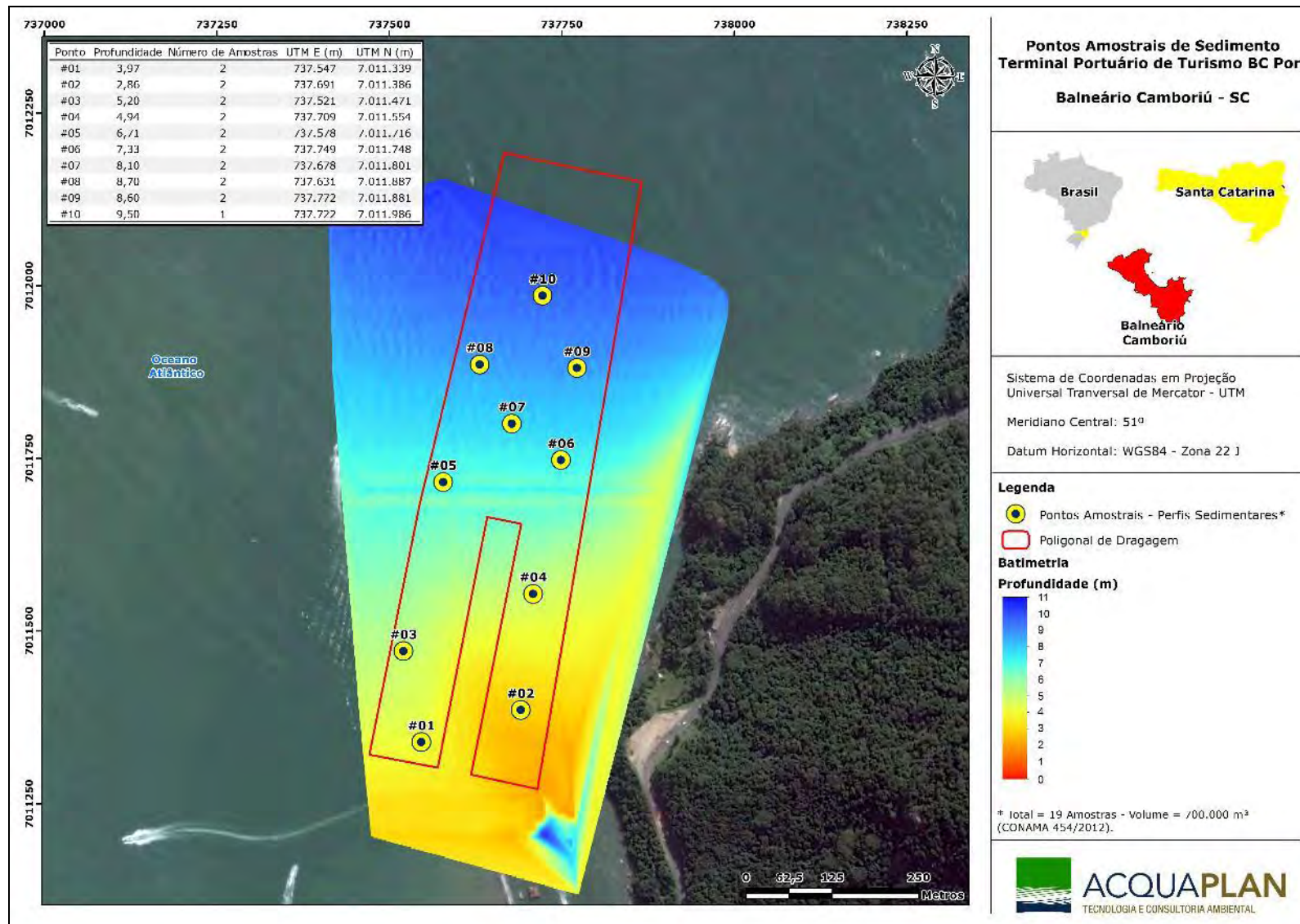


Figura 148. Malha amostral dos sedimentos superficiais e subsuperficiais coletados em agosto de 2016, na área de influência do Terminal Portuário de Turismo BC Port.

Para o levantamento realizado em fevereiro de 2016 ao longo da enseada (Figura 147), nas estações amostrais mais próximas da orla da praia, a granulometria dominante é da fração de areia. As maiores frequências de ocorrência dos sedimentos finos foram observadas no rio Camboriú e na porção nordeste da enseada, mais precisamente nas estações #35, #37, #38 e #39, conforme ilustrado na Figura 147. Na área onde se pretende instalar o empreendimento predominaram as frações granulométricas arenosas.

Os resultados obtidos para os dados primários amostrados na enseada (Figura 147) corroboram com o trabalho de Albernaz (2010), o qual descreve que a Praia Central de Balneário Camboriú ostenta uma zonação sedimentar bem definida. Segundo o autor, o setor norte é marcado pela presença de areia fina durante o ano todo. O setor sul é composto de areia muito fina e, após a alimentação de praia no ano 2000, houve entrada de novos sedimentos com grande presença de fragmentos de concha nessa mesma região. Existe uma zona central de transição entre a areia fina e a areia muito fina, relacionados com a sazonalidade energética do ambiente; e por fim, caracterizam uma zona com o aparecimento de sedimentos mais grossos e menos selecionados em eventos de alta energia (e.g. ressacas).

Os sedimentos superficiais e subsuperficiais amostrados em agosto de 2016, na área de influência do empreendimento (Figura 148) apresentaram maior frequência das frações de areia fina e muito fina com teores de finos geralmente inferiores a 20%, conforme apresentado na Figura 149.

Na Figura 150 são apresentados os resultados das médias do tamanho de grão de cada uma das amostras dos sedimentos superficiais e subsuperficiais amostrados na área de influência do BC PORT. Pode ser observada uma pequena variação espacial e vertical quanto ao tamanho dos grãos em cada uma das amostras. A média do diâmetro dos sedimentos superficiais variou entre os extremos de 2,569 mm na estação #10, e 3,675 mm na estação #4. Para os sedimentos subsuperficiais o diâmetro de grão variou entre os extremos de 2,444 mm na estação # 9, e 3,575 mm na estação #3. Estes valores de média correspondem as frações areia fina e muito fina.

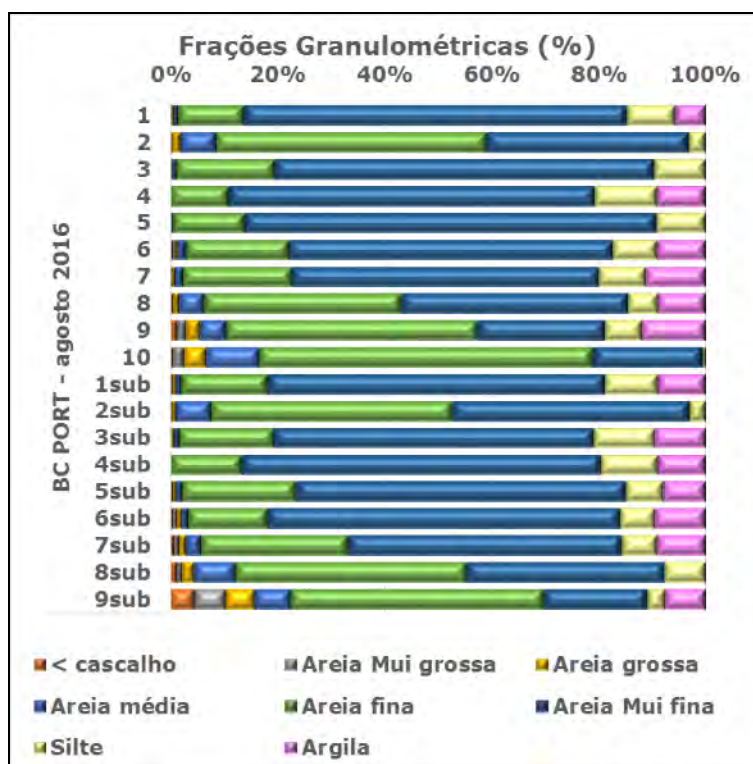


Figura 149. Frações granulométricas de 19 amostras de sedimentos superficiais e subsuperficiais coletados na área de influência do BC PORT em agosto de 2016.

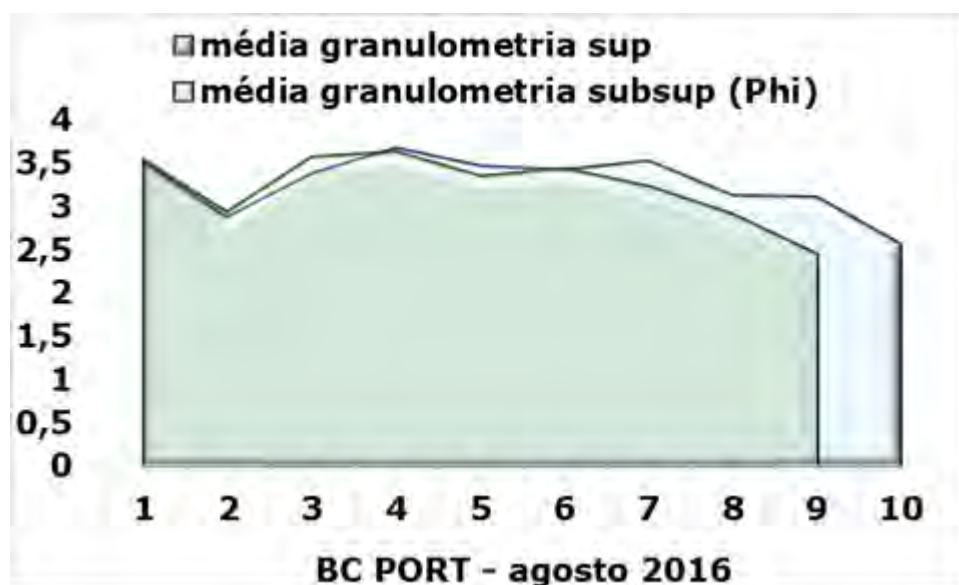


Figura 150. Média (Phi) granulométrica de 19 amostras de sedimentos superficiais e subsuperficiais, coletados na área de influência do BC PORT em agosto de 2016.

Na Figura 151 são espacializados os pontos amostrais dos dados secundários considerados nesta caracterização sedimentológica. Os dados secundários considerados são provenientes de três levantamentos, realizados nos anos de 2002 (MENEZES, 2008), 2006 (MENEZES, 2008) e 2013 (ACQUAPLAN, 2013).

Nas subfiguras do lado esquerdo e direito da Figura 152 é apresentada a configuração sedimentológica da enseada de Balneário Camboriú para os anos de 2002 e 2006, respectivamente. A enseada pode ser categorizada em quatro fácies (grupos) granulométricas bem definidas: (1) areia muito fina, (2) areia fina, (3) silte e (4) argila.

Para o ano de 2002 (Figura 152, lado esquerdo), ocorre a predominância de silte e argila na porção centro-norte e na extremidade nordeste da poligonal. Na área da praia e na extremidade leste/sudeste da enseada pode ser observada a dominância de areia fina. Na região central da praia, situada entre as fácies de silte (nordeste) e areia fina (sudeste/leste), ocorre a predominância de areia muito fina. No ano de 2006 (Figura 152, lado direito), em relação ao ano de 2002, pode ser observada a substituição de argila por silte na área nordeste da enseada. Também fica claro a aparição de uma mancha de silte e outra mancha de areia média na porção sul da enseada, nas proximidades da desembocadura do rio Camboriú. A distribuição de areia fina é bem semelhante para os anos de 2002 e 2006. As alterações observadas entre os anos de 2002 e 2006 (Figura 152) são decorrentes das obras de alimentação artificial da praia entre os anos de 2002 e 2004.

De acordo com Pezzuto *et al.* (2004), o sedimento utilizado nas obras de alimentação artificial da praia no ano de 2002 possuíam aproximadamente 30% de silte e argila, e 7,2% de material cascalhoso, enquanto que o sedimento nativo da praia possuía 98,2 % de areia e 0,2% de cascalhos. Os autores salientam ainda que análises realizadas na praia após a alimentação mostraram um sedimento com 90,2% de areia média e 9,6% de material cascalhoso, mostrando que o silte e a argila foram transportados para o fundo da enseada alterando a sedimentologia desta área. Esta informação corrobora Menezes (2008), que avaliando a variação na sedimentologia da enseada da praia central entre os anos de 2002 e 2006 confirma o aumento na concentração de silte (+36%) e argila (+60%) para quase todo o fundo da enseada, conforme ilustrado na Figura 153.

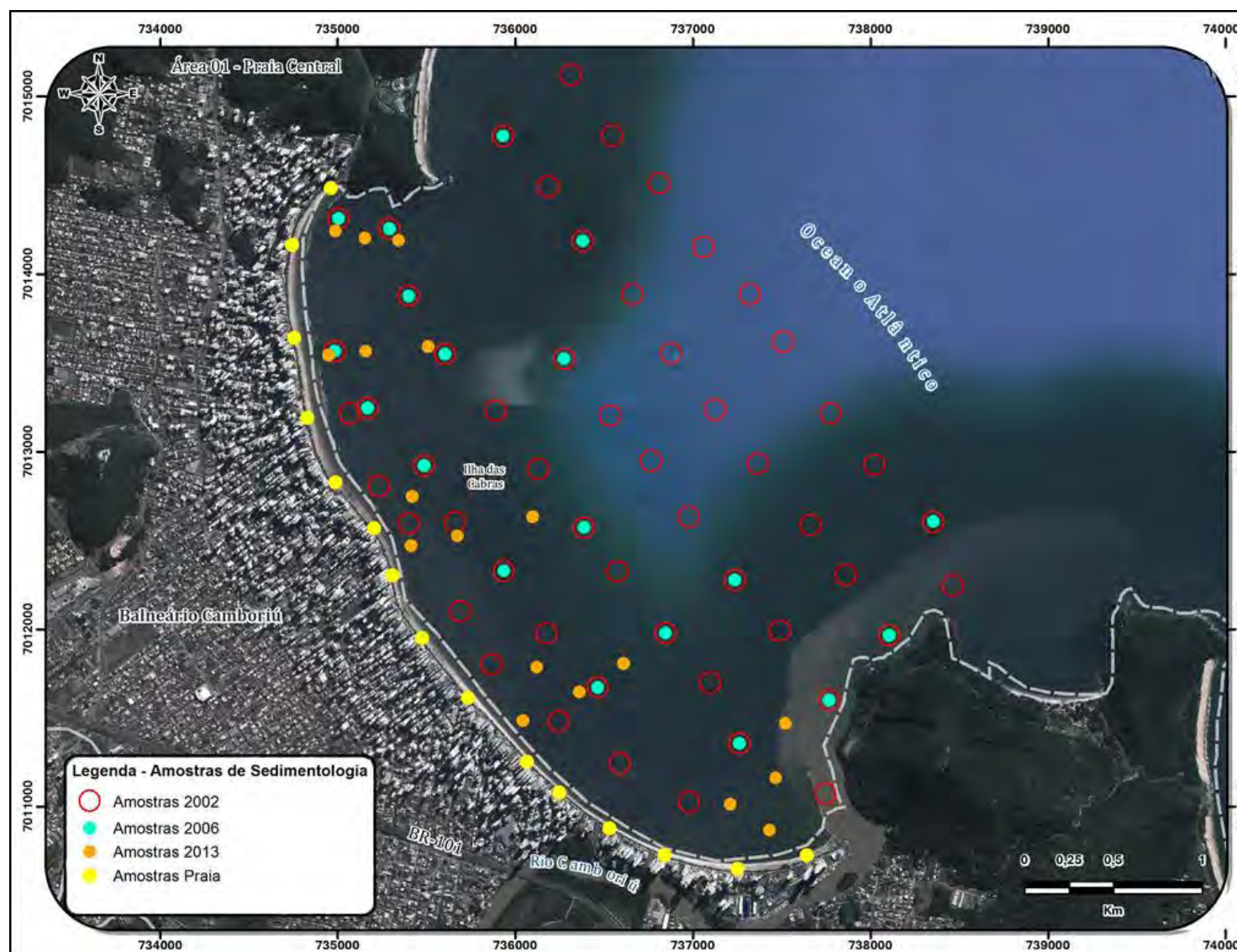


Figura 151. Localização dos pontos amostrais dos dados secundários de sedimentologia considerados na caracterização sedimentológica.

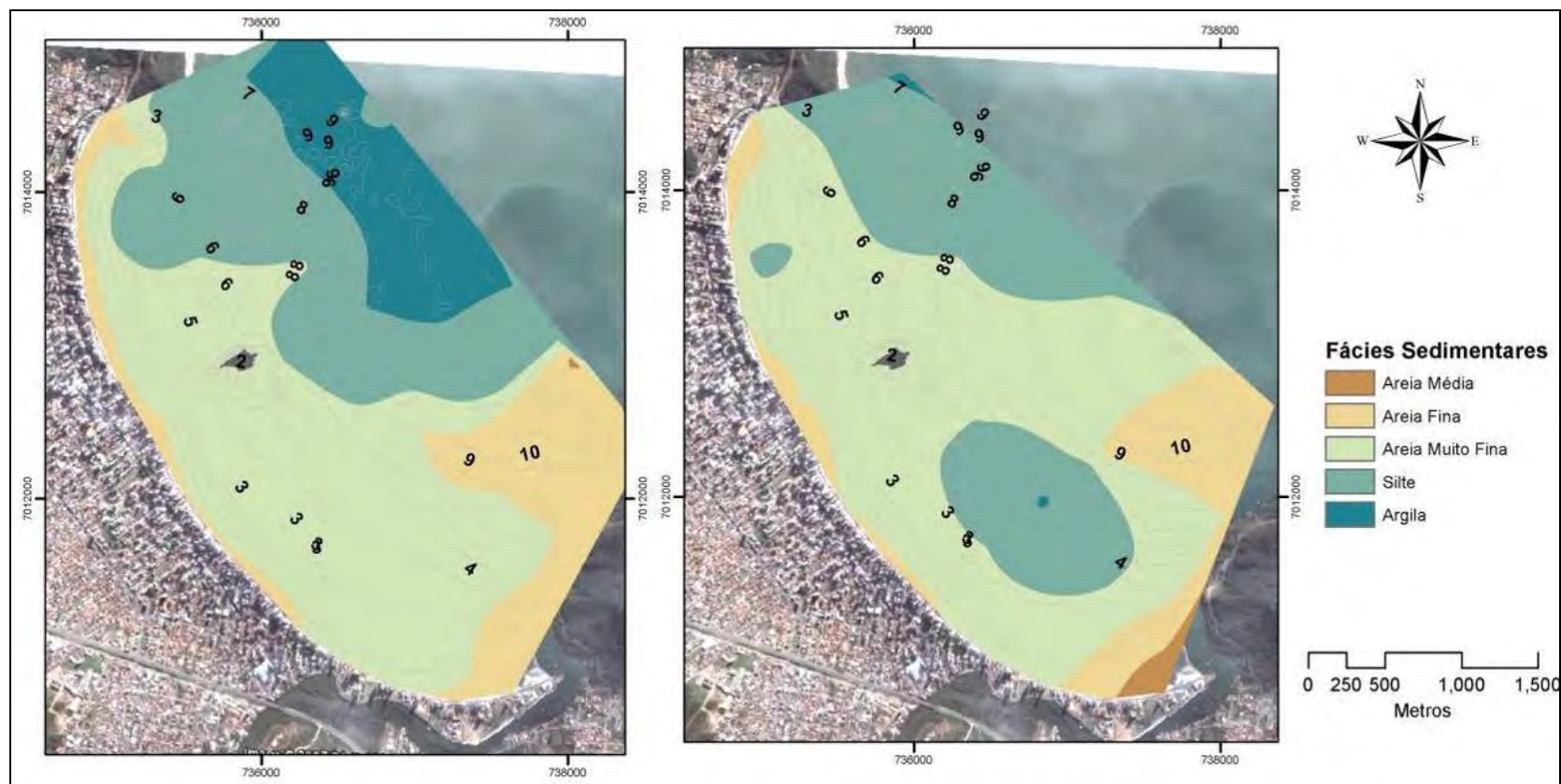


Figura 152. Distribuição granulométrica da enseada de Balneário Camboriú para os anos de 2002 (esquerda) e 2006 (direita). Fonte: Menezes (2008).

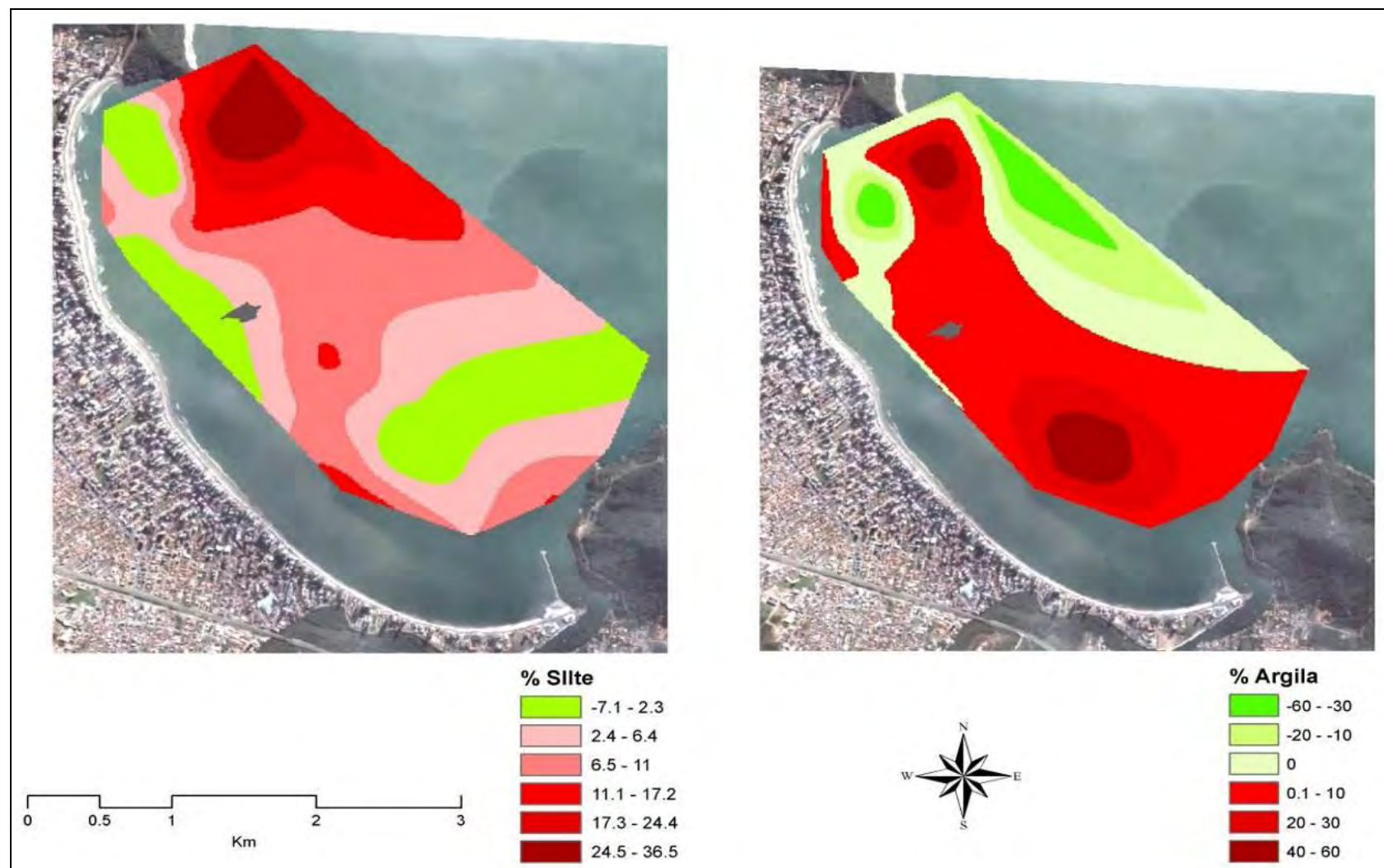


Figura 153. Variação da porcentagem de silte (esquerda) e argila (direita) entre os anos de 2002 e 2006 na enseada de Balneário Camboriú. Fonte: Menezes (2008).

No levantamento sedimentológico realizado no ano de 2013 ocorrem somente duas fácies sedimentares médias predominantes na enseada de Balneário Camboriú, conforme ilustrado na Figura 154. Na extremidade nordeste da enseada pode ser observada a predominância de silte. No restante da enseada ocorre a dominância de areia muito fina. A modificação significativa na sedimentologia da enseada entre os anos de 2006 (Figura 152) e 2013 (Figura 154) demonstra que ocorreu uma equalização na granulometria dos sedimentos da enseada nos últimos anos.

Conforme ilustrado na Figura 155, para o ano de 2013 a concentração de silte na enseada variou de 0% a 67%. A maior concentração de silte é observada na porção nordeste da enseada, e as menores concentrações ocorrem na região próxima à praia e na desembocadura do rio Camboriú. Observa-se uma grande área da enseada com uma concentração de silte variando de 30% a 50% do sedimento superficial, demonstrando ainda influência da alimentação realizada na região sul da Praia Central. A concentração de argila variou de 0% a 25%, restrita à extremidade nordeste da poligonal (Figura 156).

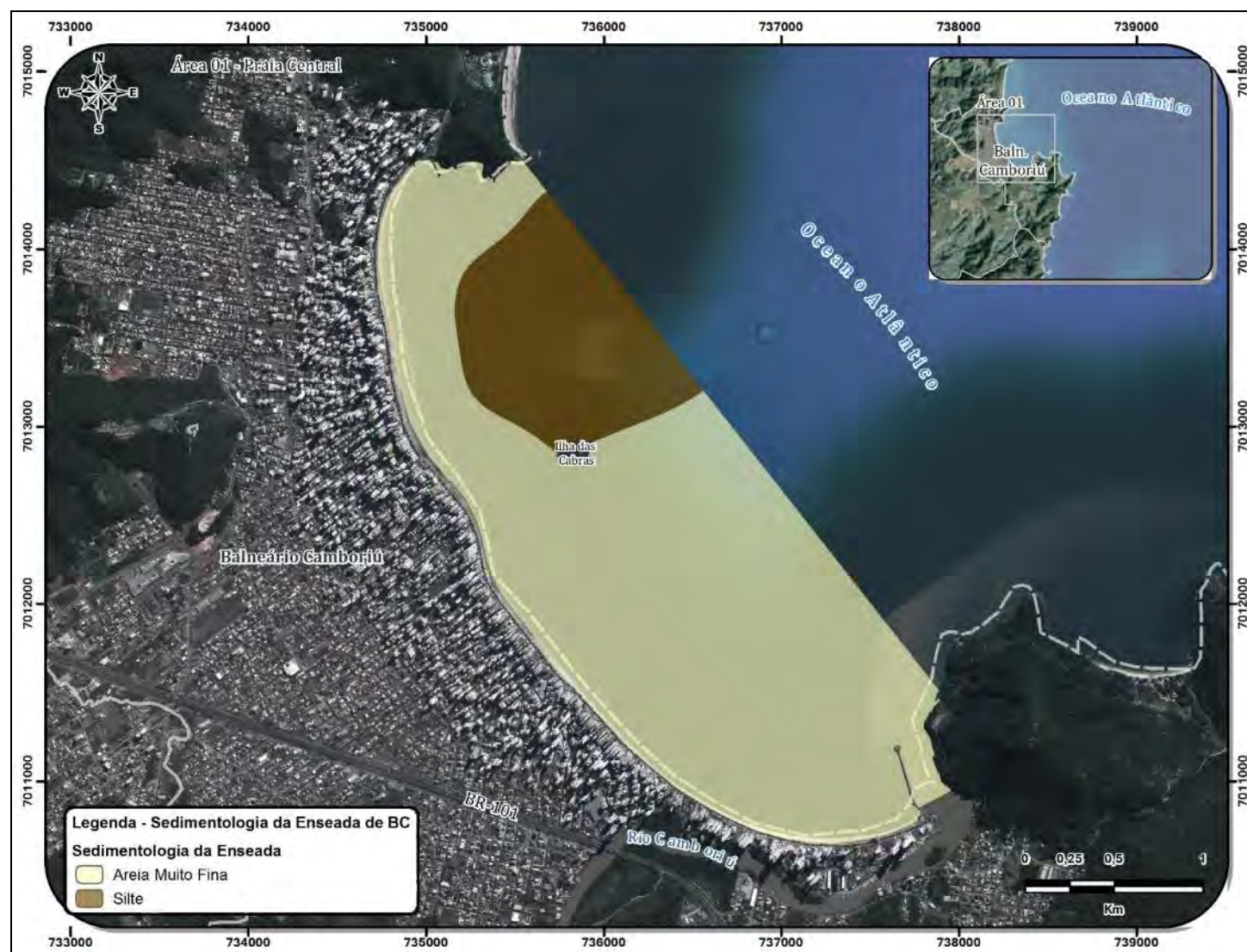


Figura 154. Distribuição granulométrica da enseada de Balneário Camboriú para o ano de 2013. Fonte: Acquaplan (2013).

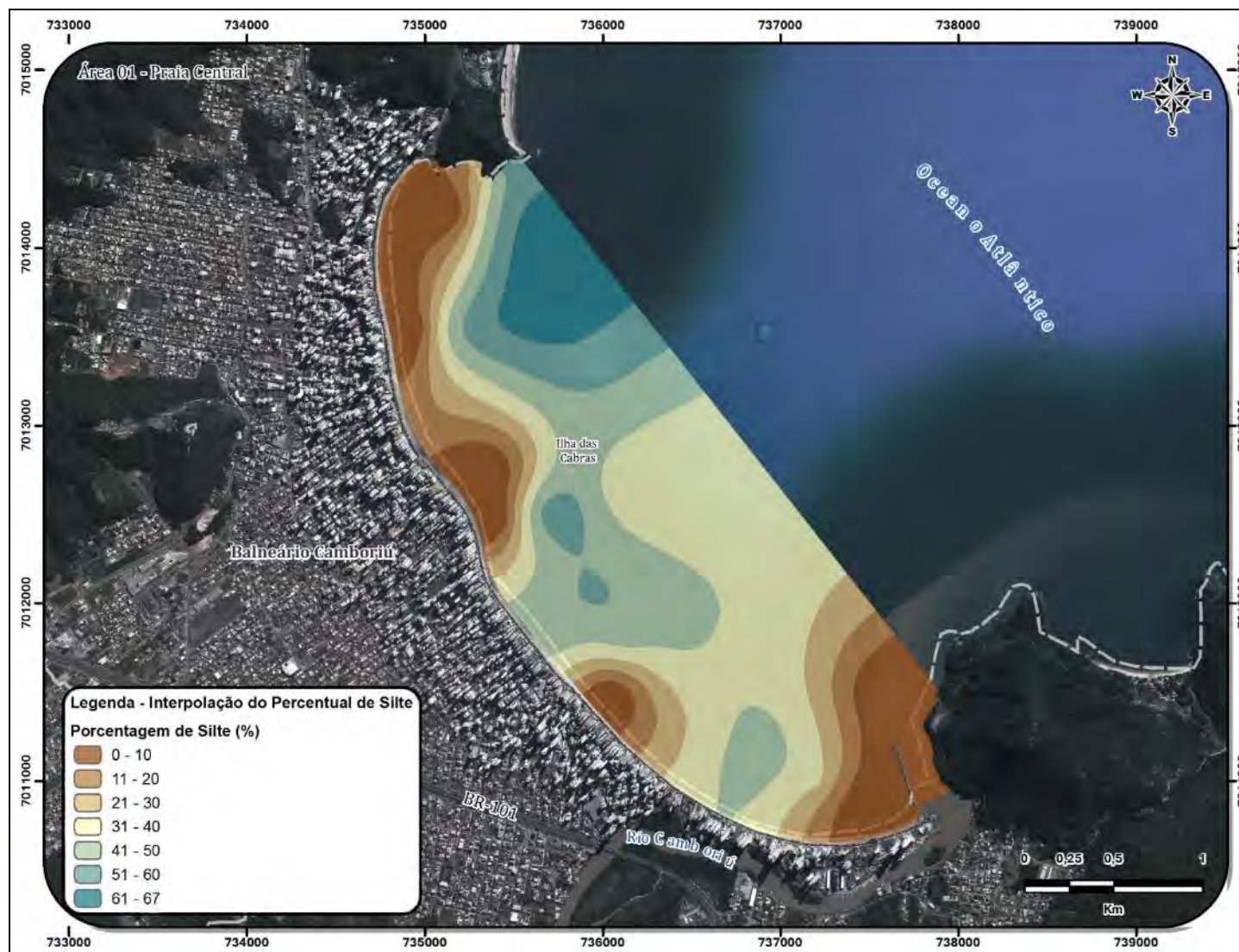


Figura 155. Concentração de silte nas amostras de sedimentos superficiais na enseada de Camboriú no ano de 2013.
Fonte: Acquaplan (2013).

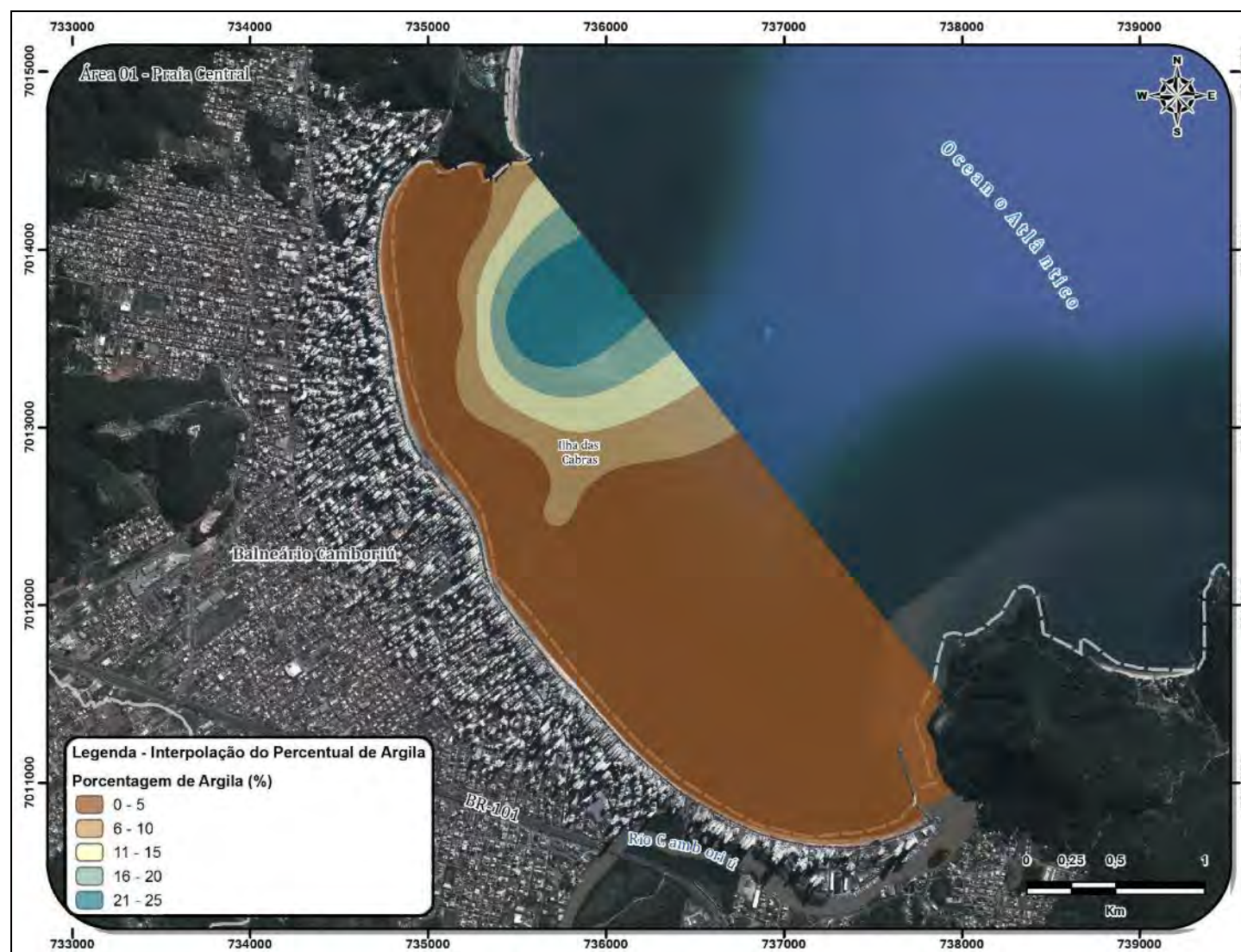


Figura 156. Concentração de argila nas amostras de sedimentos superficiais na enseada de Camboriú no ano de 2013. Fonte: Acquaplan (2013).

9.1.3.5.1. Balanço Sedimentar

As praias de enseada, como a Praia Central de Balneário Camboriú, por serem limitadas por promontórios, apresentam uma estabilidade em planta, em função do balanço de sedimentos da enseada. A estabilidade das praias de enseada, definida como estabilidade da praia em planta, pode ser determinada pelo balanço de sedimentos local. As praias de enseada são moldadas pelas ondas que incidem obliquamente sobre a linha de costa, gerando correntes litorâneas e o transporte de sedimentos, a deriva litorânea. A deriva litorânea e o transporte de sedimentos gerado pelas ondas incidentes é o principal agente na morfodinâmica de praias de enseada.

