

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA E METEOROLÓGICA

A descrição climática e dos fenômenos meteorológicos de grande escala que afetam a Plataforma Continental de São Paulo e a região da ARIEG foi realizada a partir de referências da literatura especializada.

Já para a caracterização meteorológica foram utilizados dados coletados ao longo da área de estudo, preferencialmente nas proximidades da ARIEG, cujas características estão detalhadas no **Quadro 2.1-1** e a localização geográfica na **Figura 2.1-1**.

As características dos parâmetros meteorológicos foram descritas a partir de estatísticas básicas, contemplando valores médios, mínimos, máximos e desvios padrão.

Para os ventos foi realizada análise e extremos a partir de distribuições conhecidas como Valores Extremos Generalizados (VEG) – descritas por Fisher & Tippett (1928). Neste estudo foram analisados os parâmetros VEG pelo método de Probabilidade de Momentos Moderados (HOSKING *et al.*, 1985) e, por meio de Brodtkorb *et al.*, (2000) foram calculadas as probabilidades de ocorrências e tempos de retorno por meio de distribuição Weibull – descrita por Weibull (1951).

Com relação à sazonalidade, neste estudo foi utilizado o critério de estações meteorológicas, ou seja, o verão é compreendido entre dezembro e fevereiro, o outono de março a maio, inverno de junho a agosto e primavera de setembro a novembro. Quando citado o verão de um ano específico, o mês de dezembro representa o ano anterior. Por exemplo, o verão de 1995 contempla o mês de dezembro de 1994 e os meses de janeiro e fevereiro de 1995.

Quadro 2.1-1 – Dados utilizados para a caracterização meteorológica da área de estudo da ARIEG.

Identificação da série	Parâmetros	Origem dos dados	Localização – UTM 23S – Sirgas 2000			Intervalo amostral	Período de análise
			Longitude (m)	Latitude (m)	Altitude		
CFSR	Temperatura, umidade relativa, pressão atmosférica	CFSR <sup>1</sup>	246661,29	7288120,72	0 m	1 h	01/01/1979 - 31/12/2010
IOUSP	Temperatura, umidade relativa, pressão atmosférica, ventos	IOUSP <sup>2</sup>	204299,08	7229637,11	0 m	3 min	09/11/2012 – 31/03/2016
Iguape		INMET <sup>3</sup>	242852,51	7269209,84	10 m	3 h	01/01/2005 – 01/01/2007
Maratayama	Ventos	REASoN CAN <sup>4</sup>	231803,36	7227994,89	10 m	3 h	01/01/1988 – 31/12/2012
Cananéia	Precipitação	DAEE-SP <sup>5</sup>	202069,69	7239234,87	7 m	Diária	03/1954 – 12/2015
Ilha Comprida			217151,38	7243212,60	2 m		10/1959 – 06/2000
Iguape			240282,41	7265836,93	3 m		06/1951 – 12/2015

<sup>1</sup> Reanálise CFSR (*Climate Forecast System Reanalysis*) - NCEP (*National Center for Environmental Prediction*). Disponível em <http://rda.ucar.edu/datasets/ds093.1>