A praia de enseada pode ser classificada em equilíbrio estático, em equilíbrio dinâmico ou instável. Equilíbrio estático é o estado no qual as ondas tendem a quebrar simultaneamente na enseada toda. Portanto, não ocorre deriva litorânea e os processos de erosão e acresção de longo período não ocorrerão. O sedimento transportado é nulo sob condições de ondas predominantes. Caso haja um pequeno transporte de sedimento, a estabilidade da praia pode ser classificada como próxima do estado de equilíbrio. Para enseadas em equilíbrio dinâmico, a relação entre deriva litorânea e o aporte de sedimentos manterá a linha de costa na posição original; ocorre um balanço entre o volume de sedimentos que entra e que sai do sistema. Portanto, se a quantidade de sedimento aumenta ou diminui, a linha de costa em equilíbrio dinâmico irá avançar ou retroceder. Neste caso, a praia é considerada instável, ou seja, a relação de balanço sedimentar é quebrada.

De acordo com Menezes (2008), a praia de Balneário Camboriú comporta-se como um sistema fechado não havendo trocas de sedimentos consideráveis entre ela e os compartimentos costeiros adjacentes, como antepraia, rio Camboriú, canal do Marambaia e Continente. Ou seja, a enseada de Balneário Camboriú está totalmente equilibrada quanto ao balanço sedimentar, sendo que não há perdas e ganhos de sedimentos consideráveis.

9.1.3.6. Fundamentação Teórica sobre a Morfodinâmica Costeira

Nesta seção é apresentada uma breve fundamentação teórica dos processos físicos que governam a dinâmica das alterações nos sistemas costeiros de praias arenosas oceânicas.

A morfodinâmica costeira é um processo integrado resultante da interação entre os processos hidrodinâmicos, geológicos e climatológicos de uma determinada região costeira. A interação entre estes diversos processos resulta na dinâmica de alteração das características morfológicas do ambiente costeiro.

O sistema morfodinâmico costeiro é definido por Wright & Thom (1977) como sendo a completa assembleia de limites contrastantes, forças motrizes, processos dinâmicos do fluído, morfologia e sucessão de mudanças evolutivas. Baseado neste conceito se define a morfodinâmica de uma praia, que é o resultado da interação entre as ondas incidentes, o transporte de sedimentos e a morfologia antecedente da praia, formando um ciclo fechado retroalimentado, no qual as ondas incidentes irão atuar sobre o transporte de sedimentos, modificando a morfologia da praia, que por sua vez influenciará as ondas incidentes (Figura 157).

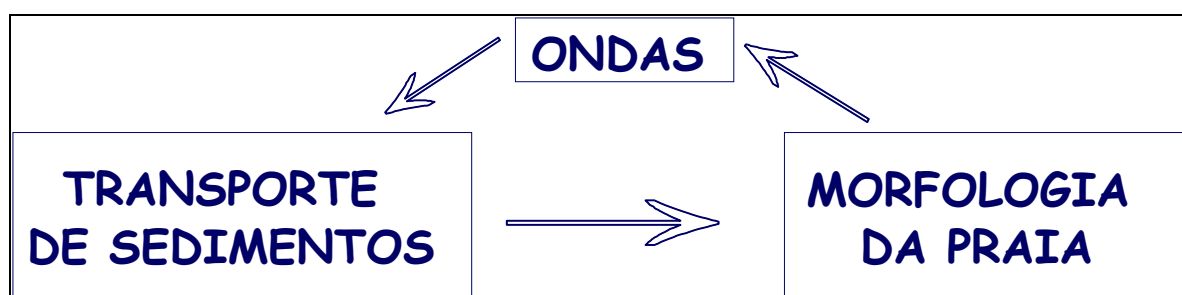


Figura 157. Esquema representativo de um ciclo fechado (retroalimentado) que demonstra a interação entre ondas incidentes, o transporte de sedimentos e a morfologia da praia (WRIGHT & THOM, 1977).

Os processos morfodinâmicos costeiros que influenciam no balanço sedimentar e na morfologia costeira ocorrem em diferentes escalas temporais e espaciais, podendo ser divididos em quatro grupos, conforme ilustrado na Figura 158 (COWELL *et al.*, 1995): (1) Instantâneos, que envolvem alterações morfológicas primárias pela ação de ondas e marés; (2) Eventos, que inclui a formação de estruturas sedimentares e sequências deposicionais; (3) Histórica, que envolve a evolução sobre diversas alterações morfológicas que levam a alterações no transporte de sedimentos; e (4) Geológica, resultado de uma média de condições ambientais sobre milênios (Figura 158).

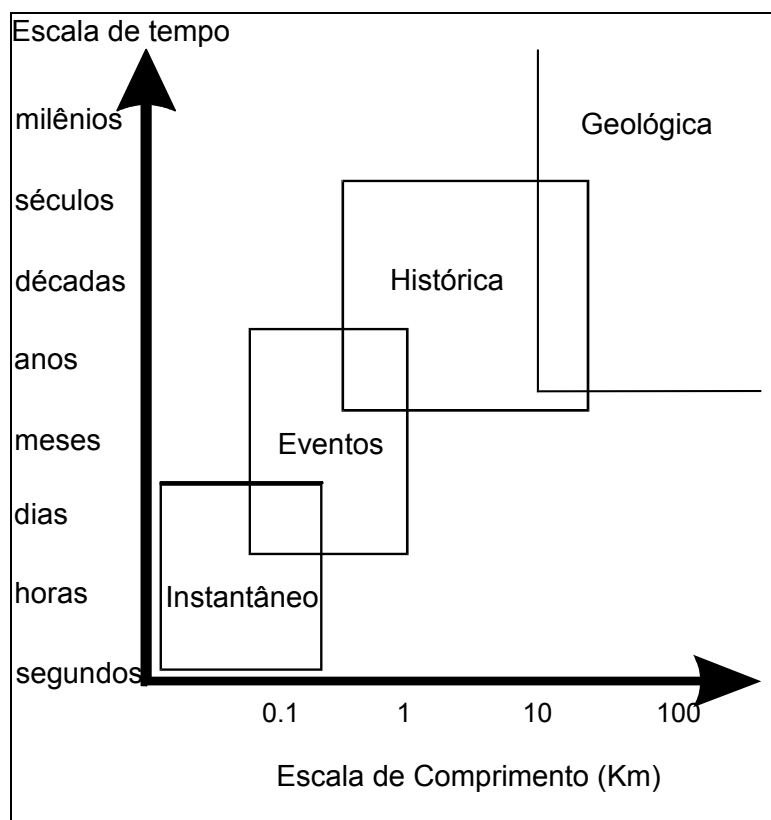


Figura 158. Divisão das escalas temporal e espacial na evolução da morfologia costeira (COWELL et al., 1995).

9.1.3.6.1. Praias Arenosas Oceânicas

As praias arenosas oceânicas são um dos ambientes mais dinâmicos da zona costeira. Short (1999) definiu praias oceânicas como sendo corpos de sedimentos arenosos não coesivos e inconsolidados sobre a zona costeira. São ambientes dominados por ondas e limitados internamente pelos níveis máximos da ação das ondas de tempestades e/ou pelo início da ocorrência das dunas ou qualquer outra mudança fisiográfica brusca.

A morfologia das praias arenosas é variável no espaço e no tempo, sendo que qualquer tentativa de delimitar seus subambientes (zonação morfológica) deve levar em consideração os agentes promotores de tais mudanças, ou seja, os processos hidrodinâmicos que moldam estes ambientes. A zonação morfológica e hidrodinâmica das praias arenosas é ilustrada na Figura 159.

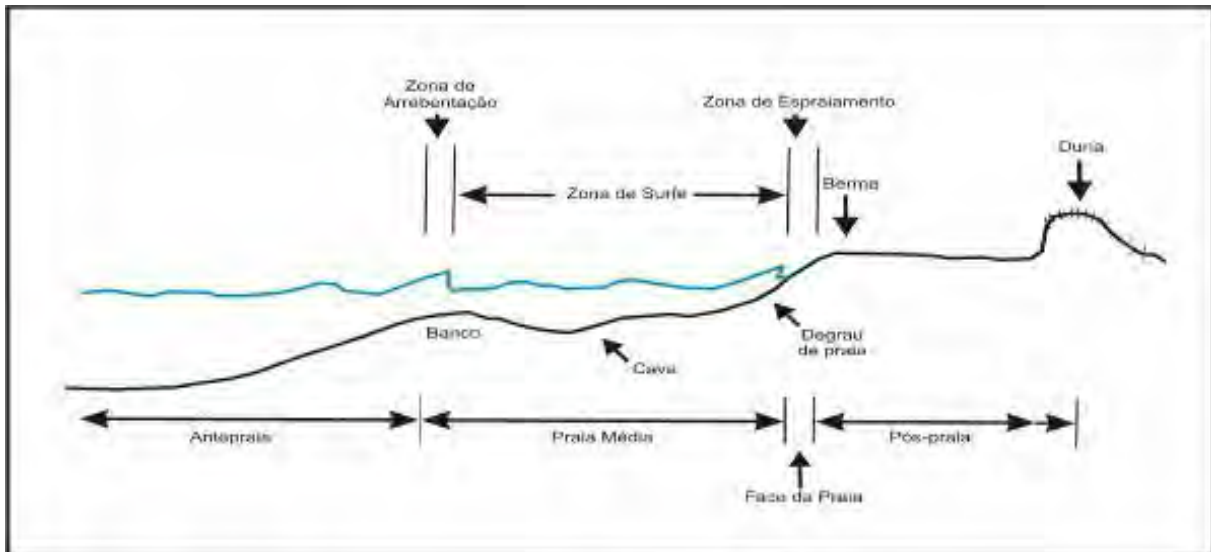


Figura 159. Desenho esquemático da zonação morfológica e hidrodinâmica de uma praia arenosa oceânica (modificado de HOEFEL, 1988).

Resumidamente, a zonação hidrodinâmica pode ser classificada em três compartimentos:

- Zona de arrebentação: porção do perfil praial caracterizado pela quebra da onda, e que representa o modo de dissipação energética da onda sobre a praia;
- Zona de surfe: zona da praia limitada pela dissipação da energia da onda, após sua quebra. Assim, a caracterização da zona de surfe depende diretamente do tipo de arrebentação da onda. Em praias planas e de baixa declividade, as ondas quebram e reformam-se como vagalhões, espalhando-se ao longo da zona de surfe com uma diminuição da altura, até atingirem à linha de costa;
- Zona de espraçamento: região da praia delimitada entre a máxima e a mínima excursão (percurso) da onda sobre a face da praia, após a sua quebra.

Da mesma forma, com o propósito de facilitar os estudos sobre morfodinâmica litorânea, se resume a zonação morfológica, da seguinte forma:

- Antepraia: porção do perfil praial caracterizado pelos processos de empolamento da onda (*shoaling*), que se estende, em direção à terra, a partir da profundidade de fechamento externa até a profundidade de fechamento interna, ou até o início da zona de arrebentação;
- Praia média: porção do perfil praial sobre o qual ocorrem os processos da zona de arrebentação e da zona de surfe;
- Face da praia: é a zona frontal da praia limitada entre as linhas normais de marés altas e baixas, sobre a qual ocorrem os processos da zona de espraçamento (fluxo e refluxo da onda);

- Pós-praia: zona que se estende do limite superior do espraiamento até o início das dunas fixadas por vegetação ou de qualquer outra mudança fisiográfica brusca. É inundada quando das marés altas excepcionais ou pelas ondas de tempestade;
- Berma da praia: porção sub-horizontal (terraço) do pós-praia formada por deposição de areia por ação das ondas. A berma caracteriza-se por uma seção transversal triangular, com a superfície do topo horizontal ou com suave mergulho rumo ao continente, e a superfície frontal com mergulho acentuado rumo ao mar.

9.1.3.6.1.1. Classificação Morfodinâmica de Praias Arenosas Oceânicas

A ampla observação de praias arenosas oceânicas ao redor do planeta levou à identificação das variáveis e dos processos globais responsáveis por seu comportamento morfodinâmico (HOEFEL, 1995).

Wright & Short (1984) apresentaram um parâmetro adimensional de velocidade de sedimentação das partículas sedimentares (areia, lama, silte, argila, etc) na zona de surfe (Ω = ômega), descrito pela Equação 1, no qual H_b é a altura de arrebentação da onda, W_s é a velocidade de decantação da partícula de sedimento, e T é o período da onda incidente.

$$\Omega = \frac{H_b}{W_s T} \quad (1)$$

Através do parâmetro empírico adimensional ômega (Ω), Wright & Short (1984) relacionaram quantitativamente as variáveis envolvidas no condicionamento morfodinâmico de uma praia. Desta forma, as praias arenosas oceânicas podem ser classificadas em praias dissipativas ($\Omega \leq 6$), **praias intermediárias** ($1 < \Omega < 6$), e praias de tombo ou refletivas ($\Omega \leq 1$), **sendo que podem variar** de estágio morfodinâmico ao longo do tempo, mediante alterações no clima de ondas incidente e/ou no estoque sedimentar disponível na praia.

A Praia Central de Balneário Camboriú, foco deste estudo, caracteriza-se como sendo uma praia dissipativa, com baixa inclinação e zona de arrebentação bem desenvolvida. Na sequência do texto são detalhadas as classificações morfodinâmicas supracitadas.

9.1.3.6.1.1.1. Praias de Tombo ou Reflectivas

Valores de Ω inferiores a 1 definem praias reflectivas, caracterizadas com uma face praial íngreme, geralmente, com feições de cúspides, pequeno estoque de sedimentos subaquosos e grande estoque de sedimento subaéreo. Apresentam geralmente um degrau pronunciado na base da zona de espraimento e uma pequena zona de arrebentação com alturas de onda pequenas quando comparado com as praias dissipativas. Normalmente estas praias possuem areia grossa (Figura 160).



Figura 160. Vista geral de uma praia reflectiva (praia de Taquarinhas em Balneário Camboriú, Santa Catarina).

9.1.3.6.1.1.2. Praias Intermediárias

As praias intermediárias ocorrem no intervalo $1 < \Omega < 6$, variando entre o estágio dissipativo ($\Omega \leq 6$) e **refletivo** ($\Omega \leq 1$). As condições ambientais que favorecem o desenvolvimento de estados intermediários incluem climas de onda de energia moderada, mas temporalmente variável, e sedimentos de granulometria areia média a grossa. O relevo de fundo da praia é caracterizado pela presença de bancos regulares e/ou irregulares, muitas vezes cortados por canais nos quais se desenvolvem as correntes de retorno (repuxos), frequentemente presentes nestas praias. A zona de arrebentação é relativamente próxima da beira da praia, geralmente do tipo mergulhante (Figura 161).

Os quatro estágios intermediários das praias arenosas ocorrem em ordem crescente de energia, conforme descrito abaixo:

- Crista-Canal/Terraço de Maré Baixa (CC/TMB) - "*Ridge and Runnel/Low Tide Terrace*" (RR/LT) - é um estágio de baixa energia com um perfil relativamente plano na maré baixa (dissipativo) e íngreme na maré alta (reflectivo);
- Banco Transversal e Correntes de Retorno (BTR) - "*Transverse Bar and Rip*" (TBR) - caracterizado pela presença de bancos transversais soldados à praia regularmente interrompidos por correntes de retorno muito desenvolvidas;
- Banco e Praia Rítmicos (BPR) - "*Rhythmic Bar and Beach*" (RBB) - a ritimicidade entre os bancos e a face da praia caracterizam este estágio intermediário e;
- Banco e Cava Longitudinais (BCL) - "*Longshore Bar-Trough*" (LBT) - neste estágio o relevo banco-cava é bem mais pronunciado que no estágio dissipativo, as ondas quebram no banco e reformam-se na cava para quebrar novamente em direção à praia.



Figura 161. Vista geral de uma praia intermediária (Praia Brava, Itajaí, Santa Catarina).

9.1.3.6.1.1.3. Praias Rasas ou Dissipativas

As praias que apresentam valores de Ω maiores que seis representam praias dissipativas, as quais são caracterizadas por uma pendente suave, ampla zona de arrebenção, e grande estoque de sedimentos de granulometria de areia fina na porção submersa da praia. O nível de energia geralmente é alto, com altura de onda mais pronunciada em praias localizadas em locais expostos à direção de onda predominante (Figura 129).

De acordo com Albernaz (2010), em Santa Catarina, Klein e Menezes (2001) definiram as praias dissipativas em áreas semiexpostas como planas e rasas, sem bancos na zona de surfe, com perfil variando de côncavo a linear, com sedimentos finos depositados

principalmente na porção subaquosa do perfil. Durante o verão, pode surgir a presença de terraços baixos de maré com um pequeno banco de espraimento na posição de maré baixa.

A praia de Balneário Camboriú, foco deste Estudo de Impacto Ambiental (EIA), apresenta estágio morfodinâmico dissipativo.

9.1.3.6.2. Praias de Enseada

Praias de enseada são aquelas limitadas por promontórios rochosos ou outros obstáculos físicos, geralmente formando um arco com curvatura acentuada e cujo contorno tende a assumir a forma de um meio coração ou de uma lua crescente. Na maioria das vezes, desenvolvem formas assimétricas, caracterizadas por uma zona de sombra localizada próxima ao promontório rochoso, protegida da energia de ondas e fortemente curvada (Figura 162). A parte central é levemente curvada e a outra extremidade é relativamente retilínea, sendo normalmente paralela à direção dominante dos trens de onda na região.

A classificação de praia de enseada é determinada pelo aspecto fisiográfico do ambiente, determinado fundamentalmente pela existência de promontórios rochosos nas extremidades das praias. De toda forma, as praias de enseada também podem ser caracterizadas em relação os estágios morfodinâmicos já descritos neste trabalho, dissipativo, refletivo, e intermediário.



Figura 162. Forma das praias de enseada, mostrando a linha de controle da forma da enseada, a zona de sombra do promontório e a seção retilínea da praia.

A Praia Central de Balneário Camboriú apresenta as características de uma praia de enseada. Possui, aproximadamente, seis quilômetros de extensão, é limitada ao sul pela

Ponta das Laranjeiras e a norte pela Ponta da Preguiça. A praia apresenta em sua porção central uma ilha denominada Ilha das Cabras, a qual gera uma zona de sombra na região em frente ao calçadão da avenida central, gerando o desenvolvimento de uma estrutura sedimentar denominada de saliência (Figura 130).

9.1.4. Diagnóstico da Qualidade dos Sedimentos da Enseada de Camboriú e Desembocadura do Rio Camboriú

9.1.4.1. Introdução

Os sedimentos de fundo desempenham um papel importante no esquema de poluição dos rios por metais pesados. Eles refletem a qualidade corrente do sistema aquático e podem ser usados para detectar a presença de contaminantes que não permanecem solúveis após seu lançamento em águas superficiais. Mais do que isso, os sedimentos agem como carreadores e possíveis fontes de poluição, pois os metais pesados não são permanentemente fixados por eles, e podem ser ressolubilizados para a água por mudanças nas condições ambientais (BEVILACQUA, 1996).

Os sedimentos dos sistemas aquosos representam uma grande fonte de estudo, pois são formados por material sólido carregado pelo vento, gelo e água da superfície da terra. Também se originam pela deposição de material orgânico, proveniente de animais e vegetais, que vivem no local (CAMPAGNOLI *et al.*, 1999). Eles constituem uma fase mineralógica com partículas de tamanhos, formas e composição química distintas. Esses materiais, em sua maioria, são depositados nos rios, lagos e reservatórios, durante muitos anos. Processos biogeoquímicos controlam o acúmulo e a redistribuição das espécies químicas (BEVILACQUA, 1996). De acordo com Favaro *et al.* (2006), outro fator que influencia a adsorção e a retenção de contaminantes na superfície das partículas é o tamanho da partícula. A tendência observada é que quando o grão diminui, as concentrações de nutrientes e contaminantes aumentam. Esta tendência primária é devido ao fato das pequenas partículas terem grandes áreas de superfície para a adsorção por contaminantes.

A legislação brasileira não possui critérios específicos para níveis de contaminantes em sedimentos que fazem parte integrante dos ecossistemas aquáticos, por isso, a avaliação dos elementos presentes nestes compartimentos sedimentares tem sido realizada à luz das normas existentes para sedimentos dragados. A remoção e disposição final dos

sedimentos dragados representam uma parte importante em todo o gerenciamento hídrico. O CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente, através da Resolução Nº 454/2012 estabelece diretrizes e procedimentos referenciais para o gerenciamento do material dragado em águas brasileiras. Esta Resolução tem como objetivo subsidiar e harmonizar a atuação dos órgãos ambientais no licenciamento ambiental das atividades de dragagem, definindo os locais para disposição final a partir dos níveis de contaminação dos sedimentos.

A resolução abrange portos, baías, rios, lagoas, canais e áreas marítimas, definindo regras para a análise de sedimentos antes da realização de dragagem na implantação e operação de portos e terminais portuários, e para garantir as condições de navegabilidade de corpos hídricos. Entretanto, inexistindo resolução específica para orientar os valores para a caracterização da qualidade ambiental dos sedimentos, se utiliza largamente os limites definidos pela Resolução Nº 454/2012 com o objetivo de balizar o desenvolvimento de estudos ambientais.

Assim, para a avaliação da viabilidade do projeto de instalação do terminal turístico na porção sul da enseada de Camboriú foram utilizados resultados de estudo anteriores, associados a dados primários obtidos para a região, mediante uma coleta realizada em fevereiro de 2016. Para a caracterização ambiental dos sedimentos superficiais da enseada de Camboriú e da região do estuário do rio Camboriú foram utilizados dados de estudos pré-existentis (SIEGLE, 1999; CARUSO JR, 2005; PROSUL, 2007), além de resultados obtidos em abril de 2013 destinados para a caracterização sedimentar do estudo de engordamento da praia obtidos dos rios Camboriú e Marambaia e da enseada de Camboriú, aqui considerados como dados secundários. Ainda, como já considerado, devido a intenção de instalação deste novo projeto foi necessária uma caracterização ambiental recente, cujos dados foram coletados em fevereiro de 2016 para avaliar as atuais condições ambientais, aqui consideradas como dados primários.

Estes dados primários, consolidados com os dados secundários gerados para a região, compõem o presente diagnóstico da qualidade ambiental dos sedimentos das áreas de influência do empreendimento.

A caracterização sedimentológica determinada por estudos anteriores (dados secundários), juntamente com as coletas de dados primários, é apresentada no capítulo de sedimentologia.

No presente capítulo serão abordados dados pretéritos e primários relacionados à qualidade química dos sedimentos da área de influência do presente estudo para instalação do terminal turístico.

9.1.4.2. Dados Secundários

Foi feita uma compilação dos resultados granulométricos a partir de estudos realizados com objetivo de caracterizar os sedimentos do baixo estuário rio Camboriú e da enseada. Para a caracterização sedimentológica do baixo estuário do rio Camboriú foram coletadas 6 amostras, no ano de 2013 (ACQUAPLAN, 2013), ao longo do rio, sendo que o espaçamento entre as amostras variou de 500 a 2000 metros (Figura 163).

Para a caracterização sedimentar da enseada de Camboriú foram realizados três levantamentos, em 2002 (MENEZES, 2008), 2006 (MENEZES, 2008) e 2013 (ACQUAPLAN, 2013) (Figura 164).



Figura 163. Localização das estações de coleta dos sedimentos ao longo do estuário do rio Camboriú (2013).

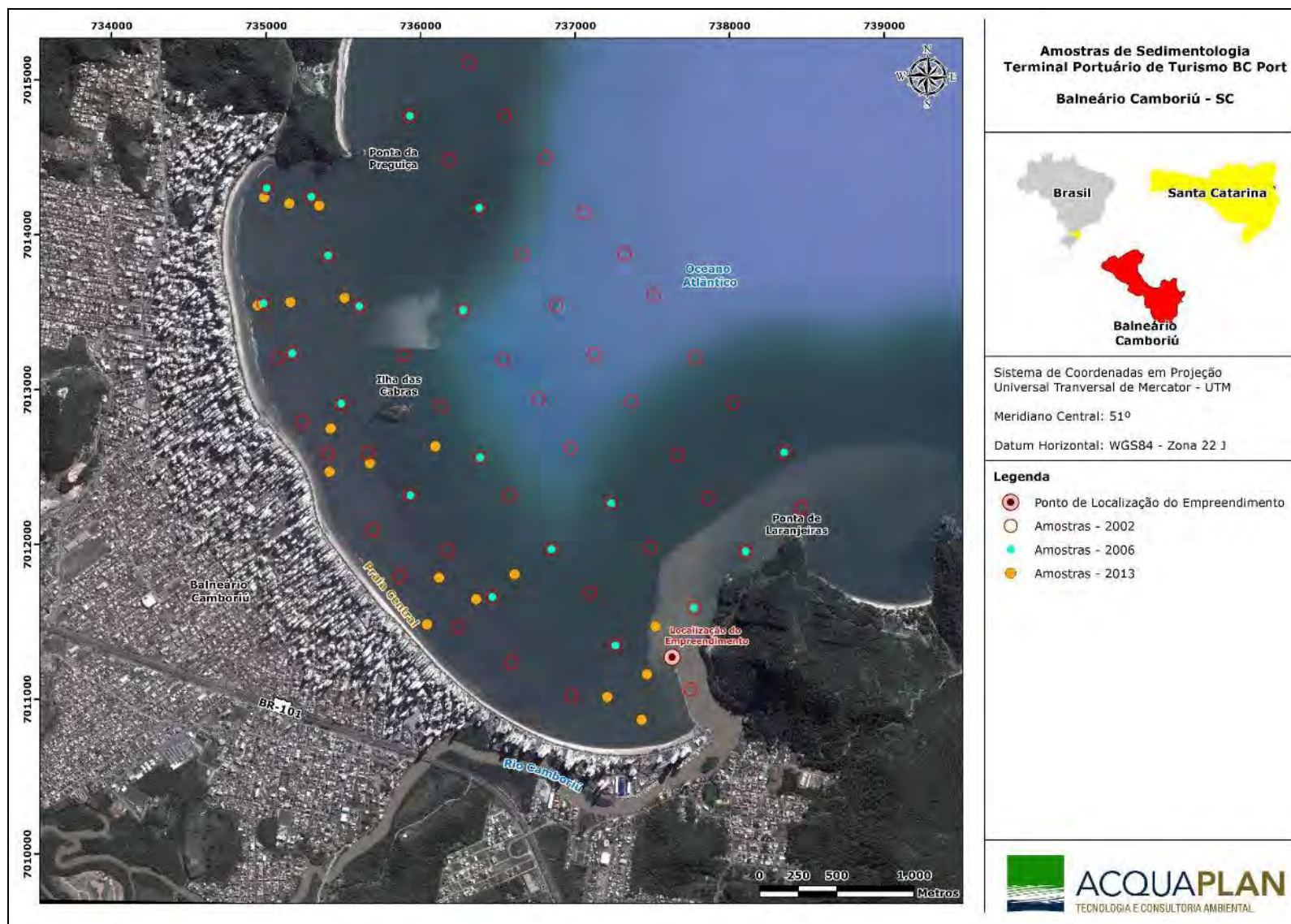


Figura 164. Localização das estações de coleta dos sedimentos na praia (1994, 2006 e 2013) e enseada (2002, 2006 e 2013) de Balneário Camboriú.

9.1.4.2.1. Resultados

Os resultados para os parâmetros sedimentológicos dos dados secundários são apresentados separadamente para o rio Camboriú e para a enseada.

9.1.4.2.1.1. Granulometria do Rio Camboriú

A sedimentologia do estuário do rio Camboriú foi caracterizada através de 6 amostras superficiais, sendo que o mesmo foi somente caracterizado para amostras coletadas em 2013, pois estes não foram analisados anteriormente, não tendo sido encontrados dados secundários para este ambiente. As amostras superficiais foram caracterizadas por sedimentos variando desde areia média até sedimentos siltsosos, sendo que os sedimentos mais grossos (areia média) foram observados próximo à desembocadura do rio Camboriú. O restante do estuário apresenta intercalação de sedimentos siltsosos, areia fina e areia muito fina (Figura 165).



Figura 165. Sedimentologia dos sedimentos superficiais do estuário do rio Camboriú no ano de 2013.

9.1.4.2.1.2. Granulometria da Enseada de Camboriú

A antepraia adjacente à Praia Central de Balneário Camboriú, na região da enseada, a partir das análises das amostras coletadas em 2002, apresenta-se caracterizada por quatro fácies granulométricas bem definidas:

- 1) areia muito fina;
- 2) areia fina;
- 3) silte;
- 4) argila.

Verifica-se uma predominância da fácies areia muito fina, em profundidades inferiores a 4m para a região norte da praia. No extremo sul da área, esta fácies se estende até a profundidade de 12m. A praia é caracterizada por uma fácies areia fina (Figura 166).

Na porção leste/nordeste da enseada ocorre uma fácies de sedimentos finos (silte e argila), enquanto que a porção sudeste da enseada é caracterizada por uma fácies de areia fina, nas adjacências do promontório da Ponta das Laranjeiras.

Para o ano de 2006 as quatro fácies sedimentares ainda se fazem presentes na enseada de Balneário Camboriú, porém, havendo uma grande diminuição da área de ocorrência da fácies argila, sendo substituída pela fácies silte. A fácies areia fina teve um aumento no lado exposto da Ilha das Cabras, e um aumento característico da fácies silte na região sul da enseada, provavelmente associado aos tamanhos dos sedimentos utilizados na alimentação artificial da praia entre os anos de 2002 e 2004. A fácies areia fina não aparenta alterações, predominando no fundo da região adjacente à Ponta das Laranjeiras. A praia apresenta fácies areia fina predominantemente, exceção se faz na porção onde aparece uma fácies areia média em decorrência do material grosseiro (conchas) utilizado na alimentação artificial da praia neste local (Figura 166).

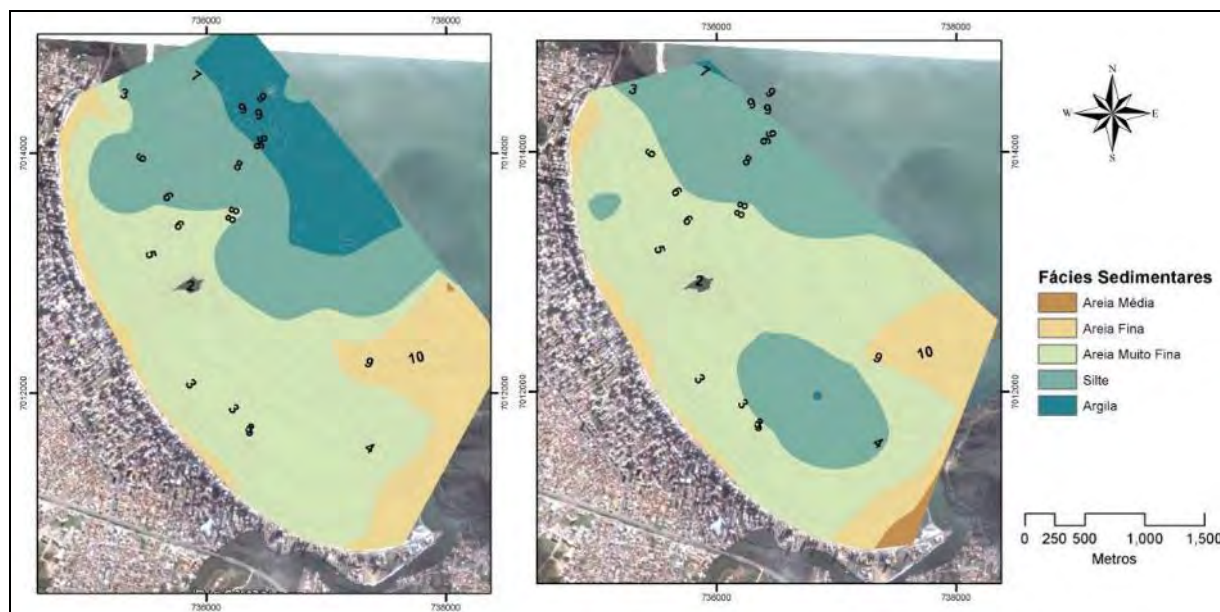


Figura 166. Fácies sedimentares da enseada da Praia Central de Balneário Camboriú para os anos de 2002 (esquerda) e 2006 (direita) (MENEZES, 2008).

Para o ano de 2013 foram observadas somente duas fácies sedimentares médias na enseada de Camboriú, sendo a sua maior área coberta por sedimentos de areia muito fina e a sua porção nordeste coberta por sedimentos siltosos, demonstrando que ocorreu uma equalização da sedimentologia da enseada nos últimos anos (Figura 167).

A Figura 168 apresenta a variação das porcentagens de silte (esquerda) e argila (direita) na enseada entre as amostragens realizadas nos anos de 2002 e 2006. Verifica-se, portanto, um aumento na porcentagem de silte e argila para quase todo o fundo da enseada, com aumento de até 36% e 60% para os tamanhos de silte e argila, respectivamente, em regiões próximas à praia.

Estas variações texturais coincidem com o início da obra de alimentação artificial da praia no extremo sul da praia, a partir de 2002, para o alargamento da faixa de areia. Os sedimentos utilizados na alimentação são provenientes do leito e desembocadura do rio Camboriú, os quais apresentam porcentagens elevadas de sedimentos finos.



Figura 167. Fácies sedimentares da enseada da Praia Central de Balneário Camboriú para o ano de 2013.

Pezzuto *et al.* (2004) analisaram o sedimento utilizado na alimentação artificial na praia em 2002. Os sedimentos possuíam 30% de silte e argila e 7,2% de material cascalhoso, enquanto que o sedimento nativo da praia possuía 98,2 % de areia e 0,2% de cascalhos. Os autores salientam ainda que análises realizadas na praia após a alimentação mostraram um sedimento com 90,2% de areia média e 9,6% de material cascalhoso, mostrando que o silte e a argila foram transportados para o fundo da enseada alterando a sedimentologia desta área (Figura 168)

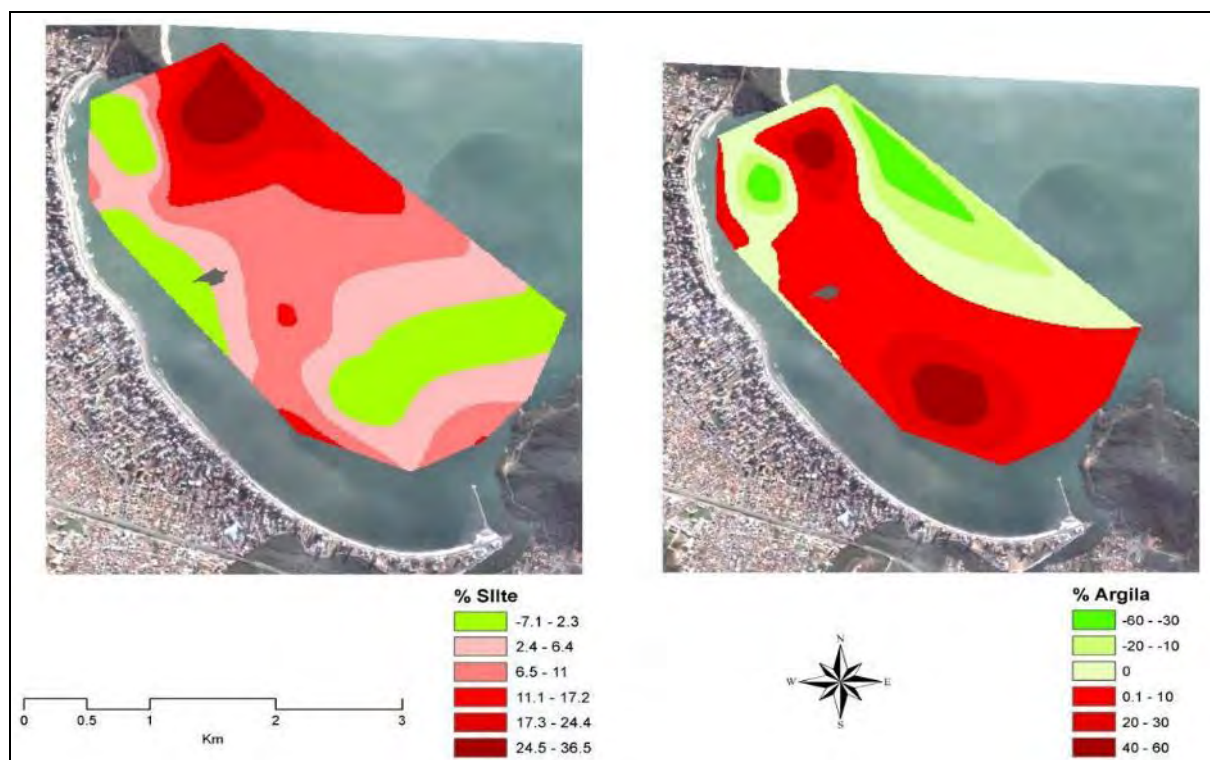


Figura 168. Variação da porcentagem de silte para os anos de 2002 (esquerda) e 2006 (direita) na enseada de Balneário Camboriú (MENEZES, 2008).

Para o ano de 2013 a concentração de silte na enseada variou de 0% a 67%, sendo que a maior concentração de silte ocorreu na porção nordeste da enseada corroborando com a área onde ocorre a fácies de sedimentos siltosos. Observa-se uma grande área da enseada com uma concentração de silte variando de 30% a 50% de silte no sedimento superficial, demonstrando ainda influência da alimentação realizada na região sul da Praia Central (Figura 169).

A concentração de argila para a enseada de Camboriú para o ano de 2013 variou de 0% a 25%, sendo que esta concentração se restringiu a porção nordeste, não ocorrendo em outro local da enseada. Isto ocorre por ser esta a região de menor energia dentro da enseada (Figura 170).

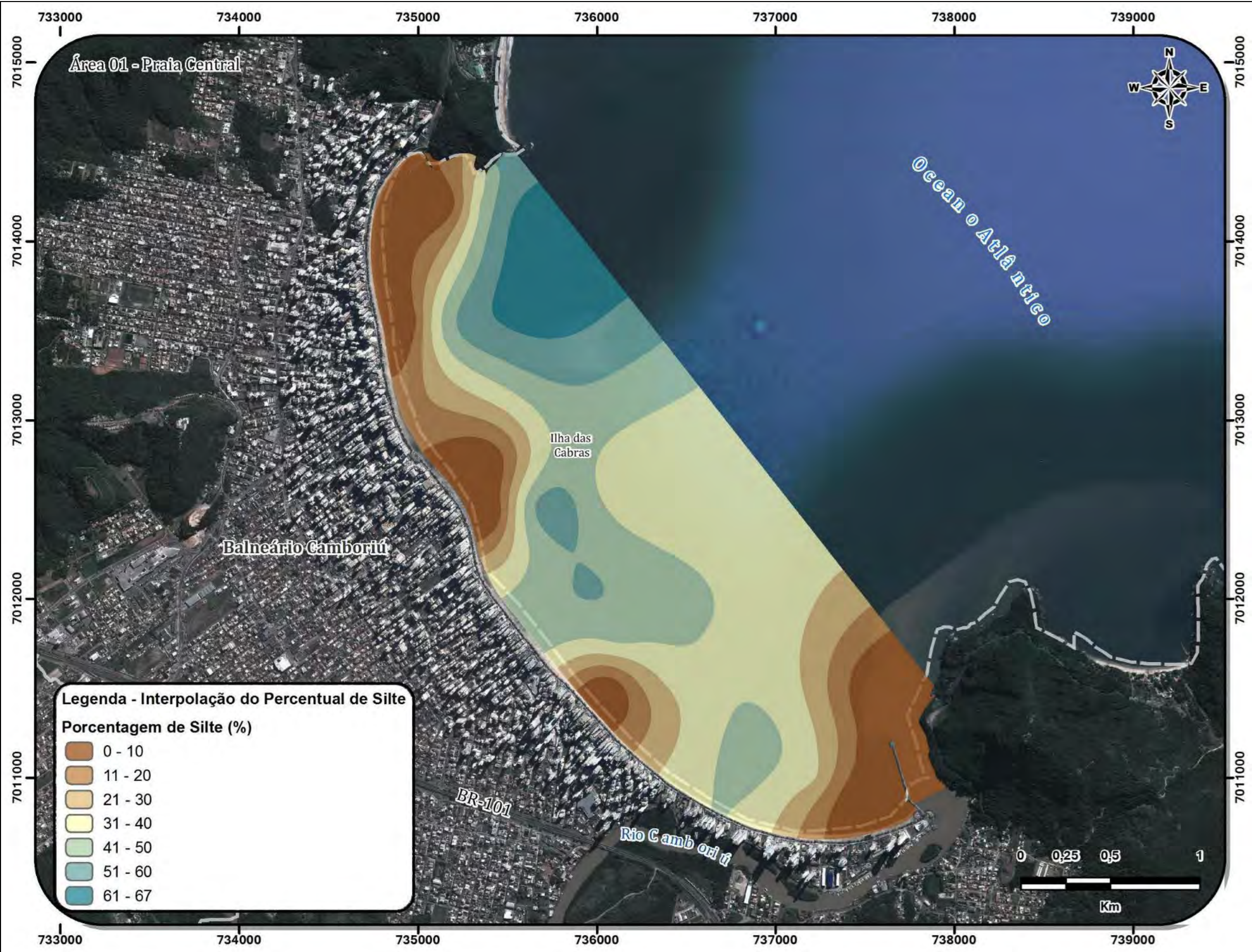


Figura 169. Concentração de silte nas amostras de sedimento na enseada de Camboriú no ano de 2013.



Figura 170. Concentração de argila nas amostras de sedimentos superficiais na enseada de Camboriú no ano de 2013.

9.1.4.2.1.2.1. Considerações Finais sobre a Granulometria

O sedimento da enseada de Camboriú apresentou uma fácies arenosa muito fina entre a praia e a isóbata de 4m na região norte, e se estendendo a 12m no lado sul da enseada. Uma fácies arenosa fina foi evidenciada próximo a Ponta das Laranjeiras. No restante do fundo da enseada ocorre uma distribuição de grãos dominada por sedimentos lamosos. Para o ano de 2013 foram observadas somente duas fácies sedimentares, caracterizadas por areia muito fina ocupando grande parte da enseada e uma fácies de silte na porção nordeste da enseada.

A sedimentologia da enseada apresentou uma alteração entre os anos de 2002 e 2006. Verificou-se um aumento da porcentagem de silte e argila para toda a superfície de fundo. Esta alteração provavelmente foi causada pela obra de alimentação artificial, por efeito da lavagem das ondas nos sedimentos depositados na praia durante a obra.

9.1.4.2.1.3. Química dos Sedimentos

Os sedimentos fazem parte do ciclo hidrológico, que dependendo da sua composição química e características de adsorção, podem ter uma elevada capacidade de acumulação de contaminantes orgânicos e inorgânicos (COELHO *et al.*, 2009).

De acordo com Deletic *et al.* (2000), em termos de massa, os sedimentos são os poluentes potenciais mais importantes conduzidos pelo escoamento pluvial. A acumulação de sedimentos acarreta danos pela obstrução das canalizações, prejudicando o desempenho da rede de drenagem projetada. Os sedimentos carregados até o corpo receptor formam depósitos modificando seu leito, originando muitos problemas. Em resumo, as principais consequências ambientais da produção de sedimentos em áreas urbanas são a obstrução das canalizações da rede de drenagem; o assoreamento da drenagem, com redução da capacidade de escoamento de condutos, rios e lagos urbanos e o transporte de poluentes agregados ao sedimento que contaminam as águas pluviais (DOTTO, 2006).

No Estudo de Impacto Ambiental realizado pela empresa Caruso Jr. (2005) para o licenciamento da Marina Tedesco, além da caracterização textural, também foi realizada a caracterização química dos sedimentos das quatro estações amostrais localizadas no estuário do rio Camboriú, de acordo com o estabelecido pela Resolução CONAMA Nº

344/2004, vigente na época para caracterização de sedimentos a serem dragados. Naquela ocasião (Tabela 17) os elementos metálicos e semi metal analisados não apresentaram concentrações discordantes com a legislação.

Tabela 17. Resultados analíticos de metais e semi-metais (metais pesados e arsênio) nas amostras de sedimento coletadas no fundo do estuário do rio Camboriú, em frente ao píer da Marina Tedesco Garden Plaza (Fonte: CARUSO JR, 2005).

Parâmetro	Unidade	Técnica Analítica	Limite de detecção	Valores Obtidos				Resolução 344/2004 Água Doce		Resolução 344/2004 Água Salina/Salobra	
				Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Nível 1	Nível 2	Nível 1	Nível 2
Arsênio	mg/Kg	EFAM/Vis	0,02	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	5,9	17	8,2	70
Cádmio	mg/Kg	EAA	0,12	0,26	<0,12	0,18	0,83	0,6	3,5	1,2	9,6
Chumbo	mg/Kg	EAA	0,4	1,68	1,64	<0,4	<0,4	35	91,3	46,7	218
Cobre	mg/Kg	EAA	0,06	0,88	0,59	0,57	0,26	35,7	197	34	270
Cromo	mg/Kg	EAA	0,1	<0,1	4,61	6,15	4,1	37,3	90	81	370
Mercúrio	mg/Kg	EFAM/Vis	0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,17	0,486	0,15	0,71
Níquel	mg/Kg	EAA	0,16	1,08	<0,16	<0,16	<0,16	18	35,9	20,9	51,6
Zinco	mg/Kg	EAA	0,1	4,60	4,81	2,8	2,96	123	315	150	410

Nível 1: limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos à biota.

Nível 2: limiar acima do qual prevê-se um provável efeito adverso à biota.

As determinações de pesticidas organoclorados e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos apresentaram níveis não detectáveis. O carbono orgânico total teve concentrações que variaram entre 6,3% e 7,6% estando abaixo do nível de alerta de 10% legalmente previsto. As concentrações mínima e máxima foram 189,23 e 398,63 mg/Kg de sedimento para o fósforo total e 632,14 e 823,14 mg/kg para o nitrogênio total. Estas concentrações foram inferiores aos valores de alerta sugerido pela legislação, que são 2.000 mg/kg e 4.000 mg/kg, para o fósforo e o nitrogênio, respectivamente (CARUSO JR, 2005).

Com o objetivo de realizar a caracterização granulométrica e da qualidade química dos sedimentos da enseada de Camboriú, e também das áreas *off-shore* das praias de Laranjeiras e Estaleiro, foram realizadas sondagens de sedimentos subsuperficiais nos dias 30 e 31 de maio de 2007 pela PROSUL, destinadas a localizar uma potencial jazida sedimentar a ser então utilizada para a alimentação da Praia Central de Balneário Camboriú. Nessas campanhas amostrais foram coletadas 17 (dezessete) amostras de sedimentos mediante a utilização de um amostrador do tipo testemunhador à gravidade, assim distribuídas: onze (11) amostras subsuperficiais; e 06 (seis) amostras localizadas a cerca de um metro de profundidade. Estas amostras foram coletadas ao longo da área

frontal da porção central da enseada de Balneário Camboriú, na praia de Laranjeiras e na praia do Estaleiro.

Os resultados dos parâmetros químicos carbono orgânico, fósforo e nitrogênio totais e dos elementos metálicos e semi metal (Tabela 18) obtidos pelo estudo da PROSUL (2007), mostraram que houve discordância com os valores previstos pela Resolução CONAMA N° 344/2004 com relação ao arsênio. Para se entender melhor o risco de impacto ambiental deste estudo da PROSUL (2007), foram realizados testes de ecotoxicidade nas amostras de sedimentos superficiais e subsuperficiais que apresentaram concentrações acima dos limites legais permissíveis, a fim de quantificar o dano ambiental potencial que os sedimentos dragados possam causar no ecossistema litorâneo receptor destes sedimentos, pois as águas marinhas estarão em contato permanente com estes sedimentos. Nestes testes não se observou nenhum efeito ecotoxicológico estatisticamente significativo nas amostras.

Tabela 18. Valores encontrados nos sedimentos subsuperficiais e profundos (amostras seguidas da letra "P") coletados na zona de dragagem (PROSUL, 2007) comparados aos valores estabelecidos pelo Nível 1 e Nível 2 da Resolução CONAMA N° 344/2004.

Amostra	CO*	P	N	As	Pb	Cu	Cr	Hg	Ni	Zn
Nível 1	10	2000	4800	8,2	46,7	34	81	0,15	20,9	150
Nível 2				70	218	270	370	0,71	51,6	410
S1	1,9	588	7494	11,0	18,6	19,1	42,8	<0,15	18,7	88,7
S1P	0,4	96	1410	6,5	2,1	2,7	7,2	<0,15	3,0	29,1
S2	1,3	454	5292	11,5	13,1	13,9	32,9	<0,15	14,1	59,9
S2P	0,5	196	1583	8,9	3,0	3,2	8,4	<0,15	3,8	24,6
S2P	0,3	73	1406	4,0	1,9	3,7	6,0	<0,15	-	13,5
S3	1,5	453	5512	9,2	14,2	12,2	34,4	<0,15	15,1	65,1
S4	-	549	6149	8,5	14,6	16,1	36,1	<0,15	15,4	67,4
S4P	1,0	263	3188	9,9	6,2	6,9	16,9	<0,15	8,1	34,4
S14	1,8	605	7330	13,1	17,7	18,9	40,9	<0,15	19,1	81,0
S17	1,3	459	5384	10,2	12,0	13,1	29,5	<0,15	12,8	56,4
S18	1,8	644	7267	11,7	17,3	18,8	39,3	<0,15	18,1	77,8
S18P	0,6	140	1220	4,7	3,5	3,1	10,6	<0,15	3,7	27,3
S19	1,3	424	4658	10,3	11,3	12,5	27,3	<0,15	12,2	54,4
S19P	0,4	106	737	9,7	2,6	3,9	7,4	<0,15	2,6	31,5
S20	1,6	511	6160	16,2	16,0	17,2	38,4	<0,15	17,7	74,3
S21	1,1	416	4309	10,0	10,5	11,9	26,4	<0,15	11,9	52,5
S22	1,8	588	6839	12,0	17,3	19,0	40,7	<0,15	18,1	80,1

*CO (Carbono Orgânico).

Considerando os limites da Resolução CONAMA N° 454/2012, reformulada a partir da Resolução CONAMA N° 344/2004, atualmente o arsênio atende aos critérios estabelecidos, conforme analisados à época. De acordo com a legislação atual, os limites máximos permitidos para o arsênio foram revisados e são de 19 e 70 mg/kg, respectivamente, para o nível 1 e nível 2, considerando águas salina/salobras.

No estudo realizado pelo consórcio ACQUAPLAN/PROSUL em 2013, a maioria dos parâmetros químicos determinados em sedimentos da enseada de Camboriú e dos rios Marambaia e Camboriú apresentaram concentrações em níveis não detectáveis ou não apresentaram concentrações, considerando os níveis estabelecidos pela Resolução CONAMA Nº 454/2012.

Para a apresentação gráfica na forma de histogramas, foram selecionados os parâmetros que tiveram alguma concentração, que foi comparada aos níveis 1 e 2 da norma ambiental (representados por linhas tracejadas). As amostras da jazida marcadas com asterisco são subsuperficiais, enquanto que a amostra #14 localizou-se na foz do rio Marambaia.

As concentrações dos elementos metálicos e o semi metal arsênio (Figura 171) foram inferiores ao que dispõe a legislação no que se refere à qualidade ambiental dos sedimentos. Observou-se que na estação #1, a mais distante em relação a foz do rio Camboriú, as concentrações dos elementos metálicos foram inferiores do que as observadas a jusante desta.

O cádmio e o mercúrio (Figura 171) estiveram presentes em concentrações menores do que 0,5 e 0,15 mg/kg em todas as amostras de sedimentos analisadas.

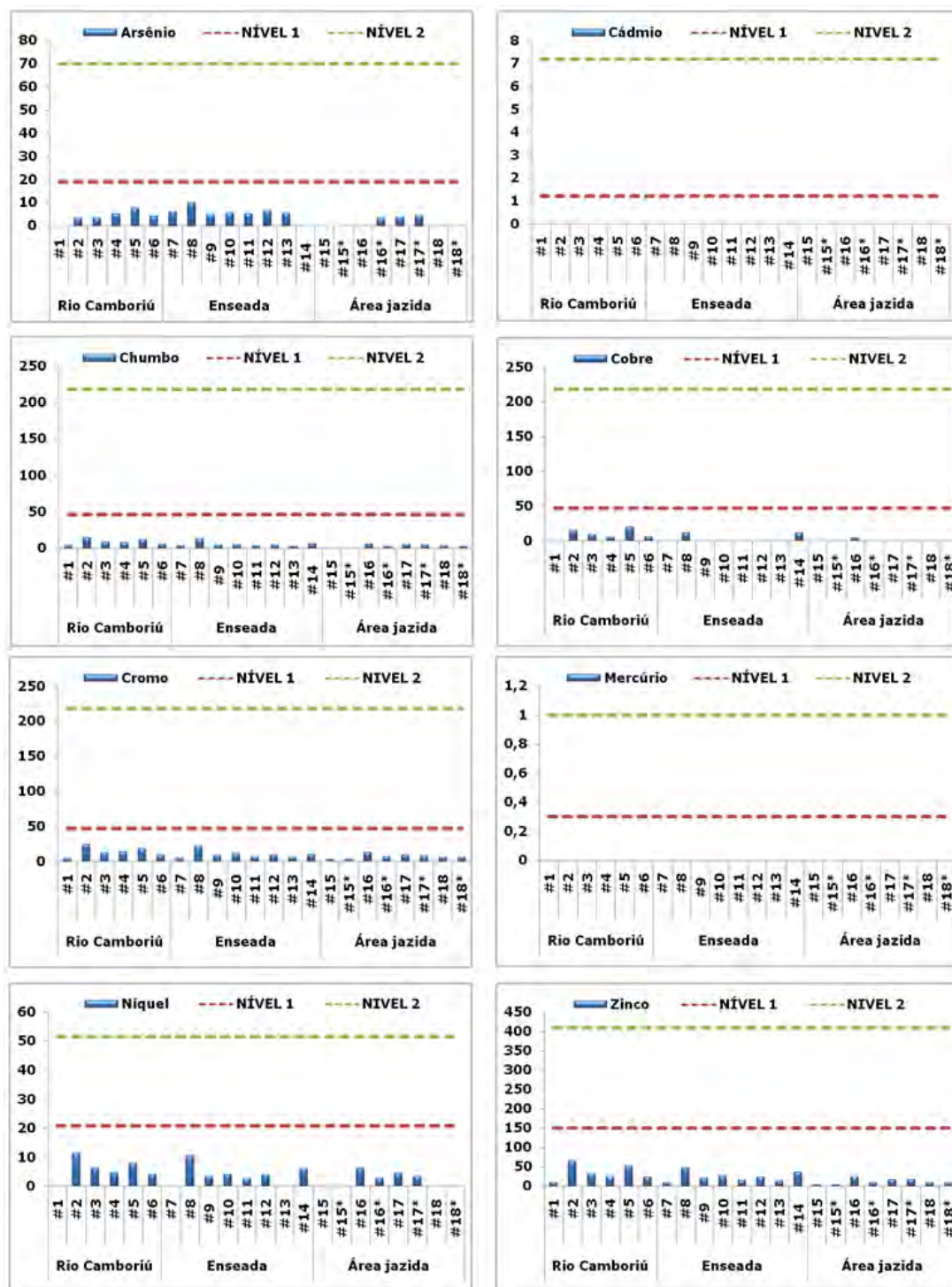


Figura 171. Concentrações do semi metal Arsênio e dos metais cádmio, chumbo, cobre, cromo, mercúrio, níquel e zinco (mg/kg) em sedimentos superficiais e subsuperficiais(*) e enseada de Camboriú e dos rios Marambaia(#14) e Camboriú, em fevereiro de 2013.

O carbono orgânico total (Figura 172) o Fósforo Total (Figura 173) e o Nitrogênio Total de Kjeldahl (Figura 174) estiveram consideravelmente abaixo dos níveis de alerta estabelecidos pela legislação. Observa-se que, na média, as concentrações destes parâmetros foram maiores nos sedimentos amostrados no rio Camboriú. Ressalta-se que,

assim como ocorreu com os elementos metálicos (Figura 171), na estação #1 as concentrações foram bastante baixas quando comparadas as demais estações localizadas na região estuarina.

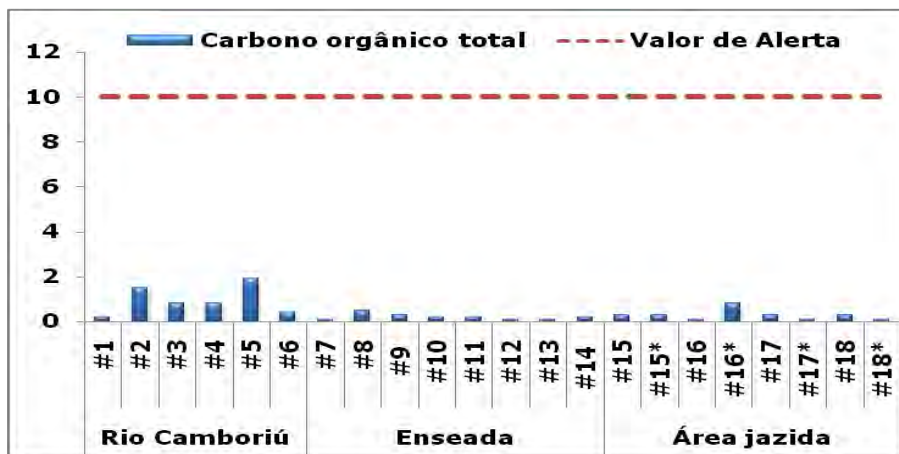


Figura 172. Concentração de carbono orgânico total (%) em sedimentos superficiais e subsuperficiais(*) e enseada de Camboriú e dos rios Marambaia (#14) e Camboriú em fevereiro de 2013.



Figura 173. Concentração de fósforo total (mg/kg) em sedimentos superficiais e subsuperficiais(*) e enseada de Camboriú e dos rios Marambaia (#14) e Camboriú em fevereiro de 2013.

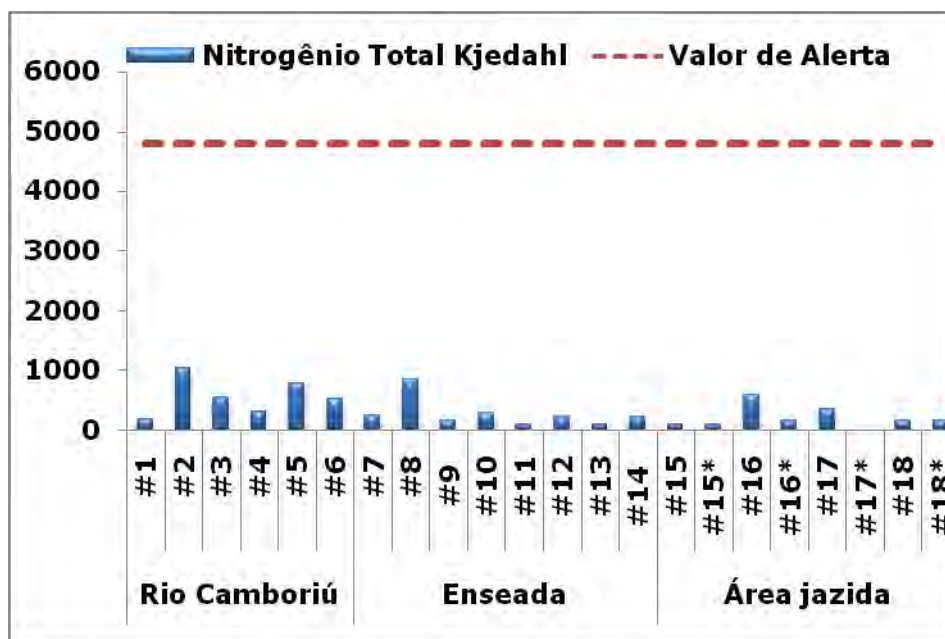


Figura 174. Concentração de nitrogênio total de Kjeldahl (mg/kg) em sedimentos superficiais e subsuperficiais(*) e enseada de Camboriú e dos rios Marambaia (#14) e Camboriú em fevereiro de 2013.

O íon amônio (NH_4^+) é originado no primeiro estágio da oxidação da matéria orgânica nitrogenada ou excretado diretamente para o meio aquático pelos organismos (CHESTER *et al.*, 1998).

Nas águas marinhas e continentais a forma predominante do nitrogênio amoniacal é a do íon NH_4^+ ($\text{NH}_3 + \text{HOH} \leftrightarrow \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$). Como a forma NH_3 é a mais tóxica, as concentrações de NH_4^+ podem se elevar sem que sua toxicidade seja muito crítica, se o pH e a temperatura permanecerem dentro de certos limites (MENDES FILHO, 2009).

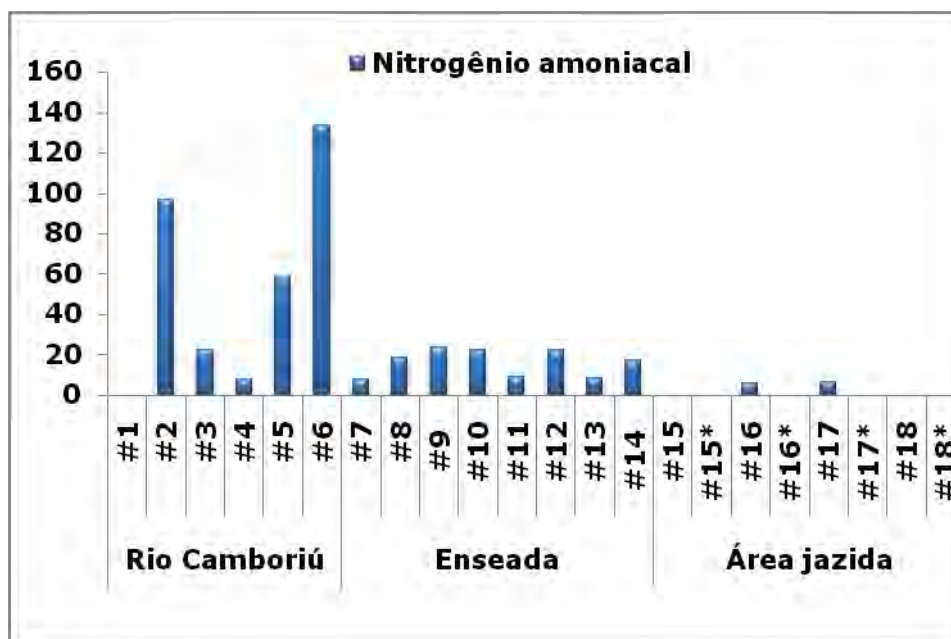


Figura 175. Concentração de nitrogênio amoniacal (mg/kg) em sedimentos superficiais e subsuperficiais (*) e enseada de Camboriú e dos rios Marambaia (#14) e Camboriú em fevereiro de 2013.

As maiores concentrações de nitrogênio amoniacal (Figura 175) foram observadas em três estações (#2, #5 e #6) localizadas no rio Camboriú. Nas estações #2 e #5 também foram observadas as maiores concentrações para os parâmetros carbono orgânico total (Figura 172), fósforo total (Figura 173) e nitrogênio total (Figura 174).

Os HPA's podem ser provenientes de fontes naturais e antrópicas, e são encontrados em quase todos os segmentos ambientais, na atmosfera, nos solos e sedimentos e nas águas. A investigação dos hidrocarbonetos nos sedimentos se justifica pelo fato de que o material de fundo apresenta maior estabilidade físico-química do que a água circundante, indicando um registro histórico devido aos processos de sedimentação e fornecendo índices de referência mais estáveis para monitoramento de aporte de hidrocarbonetos, que geralmente indicam a qualidade média das águas (BAISCH, 1998).

Em estudo de degradação do petróleo realizado por Bicego (1988) ficou claro que a persistência do óleo é bem maior em sedimentos do que em água, sendo que a granulometria dos sedimentos é um fator muito importante para a acumulação e persistência dos hidrocarbonetos (CORDEIRO, 2003).

O somatório das concentrações de hidrocarbonetos detectadas em cada amostra de sedimento de cada um dos pontos amostrais foi menor do que 20 ug/kg (Figura 176) estando consideravelmente abaixo do nível máximo de 4000 ug/kg admitido pela Resolução CONAMA Nº 454/2012, apesar da existência de uma marina, localizada

próxima da estação #5, e do intenso tráfego de embarcações utilizadas para pesca artesanal.

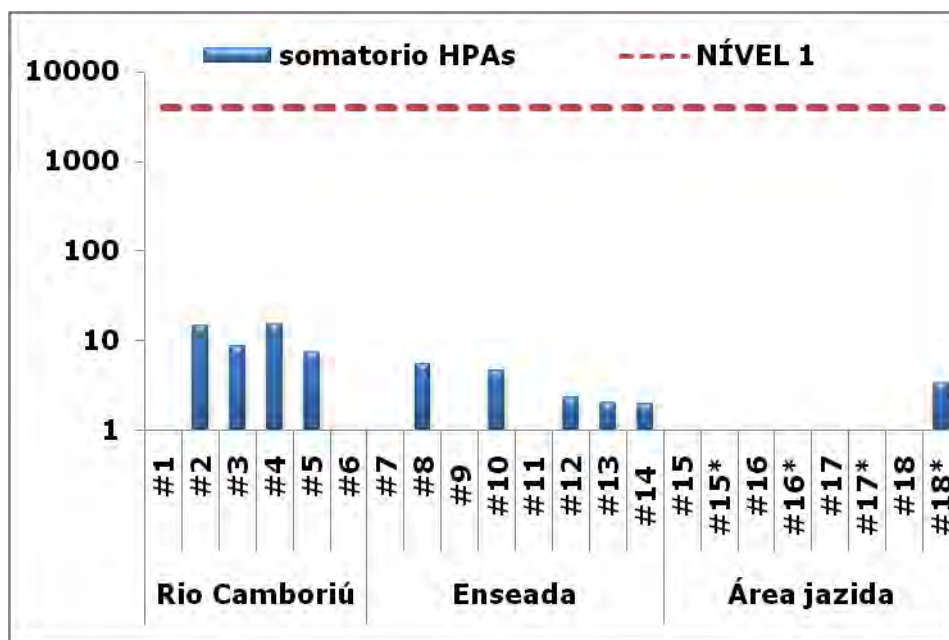


Figura 176. Somatório das concentrações de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) (ug/kg) em sedimentos superficiais e subsuperficiais(*) e enseada de Camboriú e dos rios Marambaia(#14) e Camboriú em fevereiro de 2013.

Os resultados obtidos quanto à qualidade química dos sedimentos na enseada, no estuário do rio Camboriú e nas áreas pretendidas para jazida, estiveram de acordo com a norma ambiental atualmente vigente.

Observa-se que na avaliação da qualidade química dos sedimentos das áreas pretendidas para alimentação artificial da Praia Central realizada pela Coastal Planning & Engineering do Brasil, no ano de 2011, nenhum contaminante analisado ultrapassou o limite 2 da Resolução CONAMA Nº 344/2004. Apenas nas amostras de superfície dos testemunhos da Área 1, o teor de arsênio se encontrou entre os níveis 1 (8,2 mg/Kg) e 2 (70 mg/Kg), com concentrações entre 9,89 e 9,72 mg/Kg, respectivamente. Das amostras superficiais coletadas na Área 2, tanto através do busca-fundo *van Veen* quanto por testemunhos do tipo *jetprobe*, somente duas amostras apresentaram teor de arsênio entre os níveis 1 e 2, correspondendo a 16,94 e 8,99 mg/Kg, respectivamente.

Ressalta-se que, considerando a Resolução CONAMA Nº 454/2012, os limites para Arsênio tornaram-se menos restritivos e são de 19 mg/kg e 70 mg/kg de sedimentos, para nível 2 e nível 2 de águas salinas/salobras. Sendo assim, atualmente, as

concentrações obtidas pelo estudo da Coastal Planning & Engineering do Brasil satisfazem a norma ambiental.

Na amostragem realizada em fevereiro de 2013 a qualidade dos sedimentos na enseada de Camboriú, dos rios Camboriú e Marambaia, atendeu ao que estabelece a Resolução CONAMA Nº 454/2012. A análise química dos sedimentos superficiais e subsuperficiais da área da jazida teve resultados que estiveram de acordo com o que estabelece a norma ambiental para todos os parâmetros tanto para os sedimentos superficiais quanto para os subsuperficiais.

Os sedimentos dos ambientes aquáticos, principalmente a sua fração orgânica, realizam trocas de nutrientes com a coluna da água sobrejacente. Em geral, os sedimentos não são apenas um depósito de produtos que estão, ou que chegam à coluna da água, mas representam um compartimento que recicla compostos, envolvendo processos biológicos (bioturbação, ação de bactérias oxidantes e redutoras, entre outros), físicoquímicos (adsorção, dessorção), químicos (precipitação, oxidação, redução, complexação) e processos de transporte (difusão, advecção). Portanto, a avaliação do potencial dos sedimentos quanto ao comprometimento do equilíbrio ecológico do ambiente aquático deve focar a composição química da coluna da água e da água intersticial, que é o vetor do transporte sedimento/água.

No diagnóstico da qualidade das águas foram observados, em estações localizadas nos rios Camboriú e Marambaia, baixos teores de oxigênio dissolvido e altas concentrações de nitrogênio e fósforo total, que estiveram em níveis comprometedores quanto à qualidade das águas estuarinas. Nos sedimentos, no entanto, as concentrações destes parâmetros foram bastante inferiores ao legalmente recomendado, levando a suposição de que este compartimento tem menor influência sobre a qualidade da água do que os processos relacionados ao escoamento superficial, influenciados por ações antrópicas.

9.1.4.3. Dados Primários

9.1.4.3.1. Metodologia

No dia 17 de fevereiro de 2016 foi realizada a coleta de sedimentos superficiais num total de 29 pontos amostrais localizados na área costeira da enseada de Camboriú, e também, em estações amostrais localizadas nos rios Marambaia e Camboriú, adjacentes à faixa da **Praial Central. Para tanto, foi utilizado uma embarcação nomeada "Maria Luiza I",** propulsada com motor de popa de 90 hp de potência.

Para a coleta dos sedimentos superficiais foi utilizado um amostrador tipo *van Veen*, construído em aço inox, de 1,16L (Figura 177).

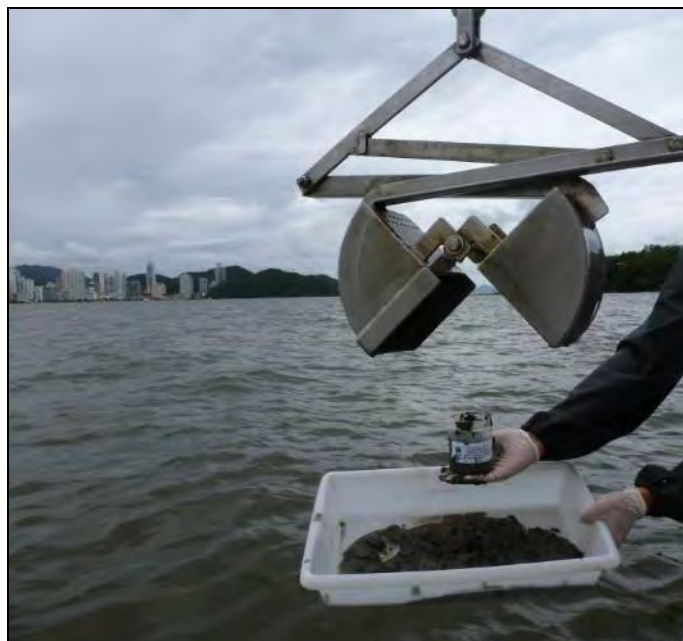


Figura 177. Amostrador tipo *van Veen* utilizado para a coleta de amostras de sedimento.

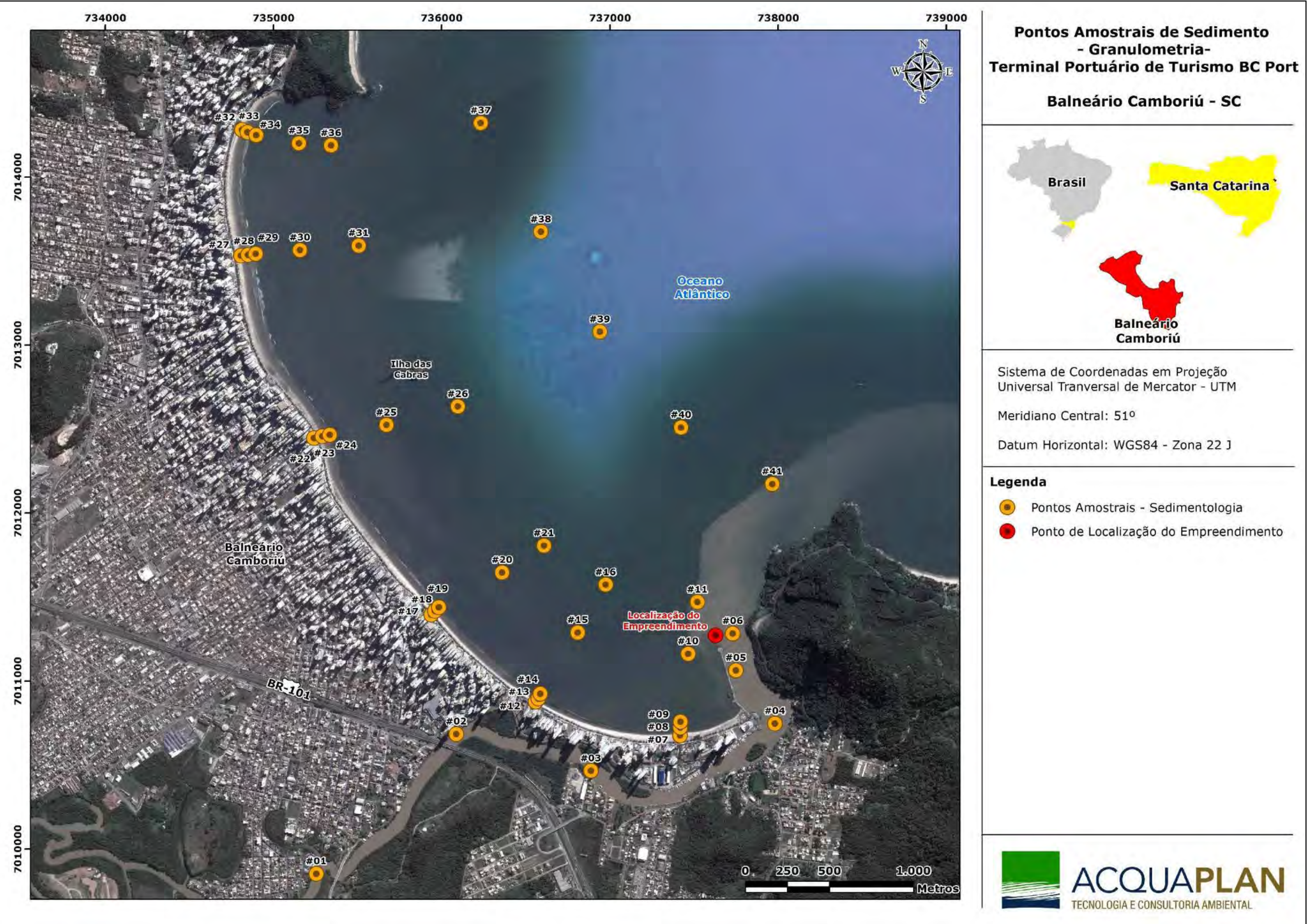


Figura 178. Localização das 29 amostras de sedimentos superficiais coletados na enseada de Camboriú e rio Marambaia e Camboriú em fevereiro de 2016.