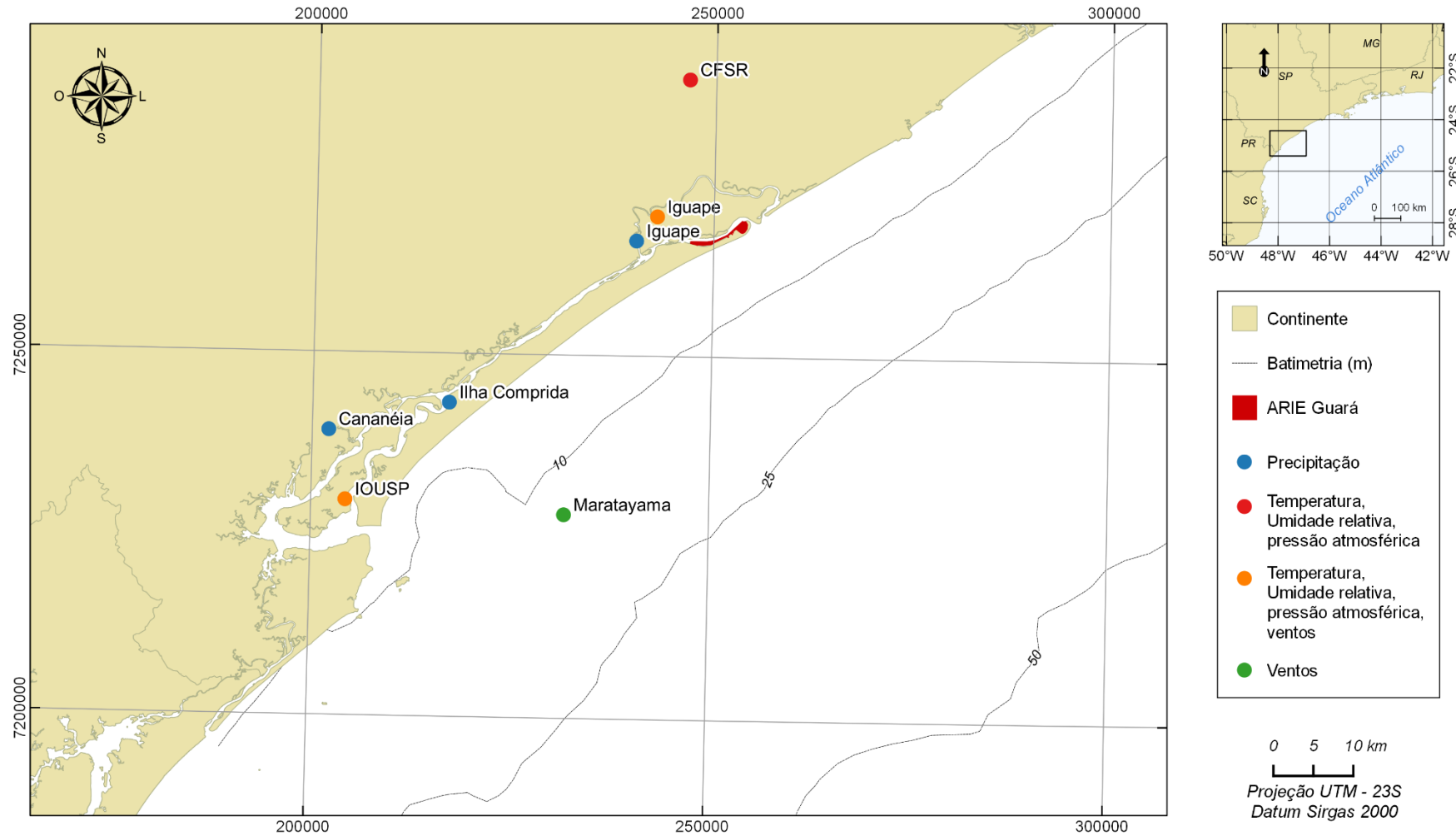
<sup>2</sup> Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo – IOUSP. Disponível em <http://labdados.io.usp.br/>

<sup>3</sup> Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br>

<sup>4</sup> NASA *Earth Science Data and Information System*: REASoN CAN - *A Cross-Calibrated, Multi-Platform Ocean Surface Wind Velocity Product*. Disponível em [https://podaac.jpl.nasa.gov/dataset/CCMP\\_MEASURES\\_ATLAS\\_L4\\_OW\\_L3\\_0\\_WIND\\_VECTORS\\_FLK](https://podaac.jpl.nasa.gov/dataset/CCMP_MEASURES_ATLAS_L4_OW_L3_0_WIND_VECTORS_FLK)

<sup>5</sup> DAEE-SP – Departamento de Água e Energia Elétrica do Estado de São Paulo. Disponível em <http://www.daae.sp.gov.br/>

Figura 2.1-1 – Locais de obtenção dos dados utilizados na caracterização Climática e Meteorológica da ARIEG.



## 2.2 CARACTERIZAÇÃO DA GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA MARINHA

Para a caracterização da geologia e geomorfologia marinha foram utilizadas informações da literatura especializada e dados obtidos na área de estudo.

Para as distribuições espaciais foram utilizadas as seguintes fontes de dados:

- 1) Batimetria – fonte de dados de acordo com de Caroli *et al.*, (2010), que analisou e combinou dados coletados *in situ*, com dados de cartas náuticas e medidos por satélite. Dados para a Plataforma Continental de São Paulo.
- 2) Teor de areia, lama, silte, argila e carbonato, padrão textural do fundo marinho - Atlas Sedimentológico Plataforma Continental do Estado de São Paulo - ano 2011 - Grupo de Oceanografia Geológica – IOUSP - Escala: 1:1.000.000. Os valores encontram-se em porcentagem da fração no sedimento. Dados para a Plataforma Continental de São Paulo.
- 3) Nomenclatura e localização da fisiografia costeira, ambientes insulares, lajes e parcéis:
  - Projeto de Proteção e Limpeza da Costa (PPLC – [www.pplc.com.br](http://www.pplc.com.br));
  - Dias *et al.*, (2014);
  - Cartas náuticas da marinha do Brasil - nºs1634, 1635, 1641, 1642, 1643, 1644, 1645, 1703, 1711, 19001, 19002, 23100, 23200.
- 4) Fisiografia costeira – Informações provenientes do Atlas de Sensibilidade ao Óleo da Baía de Santos (MMA, 2007), Projeto de Proteção e Limpeza da Costa (PPLC – [www.pplc.com.br](http://www.pplc.com.br)), Dias *et al.*, (2014) e ortofotos provenientes de Emplasa - Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S.A, para os anos de 2010 e 2011. Foram analisadas as fisionomias ao longo da linha de costa, e classificadas como:
  - Costão rochoso; Substrato consolidado;
  - Praia arenosa;
  - Planície de maré;
  - Delta, barra, margem de rio; Banhado; Manguezal.
- 5) Imageamento: nas imagens de linhas de costa, ilhas e desembocaduras de rios foram utilizadas as seguintes fontes:
  - Ortofotos e imagens de satélite de Emplasa - Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S.A, para os anos de 2010 e 2011;
  - Imagens de satélite de Digital Globe, disponíveis através de Google Earth Pro, de acordo com a data detalhada em cada figura.

## 2.3 CARACTERIZAÇÃO DA OCEANOGRAFIA FÍSICA

Para a caracterização da oceanografia física foram utilizadas informações da literatura especializada e dados obtidos na área de estudo.

Para as distribuições espaciais foram utilizadas as seguintes fontes de dados:

- 1) Temperatura, salinidade e correntes – Consórcio HYCOM, que simula a variação de correntes, temperatura e salinidade ao longo do globo, com resolução espacial de  $0,08^\circ$  e temporal de 3 h, incorporando nas reanálises temperatura e salinidade medidos por satélite e validação de correntes com dados observados. Foram utilizados dados desde 1996 a 2012. Deste banco de dados também foram extraídas séries pontuais, descritas no **Quadro 2.3-1**. Mais detalhes deste banco de dados estão disponíveis em <http://www.hycom.org>.
- 2) Temperatura da superfície do mar - *Group for High Resolution Sea Surface Temperature* – GHRSSST, que disponibiliza dados coletados por satélites para a temperatura da superfície do mar, com médias diárias e resolução espacial de  $0,01^\circ$ . Foram utilizados dados desde 2002 a 2015. Deste banco de dados também foram extraídas séries descritas no **Quadro 2.3-1**. Mais detalhes deste banco de dados estão disponíveis em <https://www.ghrsst.org/>.
- 3) Temperatura e salinidade – Foram obtidos dados de temperatura e salinidade, da superfície a profundidade de 200 m, ao longo de toda a Plataforma Continental de São Paulo junto ao Banco Nacional de Dados Oceanográficos. Estes dados foram coletados entre 1957 e 1996. Também foram obtidos dados de temperatura e salinidade da água do mar nas proximidades da ARIEG proveniente do monitoramento de qualidade de água realizado pela CETESB. Estes dados foram separados por estação do ano e sua distribuição espacial pode ser observada na **Figura 2.3-1**.
- 4) Ondas – Foram obtidos dados de altura, direção e período de onda para a Plataforma Continental de São Paulo, com limite batimétrico de 50 m junto ao *Marine Modeling and Analysis Branch of the Environmental Modeling Center - NCEP - Wavewatch III Global*. Foram utilizados dados do período de 01/01/1997 – 31/12/2009, com resolução temporal de 3 h e espacial de  $0,25^\circ$ . Deste banco de dados também foi extraída série para análise temporal, descrita no **Quadro 2.3-1**. Mais detalhes deste banco de dados podem ser obtidos em <http://polar.ncep.noaa.gov/>.
- 5) Variação do nível do mar – para avaliação espacial da variação do nível do mar devido a fenômenos gravitacionais foi utilizado o banco de dados de TPXO 7.2 que, a partir de medições de satélite, obteve-se as principais componentes harmônicas de maré para todo o globo com resolução de  $0,25^\circ$ . De posse destes harmônicos para a região da Plataforma Continental de São Paulo, foram calculadas previsão de maré para o ano de 2015, a partir do software de Pawlowicz *et al.*, (2002), estabelecendo-se a variação máxima da maré em toda a área de estudo. Mais informações sobre este bando de dados podem ser obtidas em <http://volkov.oce.orst.edu/tides/global.html>