Para análise granulométrica em laboratório foram obtidos aproximadamente 300g de sedimentos em cada ponto amostral, e para a determinação dos parâmetros químicos foram coletados 1.000g de sedimento.

Em ambos os casos, após o acondicionamento, as amostras foram prontamente refrigeradas com gelo em caixas térmicas até o momento do envio dos sedimentos devidamente identificados ao laboratório responsável pelas determinações analíticas dos parâmetros relacionados com a qualidade dos sedimentos, de acordo com o que estabelece a Resolução CONAMA Nº 454/2005, a seguir listados:

- Nitrogênio amoniacal
- CONAMA 454 - Metais Pesados
Arsênio, Cádmio, Chumbo, Cobre, Cromo, Mercúrio, Níquel, Zinco
- CONAMA 454 - Pesticidas Organoclorados
4,4 - DDD, 4,4 - DDE, 4,4 - DDT, BHC (alfa), BHC (beta), BHC (delta), BHC (gama) - lindano, Clordano (alfa), Clordano (gama) Dieldrin, Endrin
- CONAMA 454 - PCBs
PCBs(18,28,31,44,52,101,118, 138,149,153,170,180,194,209)
- CONAMA 454 - PAHs
2 - Metilnaftaleno, Acenafteno, Acenaftileno, Antraceno, Benzo (a) antraceno, Benzo (a) pireno, Criseno, Dibenzo (a,h) antraceno, Fenantreno, Fluoranteno, Fluoreno, Naftaleno, Pireno
- CONAMA 454 - Caracterização Físico-química
Carbono orgânico total, Fósforo, Nitrogênio Total Kjeldahl, Peso específico dos sólidos.

As determinações químicas ficaram sob a responsabilidade da Freitag Laboratórios-Divisão Ambiental e de Alimentos, localizado na Avenida Nereu, Ramos, 95, 1 andar na cidade de Timbó/SC, que possui as seguintes creditações

- ✓ CGCRE-INMETRO CRL 0687 -ABNT NBR ISP/IEC 17025: 2005-ensaios.
- ✓ Fundação do Meio Ambiente–FATMA.
- ✓ Agência Reguladora de Serviços de Saneamento Básico do Estado de Santa Catarina – AGESAN.
- ✓ Companhia Integrada de Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina – CIDASC.
- ✓ REBLAS – Rede Brasileira de Laboratórios Analíticos em Saúde, associado à ANVISA.
- ✓ Instituto Ambiental do Paraná – IAP

As análises laboratoriais para determinação dos parâmetros químicos, seguiram os procedimentos analíticos da U.S. Environmental Protection Agency (ou equivalentes) foram seguidos, atendendo ao disposto da Resolução CONAMA N°454/2012.

9.1.4.3.2. Resultados

Os resultados de granulometria, matéria orgânica, carbonatos, fósforo, nitrogênio e carbono estão apresentados por gráficos de interpolação.

9.1.4.3.2.1. Parâmetros Granulométricos

Os sedimentos da enseada de Camboriú foram principalmente arenosos, principalmente nas estações mais próximas da orla. As maiores frequências de sedimentos finos foram observadas no rio Camboriú e nas estações #35, #37, #38 e #39 (Figura 179). Na área onde se pretende instalar o empreendimento predominaram frações arenosas.

O maior percentual de matéria orgânica foi observado do rio Camboriú (#3). De forma geral este parâmetro (Figura 180) esteve associado as maiores concentrações de sedimentos finos (Figura 179).

Os menores percentuais de carbonatos foram observados no rio Camboriú e nas estações próximas de sua desembocadura (Figura 181) enquanto que o maior percentual foi observado na estação #41, possivelmente devido a maior quantidade de fragmentos carbonáticos.

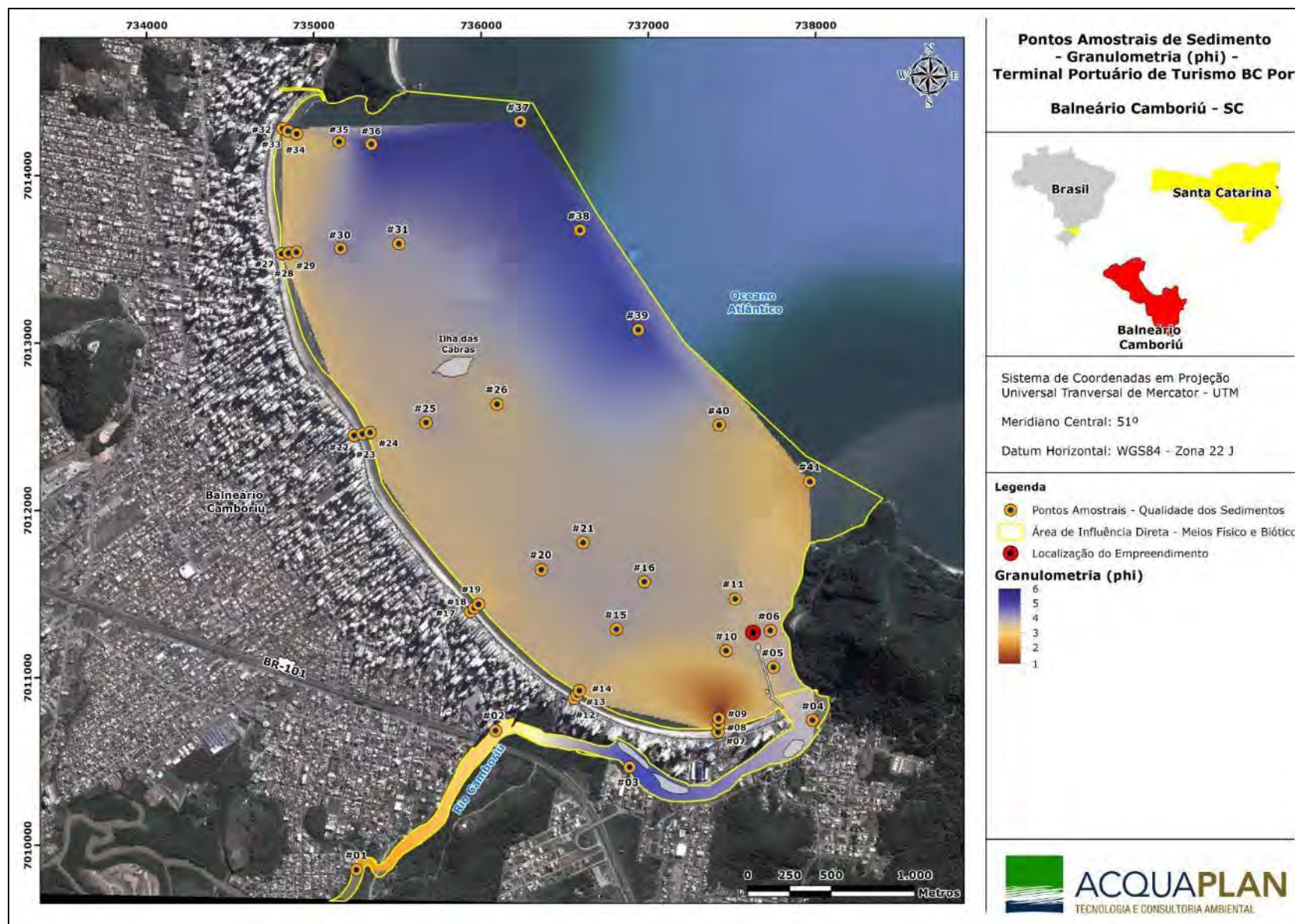


Figura 179. Médias de granulometria (Phi) em sedimentos superficiais dos rios Marambaia e Camboriú e na enseada de de Camboriú, em fevereiro de 2016.

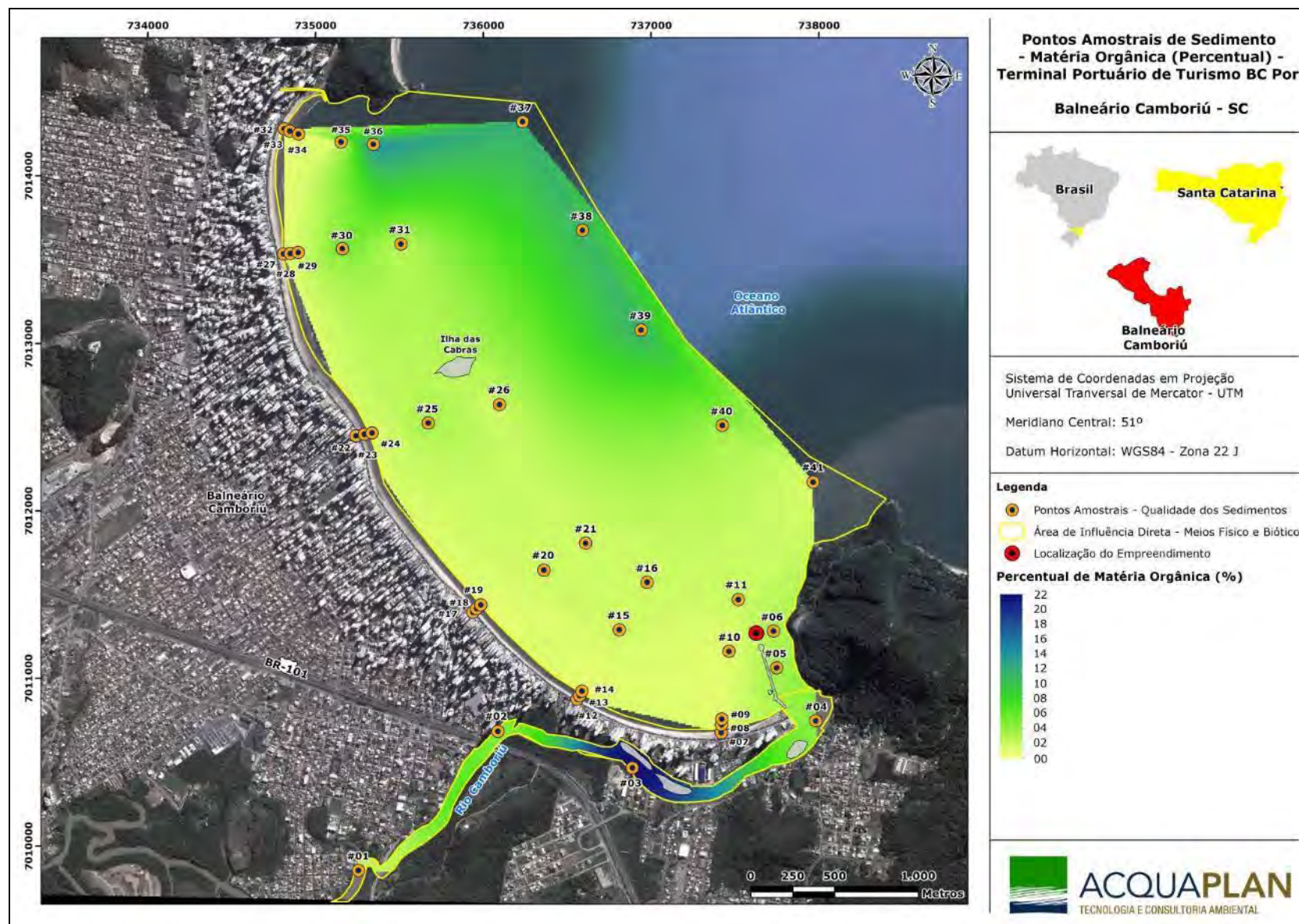


Figura 180. Percentuais de matéria orgânica em sedimentos superficiais dos rios Marambaia e Camboriú e na enseada de de Camboriú, em fevereiro de 2016.

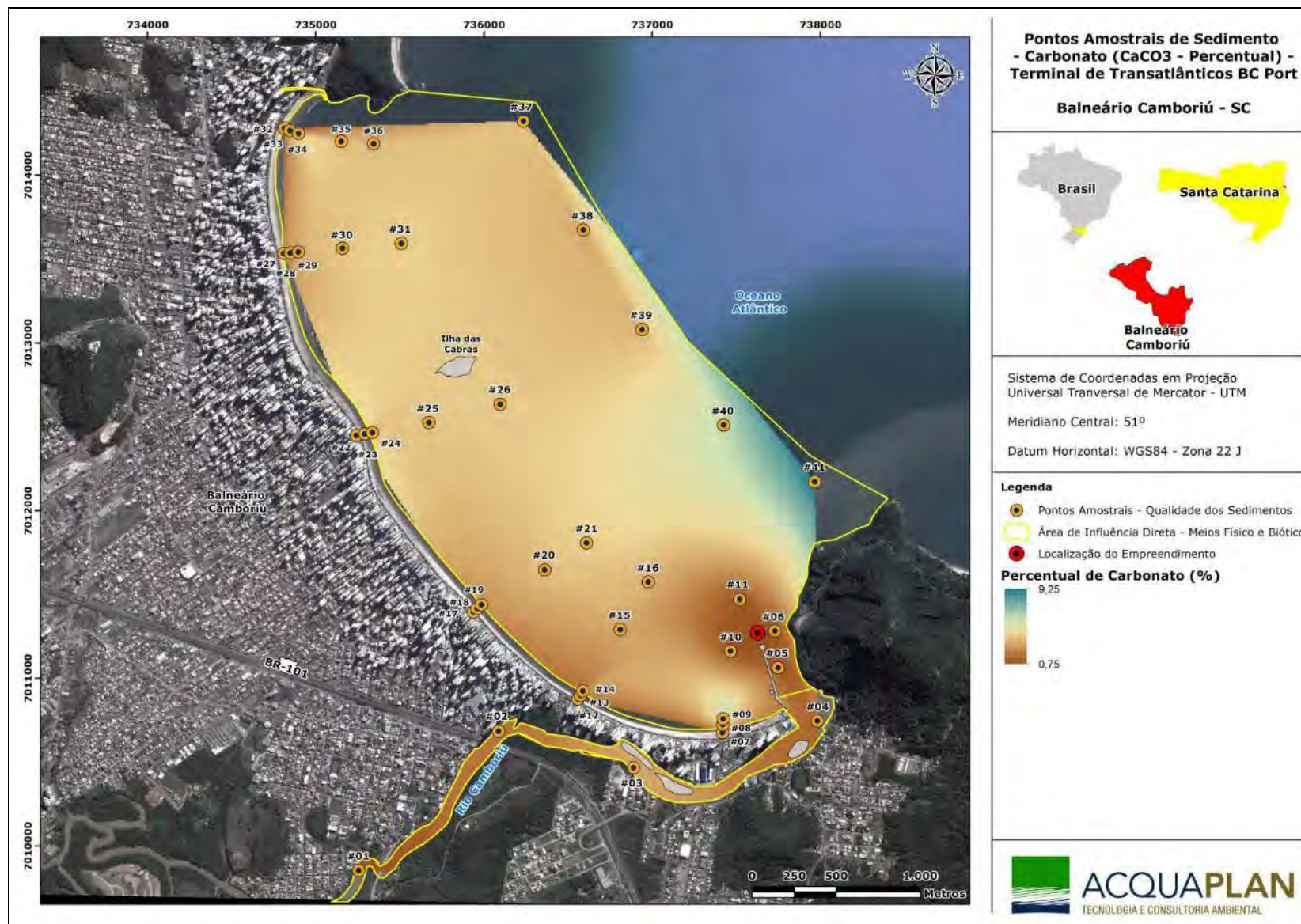


Figura 181. Percentuais de carbonatos em sedimentos superficiais dos rios Marambaia e Camboriú e na enseada de Camboriú, em fevereiro de 2016.

9.1.4.3.2.2. Parâmetros Químicos

Em fevereiro de 2016 não foram observadas concentrações de hidrocarbonetos aromáticos policíclicos e pesticidas superiores aos limites de detecção dos métodos utilizados para as suas determinações em laboratório.

A maioria dos parâmetros químicos avaliados neste estudo não apresentaram desconformidades no que se refere a qualidade ambiental dos sedimentos superficiais avaliados.

A representação gráfica de fósforo, nitrogênio e carbono totais será apresentada através de gráficos de interpolação, que facilitam a visualização quando se trata da distribuição espacial dos elementos avaliados na área de interesse. Já os elementos metálicos serão representados por meio de histogramas agrupados com linhas descontínuas que indicam os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA Nº 454/2012 para o nível 1 e nível 2, considerando águas salinas/salobras.

As concentrações de fósforo (Figura 182), de forma geral, apresentaram distribuição semelhante a dos sedimentos, isto é as maiores concentrações deste parâmetro estiveram associadas aos sedimentos mais finos (Figura 179) do rio Camboriú e das estações localizadas ao norte da enseada.

O nitrogênio total teve as maiores concentrações observadas nas estações amostradas #31, #35, #36, #37, #38 e # 39, localizadas ao norte da enseada de Camboriú (Figura 183), onde também se observaram maiores concentrações altas de sedimentos finos (Figura 179) e de fósforo total (Figura 182). No rio Camboriú e nas estações localizadas ao sul da enseada as concentrações observadas para este elemento foram menores.

A maior concentração de carbono total foi observada na estação #3 localizada no rio Camboriú (Figura 184). Nas estações restantes as concentrações seguiram um padrão mais homogêneo seja nos rios ou na enseada.

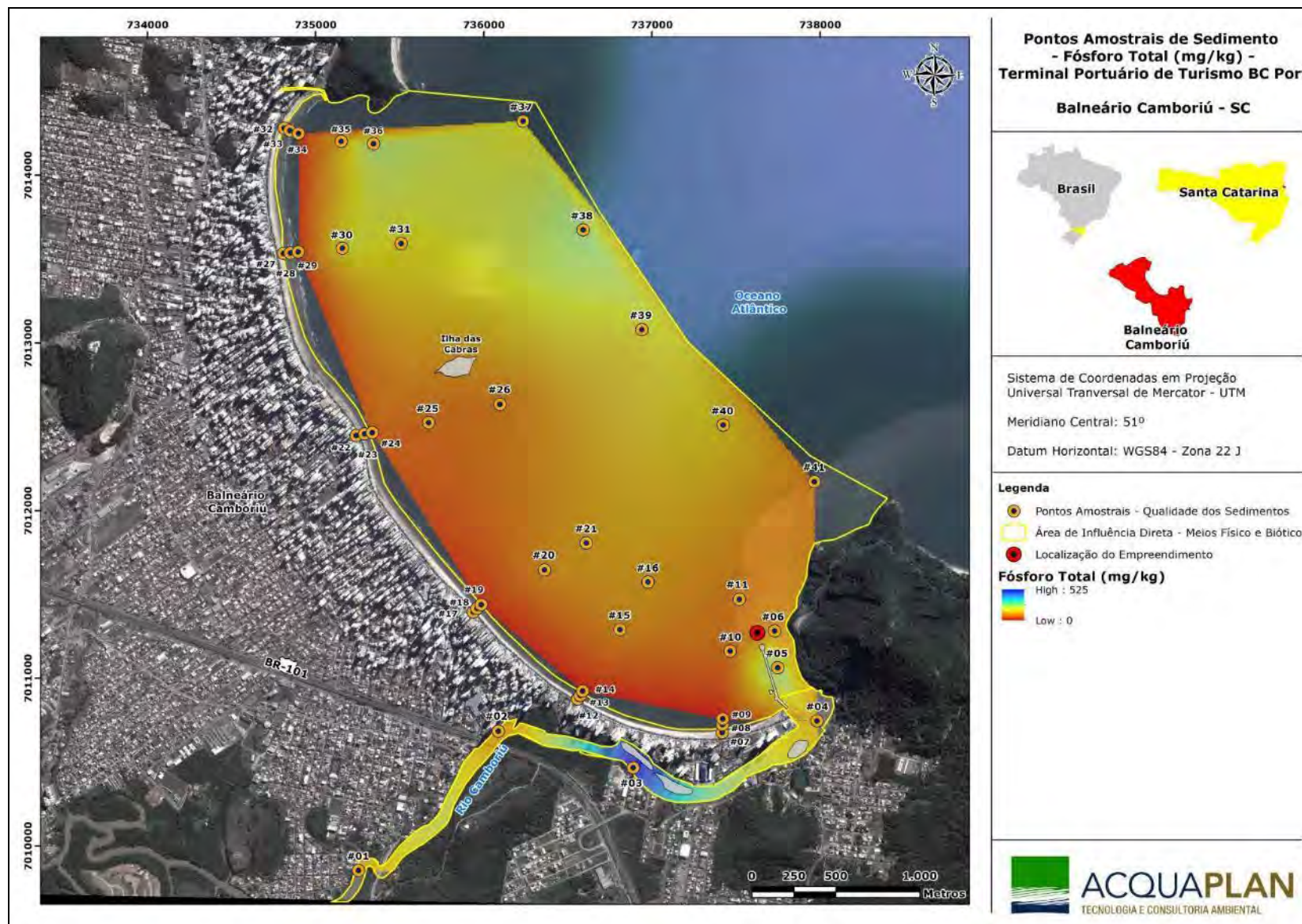


Figura 182. Concentrações de fósforo total (mg/kg) em sedimentos superficiais dos rios Marambaia e Camboriú e na enseada de Camboriú, em fevereiro de 2016.

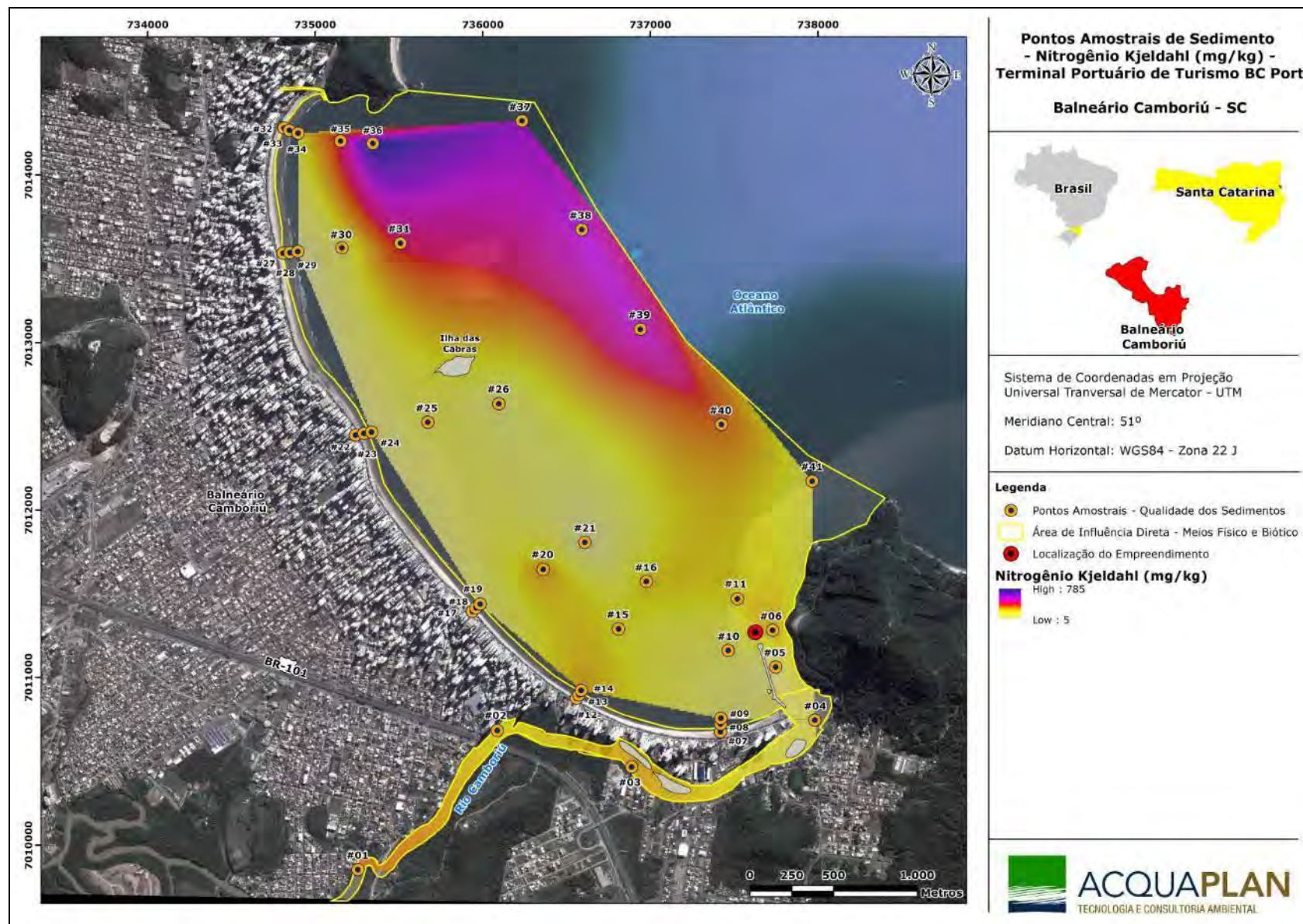


Figura 183. Concentrações de nitrogênio total de Kjeldahl(mg/kg) em sedimentos superficiais dos rios Marambaia e Camboriú e na enseada de Camboriú, em fevereiro de 2016.

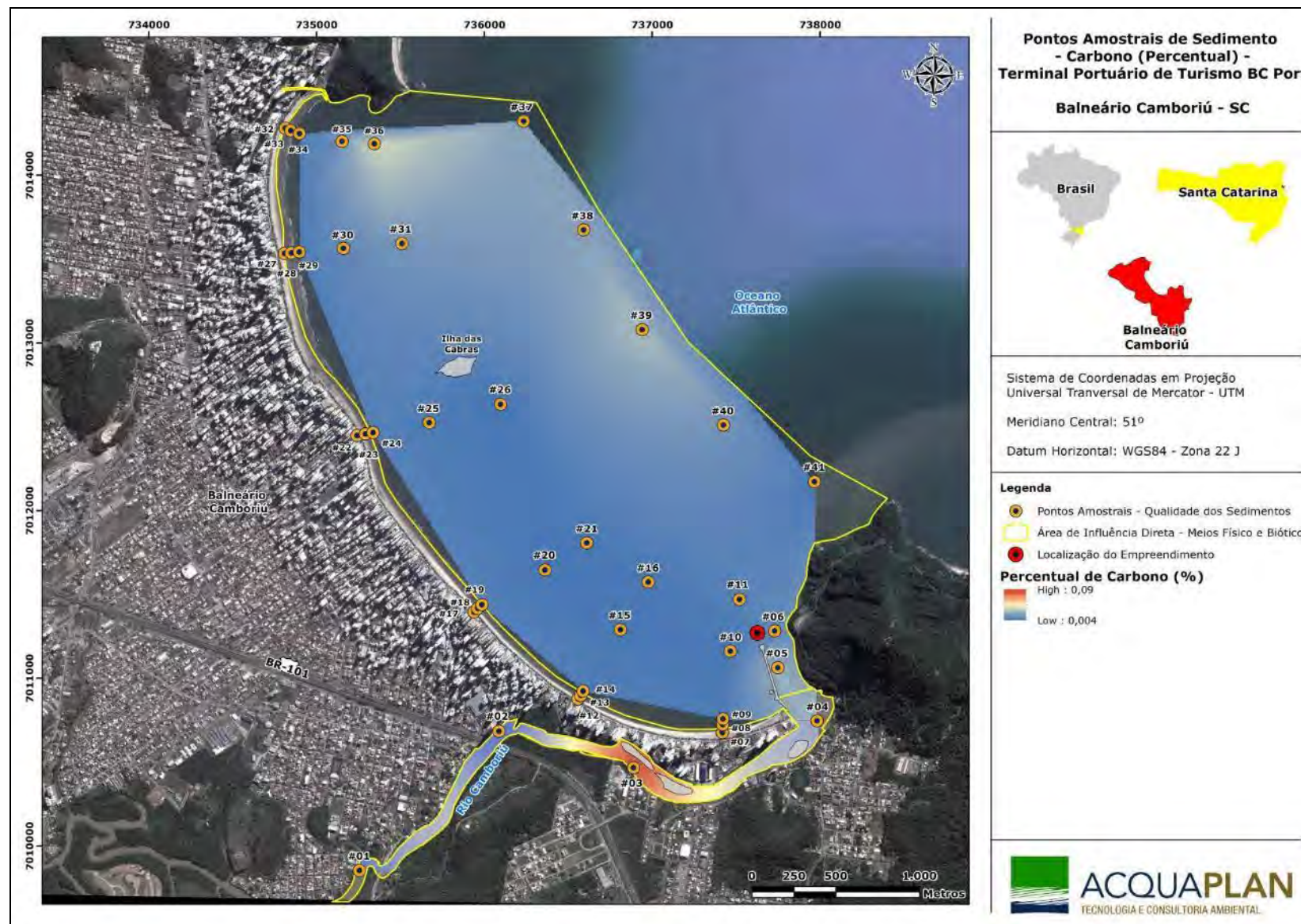


Figura 184. Concentrações de carbono total (%) em sedimentos superficiais dos rios Marambaia e Camboriú e na enseada de Camboriú, em fevereiro de 2016.

O semi metal arsênio (Figura 185) e os elementos metálicos cádmio (Figura 185, chumbo, cobre (Figura 186), cromo, níquel (Figura 187) e zinco (Figura 188), apresentaram concentrações inferiores aos limites dispostos pela Resolução CONAMA Nº 454/2012 para o nível 1-águas salinas/salobras.

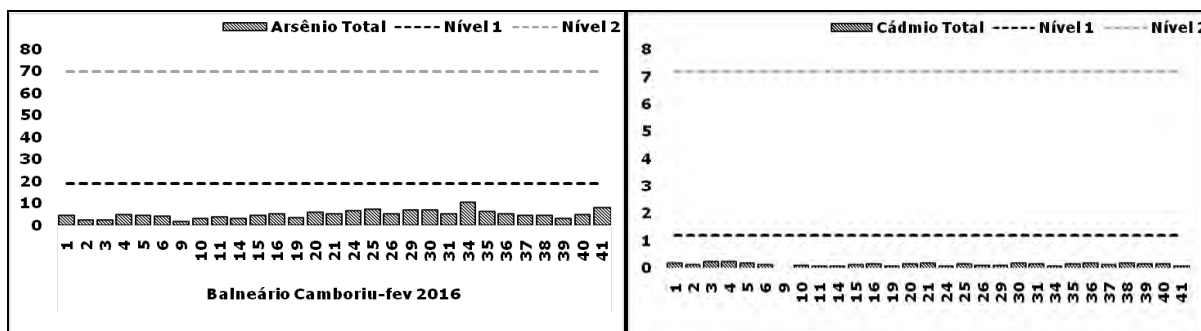


Figura 185. Concentrações de Arsênio e Cádmio (mg/L) em sedimentos superficiais da enseada de Camboriú e dos rios Marambaia(#11) e Camboriú (#1 a #4) coletados em fevereiro de 2016, comparadas aos limites legais.

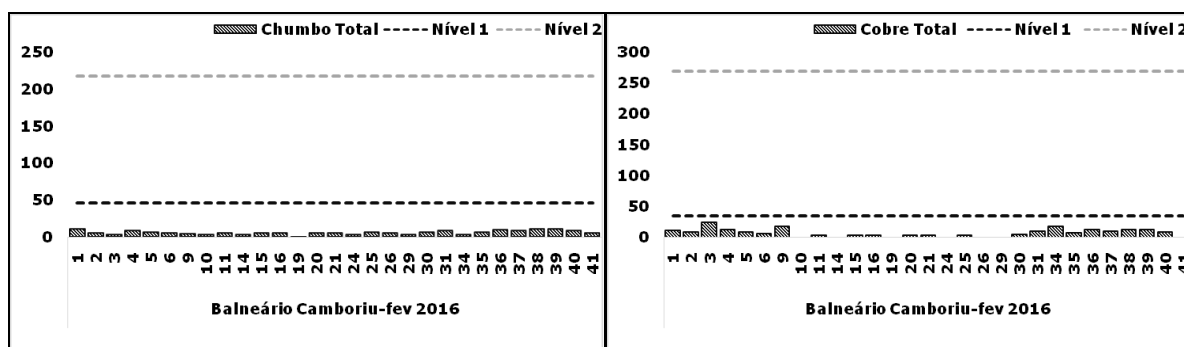


Figura 186. Concentrações de Chumbo e Cobre (mg/L) em sedimentos superficiais da enseada de Camboriú e dos rios Marambaia(#11) e Camboriú (#1 a #4) coletados em fevereiro de 2016, comparadas aos limites legais.

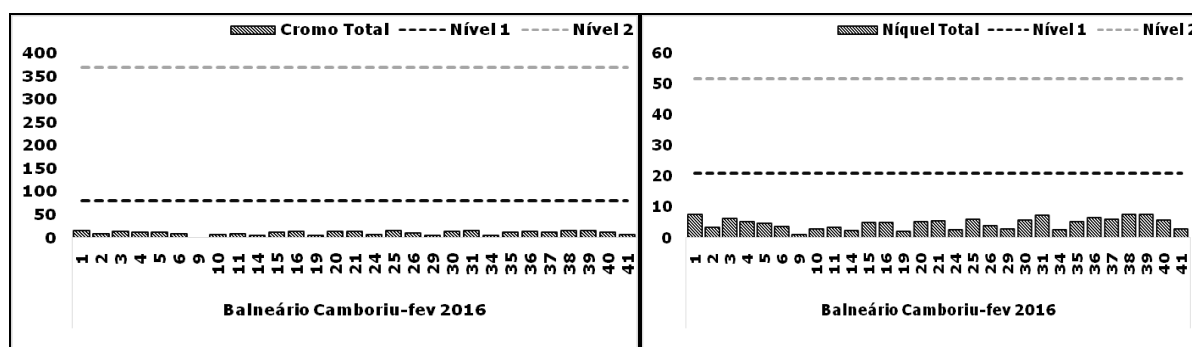


Figura 187. Concentrações de Cromo e Níquel (mg/L) em sedimentos superficiais da enseada de Camboriú e dos rios Marambaia(#11) e Camboriú (#1 a #4) coletados em fevereiro de 2016, comparadas aos limites legais.

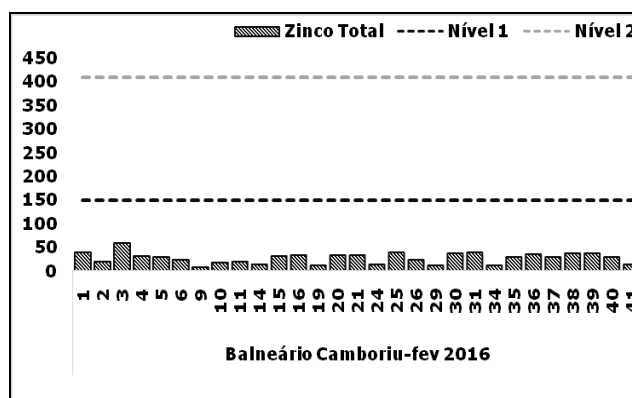


Figura 188. Concentrações de Zinco (mg/L) em sedimentos superficiais da enseada de Camboriú e dos rios Marambaia(#11) e Camboriú (#1 a #4) coletados em fevereiro de 2016, comparadas aos limites legais.

9.1.4.3.3. Considerações Finais

Na enseada de Camboriú os sedimentos superficiais foram compostos principalmente por frações arenosas com exceção das estações localizadas na porção norte da enseada, onde a fração fina foi mais representativa o que também foi observado como a estação #3 localizada no rio Camboriú. Estes sedimentos finos têm sido observados naquela área ao longo do tempo como apresentado nos dados secundários. Nos resultados obtidos através dos dados primários geralmente estes sedimentos finos estiveram associados aos maiores percentuais de matéria orgânica e de carbonatos e também com as maiores concentrações de fósforo e nitrogênio totais.

Embora se observem aportes oriundos do rio Camboriú e uma área de maior concentração de parâmetros associados aos grãos finos na área norte da enseada, todos os parâmetros químicos solicitados pela Resolução CONAMA Nº 454/2012 foram avaliados em sedimentos superficiais coletados em fevereiro de 2016 se mantiveram dentro dos limites dispostos pela citada legislação no que se refere à qualidade ambiental do compartimento sedimentar seja na enseada de Balneário de Camboriú ou nos rios adjacentes a esta. Estes resultados confirmam o que tem se observado desde 2005 quanto a qualidade dos sedimentos superficiais da área adjacente ao empreendimento, conforme apresentado nos dados secundários.

9.1.5. Caracterização Físico-Química dos Sedimentos a Serem Dragados

9.1.5.1. Introdução

As atividades portuárias são importantes para economia global, pois os portos e terminais portuários desempenham um papel fundamental no ciclo de vida dos bens produzidos e comercializados. O fato de estarem localizadas em ambientes costeiros, próximos de centros urbanos e industriais, facilita o aporte de contaminantes, que ocorre pela liberação de lixo, esgotos domésticos e industriais, queima de combustíveis, petróleo e seus derivados entre tantos outros.