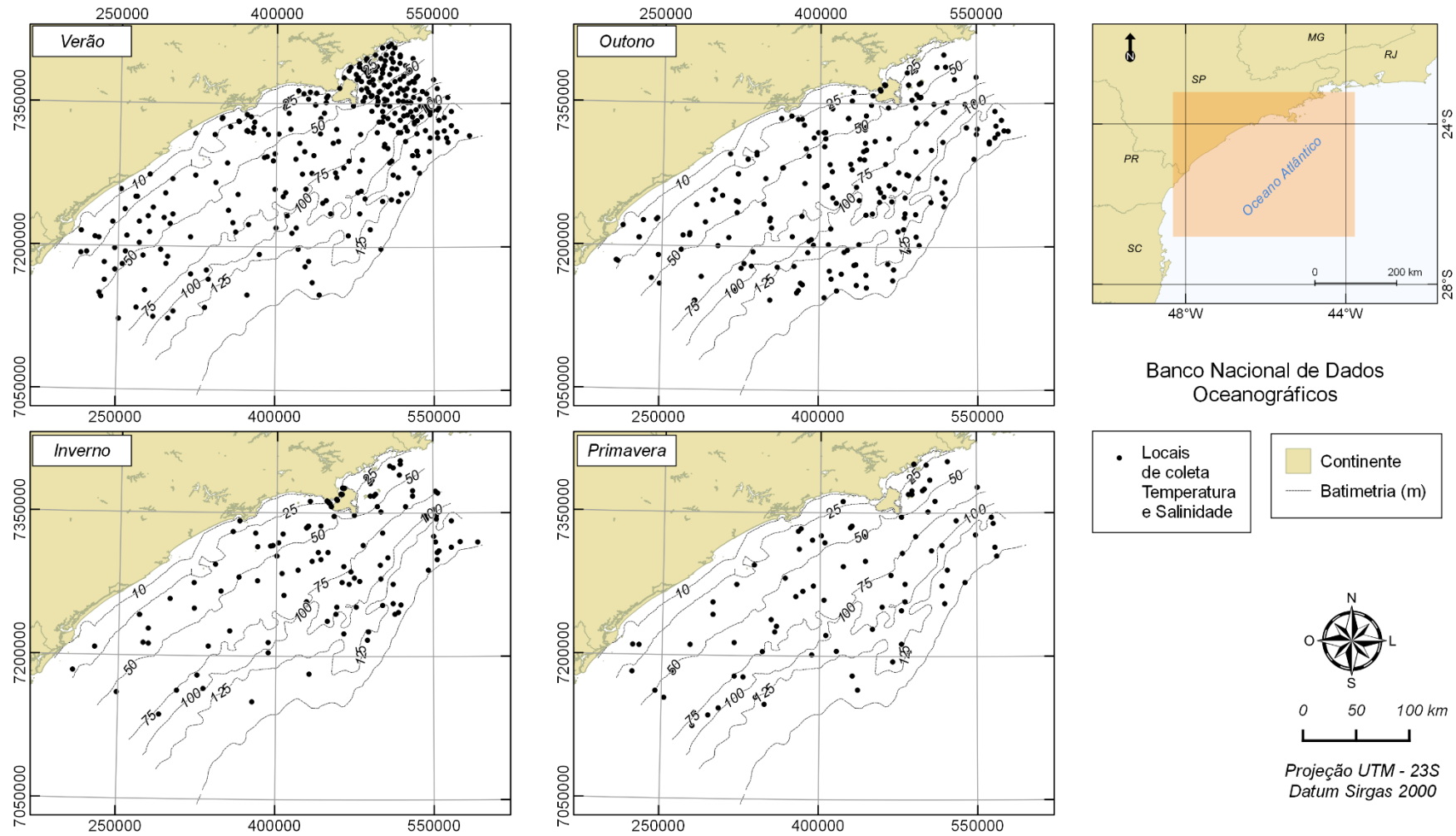
Para as séries temporais utilizadas, as fontes de dado e características estão descritas no **Quadro 2.3-1**, e a localização geográfica na **Figura 2.3-2**.

Para as ondas e correntes foram realizadas análises extremos. Esta análise foi realizada a partir de distribuições conhecidas como Valores Extremos Generalizados (VEG) – descritas por Fisher & Tippett (1928). Neste estudo foram analisados os parâmetros VEG pelo método de Probabilidade de Momentos Moderados (HOSKING *et al.*, 1985) e, por meio de Brodtkorb *et al.*, (2000) foram calculadas as probabilidades de ocorrências e tempos de retorno por meio de distribuição Weibull – descrita por Weibull (1951).

Para análise dos dados variação do nível do mar para avaliação de ressacas, os dados foram filtrados para retirada de variações do nível do em frequências inferiores a 40 h (foram retiradas as variações do nível do mar causadas por fenômenos astronômicos), utilizando-se o filtro Lanczos quadrado, de acordo com Walters & Heston (1982).

Com relação à sazonalidade, neste estudo foi utilizado o critério de estações meteorológicas, ou seja, o verão é compreendido entre dezembro e fevereiro, o outono de março a maio, inverno de junho a agosto e primavera de setembro a novembro. Quando citado o verão de um ano específico, o mês de dezembro representa o ano anterior. Por exemplo, o verão de 1995 contempla o mês de dezembro de 1994 e os meses de janeiro e fevereiro de 1995.

Figura 2.3-1 – Locais de coleta de dados de temperatura e salinidade obtidos junto ao Banco Nacional de Dados Oceanográficos. Os painéis superiores mostram dados coletados no verão (esquerda) e outono (direita) e os inferiores no inverno (esquerda) e primavera (direita).



Quadro 2.3-1 – Séries de dados utilizados para a caracterização oceanográfica da área de estudo da ARIEG.

Identificação da série	Parâmetros	Origem dos dados	Localização – UTM 23S – Sirgas 2000			Intervalo amostral	Período de análise
			Longitude (m)	Latitude (m)	Profundidades (m)		
Maratayama	Correntes, temperatura e salinidade	Hycom Consortium <sup>1</sup>	245570,11	7237118,37	0, 6, 10	3 h	01/01/1996 – 31/12/2012
Maratayama	Temperatura da superfície do mar	GHRSSST <sup>2</sup>	243462,34	7237855,13	0	Diária	01/01/2003 – 31/12/2015
APAMLS	Ondas – altura direção e período	NCEP-WW3 <sup>3</sup>	235321,01	7218634,51	0	3 h	01/01/1997 – 31/12/2009
Cananéia	Elevação do nível do Mar	GLOSS <sup>4</sup>	204299,08	7229637,11	0	1h	02/1954 – 04/2007
P1 - CETESB	Temperatura e salinidade	CETESB <sup>5</sup>	246379,00	7266044,00	Superfície, meia água e fundo	Semestral	2013-2015
P2 - CETESB	Temperatura e salinidade	CETESB <sup>5</sup>	241203,00	7263550,00	Superfície, meia água e fundo	Semestral	2013-2015

<sup>1</sup> HYCOM Consortium Global Reanalysis. Dados disponíveis em <http://www.hycom.org>.

<sup>2</sup> Group for High Resolution Sea Surface Temperature – GHRSSST. Dados disponíveis em <https://www.ghrsst.org/>.

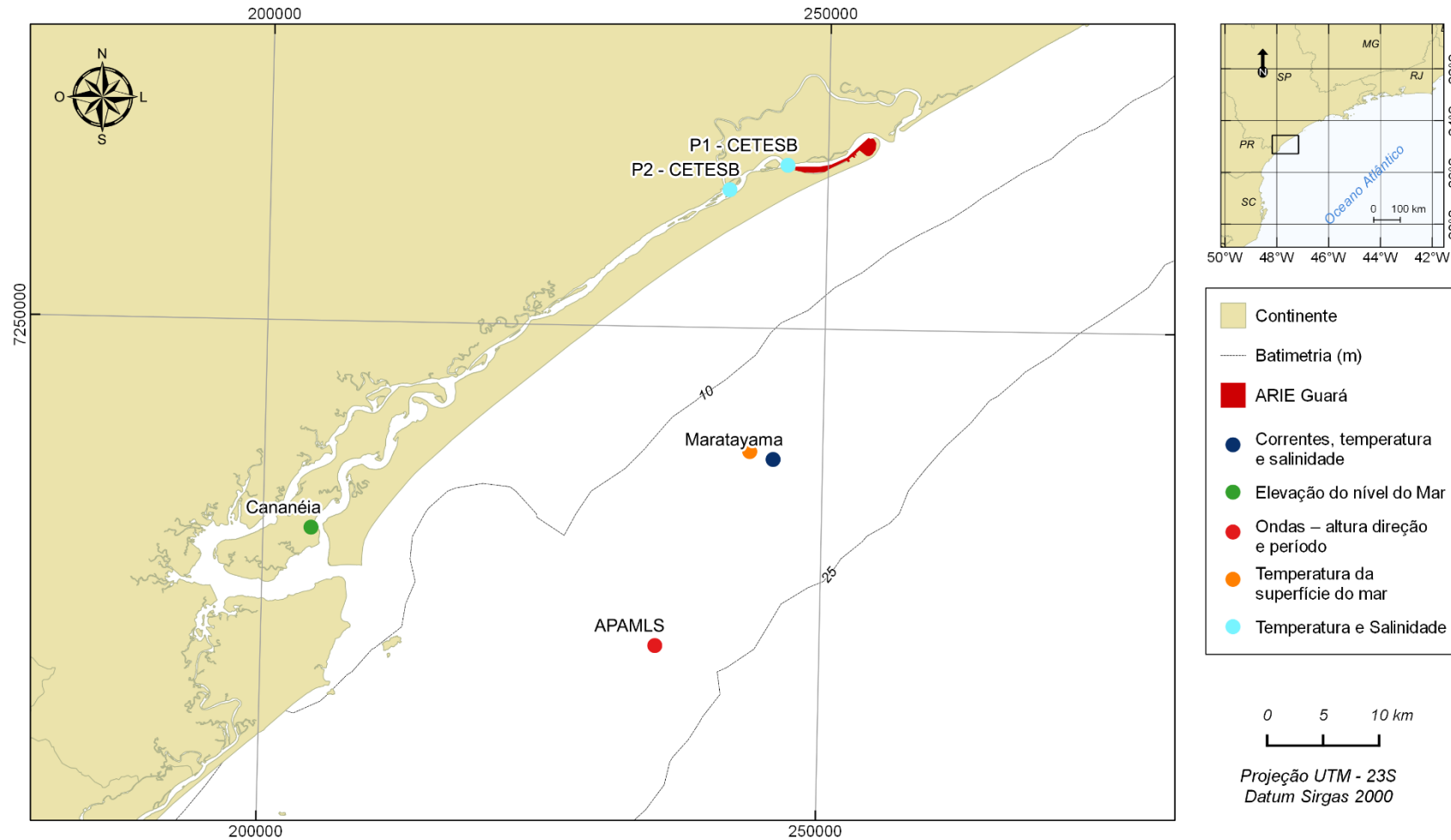
<sup>3</sup> Marine Modeling and Analysis Branch of the Environmental Modeling Center - NCEP - Wavewatch III Global. Dados disponíveis em <http://polar.ncep.noaa.gov/>.