No ambiente aquático, os sedimentos constituem o destino de grande parte desses compostos, apresentando maiores concentrações de contaminantes em relação à coluna **d'água. Além disso, o comprometimento da qualidade dos sedimentos** em regiões Portuárias afeta diretamente, além do equilíbrio ecológico, as atividades de dragagens e disposição do material dragado (BURTON, 1992; RIBA *et al.*, 2004). Após a deposição no fundo marinho, os contaminantes podem sofrer transformações por processos biogeoquímicos que variam de acordo com as condições do meio, e que alteram a sua biodisponibilidade (MOREIRA, 2013).

Os sedimentos têm sido amplamente utilizados como indicadores ambientais porque possuem grande capacidade de incorporar e acumular elementos contaminantes. Como os sedimentos são levados pelos rios para outro curso de água ou para o mar, as análises dos sedimentos em vários pontos de uma região de interesse servem para rastrear fontes de contaminação ou monitorar esses contaminantes (PEREIRA *et al.*, 1998).

Os dados granulométricos são utilizados para estudar tendências de processos superficiais relacionados as condições hidrodinâmicas de transporte e deposição. A permeabilidade e a estabilidade das partículas sedimentares podem ser um importante complemento nos estudos das reações cinéticas e afinidade de partículas finas e contaminantes. A análise granulométrica tem por objetivo medir com precisão o tamanho das partículas, para determinar sua distribuição de frequência e calcular estatisticamente as características de cada amostra (POPPE *et al.*, 2003).

Os processos de dragagem, por removerem grandes quantidades de sedimentos, podem disponibilizar contaminantes para a coluna **d'água adjacente**, e estão sujeitos a licenciamento e a avaliação das características granulométricas e químicas dos sedimentos, que deve ser executada de acordo com a Resolução CONAMA Nº 454/2012 que estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional.

Considerando o projeto de implantação do Terminal Portuário de Turismo BC Port, e também, a necessidade de se realizar obra de dragagem na região dos berços de atracação do empreendimento, se realizou a presente caracterização, que tem por objetivo avaliar granulométrica e quimicamente os sedimentos a serem dragados, tendo como referência os limites legalmente estabelecidos pela norma ambiental.

9.1.5.2. Metodologia

9.1.5.2.1. Área amostral

Na Figura 189 pode ser visualizada a malha amostral e também a localização geográfica de onde foram coletados sedimentos superficiais e subsuperficiais, na porção sul da enseada de Camboriú, região onde se pretende instalar o BC Port. Para o posicionamento da embarcação sobre as estações amostrais foi utilizado um GPS (Global Positioning System) da marca Garmin, e modelo Vista HCX com as coordenadas geográficas previamente gravadas.

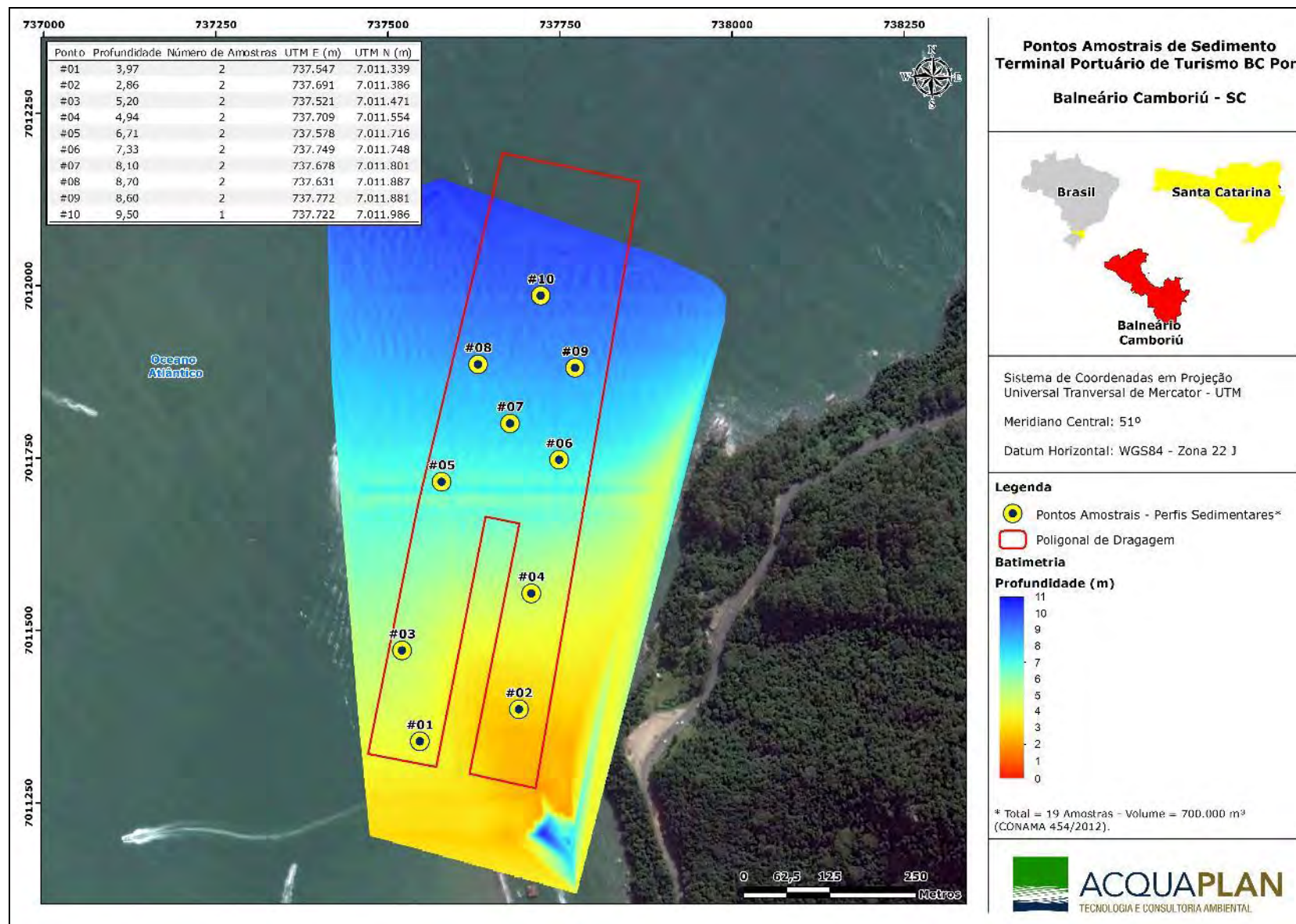


Figura 189. Malha amostral dos sedimentos superficiais e subsuperficiais coletados em agosto de 2016, na área de influência do Terminal Portuário de Turismo BC Port.

9.1.5.2.2. Coleta das Amostras

A coleta de 10 amostras de sedimentos superficiais e 9 sedimentos de subsuperfície foi executada no dia 03 de agosto de 2016.

Ao posicionar a embarcação sobre a estação amostral a âncora foi lançada ao mar, a fim de posicionar o ponto a ser amostrado, que foi sinalizado na superfície por um flutuador. Após a sinalização de cada ponto amostral deu-se início ao procedimento de fundeio da embarcação.

Em cada estação foram obtidas amostras de sedimento superficial, sendo utilizado para a coleta uma draga busca-fundo do tipo *van Veen* (Figura 190) com área amostral 0,022 m².



Figura 190. Draga busca-fundo do tipo *van Veen*.

Já para a coleta das amostras subsuperficiais, foi utilizado o método de trado de sondagem destinados a colher amostras de forma representativa do pacote sedimentar objeto de dragagem. O amostrador tipo Trado Caneco, constituído em aço inoxidável, e que possui volume de 0,01 m³. Esse equipamento foi projetado com uma haste acoplada possibilitando sua cravação no leito a fim de amostrar o material presente nos estratos da camada sedimentar. Na parte superior do trado há uma tampa do mesmo material, que permite a passagem dos sedimentos ao longo da cravação, mas que o mantém fechado durante a retirada, evitando assim o escoamento da amostra. Em todas as estações amostrais este equipamento foi cravado pelo mergulhador até a profundidade de 1,5m.



Figura 191. Amostrador tipo Trado Caneco.

O trado foi operado por um mergulhador profissional, que o introduziu no pacote sedimentar através de movimentos rotacionais até atingir a profundidade desejada (Figura 192A). Ao atingir a profundidade desejada o equipamento foi extraído do pacote sedimentar sendo recolhido até a embarcação (Figura 192B), onde a amostra foi devidamente acondicionada (Figura 192C).

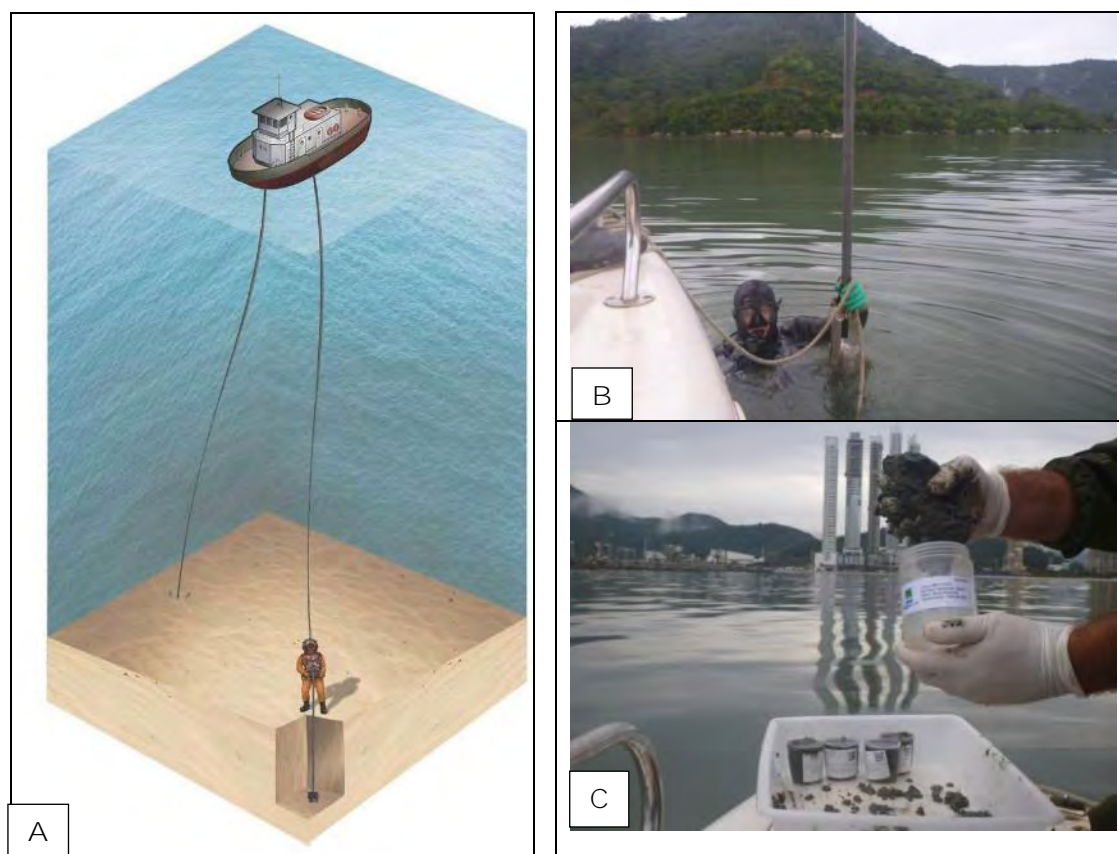


Figura 192. Ilustração da operação técnica da coleta com mergulhador profissional na amostragem dos sedimentos em subsuperfície. Mergulhador em superfície após a coleta e armazenamento das amostras.

9.1.5.2.3. Análises Laboratoriais

9.1.5.2.3.1. Parâmetros Químicos

A determinação de elementos metálicos, hidrocarbonetos, compostos organoclorados e bifenilas policloradas foi realizada de acordo com os procedimentos analíticos da U.S. Environmental Protection Agency (ou equivalentes), atendendo ao disposto na Resolução CONAMA N° 454/12, sendo as análises de responsabilidade da empresa Freitag Laboratórios - Divisão Ambiental e de Alimentos, localizado na Avenida Nereu, Ramos, 95, 1º andar na cidade de Timbó/SC, que possui as seguintes creditações:

- ✓ CGCRE-INMETRO CRL 0687 -ABNT NBR ISP/IEC 17025: 2005-ensaios.
- ✓ Fundação do Meio Ambiente – FATMA.
- ✓ Agência Reguladora de Serviços de Saneamento Básico do Estado de Santa Catarina – AGESAN.
- ✓ Companhia Integrada de Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina – CIDASC.
- ✓ REBLAS – Rede Brasileira de Laboratórios Analíticos em Saúde, associado à ANVISA.
- ✓ Instituto Ambiental do Paraná – IAP.

9.1.5.2.3.2. Parâmetros Granulométricos

9.1.5.2.3.2.1. Tamanho dos Grãos

Os sedimentos destinados à análise granulométrica são lavados sucessivas vezes para a retirada total de sais, sendo posteriormente levados à estufa a temperatura de 40°C. Depois da secagem completa, as amostras são homogeneizadas através de maceração e, posteriormente, quarteadas para a obtenção de uma alíquota representativa de onde são pesadas aproximadamente 40 g de amostra que, por via úmida, são passadas por uma peneira de 0,062mm. Com este procedimento, os sedimentos grosseiros permanecerão sobre a peneira, enquanto os finos passarão pela mesma, sendo coletados em uma proveta de 1000mL.

Após a secagem da porção resultante de sedimentos grosseiros (>0,062mm) estes são pesados e a análise granulométrica desta fração é realizada através da técnica de peneiramento sugerida em Suguio (1973). Depois de agitação das amostras por tempo

determinado, as frações entre 2 e 0,062mm que correspondem a -1 a 4 phi retidas em cada peneira, são individualmente pesadas.

A determinação dos sedimentos finos (<0,062mm), é feita pelo método de pipetagem baseado na velocidade de decantação das partículas, expressa na lei de Stokes. Através deste procedimento são quantificados os sedimentos pertencentes às classes granulométricas silte e argila.

Após a quantificação das frações granulométricas em laboratório, os dados são analisados estatisticamente a fim de obter a caracterização sedimentológica das amostras, a qual está baseada na metodologia de Folk e Ward (1957). Os dados estatísticos de granulometria (tamanho médio do grão, seleção, assimetria, curtose) foram obtidos através do software SysGran® 3.0.

9.1.5.2.3.2.2. Matéria Orgânica e Carbonato

As determinações de matéria orgânica e carbonato de cálcio são realizadas de acordo com a metodologia proposta por Dean (1974), sendo expressa em porcentagem. Neste método coloca-se uma quantidade conhecida de amostra livre de umidade, em um cadinho pré-pesado que é levado ao forno mufla por uma hora a temperatura de 550°C. Após o completo resfriamento da amostra o cadinho é novamente pesado e, por diferença entre o peso inicial e o final, tem-se quantificada a quantidade de matéria orgânica. Este mesmo cadinho é levado novamente ao forno mufla a temperatura de 1000°C, durante o período de 1 hora. Após o resfriamento completo, é feita a pesagem do cadinho contendo amostra. A diferença de peso entre a pesagem final e a obtida após a queima da matéria orgânica corresponde a quantidade de carbonato de cálcio da amostra.

9.1.5.3. Resultados

9.1.5.3.1. Parâmetros Granulométricos

9.1.5.3.1.1. Granulometria

Os sedimentos superficiais e subsuperficiais de 19 (dezenove) amostras coletadas na área de influência do Terminal Portuário de Turismo BC Port, em agosto de 2016,

apresentaram maior frequência das frações areia fina e muito fina (Figura 193), com teores de finos geralmente inferiores a 20%.

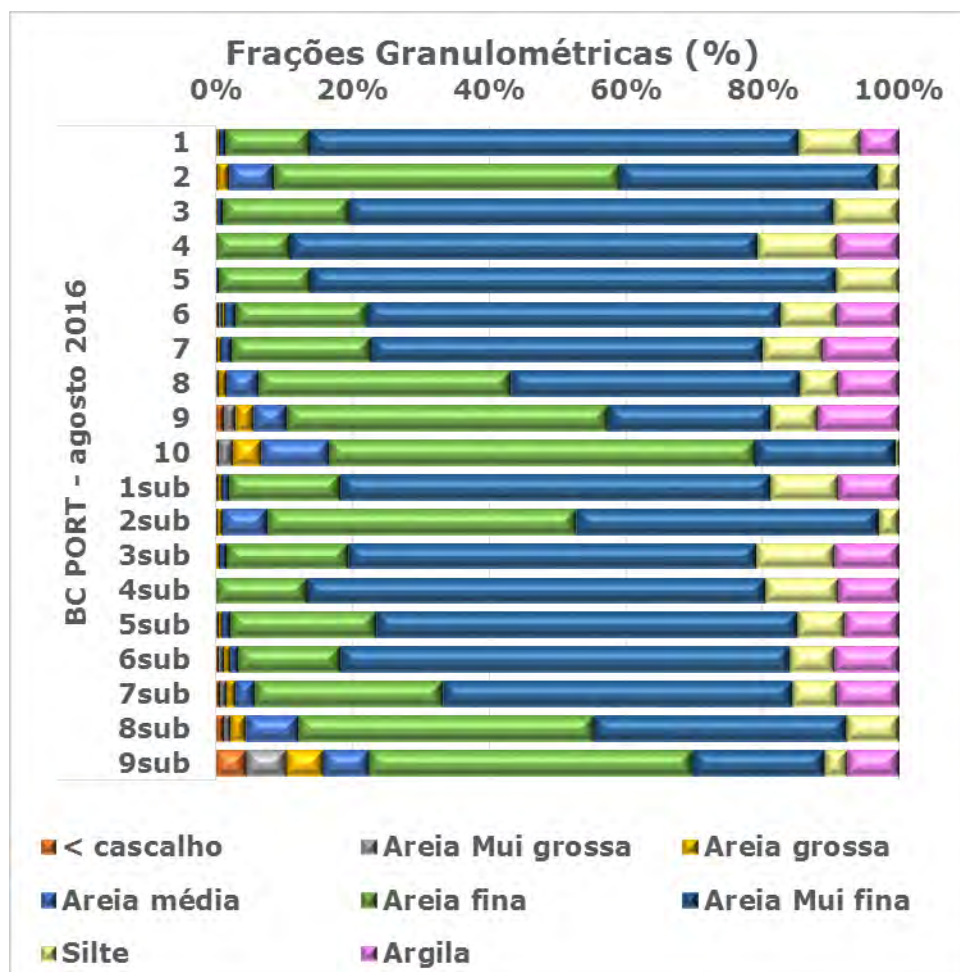


Figura 193. Frações granulométricas de 19 amostras de sedimentos superficiais e subsuperficiais coletados na área de influência do BC PORT em agosto de 2016.

Na Figura 194 são apresentados os resultados das médias do tamanho de grão de cada uma das amostras dos sedimentos superficiais e subsuperficiais, onde pode ser observada uma pequena variação espacial e vertical quanto ao tamanho dos grãos.

A média do diâmetro dos sedimentos superficiais variou entre 2,569 mm na estação #10 e 3,675 mm na estação #4. Para os sedimentos subsuperficiais, os valores observados estiveram entre 2,444 mm na estação # 9 e 3,575 mm na estação #3. Estes valores de média correspondem as frações areia fina e muito fina.

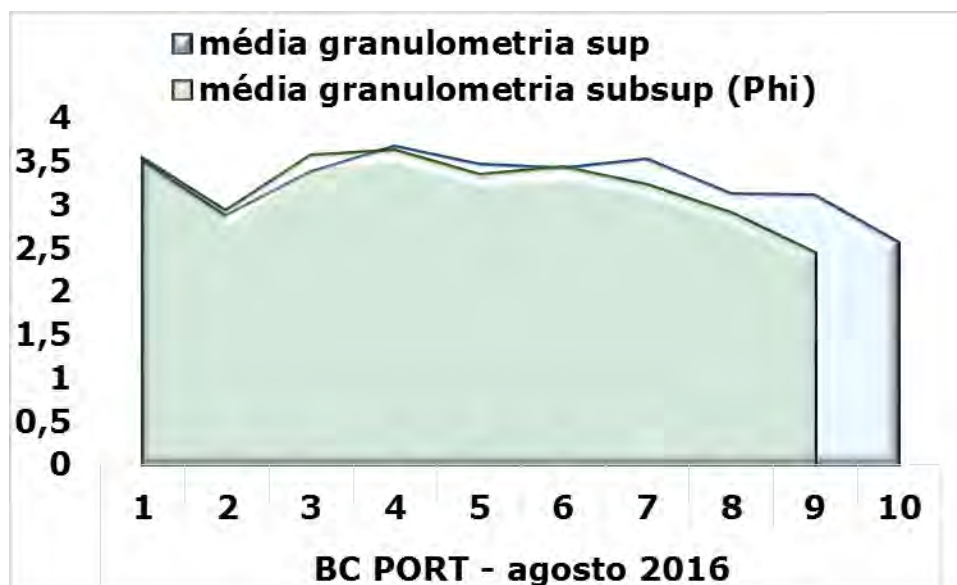


Figura 194. Média (Phi) granulométrica de 19 amostras de sedimentos superficiais e subsuperficiais, coletados na área de influência do BC PORT em agosto de 2016.

9.1.5.3.1.2. Matéria Orgânica (MO)

A matéria orgânica do solo (MOS) é definida por Oades (1989) exclusivamente como resíduos de plantas e animais decompostos. Segundo Meyers (1997), a matéria orgânica encontra-se instável em ambientes oxidantes, apresentando uma decomposição contínua de suas partículas orgânicas ao longo da coluna d'água até ser depositada no sedimento, sendo observada uma decomposição mais intensa na superfície bioturbadora deste compartimento.

O conteúdo de matéria orgânica das amostras foi discretamente maior nos sedimentos superficiais (Figura 195) do que nos do fundo, tanto vertical quanto horizontalmente.

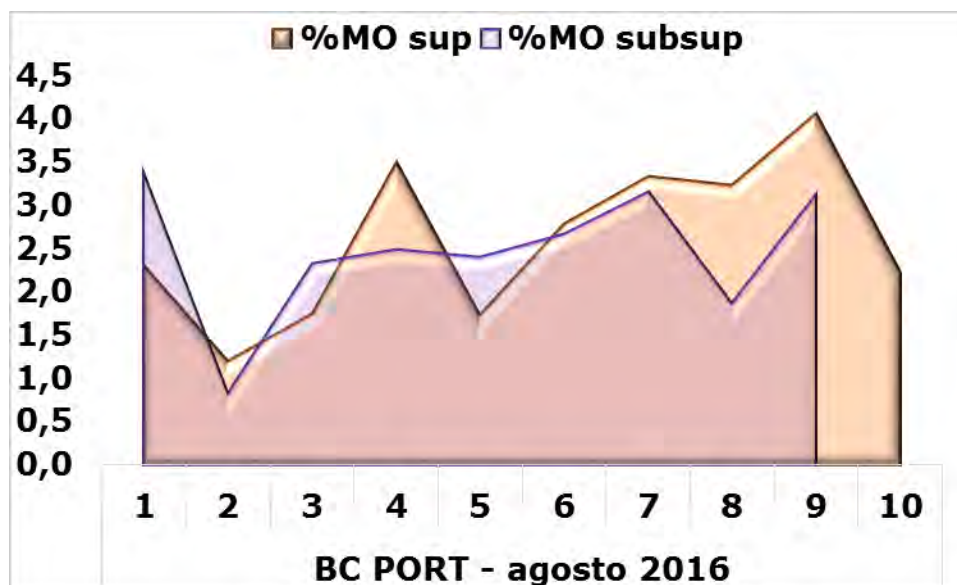


Figura 195. Percentual de matéria orgânica (MO) de 19 amostras de sedimentos superficiais e subsuperficiais, coletados na área de influência do BC PORT em agosto de 2016.

9.1.5.3.1.3. Carbonatos (CaCO_3)

No ambiente marinho o carbono está principalmente sob a forma de bicarbonato e é utilizado para produzir tecidos orgânicos e as estruturas esqueléticas de carbonato. Após a incorporação desses detritos nos sedimentos marinhos, o reciclo de carbono pode prosseguir nos sedimentos superficiais. Carbonato e compostos solúveis de carbono produzidos por decomposição podem ser lixiviados dos sedimentos para a água dos poros e, posteriormente, transportados para o corpo d'água (KENNISH, 1994 *apud* CARVALHO *et al.*, 2005).

Nos sedimentos superficiais e subsuperficiais das 19 amostras coletadas ao sul da enseada de Camboriú, o conteúdo de carbonatos foi maior nas amostras de subsuperfície e diretamente proporcional com a distância da linha de costa nos dois estratos considerados (Figura 196).

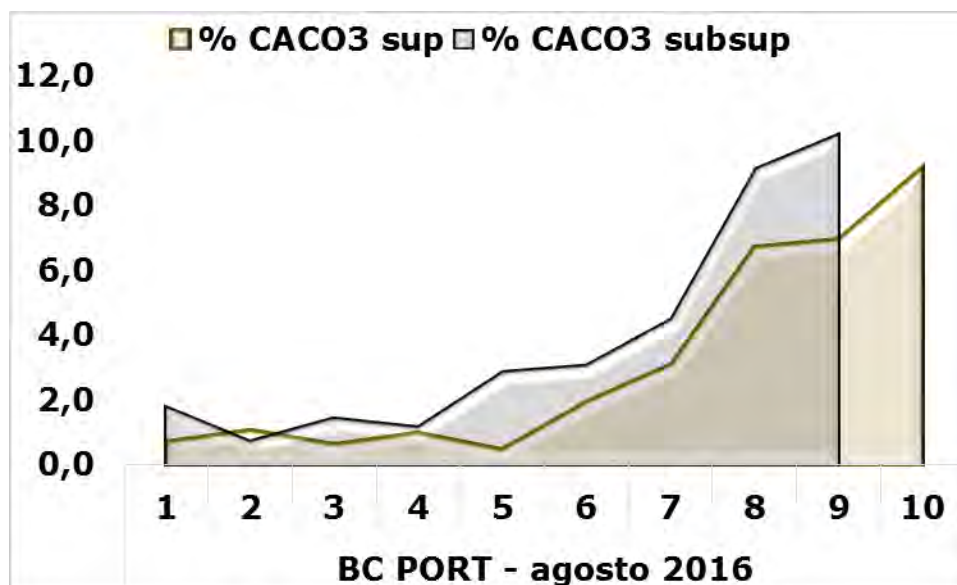


Figura 196. Percentual de carbonatos (CaCO_3) de 19 amostras de sedimentos superficiais e subsuperficiais, coletados na área de influência do BC PORT em agosto de 2016.

9.1.5.3.2. Parâmetros Estatísticos

Os parâmetros estatísticos são calculados a partir dos resultados de granulometria e podem fornecer informações sobre a dinâmica do ambiente.

O diâmetro médio pode estar diretamente associado ao nível de energia atuante nos diferentes ambientes sedimentares (COIMBRA *et al.*, 1991). Dessa forma, os locais com maior energia terão clásticos grossos, enquanto que os ambientes com menor energia terão predominantemente partículas finas. Ainda conforme esses autores, a granulação média também está fortemente vinculada às características da área fonte.

De acordo com Suguio (1973), o grau de selecionamento dos grãos nas amostras, que é representado pelo desvio padrão, é proporcional à capacidade de transporte. Este é um aspecto importante nas análises granulométricas, já que pode ser indicativo das flutuações do nível energético do agente responsável pela deposição e da capacidade de classificar os sedimentos (SAHU, 1964). Tal característica sugere também um ambiente favorável a mistura de fontes de sedimentos (OLIVEIRA, 2004).

Segundo Ximenes Neto *et al.* (2013), a assimetria é utilizada na identificação de ambientes em que predomina a remoção seletiva (assimetria negativa) e deposição (assimetria positiva). O predomínio de amostras com assimetria muito positiva leva à conclusão que esse ambiente tem características que favorecem os processos deposicionais.

De uma maneira geral, as interpretações sobre os valores de curtose dizem respeito às condições de movimentação do ambiente sedimentar. Assim, as curvas leptocúrticas a muito leptocúrticas indicam zonas de maior energia e tendem a ter distribuição unimodal, enquanto que curvas platicúrticas a muito platicúrticas representam zonas de menor movimentação, que apresentam distribuição granulométrica bimodal ou polimodal (CUNHA, 1982; BARROS *et al.*, 2008). As distribuições mesocúrticas ocorrem em ambientes com dinâmica intermediária.

Os resultados dos parâmetros estatísticos estão apresentados na Tabela 19 onde se observa que, através da informação dada pelo diâmetro médio, a maioria das amostras coletadas nos dois estratos sedimentares foram classificadas como areia muito fina. Já os sedimentos coletados na estação #2, nos dois estratos, e as amostras das estações #8 e #9 em subsuperfície, foram classificadas como areia fina. Todas as 19 amostras avaliadas em agosto de 2016 na área de influência do Terminal Portuário de Turismo BC Port foram pobremente ou moderadamente selecionadas. A assimetria foi positiva ou aproximadamente simétrica para a maioria das amostras, enquanto que pelos valores de curtose chegou-se a classificação foi muito leptocúrtica.

Tabela 19. Resultados estatísticos de 19 amostras de sedimentos superficiais e subsuperficiais coletados em agosto de 2016 na área de influência do BC PORT.

Parâmetros estatísticos agosto 2016 - BC PORT										
	# 1 sub	Classificação	# 2 sub	Classificação	# 3 sub	Classificação	# 4 sub	Classificação	# 5sub	Classificação
Média	3,505	Areia Mui fina	2,874	Areia fina	3,378	Areia Mui fina	3,675	Areia Mui fina	3,467	Areia Mui fina
Mediana	3,505	-	2,818	-	3,428	-	3,568	-	3,467	-
Seleção	0,7094	Mod selec	0,7591	Mod selec	0,58	Mod selec	0,983	Mod selec	0,543	Mod selec
Assimetria	0,1045	Positiva	0,00687	Aprox simétrica	-0,1791	Negativa	0,3582	Mui positiva	-0,0371	Aprox simétrica
Curtose	1,822	Mui leptocúrtica	0,9386	Mesocúrtica	1,16	Leptocúrtica	2,417	Mui leptocúrtica	1,336	Leptocúrtica
	# 1 subsup	Classificação	# 2 subs	Classificação	# 3 subs	Classificação	# 4 subsup	Classificação	# 5 subs	Classificação
Média	3,543	Areia Mui fina	2,94	Areia fina	3,575	Areia Mui fina	3,632	Areia Mui fina	3,349	Areia Mui fina
Mediana	3,503	-	2,934	-	3,51	-	3,543	-	3,427	-
Seleção	1,043	Pobr selec	0,7421	Mod selec	1,114	Pobr selec	0,9759	Mod selec	0,9847	Mod selec
Assimetria	0,251	Positiva	-0,066	Aprox simétrica	0,2764	Positiva	0,3296	Mui positiva	0,1096	Positiva
Curtose	2,346	Mui leptocúrtica	0,8723	Platicúrtica	2,291	Mui leptocúrtica	2,376	Mui leptocúrtica	2,166	Mui leptocúrtica
	# 6 sub	Classificação	# 7 sub	Classificação	# 8 sub	Classificação	# 9 sub	Classificação	# 10sub	Classificação
Média	3,422	Areia Mui fina	3,523	Areia Mui fina	3,125	Areia Mui fina	3,111	Areia Mui fina	2,569	Areia fina
Mediana	3,457	-	3,473	-	3,156	-	2,838	-	2,534	-
Seleção	1,073	Pobr selec	1,211	Pobr selec	1,187	Pobr selec	1,558	Pobr selec	0,8175	Mod selec
Assimetria	0,1731	Positiva	0,2758	Positiva	0,1838	Positiva	0,3617	Mui positiva	-0,0735	Aprox simétrica
Curtose	2,309	Mui leptocúrtica	2,383	Mui leptocúrtica	1,656	Mui leptocúrtica	1,882	Mui leptocúrtica	1,651	Mui leptocúrtica
	# 6 subsup	Classificação	# 7 subs	Classificação	# 8 subs	Classificação	# 9 subsup	Classificação	Abreviações:	
Média	3,439	Areia Mui fina	3,227	Areia Mui fina	2,91	Areia fina	2,444	Areia fina		
Mediana	3,481	-	3,325	-	2,872	-	2,578	-		
Seleção	1,008	Pobr selec	1,176	Pobr selec	0,9201	Mod selec	1,774	Pobr selec		
Assimetria	0,1545	Positiva	0,08153	Aprox simétrica	-0,0201	Aprox simétrica	-0,05624	Aprox simétrica		
Curtose	2,551	Mui leptocúrtica	1,865	Mui leptocúrtica	1,094	Mesocúrtica	2,455	Mui leptocúrtica		
									Mod = Mod	
									Mui = Mui	
									Aprox=Aprox	
									Pobr=Pobr	
									Selec =selecionado	

9.1.5.3.3. Parâmetros Químicos

A maioria dos parâmetros químicos avaliados em 19 amostras de sedimentos superficiais e subsuperficiais coletados na área onde se presente instalar o Terminal Portuário de Turismo BC Port apresentaram concentrações inferiores aos limites de detecção dos métodos analíticos empregados pelo laboratório responsável.

Ainda assim, são apresentados por meio de gráficos de área os parâmetros que apresentaram alguma concentração. Em cada gráfico constam os limites para o nível 1 e nível 2 estabelecidos pela Resolução CONAMA Nº 454/2012.

Observa-se que o arsênio e os metais-traço cádmio, chumbo (Figura 197), cobre, cromo, níquel e zinco (Figura 198) estiveram presentes em concentrações consideravelmente inferiores aos limites estabelecidos para o nível 1. Para o arsênio foi observado um aumento de concentração quanto maior a distância da linha de costa nos dois estratos amostrados. Com exceção dos sedimentos superficiais da estação #2 e subsuperficiais da estação #5, as concentrações de cádmio apresentaram pequena variação espacial e vertical.

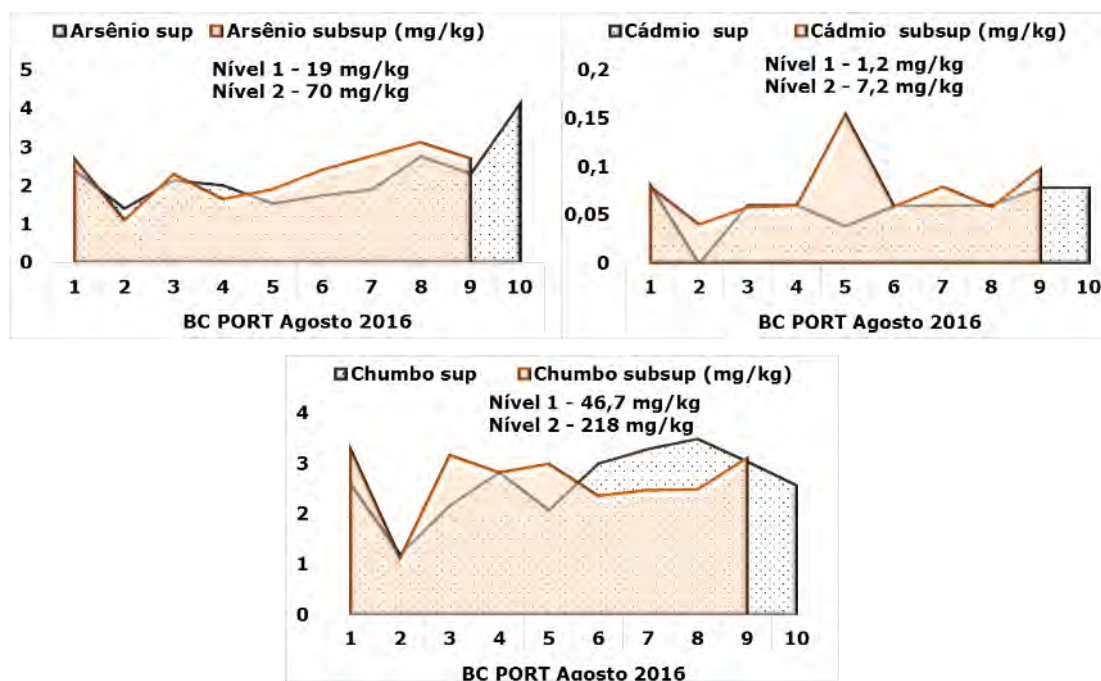


Figura 197. Concentrações de arsênio, cádmio e chumbo de 19 amostras de sedimentos superficiais e subsuperficiais coletados em agosto de 2016 na área de influência do BC Port.

As concentrações de cobre, cromo, níquel e zinco (Figura 198) apresentaram padrão de distribuição bastante semelhante, o que sugere que estes elementos possuam fonte comum.