<sup>4</sup> Global Sea Level Observing System - Brasil. Dados disponíveis em <http://www.goosbrasil.org/gloss/dados/>.

<sup>5</sup> Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB. Relatórios disponíveis em <http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/publicacoes-e-relatorios/>



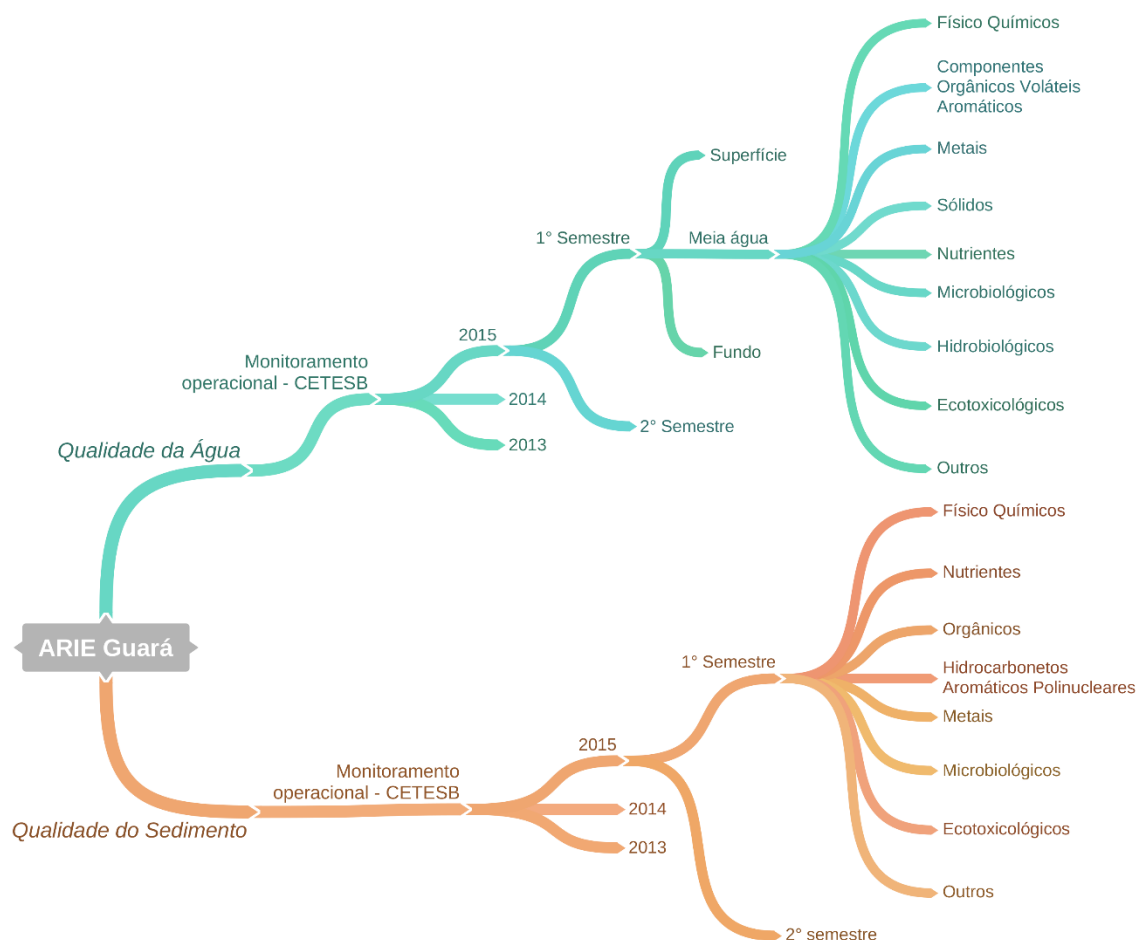
Figura 2.3-2 – Localização dos pontos de obtenção de dados utilizados no diagnóstico oceanográfico.



## 2.4 QUALIDADE DE ÁGUA E SEDIMENTOS

Para a análise da qualidade da água e sedimentos no entorno da ARIEG foram utilizados os dados apresentados na **Figura 2.4-1**.