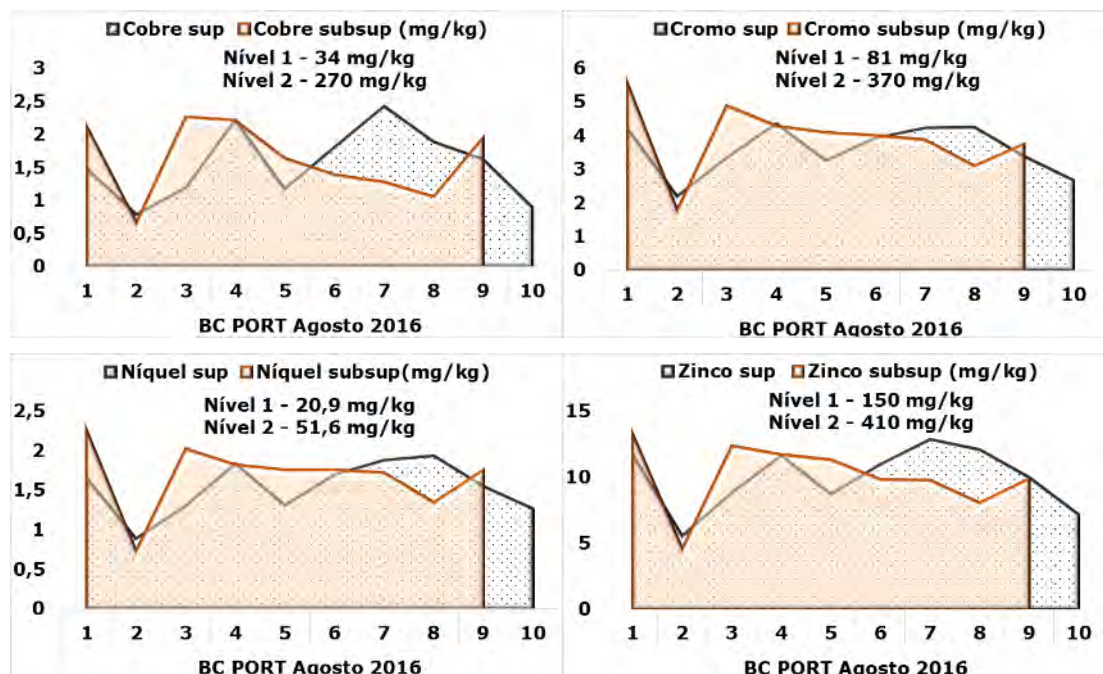


Figura 198. Concentrações de cobre, cromo, níquel e zinco de 19 amostras de sedimentos superficiais e subsuperficiais coletados em agosto de 2016 na área de influência do BC Port.

As concentrações de carbono orgânico, nitrogênio Kjeldahl e fósforo (Figura 199) foram consideravelmente inferiores aos valores de alerta.

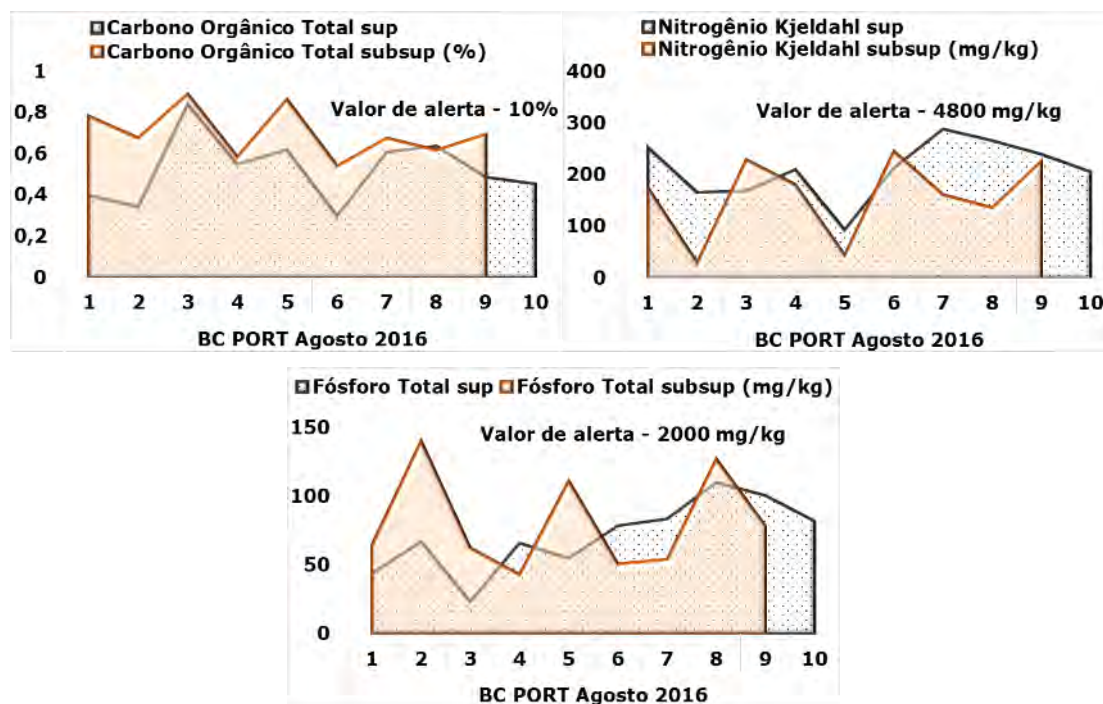


Figura 199. Concentrações de carbono orgânico, nitrogênio Kjeldahl e fósforo de 19 amostras de sedimentos superficiais e subsuperficiais coletados em agosto de 2016 na área de influência do BC Port.

9.1.5.4. Considerações Finais

Os sedimentos coletados em 19 amostras na área pretendida para a instalação do Terminal Portuário de Turismo BC Port são arenosos sendo classificados como areia fina e muito fina.

As análises químicas destes sedimentos estiveram em conformidade com os limites dispostos para todos os parâmetros elencados na Resolução CONAMA 454/2012, no que se refere à qualidade ambiental. Sendo assim, neste caso de dragagem, não há impedimento para a disposição deste material em água ou em solo.

9.1.6. Diagnóstico da Qualidade dos Sedimentos da Área de Bota-Fora e Área Costeira Adjacente

Para o descarte dos sedimentos a serem dragados para implantação das áreas de atracação e canal aquaviário do Terminal BC Port, prevê-se a utilização de uma área de despejo (bota-fora) localizada na região costeira, distante cerca de 5,5 quilômetros da área do terminal no sentido norte. Este local de despejo tem uma área de aproximadamente 3.035 km², estando o seu ponto central localizado na latitude

26°56'35.66" S e longitude 48°35'29.30" W (Figura 79), sendo este o mesmo bota-fora oficial utilizado pelo Porto Organizado de Itajaí.

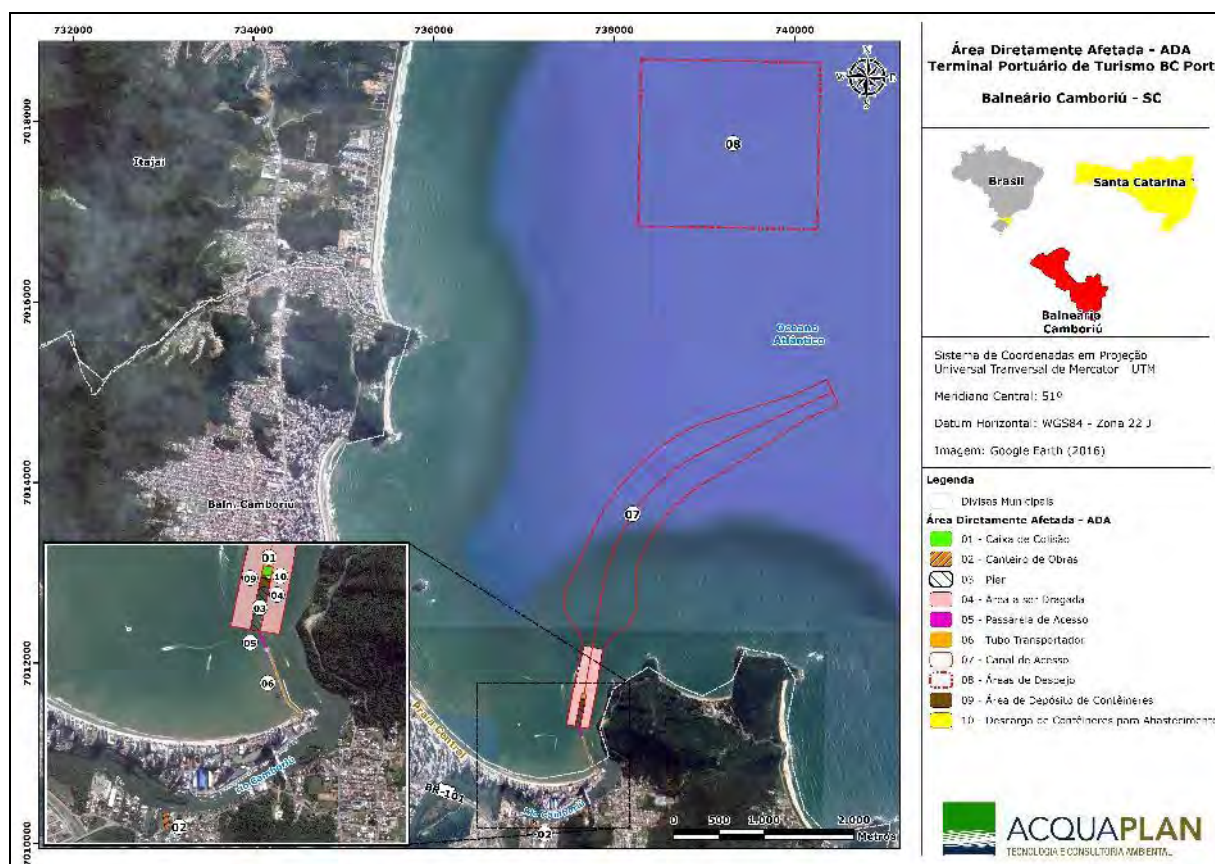


Figura 200. Área de descarte dos sedimentos a serem dragados nas obras de implantação do Terminal BC Port.

Em setembro de 2016 foi realizado um levantamento batimétrico nas áreas de ambos os bota-fora licenciados para o Porto de Itajaí, a fim de verificar as profundidades destes locais, e analisar a capacidade de receberem o despejo de sedimentos dragados (Figura 201). Os resultados da batimetria realizada mostram que tanto a Área de Descarte Norte – Navegantes BF5 (Figura 202) como a Área de Descarte Sul – Brava BF4 (Figura 203) possuem capacidade para receber o sedimento a ser dragado para implantação das áreas de atracação e canal aquaviário do Terminal BC Port, conforme Figura 202 e Figura 203. Entretanto, o bota-fora a ser adotado no presente projeto será o bota-fora sul, denominado como Área de Descarte Sul – Brava BF4, devido a maior capacidade em receber sedimentos e se situar mais próximo a poligonal de dragagem para a implantação do Terminal BC Port.

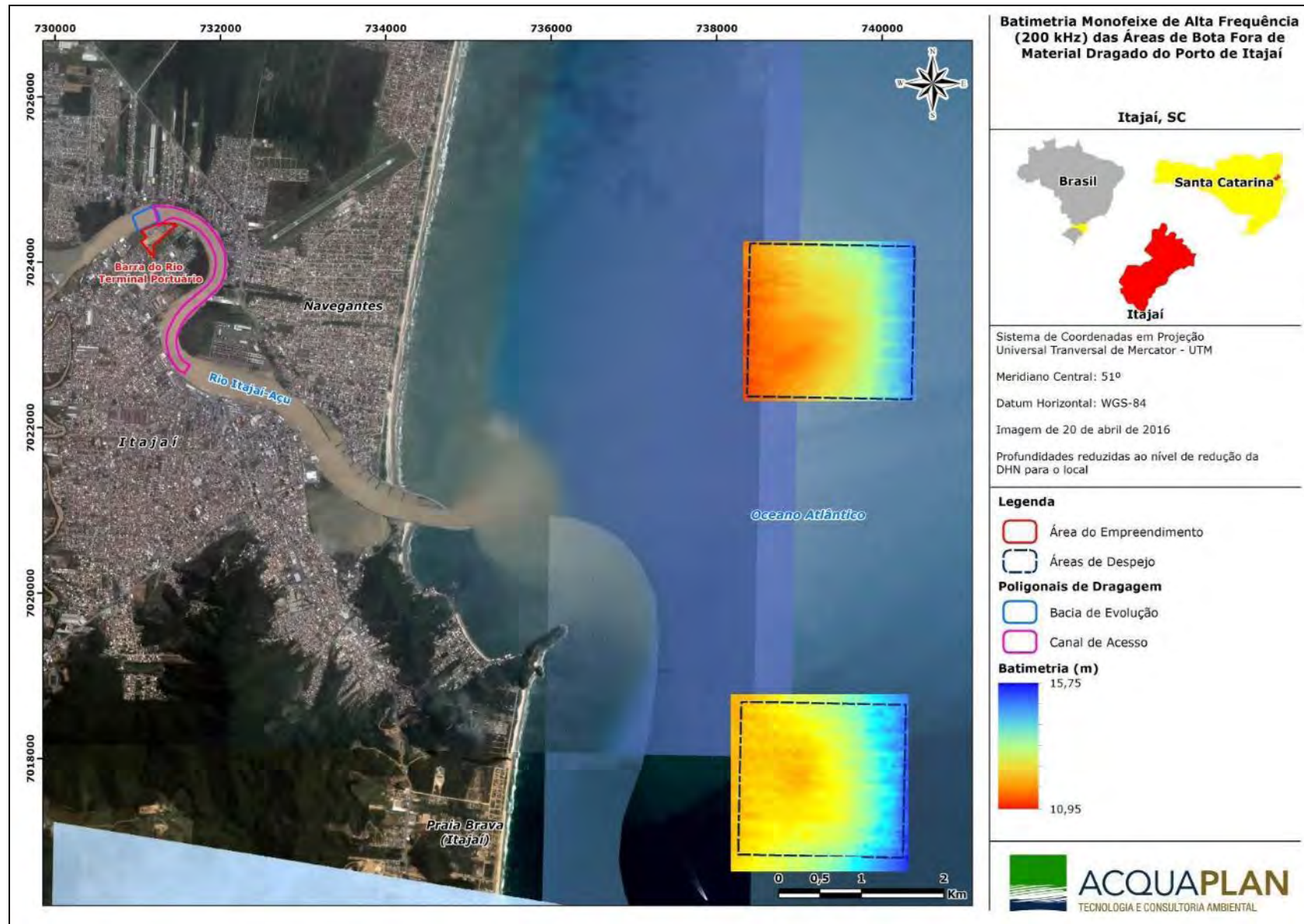


Figura 201. Batimetria das áreas de bota-fora do Porto Organizado de Itajaí.

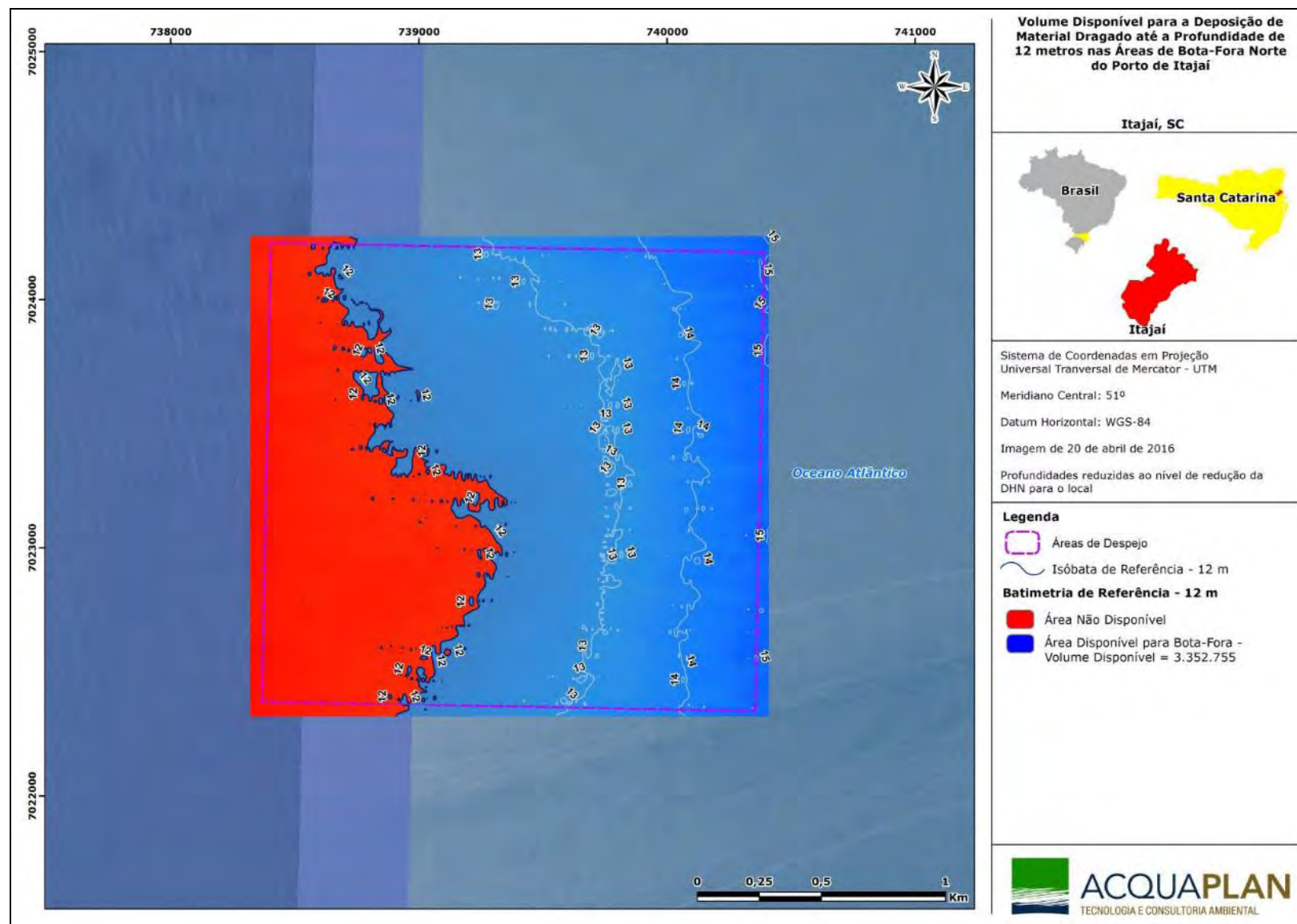


Figura 202. Área disponível/não disponível para o despejo dos sedimentos a serem para o para implantação das áreas de atracação e canal aquaviário do Terminal BC Port, situado em frente à praia de Navegantes (SC).

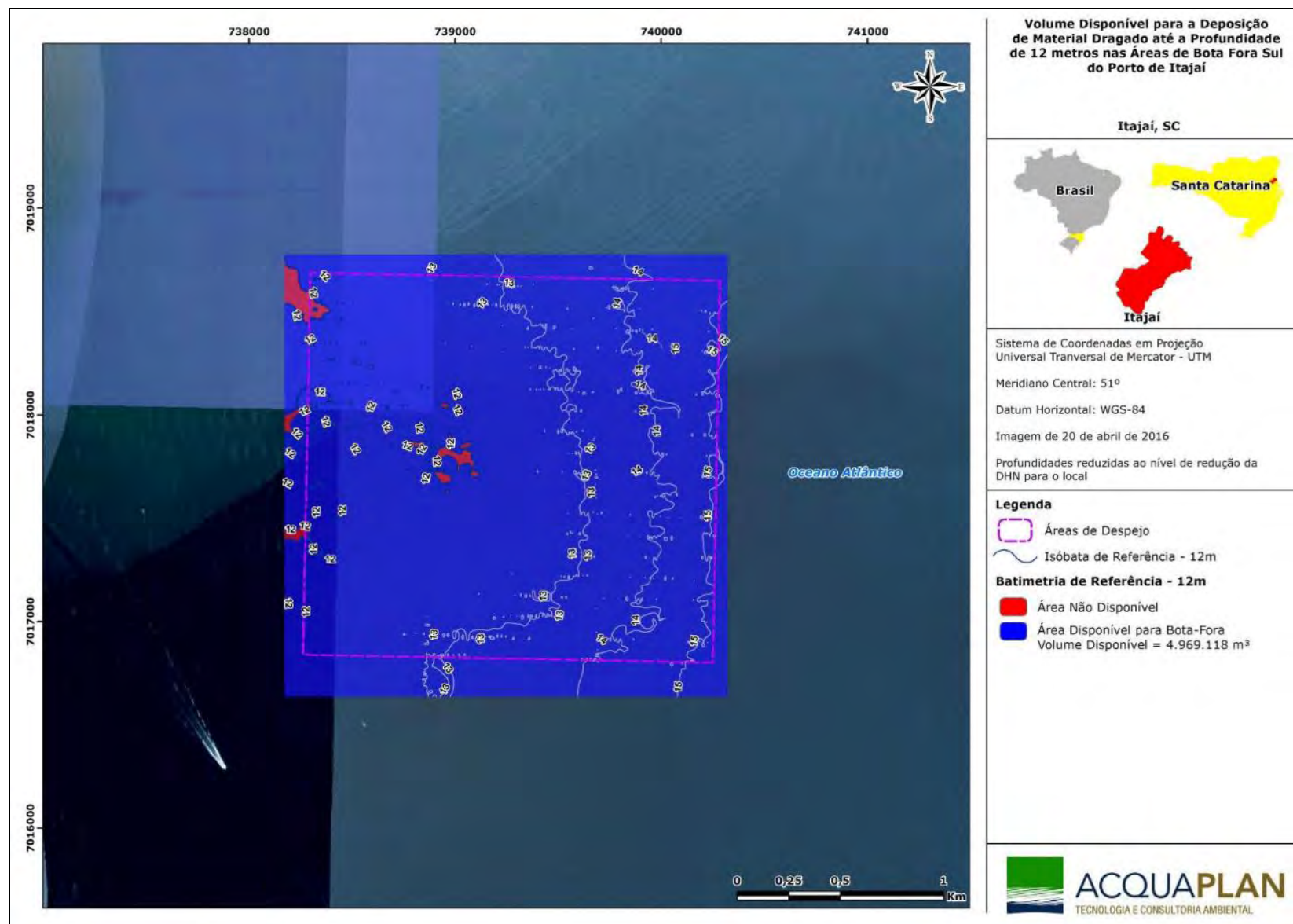


Figura 203. Área disponível/não disponível para o despejo dos sedimentos a serem dragados para o para implantação das áreas de atracação e canal aquaviário do Terminal BC Port, situado em frente à Praia Brava, Itajaí (SC).

O presente capítulo objetiva apresentar uma caracterização ambiental dos sedimentos das áreas de bota-fora licenciados para o Porto de Itajaí, com maior ênfase no bota-fora previsto para ser utilizado para a disposição do sedimento dragado nas obras de Instalação Portuária de Turismo do BC Port, sendo este o Quadrante 5 (Q5) denominado como Área de Descarte Sul – Brava BF4, localizado na região da Praia Brava (Figura 298).

Estes estudos foram desenvolvidos entre janeiro a abril de 2015 com coletas de dados nas áreas dos dois bota-fora sob a responsabilidade do Porto Organizado de Itajaí, assim como também, da área do seu entorno, na região da plataforma continental interna da desembocadura do rio Itajaí-Açu. O estudo ambiental contemplou ao total 07 (sete) quadrantes, sendo eles: Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6 e Q7, conforme mostra a localização apresentada na Figura 298.

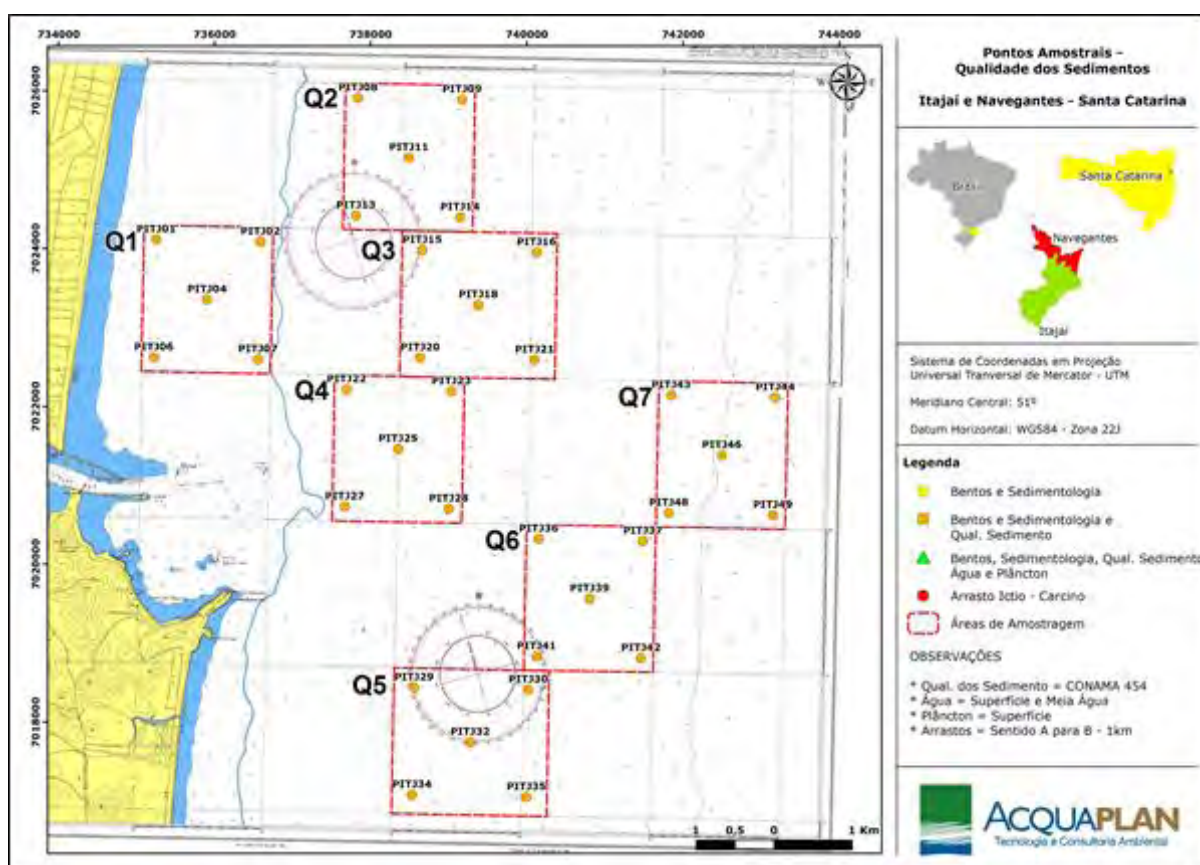


Figura 204. Localização das áreas amostrais onde foram realizados estudos para a caracterização das áreas de bota-fora, na plataforma continental interna adjacente à desembocadura do rio Itajaí-Açu, em estudo realizado em 2015.

Também foram inseridos no presente diagnóstico dados obtidos do estudo “Diagnóstico das Alternativas de Áreas de Disposição Oceânica para Material Proveniente das Operações de Dragagens no Complexo Portuário do Rio Itajaí-Açu”, desenvolvido pela

empresa Caruso Jr em abril de 2015, em atendimento ao Ofício GABP N° 1324/2014 da FATMA, de forma a subsidiar a análise dos polígonos de disposição do material dragado para reestruturação do canal de acesso ao Complexo Portuário do rio Itajaí-Açu.

O estudo realizado pela Caruso Jr (2015) avaliou três alternativas de áreas de disposição ou despejo (bota-foras) do material a ser dragado em decorrência das obras previstas para o Complexo Portuário, bem como para o material sedimentar extraído rotineiramente para manutenção do calado do rio Itajaí-Açu, sendo estas (Figura 205):

- Alternativa 1: Área de Disposição da Praia Brava, Itajaí/SC (BF4);
- Alternativa 2: Área de Disposição de Navegantes/SC (BF5);
- Alternativa 3: Área de Disposição de Balneário Camboriú/SC (Alternativa Pescadores).

As alternativas 1 e 2, que correspondem às áreas BF4 e BF5, já estão devidamente autorizadas pela Marinha do Brasil, através da Delegacia da Capitania dos Portos de Santa Catarina, e pela Fundação do Meio Ambiente de Santa Catarina – FATMA; e a Alternativa 3 refere-se a uma área de disposição de material sedimentar proposta pelos pescadores artesanais da região do Saco da Fazenda, de Itajaí.

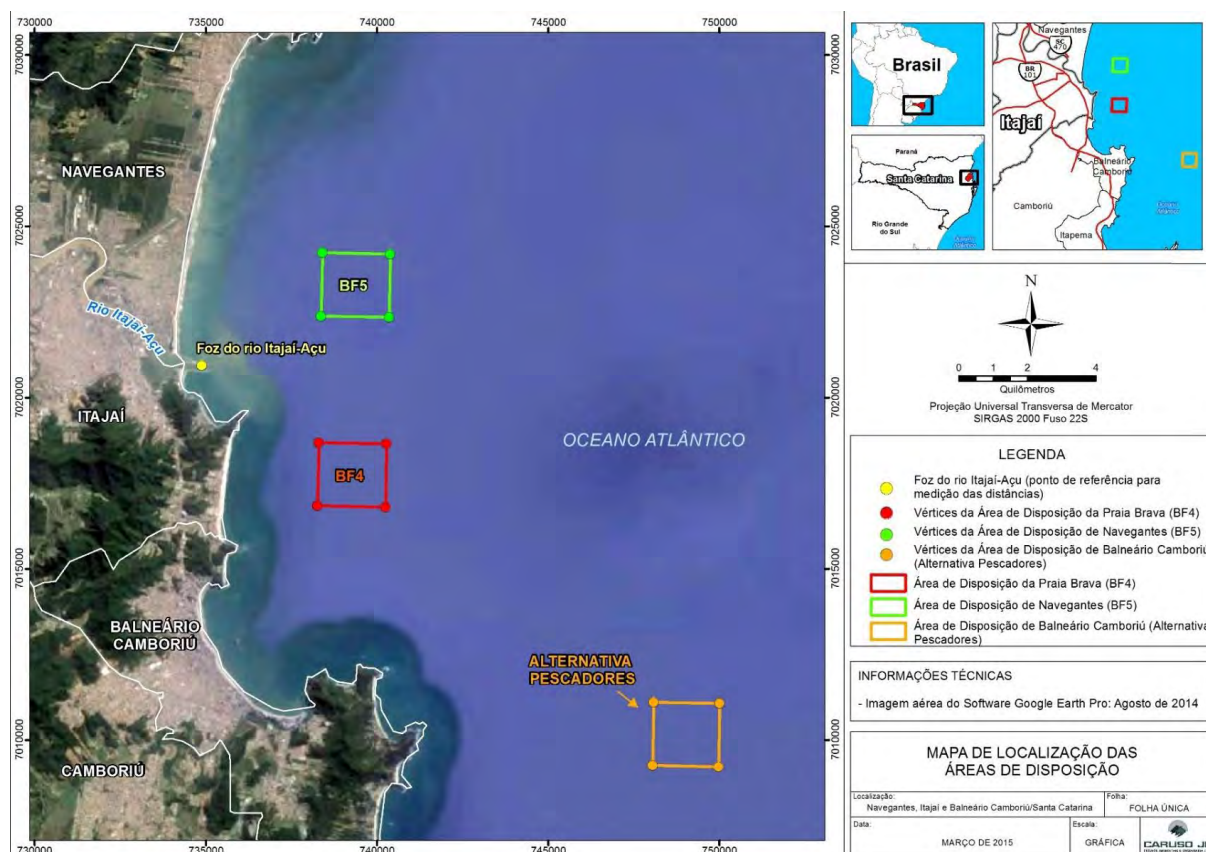


Figura 205. Localização das alternativas locais para disposição do material dragado.

Elaboração: CARUSO JR. (2015).

9.1.6.1. Caracterização Química dos Sedimentos Superficiais na Área Costeira Adjacente à Desembocadura do Rio Itajaí-Açu

9.1.6.1.1. Dados Secundários

9.1.6.1.1.1. Metodologia

Para a avaliação do sedimento e água superficial foram distribuídos pontos de coleta dentro das áreas dos polígonos. Nas áreas de disposição da Praia Brava (BF4; Q5) e de Navegantes (BF5; Q3) foi adotada uma malha amostral com cinco pontos, e na área de disposição de Balneário Camboriú (alternativa pescadores), por ser uma área ainda não estudada, adotou-se uma malha amostral composta por nove pontos de amostragem (Figura 206).

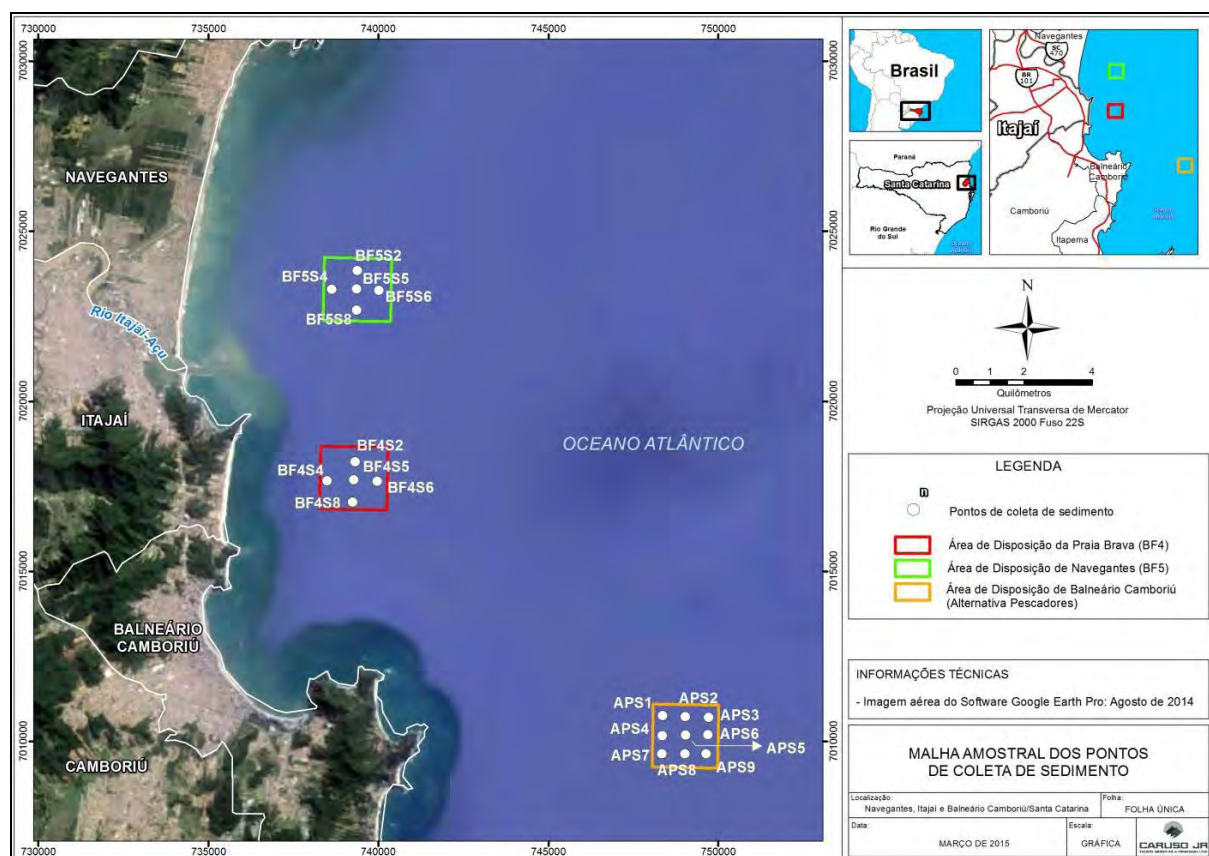


Figura 206. Localização da malha de amostragem de sedimento nas alternativas de área para o despejo do material dragado.

A amostragem para caracterização dos sedimentos de fundo das três alternativas de área de disposição do material a ser dragado foi realizada pela equipe da CARUSO JR nos dias

26 e 27 de março de 2015, sob condições meteorológicas e oceanográficas favoráveis, após período de fortes chuvas na região estudada.

As amostras foram coletadas com o auxílio de uma draga busca fundo, do tipo *van Veen*, confeccionada em aço inox e com volume interno de 7,24 litros. As amostras foram coletadas segundo as diretrizes da publicação *Sediment Sampling Guide* (OHIOEPA, 2001). Após a coleta, as amostras de sedimento destinadas à caracterização físico-química foram acondicionadas em sacos plásticos transparentes e identificadas com lacres numerados segundo as determinações do laboratório. Todas as amostras foram armazenadas em caixas térmicas com gelo, de forma a manter a temperatura entre $4 \pm 2^\circ\text{C}$, desde o momento da coleta até o envio aos laboratórios responsáveis pelas análises.

A caracterização dos sedimentos coletados nas áreas de disposição seguiu as disposições da Resolução CONAMA Nº 454/2012 para a caracterização de material a ser dragado.

9.1.6.1.1.2. Resultados

9.1.6.1.1.2.1. Parâmetros Granulométricos

A composição geral do material coletado nas alternativas locais para disposição do material a ser dragado é apresentada na Tabela 20. A caracterização granulométrica (física) do material coletado nos pontos amostrados, em termos das quantidades dos sedimentos arenosos em classes texturais, é apresentada na Tabela 21.

Tabela 20. Distribuição granulométrica dos sedimentos de fundo das alternativas de área de disposição do material a ser dragado.

Identificação das áreas de disposição	Fração (%)		
	Areia	Silte	Argila
BF5 - Navegantes	45,65	50,88	3,48
BF4 - Brava	35,76	58,38	5,86
Alternativa dos Pescadores – Balneário Camboriú	60,87	34,37	4,77

Elaboração: CARUSO JR., 2015, a partir de laudos laboratoriais da BIOAGRI Ambiental.

Tabela 21. Valores granulométricos das classes de areia das amostras coletadas alternativas locais para área de disposição.

Identificação das Amostras		Frações em porcentagem (%)						
		Areia muito grossa	Areia grossa	Areia média	Areia fina	Areia muito fina	Silte	Argila
BF5 - Navegantes	BF4S2	2,00	6,20	38,40	45,60	6,60	1,20	0,00
	BF4S4	0,00	0,00	2,40	6,00	11,50	69,90	10,20
	BF4S5	0,00	0,00	1,90	8,00	12,70	74,70	2,70
	BF4S6	0,00	0,00	4,80	15,60	20,90	57,70	1,00
BF4 - Brava	BF4S8	12,90	8,10	19,30	34,10	17,00	8,60	0,00
	BF5S2	0,00	0,00	2,00	10,10	15,20	69,60	3,10
	BF5S4	0,00	1,20	7,80	7,90	16,30	59,60	7,20
	BF5S5	0,00	0,00	0,20	5,10	5,20	79,70	9,80
	BF5S6	0,00	0,00	0,60	5,70	10,10	74,40	9,20
	BF5S8	4,70	26,10	21,60	26,30	6,10	13,10	2,10
Alternativa dos Pescadores	APS1	1,60	15,00	9,80	27,30	9,00	31,60	5,70
	APS2	0,40	10,70	33,90	42,20	6,50	6,20	0,10
	APS3	0,00	0,60	11,80	33,50	15,90	33,70	4,50
	APS4	0,00	0,00	0,30	33,60	10,60	47,50	8,00
	APS5	0,00	0,50	11,70	46,40	12,10	24,70	4,60
	APS6	0,00	0,00	6,70	38,70	10,10	39,00	5,50
	APS7	0,00	0,50	11,00	30,80	12,10	44,30	1,30
	APS8	0,00	0,00	0,10	10,60	9,00	69,20	11,10

Elaboração: CARUSO JR., 2015, a partir de laudos laboratoriais da BIOAGRI Ambiental.

Os resultados da caracterização granulométrica indicaram que, de modo geral, as duas áreas de disposição já utilizadas em operações de dragagem na região (BF5 e BF4) apresentam classes texturais enquadradas majoritariamente como silte, enquanto o polígono determinado como Alternativa Pescadores apresenta caracterização textural de areia ou arenito.

9.1.6.1.1.2.2. Parâmetros Químicos

Os resultados obtidos nas análises químicas e apresentados pela BIOAGRI registraram presença de arsênio, cádmio, cobre, cromo, mercúrio, níquel e zinco nos sedimentos de fundo das três alternativas de área de disposição do material a ser dragado, entretanto, os valores obtidos em todas as amostras são inferiores ao nível 1 (limiar abaixo do qual há menor probabilidade de efeitos adversos à biota) estabelecido no Art. 10 da Resolução CONAMA Nº 454/2012 para água salina/salobra.

9.1.6.1.2. Dados Primários

9.1.6.1.2.1. Metodologia

9.1.6.1.2.1.1. Área amostral

Na plataforma continental adjacente à desembocadura do rio Itajaí-Açu foi selecionada uma área composta por sete *quadrats* dentro dos quais foram coletadas cinco (5) amostras de sedimentos superficiais, totalizando 35 amostras (Figura 207). Informa-se que as áreas Q3 (na área de Despejo Norte - Navegantes - BF5) e Q5 (na área de Despejo Sul - Brava - BF4), conforme apresentado na Figura 207, são atualmente utilizadas para descarte de sedimentos dragados no rio Itajaí-Açu, com intuito de manter o calado operacional do sistema aquaviário.

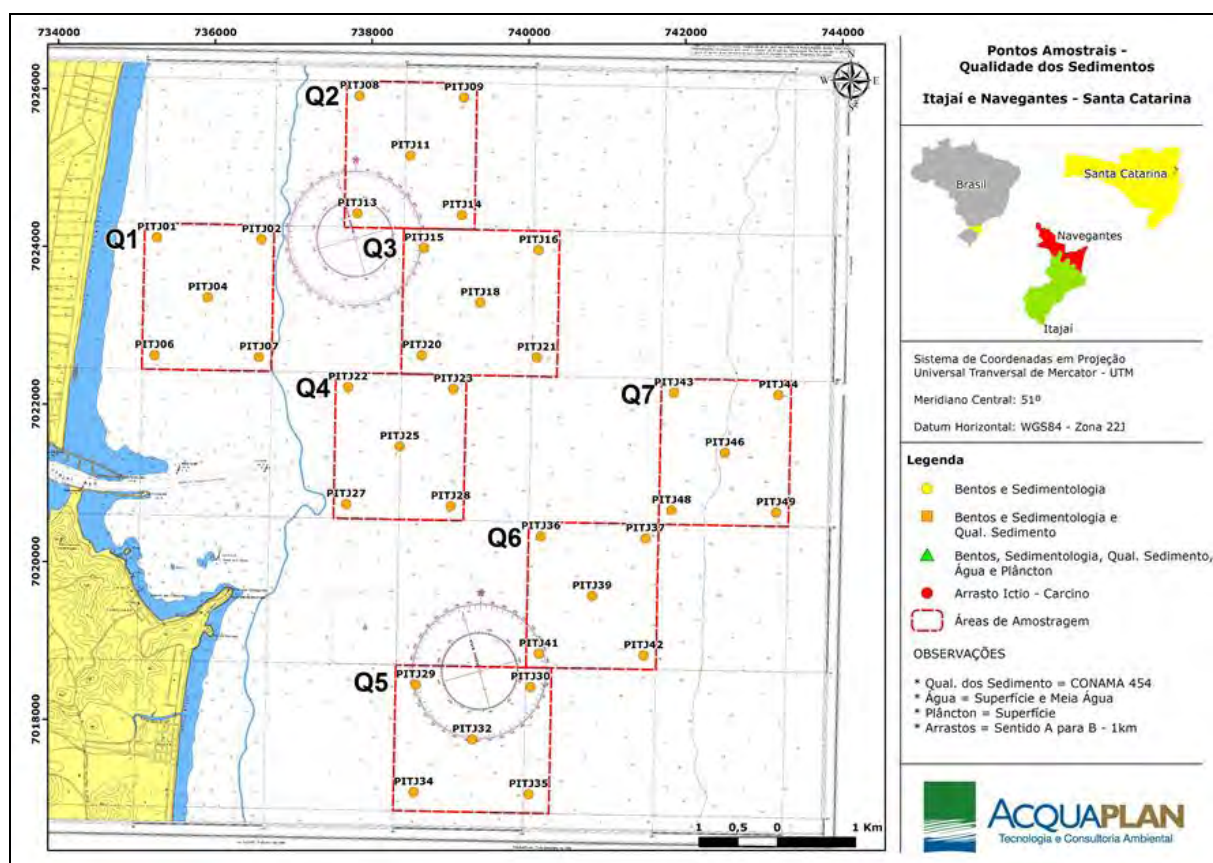


Figura 207. Localização de 35 pontos amostrais onde foram coletados sedimentos superficiais, na plataforma adjacente ao rio Itajaí-Açu.

9.1.6.1.2.1.2. Coleta das Amostras

No dia 14 de janeiro de 2015 foi realizada a coleta de sedimentos superficiais destinados à avaliação granulométrica e química observando os parâmetros estabelecidos na Resolução CONAMA Nº 454/2012. Para coletar os sedimentos superficiais foi utilizado um amostrador do tipo *van Veen* (Figura 208), construído em aço inox e com capacidade para 1,6L.

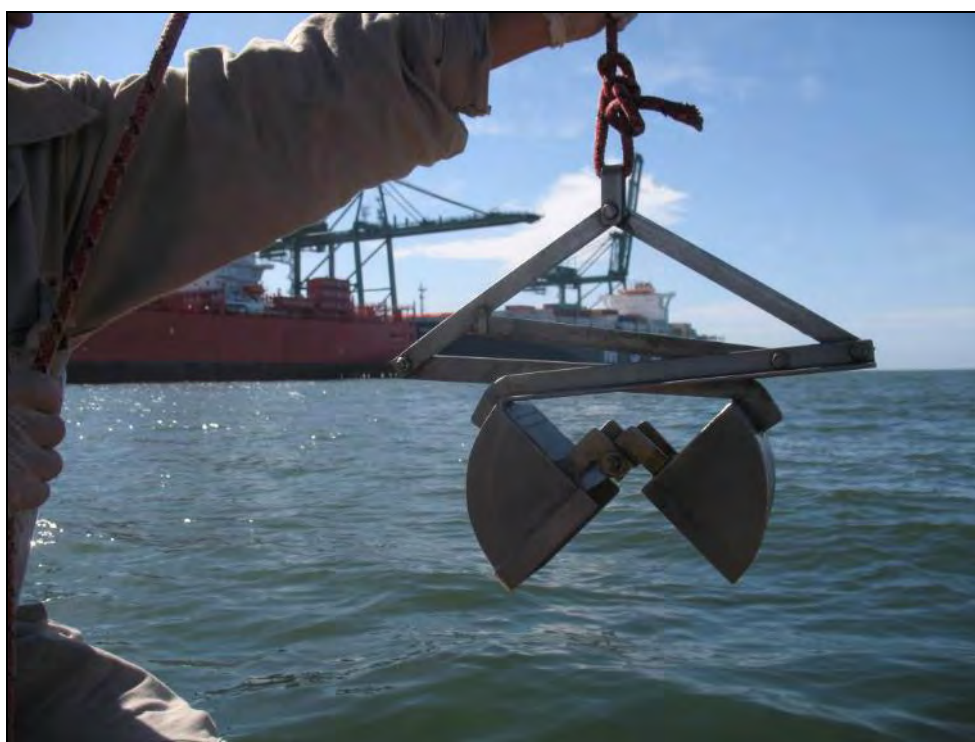


Figura 208. Amostrador do tipo *van Veen* utilizado para a coleta de amostras de sedimentos superficiais.

As amostras de sedimentos superficiais destinadas à avaliação granulométrica e química foram devidamente acondicionadas e refrigeradas para envio aos laboratórios responsáveis pelas análises.

As determinações foram realizadas pela Freitag Laboratórios - Divisão Ambiental e de Alimentos, localizado na Avenida Nereu, Ramos, 95, 1º andar na cidade de Timbó/SC, que possui as seguintes creditações:

- ✓ CGCRE-INMETRO CRL 0687 -ABNT NBR ISP/IEC 17025: 2005-ensaios.
- ✓ Fundação do MeioAmbiente – FATMA.

- ✓ Agência Reguladora de Serviços de Saneamento Básico do Estado de Santa Catarina – AGESAN.
- ✓ Companhia Integrada de Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina – CIDASC.

As análises laboratoriais para determinação dos parâmetros químicos, seguiram os procedimentos analíticos da *U.S. Environmental Protection Agency - USEPA* (ou equivalentes) foram seguidos, atendendo ao disposto da Resolução CONAMA N° 454/2012.

9.1.6.1.2.2. Resultados

9.1.6.1.2.2.1. Parâmetros Granulométricos

Os maiores tamanhos de grão ocorreram em amostras coletadas nas áreas de bota-foras representadas pelos *quadrats* Q3 (na área de Despejo Norte - Navegantes BF5) e Q5 (na área de Despejo Sul - Brava BF4) (Figura 209). No *quadrat* Q1, área que representa uma antiga área de despejo de sedimentos, mas que não vem sendo utilizada, situada na área frontal à praia de Navegantes, também foram observadas amostras arenosas.

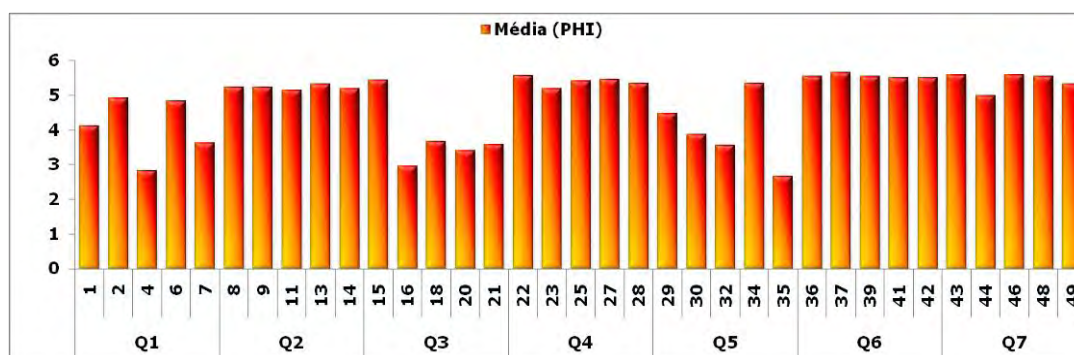


Figura 209. Média (PHI) de tamanho de grão de 35 amostras de sedimentos superficiais coletadas na plataforma adjacente ao rio Itajaí-Açu, em janeiro de 2015.

Os menores conteúdos de matéria orgânica (Figura 210) e de carbonatos (Figura 211) estiveram associados aos sedimentos arenosos (Figura 209).

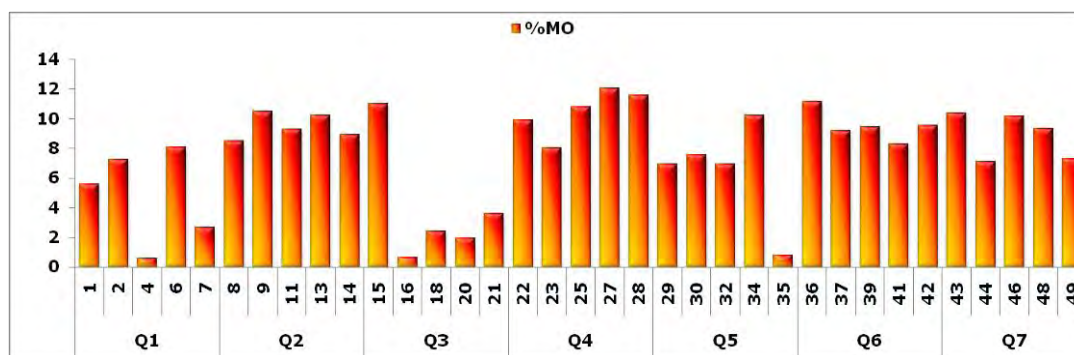


Figura 210. Matéria orgânica (%) de 35 amostras de sedimentos superficiais coletadas na plataforma adjacente ao rio Itajaí-Açu, em janeiro de 2015.

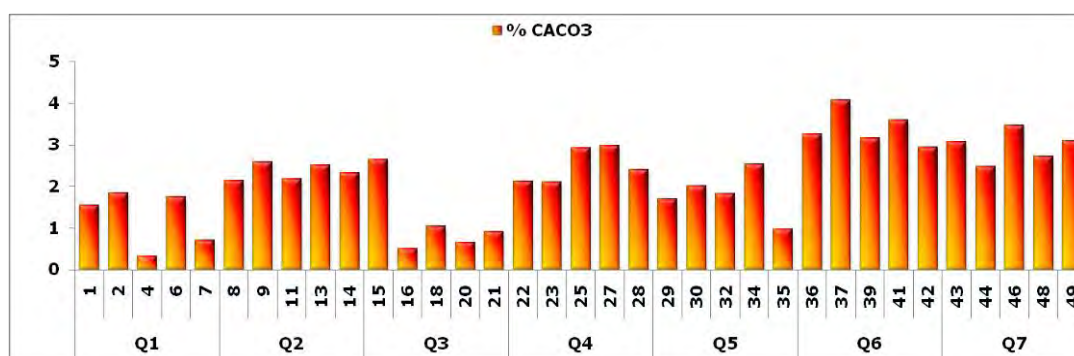


Figura 211. Carbonatos (%) de 35 amostras de sedimentos superficiais coletadas na plataforma adjacente ao rio Itajaí-Açu, em janeiro de 2015.

Os resultados ora apresentados reafirmam o que já se observou em estudos anteriores (PELLENS *et al.*, 1998; ABREU, 2010; UNIVALI, 2012) realizados na região estuarina e costeira adjacente do rio Itajaí-Açu, no que se refere à caracterização textural dos sedimentos.

No Monitoramento Ambiental da Área de Influência do Porto de Itajaí realizado entre 2006 e 2012 (UNIVALI, 2012), observou-se que as amostras coletadas na plataforma continental apresentaram granulometria arenosa, o que, segundo os pesquisadores daquela instituição, esteve associado ao despejo de material dragado em pontos localizados nas áreas de bota-fora. Durante aquele monitoramento observou-se que após os processos de dragagem ocorreu um aumento do tamanho de grãos na área dragada onde os sedimentos geralmente são finos.

Os autores acreditam que a variação granulométrica temporal possui relação direta com os processos de variação na descarga fluvial. Neste estudo da UNIVALI (2012) concluiu-se que durante o período de monitoramento as variações ocorridas nas características texturais dos sedimentos e nos conteúdos de carbonatos e de matéria orgânica foram semelhantes aquelas observadas em levantamentos anteriores ao procedimento de

dragagem. Os autores concluíram ainda que a variação textural dos sedimentos apresentou relação direta com os processos naturais de descargas fluviais.

Os resultados de granulometria dos dados primários obtidos para esta caracterização foram semelhantes aos obtidos por Abreu (2010), que em estudo sonográfico realizado na plataforma de Santa Catarina, entre as pontas da Vigia (Município de Penha) e de Laranjeiras (Município de Balneário Camboriú), observou que os sedimentos lamosos prevaleceram nas proximidades da linha de costa até as isóbatas de 20 e 25 m. O autor destaca as exceções observadas ao norte da desembocadura do rio Itajaí-Açu e em frente à praia de Navegantes, onde as frações arenosas foram mais frequentes. A distribuição dos sedimentos sobre a plataforma foi atribuída ao aporte sedimentar terrígeno fluvial e localmente condicionado pelos fluxos hidrodinâmicos que ali atuam (ABREU & GRABOWSKI NETO, 2003).

9.1.6.1.2.2.2. Parâmetros Químicos

Nos sedimentos coletados para avaliação da qualidade ambiental da plataforma adjacente à região da desembocadura do rio Itajaí-Açu não foram observadas concentrações de parâmetros químicos superiores aos limites legalmente estabelecidos e a maioria dos elementos avaliados esteve presente em concentrações inferiores aos limites de detecção dos métodos utilizados. A seguir são graficamente apresentados os resultados dos parâmetros que apresentaram alguma concentração. Devido às baixas concentrações obtidas para a maioria dos elementos químicos avaliados, optou-se por não utilizar linhas para identificação dos limites para o Nível 1 e Nível 2 ou Valor de Alerta dispostos na Resolução CONAMA Nº 454/2012. Com isso, obteve-se uma melhor visualização das variações de cada parâmetro. Salienta-se que nos gráficos a falta de dados se refere a valores menores do que os limites de detecção dos métodos utilizados para a determinação química dos parâmetros avaliados.

As menores concentrações do semi-metal arsênio foram observadas no *quadrat* Q3 (área de Despejo Norte - Navegantes - BF5) (Figura 212), onde ocorreram os maiores percentuais de sedimentos arenosos. Nas demais amostras o padrão foi variável com concentrações inferiores a 6mg/kg, o que está consideravelmente abaixo do limite legalmente estabelecido para o Nível 1, que é de 19 mg/kg.

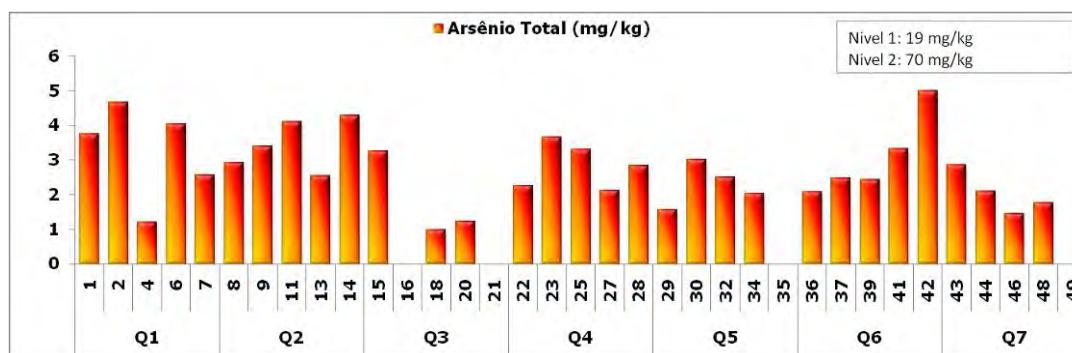


Figura 212. Arsênio Total (mg/kg) de 35 amostras de sedimentos superficiais coletadas na plataforma adjacente ao rio Itajaí-Açu, em janeiro de 2015.

O níquel total (Figura 213) esteve associado aos sedimentos finos (Figura 209) e à matéria orgânica (Figura 210), com menores concentrações observadas nos sedimentos arenosos dos *quadrats* Q3 e Q5 (área de Despejo Norte - Navegantes - BF5 e área de Despejo Sul - Brava - BF4, respectivamente).

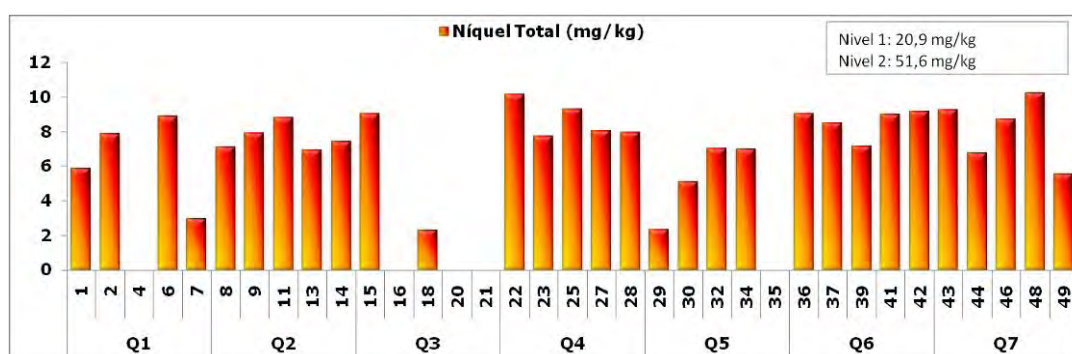


Figura 213. Níquel Total (mg/kg) de 35 amostras de sedimentos superficiais coletadas na plataforma adjacente ao rio Itajaí-Açu, em janeiro de 2015.

As maiores concentrações de chumbo total (Figura 214) ocorreram associadas aos sedimentos silticos e argilosos e foram inferiores a 20 mg/kg, estando consideravelmente abaixo do limite legalmente determinado, que é de 46,7mg/kg. Nos *quadrats* Q3 e Q5 (área de Despejo Norte - Navegantes - BF5 e área de Despejo Sul - Brava - BF4, respectivamente), onde a fração areia foi predominante, foram observadas as menores concentrações para este parâmetro.

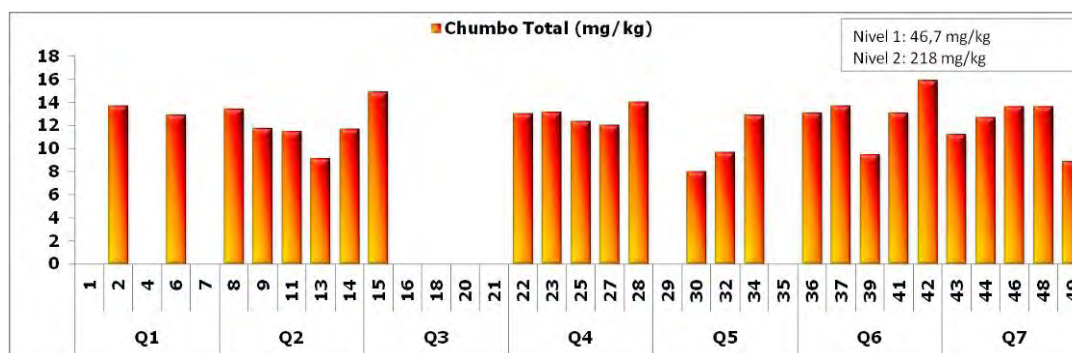


Figura 214. Chumbo Total (mg/kg) de 35 amostras de sedimentos superficiais coletadas na plataforma adjacente ao rio Itajaí-Açu, em janeiro de 2015.

As menores concentrações de zinco total (Figura 215) foram observadas em amostras coletadas no *quadrat* Q1, Q3 (área de Despejo Norte - Navegantes - BF5) e Q5 (área de Despejo Sul - Brava - BF4), associadas com as frações arenosas. Por outro, lado as maiores concentrações deste parâmetro foram observadas nos demais *quadrats* onde os sedimentos finos predominaram.

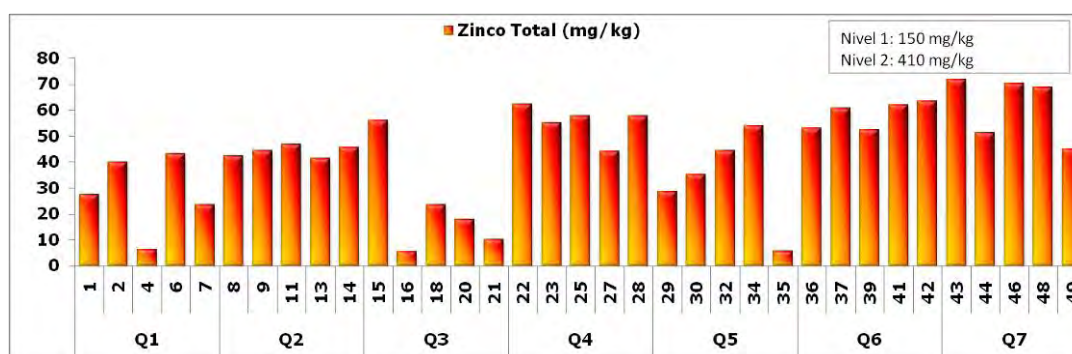


Figura 215. Zinco Total (mg/kg) de 35 amostras de sedimentos superficiais coletadas na plataforma adjacente ao rio Itajaí-Açu, em janeiro de 2015.

A legislação determina para o Nível 1 uma concentração máxima de 81 mg/kg para o cromo total (Figura 216), limite que não foi atingido, já que na maioria das amostras avaliadas foram observados valores dez vezes inferior ao padrão. Destaca-se que, com exceção da amostra #15, os sedimentos coletados nos *quadrats* Q3 e Q5 (área de Despejo Norte - Navegantes - BF5 e área de Despejo Sul - Brava - BF4, respectivamente) não apresentaram concentrações detectáveis para o cromo.

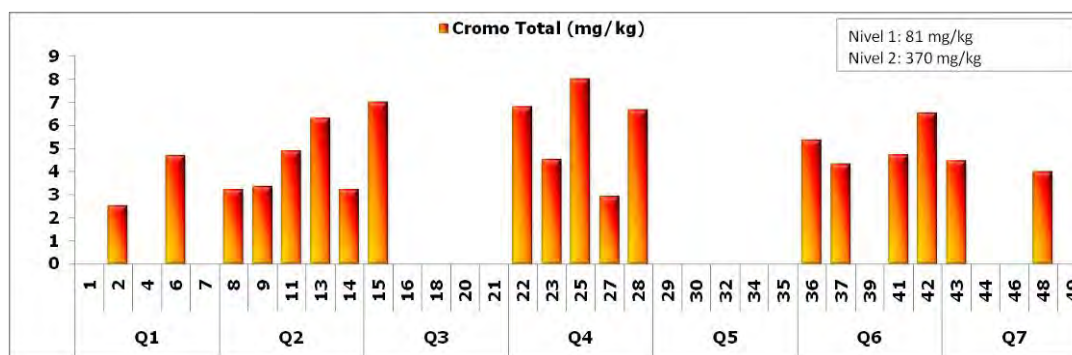


Figura 216. Cromo Total (mg/kg) de 35 amostras de sedimentos superficiais coletadas na plataforma adjacente ao rio Itajaí-Açu, em janeiro de 2015.

As concentrações de cobre total (Figura 217) apresentaram padrão similar ao do zinco total (Figura 213), com concentrações menores do que a metade do que determina a legislação, que é 34 mg/kg. Das cinco amostras coletadas no *quadrat* Q3 (área de Despejo Norte - Navegantes - BF5) somente na amostra #15 este elemento esteve presente. No *quadrat* Q5 (área de Despejo Sul - Brava - BF4), em duas amostras este parâmetro não apresentou concentrações detectáveis.

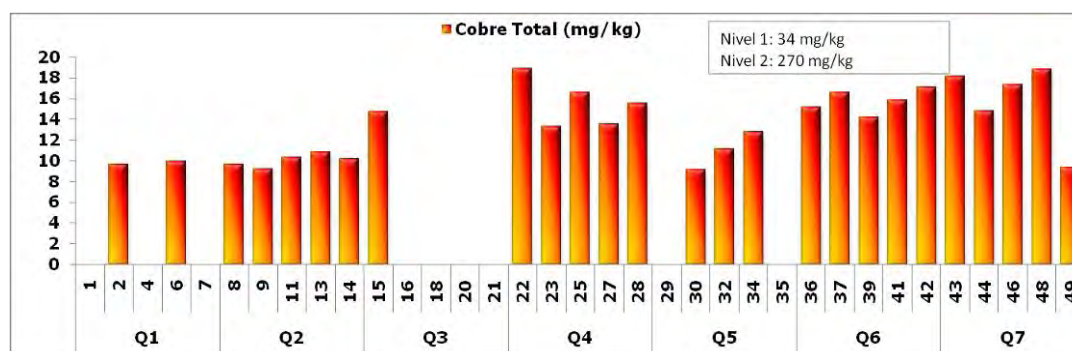


Figura 217. Cobre Total (mg/kg) de 35 amostras de sedimentos superficiais coletadas na plataforma adjacente ao rio Itajaí-Açu, em janeiro de 2015.

Em estudos realizados anteriormente como no Monitoramento Ambiental da Área de Influência do Porto de Itajaí, realizado entre 2006 e 2012 (UNIVALI, 2012), observou-se que as concentrações dos metais cádmio, cromo, chumbo e zinco, em estações localizadas na área estuarina, variaram significativamente e foram inferiores aos limites estabelecidos para o Nível 1. Somente para o Níquel foram observadas concentrações superiores ao limite para o Nível 1, mas os pesquisadores informaram que segundo Zarzour (2009), este metal encontra-se associado à fração mineralógica do sedimento.

Noutra avaliação realizada em abril de 2013 (ACQUAPLAN, 2013), as concentrações observadas para os metais avaliados em sedimentos superficiais não atingiram os limites determinados para o Nível 1 em cinco estações amostrais localizadas na área costeira adjacente do rio Itajaí-Açu (Tabela 22). Naquele estudo, onde também foram avaliados

sedimentos em estações amostrais localizadas ao longo do rio Itajaí-Açu, observou-se que as concentrações dos metais, de forma geral, tiveram concentrações que decrescem à medida que se distanciam da barra do rio.

Tabela 22. Metais pesados dos sedimentos superficiais coletados na área marinha adjacente do baixo estuário do rio Itajaí-Açu, expressos em mg/kg.

Pontos Amostrais	Parâmetros - Metais Pesados (mg/kg)							
	Arsênio	Cádmio	Chumbo	Cobre	Cromo	Mercúrio	Níquel	Zinco
#M02 Atalaia	3,3	<0,5	4,9	<2,5	8,2	<0,15	4,1	24,2
#M03 Boca Barra	6,6	<0,5	7,4	6,3	12,2	<0,15	7,4	34,7
#M04 Navegantes	6,1	<0,5	5,6	2,6	8,3	<0,15	5,1	29,3
#M05 Navegantes	4,1	<0,5	5,9	3	9,7	<0,15	5,1	27,2
#M06 Navegantes	6,7	<0,5	8,7	6,6	15,1	<0,15	8,5	45,1
NÍVEL 1	19	1,2	46,7	34	81	0,3	20,9	150
NÍVEL 2	70	7,2	218	270	370	1	51,6	410

Os nutrientes carbono orgânico total (Figura 218), nitrogênio total de Kjeldahl (Figura 219) e fósforo total (Figura 220), não apresentaram valores superiores aos valores de alerta estabelecidos pela legislação ambiental e, de forma geral, as menores concentrações ocorreram nas amostras coletadas nos *quadrats* Q3 (área de Despejo Norte - Navegantes - BF5) e Q5 (área de Despejo Sul - Brava - BF4).

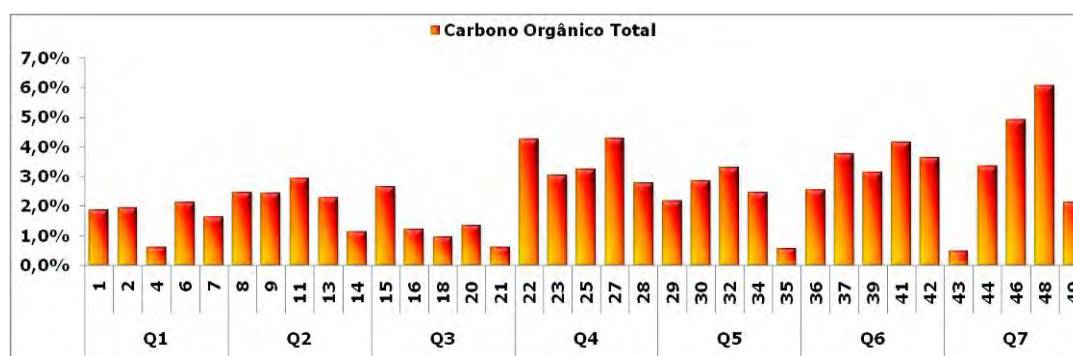


Figura 218. Carbono Orgânico Total (%) de 35 amostras de sedimentos superficiais coletadas na plataforma adjacente ao rio Itajaí-Açu, em janeiro de 2015.

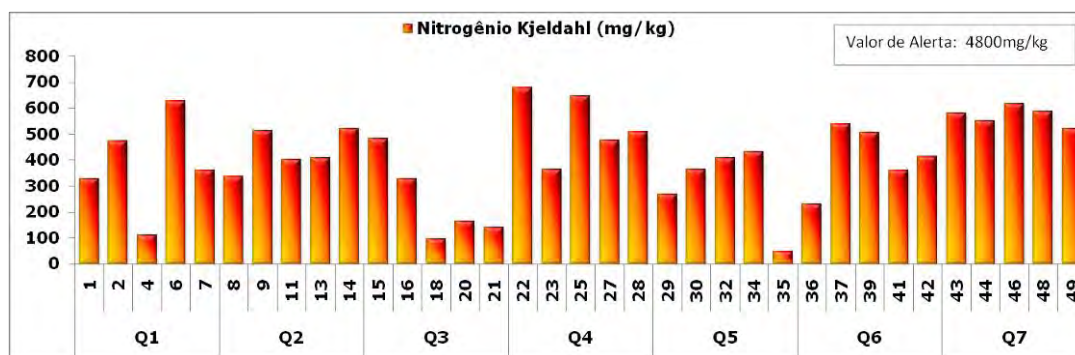


Figura 219. Nitrogênio Total Kjeldahl (mg/kg) de 35 amostras de sedimentos superficiais coletadas na plataforma adjacente ao rio Itajaí-Açu, em janeiro de 2015.

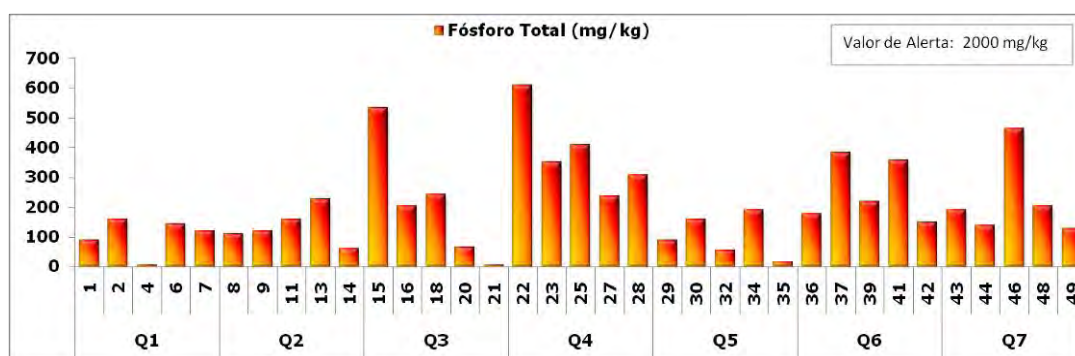


Figura 220. Fósforo Total (mg/kg) de 35 amostras de sedimentos superficiais coletadas na plataforma adjacente ao rio Itajaí-Açu, em janeiro de 2015.

O coeficiente de correlação é uma medida do grau de relação linear entre duas variáveis quantitativas. Este coeficiente varia entre os valores -1 e +1 que indicam correlações perfeitas sejam positivas ou negativas. À medida que o valor de aproxima de 0 (zero), diminui a relação linear.

Na Tabela 23 pode-se observar os coeficientes de correlação linear obtidos para as variáveis avaliadas para caracterizar os sedimentos coletados na área costeira adjacente à desembocadura do rio Itajaí-Açu.

Tabela 23. Correlação linear dos parâmetros químicos e granulométricos avaliados na área adjacente ao rio Itajaí-Açu em janeiro de 2015.

Parâmetros	As	COT	Pb	Cu	Cr	PT	Ni	NT	Zn	Média PHI	% MO	% CaCO ₃
As	0											
COT	0,2449	0										
Pb	0,5878	0,6498	0									
Cu	0,4298	0,7245	0,9249	0								
Cr	0,5586	0,3498	0,6695	0,6545	0							
PT	0,1667	0,5621	0,5213	0,6313	0,5702	0						
Ni	0,6639	0,6858	0,9174	0,9061	0,7009	0,5651	0					
NT	0,4371	0,5889	0,7329	0,7671	0,4691	0,5432	0,7939	0				
Zn	0,4962	0,7109	0,8849	0,9523	0,6065	0,6175	0,9285	0,7766	0			
Média PHI	0,4906	0,6209	0,8612	0,8633	0,6435	0,5671	0,8935	0,7402	0,9093	0		
% MO	0,5329	0,6105	0,8624	0,8523	0,6605	0,5161	0,8993	0,7215	0,8685	0,9222	0	
% CaCO ₃	0,3416	0,6464	0,7977	0,8555	0,4894	0,5100	0,8135	0,6427	0,8734	0,8912	0,8465	0

A observa-se uma forte correlação positiva dos sedimentos com a matéria orgânica ($r=0,9222$) e com os carbonatos ($r=0,8912$), o que indica origem comum, isto é, associada ao aporte do rio Itajaí-Açu.