**Figura 2.4-1** – Dados utilizados para o diagnóstico de qualidade de água e sedimento na ARIEG e entornos. Os grupos de compostos analisados estão apresentados somente para o ano 2013 no 1º semestre, porém, são representativos também para o 2º semestre de 2013 e para os anos de 2014 e 2015 (1º e 2º semestres) e em todas as profundidades (qualidade de água – monitoramento operacional CETESB). Os compostos analisados em cada grupo estão disponíveis no Quadro 2.4-1 e no Quadro 2.4-2.



A **Figura 2.4-1** mostra que para análise de qualidade de água e sedimentos na região da ARIEG foram utilizados os monitoramentos operacionais semestrais realizados pela CETESB (Rede Costeira para o Litoral Sul). Essa escolha se deu devido à relativa alta frequência de análise destes locais, o que favorece a comparação entre os diversos pontos e períodos de análise. Foram analisados dados referentes aos anos de 2013 (CETESB, 2014), 2014 (CETESB, 2015) e 2015 (CETESB, 2016), com campanhas semestrais (1º e 2º semestres), com análises em superfície, meia água e fundo (para a qualidade de água). Os monitoramentos analisam os compostos de acordo com o **Quadro 2.4-1** (qualidade de água) e o **Quadro 2.4-2** (qualidade do sedimento). Todos estes dados foram incorporados ao Banco de Dados Geográficos deste estudo.

Quadro 2.4-1 – Compostos analisados no monitoramento de qualidade de água. Fonte: CETESB (2016).

Grupo	Análises
Físico Químicos	Transparência
	Condutividade
	OD
	pH
	Salinidade
	Temperatura da Água
	Turbidez
Compostos Orgânicos Voláteis Aromáticos	Benzeno
	Estireno
	Etilbenzeno
	m,p Xileno
	o Xileno
	Tolueno
Metais	Alumínio Dissolvido
	Boro Total
	Cádmio Total
	Chumbo Total
	Cobre Dissolvido
	Cromo Hexavalente
	Cromo Total
	Estanho Total
	Ferro Dissolvido
	Níquel Total
	Zinco Total
	Sólidos
Sólidos Dissolvidos Totais	
Sólidos Dissolvidos Voláteis	
Sólidos Suspensos Fixos	
Sólidos Suspensos Voláteis	
Sólidos Totais	
Sólidos sedimentáveis	
Nutrientes	Carbono Orgânico Total
	Orto-fosfato Solúvel
	Fósforo Total

Grupo	Análises
	Nitrogênio Amoniacal Total
	Nitrogênio Kjeldahl Total
	Nitrogênio Nitrato
	Nitrogênio Nitrito
Outros	Fenóis Totais
	Óleos e Graxas Totais
Microbiológicos	Coliformes Termotolerantes
	Enterococos
Hidrobiológico	Clorofila-a
	Feofitina-a
Ecotoxicológicos	Toxicidade Aguda <i>Vibrio fischeri</i>

Quadro 2.4-2 – Compostos analisados no monitoramento de qualidade de sedimento. Fonte: CETESB (2016).

Grupo	Análises
Físico Químicos	pH
	Potencial Redox
Nutrientes	Fósforo Total
	Nitrogênio Kjeldahl Total
Outros	Sólidos Fixos
	Sólidos Totais
	Sólidos Voláteis Totais
	Umidade
Orgânicos	Carbono Orgânico Total
	Fenóis Totais
	Óleos e Graxas Totais
Hidrocarbonetos Aromáticos Polinucleares	Acenafteno
	Antraceno
	Benzo(a)antraceno
	Benzo(a)pireno
	Benzo(b)fluoranteno
	Benzo(g,h,i)perileno
	Benzo(k)fluoranteno
	Criseno
	Dibenzo(a,h)antraceno

Grupo	Análises
	Fenantreno
	Fluoranteno
	Fluoreno
	Indeno(1,2,3-cd)pireno
	Naftaleno
	Pireno
Metais	Alumínio Total
	Arsênio Total
	Cádmio Total
	Chumbo Total
	Cobre Total
	Cromo Total
	Estanho Total
	Ferro Total
	Níquel Total
	Zinco Total
Microbiológicos	Clostridium perfringens
	Coliformes Termotolerantes
Ecotoxicológicos	Toxicidade crônica ( <i>Lytechinus variegatus</i> )
	Toxicidade crônica ( <i>Leptocheirus plumulosus</i> )

A Rede de Monitoramento das Águas Costeiras da CETESB, embora relativamente nova, oferece valiosas informações sobre a qualidade dessas águas. Contudo, dados apresentados de forma discreta fornecem informações limitadas no que se refere ao diagnóstico geral das áreas monitoradas. Não obstante, estas informações podem ser usadas na gestão da qualidade dessas águas e estão disponíveis no Banco de Dados Geográficos deste Projeto.