A afinidade dos metais pesados pelos sedimentos é fortemente influenciada pelo tamanho da partícula (DELETIC *et al.*, 1997; SUTHERLAND, 2003) que possui uma maior área superficial fornecendo maior espaço para adsorção de substâncias (MARTINEZ, 2010).

As correlações positivas com r maiores do que 0,86 entre as médias de tamanho de grão (Phi) e os elementos metálicos chumbo, cobre, níquel e zinco, indicam que estes elementos estejam associados, o que provavelmente se deve a maior afinidade dos elementos metálicos com os sedimentos finos.

Embora os nutrientes carbono, nitrogênio e fósforo totais também estivessem positivamente correlacionados aos sedimentos, os menores valores sugerem a influência de outras fontes com a produção biológica, por exemplo. Pereira Filho *et al.* (2009) concluíram que, sob condições de baixa descarga, ocorre um aumento da produtividade primária e biomassa fitoplanctônica na área adjacente a foz do rio Itajaí-Açu. Os autores atribuíram este aumento da produtividade primária ao aumento da intensidade de luz na **coluna d'água associado à disponibilidade de nutrientes das águas estuarinas.**

9.1.6.1.3.Considerações Finais

Os sedimentos superficiais avaliados na área da plataforma continental adjacente à desembocadura do rio Itajaí-Açu apresentaram concentrações inferiores aos limites

estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 454/2012 para o Nível 1, que representa o limiar abaixo do qual há menor probabilidade de efeitos adversos à biota atestando a boa qualidade ambiental destes.

Independente dos parâmetros de qualidade ambiental, a matéria orgânica, os carbonatos e os sedimentos finos são distribuídos na plataforma adjacente a partir das descargas do rio Itajaí-Açu, que variam de acordo com a intensidade de eventos naturais (pulsos de descarga do rio decorrente de eventos de alta precipitação). Nestes sedimentos mais finos foram observadas, de forma geral, as maiores concentrações de elementos químicos, matéria orgânica e carbonatos.

Os sedimentos arenosos observados nas atuais áreas de bota-fora, representadas pelos *quadrats* Q3 (área de Despejo Norte - Navegantes - BF5) e Q5 (área de Despejo Sul - Brava - BF4), apresentaram melhor qualidade ambiental quando comparados aos sedimentos finos das áreas adjacentes. Esse mesmo padrão foi observado nas amostras coletadas no *quadrat* Q1, que corresponde a uma área de bota-fora desativado.

A presença de sedimentos arenosos nas áreas de bota-fora está provavelmente relacionada aos processos de dragagem e despejo, já que após as dragagens no sistema aquaviário foi observado o aumento da granulometria nestas áreas dragadas no leito do rio Itajaí-Açu (UNIVALI, 2012). Sendo assim, evidencia-se que abaixo dos sedimentos finos superficiais no leito do sistema aquaviário ocorrem grãos de maior tamanho que são removidos para as áreas de despejo.

9.1.6.2. Caracterização dos Sedimentos Superficiais na Área do Bota-Fora

9.1.6.2.1. Introdução

O tamanho de grão é uma propriedade física dos sedimentos. Normalmente os dados granulométricos são utilizados para estudar tendências de processos superficiais relacionados às condições hidrodinâmicas de transporte e deposição. A permeabilidade e a estabilidade das partículas sedimentares podem ser um importante complemento nos estudos das reações cinéticas e afinidade de partículas finas e contaminantes. A análise granulométrica tem por objetivo medir com precisão o tamanho das partículas, para determinar sua distribuição de frequência e calcular estatisticamente as características de cada amostra (POPPE *et al.*, 2003).

Os estuários do tipo cunha salina como o Itajaí-Açu são predominantemente exportadores de sedimentos para a plataforma continental adjacente (STRUBEL & CARTER, 1984; DYER 1986 e 1995). A taxa de exportação dos sedimentos no rio Itajaí-Açu está diretamente relacionada com a vazão do rio. Em períodos de descargas superiores a 1000 m³/s a cunha salina é completamente expulsa da bacia estuarina levando grandes consigo quantidades de sedimentos, que se acumularam no interior do estuário em época de baixa vazão (SCHETTINI, 2002). O rio Itajaí-Açu que, segundo os trabalhos de Schettini & Klein (1997) e Stein & Schettini (1997), contribui com significativo volume de sedimentos finos para a plataforma e se constitui, juntamente como rio Tijucas, localizado mais ao Sul, o principal responsável pela sedimentação lamosa observada neste trecho da plataforma continental. Abreu (2010), através de levantamento geofísico com fonte acústica operando numa frequência entre 2 e 8 kHz, mapeou o pacote lamoso ao largo da foz do rio Itajaí-Açu comprovando a efetiva contribuição deste sistema fluvial para a plataforma continental ao largo.

O objetivo do presente estudo foi o de avaliar, através da coleta de dados primários, as atuais características texturais e químicas dos sedimentos superficiais coletados na plataforma interna adjacente à região estuarina onde estão localizadas áreas de despejo de sedimentos resultantes de dragagens de aprofundamento e ou manutenção para melhoria das atividades portuárias.

9.1.6.2.2. Metodologia

9.1.6.2.2.1. Área Amostral

Na área marinha adjacente à desembocadura do rio Itajaí-Açu, na região da plataforma continental interna, foi realizada uma coleta de sedimentos em janeiro de 2015 destinada à caracterização granulométrica e química dos sedimentos superficiais.

O planejamento do espaço amostral foi realizado considerando a distância da linha de costa em relação à desembocadura e a dispersão da pluma de sedimentos do rio Itajaí-Açu, sendo também levadas em consideração as cotas batimétricas. A intenção foi contemplar as áreas de despejo inseridas na plataforma adjacente à região estuarina.

A malha amostral foi composta por 49 amostras (Figura 221) distribuídas em sete *quadrats*, contendo 7 amostras cada, coletadas com draga do tipo *van Veen*.

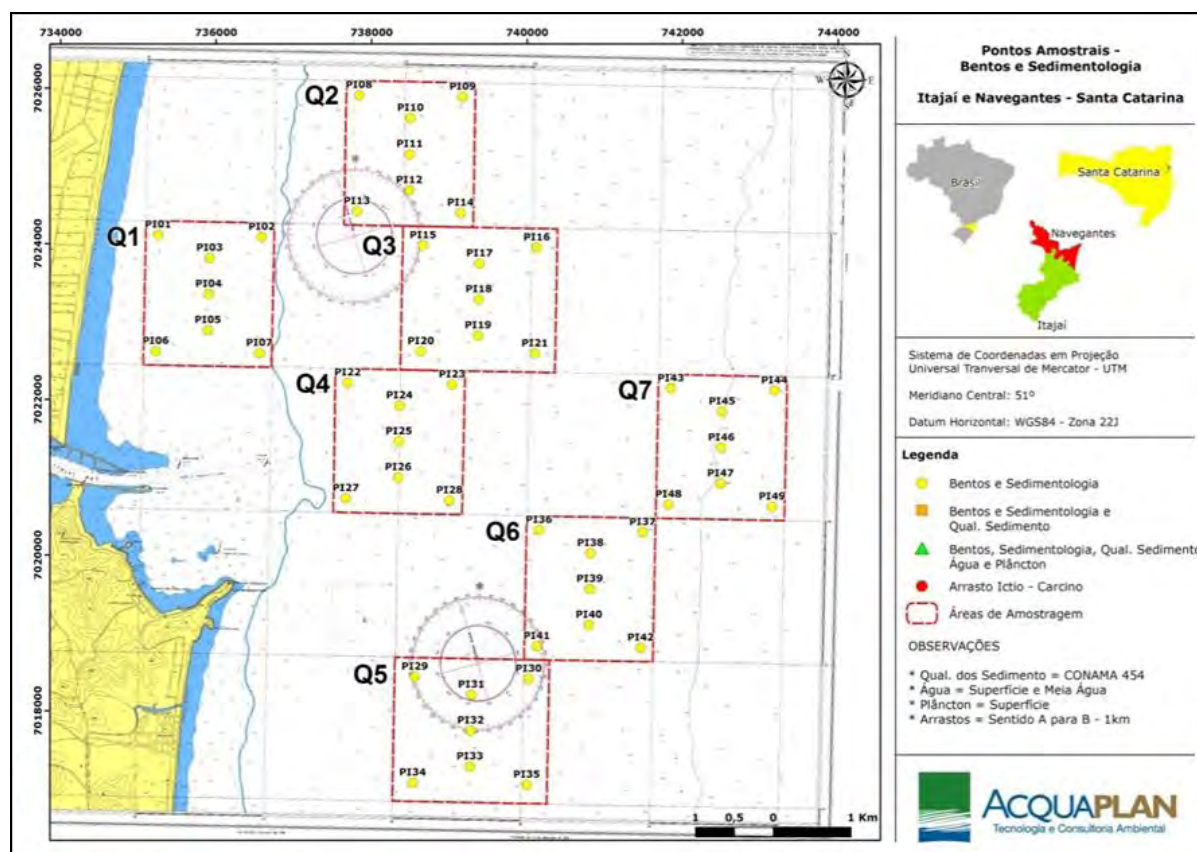


Figura 221. Localização de 49 amostras de sedimentos superficiais coletadas na área marinha adjacente ao rio Itajaí-Açu, em janeiro de 2015.

9.1.6.2.2.2. Coleta das Amostras

No dia 14 de janeiro de 2015 foi realizada a coleta de sedimento superficiais destinados à avaliação granulométrica e química conforme determina a Resolução CONAMA Nº 454/2012. Para a coleta dos sedimentos superficiais foi utilizado um amostrador tipo *van Veen* (Figura 222) construído em aço inox 116L.



Figura 222. Amostrador do tipo *van Veen* utilizado para a coleta de amostras de sedimentos superficiais.

As amostras de sedimentos destinadas à avaliação granulométrica e química foram devidamente acondicionadas e refrigeradas para envio aos laboratórios responsáveis pelas análises.

As determinações químicas ficaram sob a responsabilidade da Freitag Laboratórios - Divisão Ambiental e de Alimentos, localizado na Avenida Nereu, Ramos, 95, 1 andar na cidade de Timbó/SC, que possui as seguintes creditações:

- ✓ CGCRE-INMETRO CRL 0687 - ABNT NBR ISP/IEC 17025:2005-ensaios.
- ✓ Fundação do Meio Ambiente – FATMA.
- ✓ Agência Reguladora de Serviços de Saneamento Básico do Estado de Santa Catarina – AGESAN.
- ✓ Companhia Integrada de Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina – CIDASC.

As análises laboratoriais para determinação dos parâmetros químicos, seguiram os procedimentos analíticos da U.S. Environmental Protection Agency (ou equivalentes) foram seguidos, atendendo ao disposto da Resolução CONAMA N° 454/2012.

A determinação da granulometria foi realizada através dos métodos de peneiramento e pipetagem (SUGUIO, 1973) e o carbonato e matéria orgânica foram determinados pelo método de perda de peso por ignição (DEAN, 1974)

9.1.6.2.3. Resultados

Os resultados dos dados primários obtidos na coleta de janeiro de 2015 estão de acordo com estudos anteriores realizados na área marinha adjacente à desembocadura do rio Itajaí-Açu, onde se observam, principalmente, sedimentos finos (Figura 223). Nos *quadrats* Q1, Q3 (área de Despejo Norte - Navegantes - BF5) e Q5 (área de Despejo Sul - Brava - BF4) foram observadas maiores quantidades da fração areia fina, o que os diferencia texturalmente dos demais. Os dois últimos *quadrats* atualmente são usados para disposição do material dragado e refletem as características destas áreas. O *quadrat* Q1 não é mais utilizado como bota-fora, o que ocorreu em datas pretéritas, mas possivelmente mantém a característica arenosa por estar localizado em cota batimétrica inferior aos demais. Além disso, nesse local a hidrodinâmica é maior e a influência da pluma estuarina é menor.

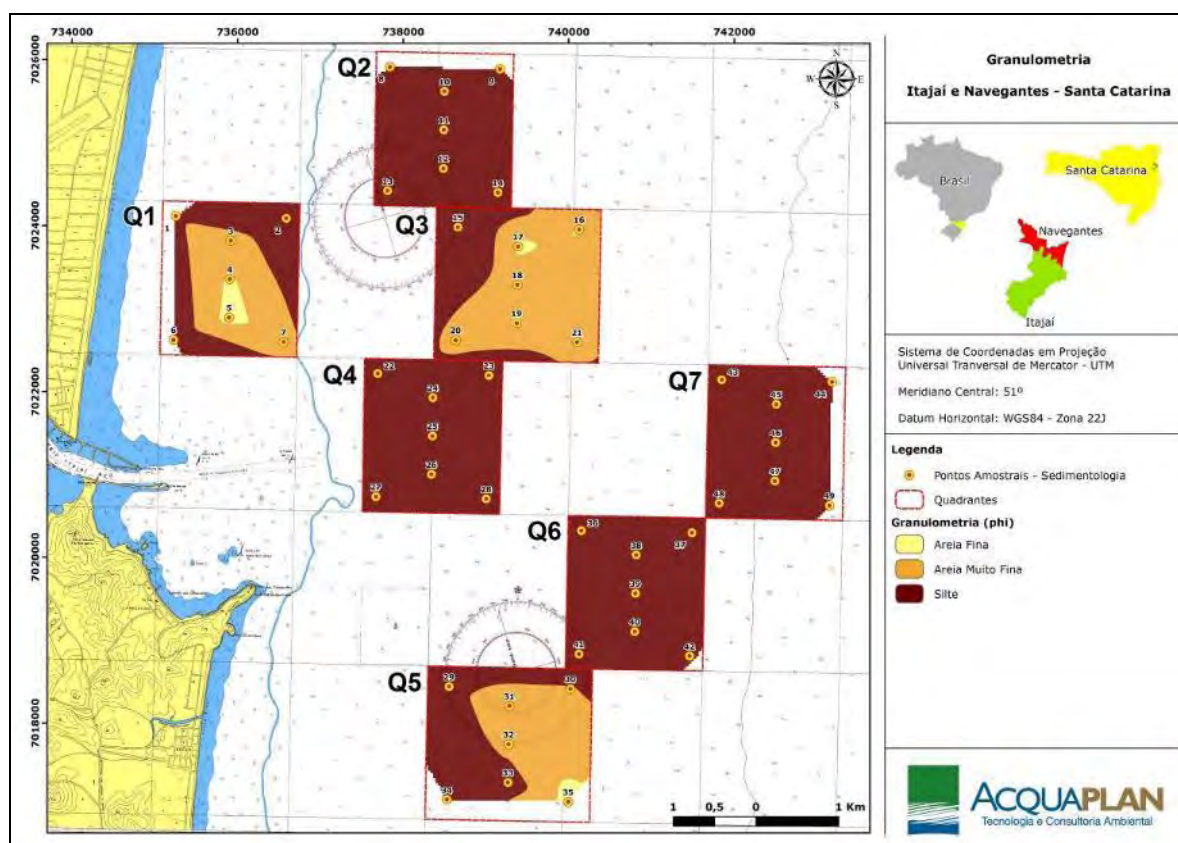


Figura 223. Resultados das médias de granulometria em 49 amostras de sedimentos na área marinha adjacente ao rio Itajaí-Açu, em janeiro de 2015.

Os menores teores de carbonatos (Figura 224) e de matéria orgânica (Figura 225) ocorreram nas estações com maiores percentuais da fração areia fina.

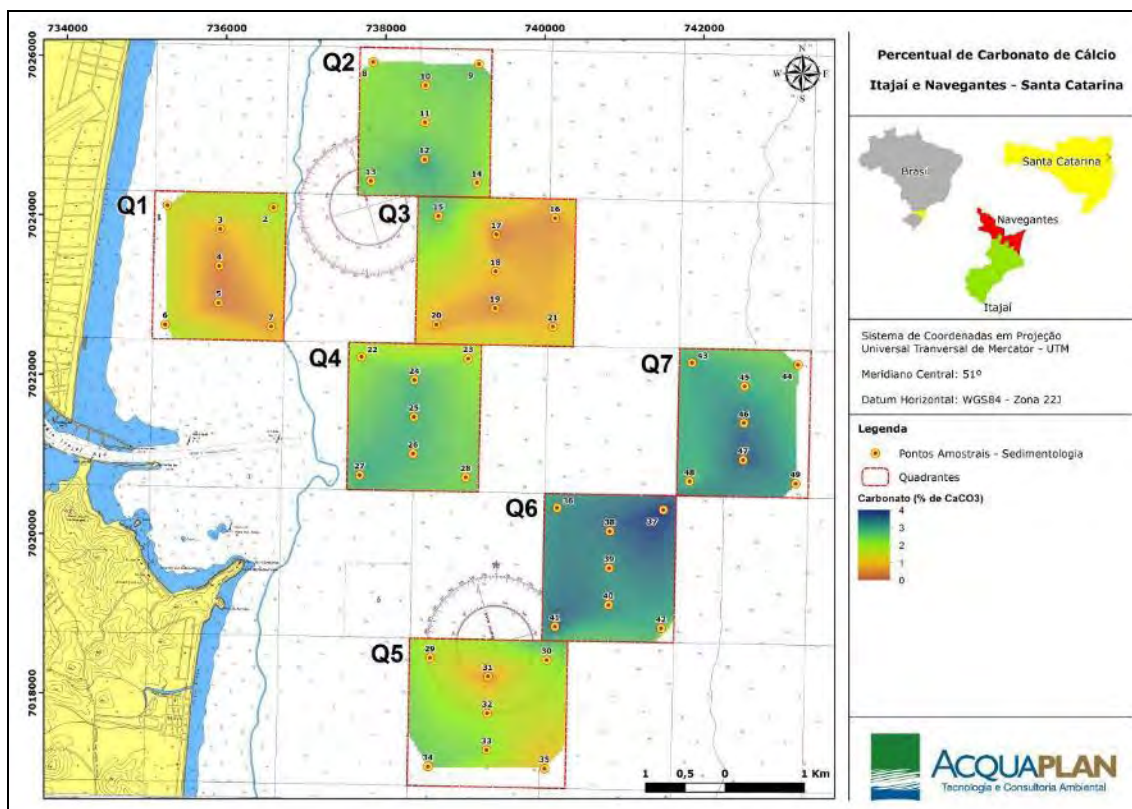


Figura 224. Percentual de carbonatos em 49 amostras de sedimentos superficiais na área marinha adjacente ao rio Itajaí-Açu, em janeiro de 2015.

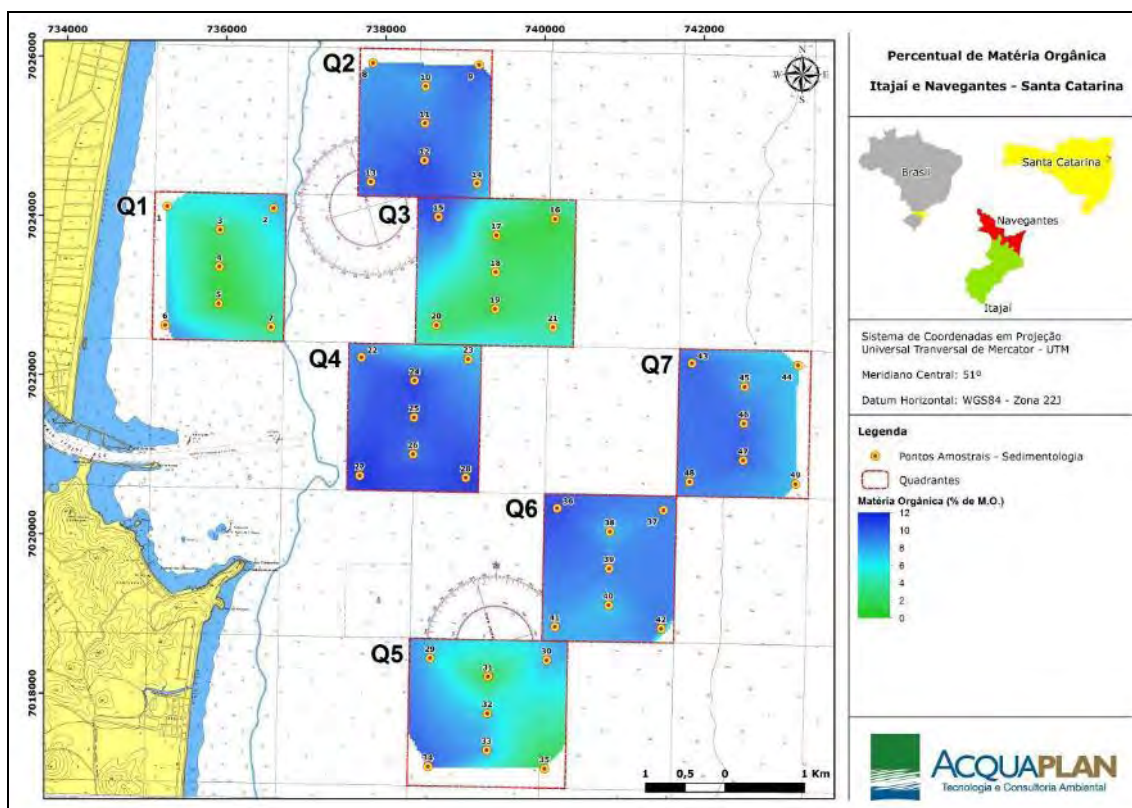


Figura 225. Percentuais de matéria orgânica em 49 amostras de sedimentos superficiais na área marinha adjacente ao rio Itajaí-Açu, em janeiro de 2015.

No relatório do Monitoramento Ambiental do Estuário do rio Itajaí-Açu na área de influência do Porto de Itajaí, onde foram sintetizados resultados obtidos entre 2006 e 2012, no rio Itajaí-Açu e na área marinha adjacente (bota-fora), os pesquisadores da Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI concluíram que as amostras analisadas durante o Monitoramento das Variações Texturais do Sedimento observaram que os sedimentos coletados no estuário do rio Itajaí-Açu apresentaram maiores teores de silte e argila, enquanto que na área marinha adjacente a média do tamanho de grão foi areia. Os autores associaram a presença de areia ao despejo do material dragada nestas áreas.

Em estudo realizado por Abreu (2010) na área compreendida entre a Ponta da Vigia e a Ponta de Taquaras foi observada predominância de sedimentos silticos e argilosos até uma profundidade de 20m (Figura 226), comprovando a contribuição da drenagem continental que é mais acentuada na área frontal à desembocadura do rio Itajaí-Açu. Ainda segundo este autor, a distribuição dos sedimentos texturalmente diferentes na plataforma marinha desta área é influenciada pela batimetria e pelo relevo superficial que tem influência direta na hidrodinâmica. Neste estudo, o autor detectou deposições arenosas que ocorrem também ao largo da praia do Gravatá, segmento mais setentrional da praia de Navegantes, e nas proximidades da barra do rio Itajaí-Açu.

Segundo Schettini & Toldo Jr (2006), a granulometria fina está associada à influência do estuário do rio Itajaí-Açu que possui expressiva contribuição na sedimentação costeira em razão de sua vazão média histórica de $200\text{m}^3/\text{s}$ (SCHETTINI, 2002) e pelo volume médio de material particulado em suspensão exportado, que é de cerca de 2 ton/dia.

Durante os períodos de descargas mais baixas, os sedimentos de fundo no rio Itajaí-Açu são dominados por silte e argila, enquanto que em descargas mais elevadas (e.g. $700\text{m}^3/\text{s}$), aumenta o teor de areia decorrente do transporte fluvial (Comitê do Itajaí, 2010), pela exposição os sedimentos subsuperficiais. Segundo o Comitê, estes sedimentos estão presentes a até sete quilômetros a montante da barra e atingem profundidades nas quais são realizadas as operações de dragagem.

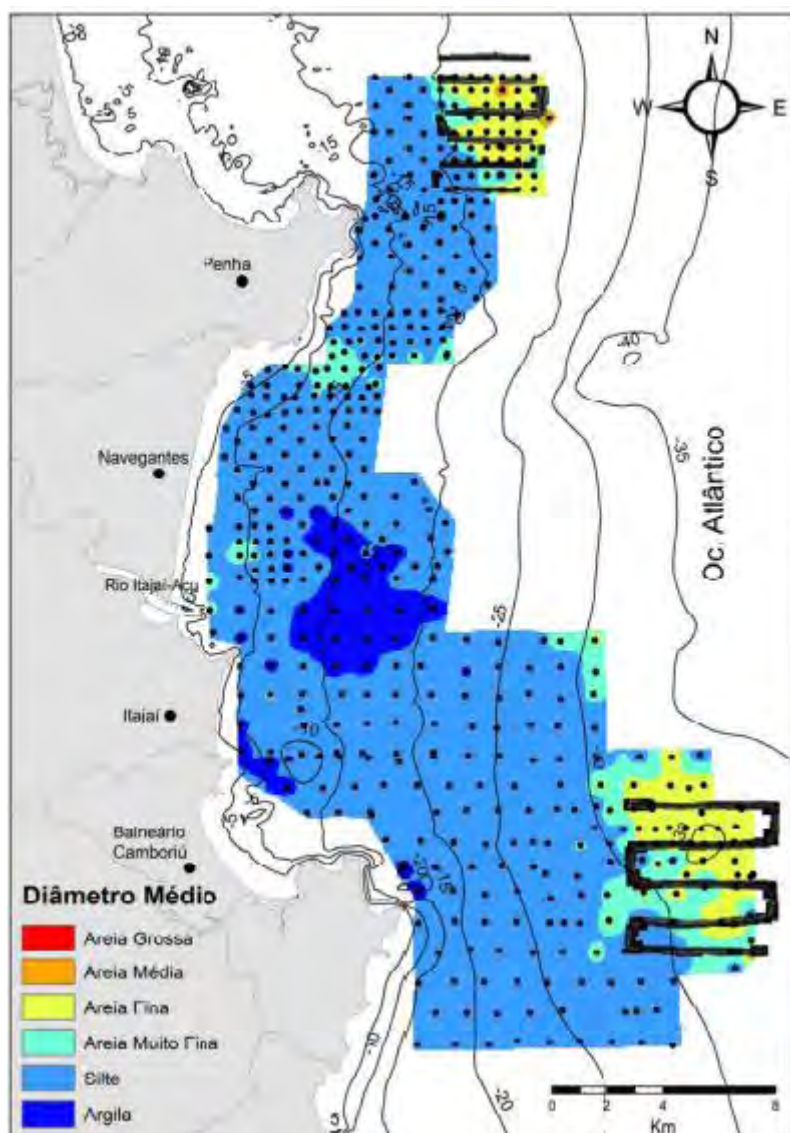


Figura 226. Granulometria da área marinha localizada entre a Ponta da Vigia e a Ponta de Taquaras (Fonte: ABREU, 2010).

9.1.6.2.4. Considerações Finais

Os sedimentos coletados na plataforma continental interna, adjacente à desembocadura do rio Itajaí-Açu, em janeiro de 2015, apresentaram predominância de grãos finos aos quais estiveram associados aos maiores teores de carbonatos e matéria orgânica. Esta característica granulométrica tem sido atribuída, principalmente, ao aporte do rio Itajaí-Açu. Dois dos três *quadrats* com maiores concentrações de areia fina são justamente os locais onde atualmente são descartados os sedimentos dragados na área interna do estuário. O *quadrat* Q1 já não é mais utilizado como área de descarte, o que ocorreu no passado, mas possivelmente mantém a mesma característica textural em função da sua localização em área com menor profundidade e maior hidrodinâmica estando mais protegido da ação da pluma estuarina.

Considerando que fatores como, quantidade de matéria orgânica e granulometria fina, aumentam a possibilidade da ocorrência de poluentes no ambiente, pode-se concluir que a maior probabilidade de danos à biota está nas áreas influenciadas pelo aporte natural de material sedimentar do rio Itajaí-Açu. Sendo assim, nas áreas de despejo da plataforma adjacente ao citado rio, onde os sedimentos são principalmente arenosos e com baixos conteúdos de matéria orgânica a possibilidade de contaminação é reduzida.

9.1.7. Recursos Hídricos e Qualidade das Águas da Enseada de Camboriú e Desembocadura do Rio Camboriú

9.1.7.1. Condições Hidrológicas

A drenagem continental da área de estudo possui dois corpos hídricos principais, o rio Marambaia e o rio Camboriú. Ambos pertencentes à Bacia Hidrográfica do Rio Camboriú, e podendo ser considerados como principais responsáveis pelo aporte de água doce para a enseada, assim como potenciais fontes de nutrientes, contaminantes e sedimentos.

A Bacia Hidrográfica do Rio Camboriú – BHRC possui uma área de 199,8 km², a qual inclui os municípios de Camboriú e Balneário Camboriú (Figura 227). A bacia é limitada a montante pelos elevados de rochas graníticas e metamórficas da Serra do Tabuleiro e drena no sentido nordeste, cambiando das terras altas e de alta declividade, chegando rapidamente para as áreas mais planas e baixas do vale, que predominam ao longo da sua extensão até chegar à planície litorânea. Na Tabela 24 se apresenta os dados importantes da BHRC.

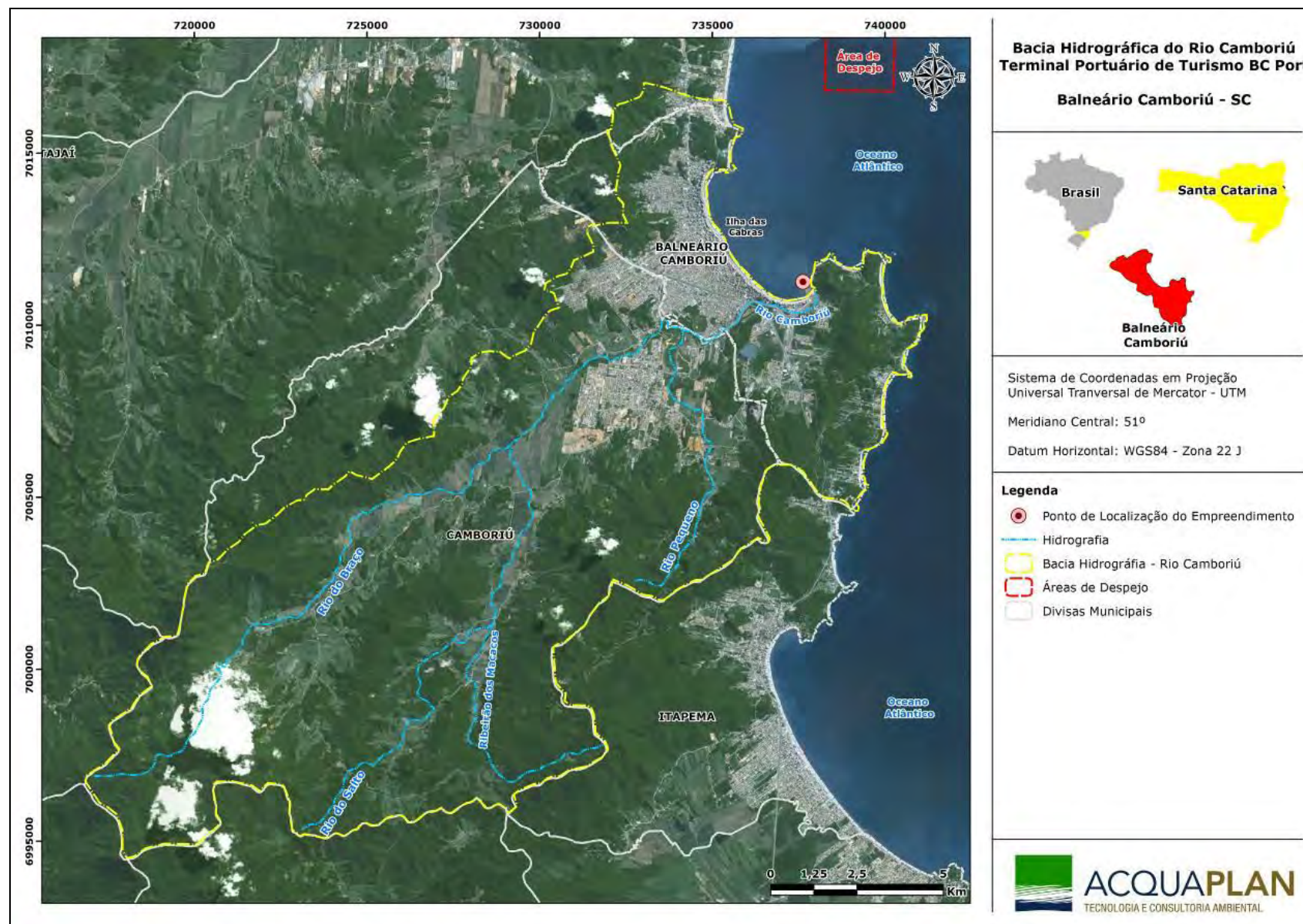


Figura 227. Limites da Bacia Hidrográfica do Rio Camboriú.

Tabela 24. Características físicas da Bacia Hidrográfica do Rio Camboriú.

Parâmetro	Atributo
Área de drenagem	199,8 km ²
Perímetro da microbacia	94,9 km
Coeficiente de capacidade	1,797
Comprimento axial da microbacia	26,4 km
Fator de forma	0,30
Ordem da microbacia	5 ^a
Comprimento do rio principal (rio Camboriú)	33,8 km
Comprimento total dos cursos d'água	643,9 km
Densidade da drenagem	3,22 km/km ²
Extensão média do escoamento superficial	0,077 km
Distância mais curta entre nascente e foz	25,7 km
Índice de sinuosidade do curso d'água	26,03 %
Declividade média	25,45 %
Altitude máxima	735 m
Altitude média	163 m
Altitude mínima	0 m
Tempo de concentração	10 horas

Fonte: EPAGRI (1999).

Na região das encostas e morros, mais a montante da bacia, o predomínio do uso do solo é de vegetação, tanto mata nativa quanto monocultura de pinus e eucalipto. A vegetação de mata ciliar é fragmentada ao longo da bacia, tanto nos tributários quanto no próprio rio Camboriú. Ainda em região rural, encontra-se significativas áreas de pecuária e agricultura, com predominância de plantações de arroz irrigado (URBAN, 2008), o que interfere nas características sedimentares e de qualidade da água da bacia devido à erosão e aporte de compostos utilizados na agropecuária.

A parte mais a jusante da bacia, se aproximando da região costeira, a influência das áreas urbanas se torna predominante. As áreas urbanas de Camboriú e de Balneário Camboriú atingem as margens do rio Camboriú, o que aumenta a sua exposição à

contaminação por águas residuárias urbanas, doméstica e industrial, muitas vezes clandestinas e *in natura*. Nessa região o rio Camboriú apresenta um canal mais meandrante, margeado por manguezais na região estuarina, e áreas úmidas em alguns trechos.

No Município de Balneário Camboriú a rede de esgotamento sanitário atinge mais de 85% do município. Os efluentes são conduzidos a uma Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) administrada pela EMASA. O efluente desta ETE é lançado na região estuarina do rio Camboriú em um ponto localizado cerca de 1,5 km à montante da foz, na extremidade sul da enseada de Camboriú. Além desse efluente, o rio que possui bacia de aproximadamente 200 km², recebe aportes de esgotos clandestinos e efluentes de outro município a montante (Camboriú), que não dispõe de sistema adequado de tratamento de esgotos (KUROSHIMA *et al.*, 2000 *apud* ACQUAPLAN, 2011).

O sistema de tratamento de efluentes do Município de Balneário Camboriú abrigava quatro lagoas, sendo duas anaeróbias e duas facultativas. Antecipando as lagoas, existia o Tratamento Preliminar, constituído de Grades Grossas de Limpeza Manual, Grades Finas de Limpeza Mecanizada, Desarenadores Mecanizados e Calha Parshall. As Lagoas Anaeróbias, todavia, apresentavam problemas de geração de odores desagradáveis e as Lagoas Facultativas operavam como Lagoas Fotossintéticas, cuja elevada produção de algas deixava o rio Camboriú com aspecto incompatível com o desejado para um curso de água que deságua no mar em local de grande vocação turística.

Com a ampliação da ETE de Nova Esperança, o sistema mudou para operação por lodos ativados de aeração prolongada, incluindo no projeto dois decantadores circulares, gradeamento e desarenadores automáticos e sistema de fornecimento de oxigênio no reator aeróbio, promovendo a desativação das duas lagoas facultativas e de uma lagoa anaeróbia. Atualmente, o novo sistema está sendo mais eficiente em parâmetros de remoção de matéria orgânica e também minimizou a geração de odores na comunidade entorno da Estação de Tratamento de Efluentes (ACQUAPLAN, 2014).

Enquanto a montante da bacia do rio Camboriú as águas são de fundamental importância para a irrigação, no trecho mais a jusante passa a predominar o uso da água para o abastecimento urbano. A EMASA conta com uma estação de captação e recalque de água bruta – ERAB situada no bairro Rio do Meio, que pertence ao Município de Camboriú, vizinho à Balneário Camboriú. Esta ERAB está localizada a aproximadamente 4,0