No sentido de aperfeiçoar a apresentação e integrar as informações geradas optou-se por apresentar os resultados por meio do cálculo de um Índice de qualidade para as águas costeiras que possa agregar os dados mais relevantes gerando uma classificação que reflete um diagnóstico das áreas avaliadas no litoral paulista.

Com esse objetivo foi empregada a metodologia do Índice de Qualidade de Águas Costeiras (IQAC) elaborado pelo CCME - *Canadian Council of Ministers of the Environment* (2001), pois se trata de uma ferramenta devidamente testada e validada com base estatística e aplicável também para águas salinas e salobras.

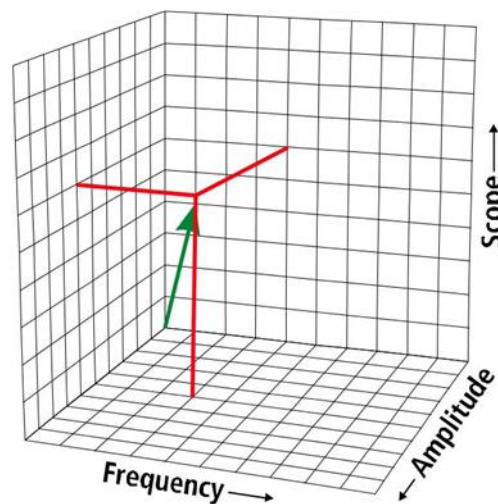
O método Canadense consiste de uma análise estatística que relaciona os resultados obtidos nas análises com um valor padrão para cada parâmetro incluído no cálculo. Por ser um método estatístico, o modelo não pode ser utilizado para menos de 4 valores. Para tanto, o índice foi calculado para cada ponto de

amostragem utilizando-se os resultados obtidos nas três profundidades em duas campanhas, totalizando 6 valores.

A metodologia Canadense contempla 3 fatores principais que se referem às desconformidades em relação a um padrão legal ou valor de referência (**Figura 2.4-2**):

1. Parâmetros ou abrangência (*Scope*)
2. Frequência
3. Amplitude

Figura 2.4-2 – Modelo conceitual do Índice de Qualidade de Águas Costeiras (IQAC). Fonte: CETESB (2016).



#### 1. Abrangência: Parâmetros Desconformes – F1

Este fator do índice avalia a quantidade de parâmetros que apresenta não conformidades. Uma área que apresente desconformidade em poucos parâmetros será menos penalizada no cálculo do que uma área que apresente desconformidade em muitos parâmetros analisados. Este fator não considera a frequência das não conformidades de forma que apenas uma ocorrência é suficiente para a inclusão do parâmetro. No **Quadro 2.4-3** são apresentados os parâmetros selecionados para compor o índice.

#### 2. Frequência de desconformidade - F2

Este fator avalia a quantidade de não conformidades como um todo e não diferencia os parâmetros entre si. Desta forma, uma área que tenha poucos parâmetros com não conformidades e que estes parâmetros apresentem resultados sistematicamente não conformes será penalizada da mesma forma que uma área em que muitos parâmetros apresentem não conformidades ocasionais. Este fator temporal é impactado pelo fato da CETESB não realizar quatro amostragens anuais. A deficiência em número de campanhas por ano foi compensada considerando-se as amostras de superfície, meio e fundo de cada uma das duas campanhas anuais realizadas atualmente.

### 3. Amplitude da desconformidade – F3

Este fator avalia a amplitude das não conformidades. Neste caso a quantidade de amostras desconformes e a amplitude do desvio em relação ao padrão utilizado serão determinantes. Desta forma um valor 50% acima do padrão teria um peso igual a dois valores que excedessem em apenas 25%. Cada amostra não conforme deve ser comparada ao padrão e o valor total dos desvios deve ser somado.

**Quadro 2.4-3 - Parâmetros que compõem o Índice de Qualidade de Águas Costeiras. Fonte: CETESB (2016).**

Qualidade das Águas (357/05)		Padrões legais para Classe 1	
PARÂMETROS	UNIDADE	ÁGUA SALINA	ÁGUA SALOBRA
pH		6,5 a 8,5	6,5 a 8,5
OD	mg/L	6,0	5,0
Fósforo total	mg/L	0,062	0,124
COT	mg/L	3,0	3,0
Nitrogênio amoniacal	mg/L	0,4	0,4
Fenóis totais	mg/L	0,1	0,003
Clorofila <i>a</i>	µg/L	2,5	10
Enterococos	UFC/100 mL	100	100
Coliformes termotolerantes	UFC/100 mL	1.000	1.000

Também como forma de análise da qualidade das águas costeiras na ARIEG e entornos, foi utilizado o Índice de Estado Trófico Costeiro – IETC. Para se definir o índice trófico a ser utilizado, foram observadas outras classificações feitas para ambientes marinhos dividindo o estado trófico em 4 classes, considerando, além da Clorofila *a*, as concentrações dos nutrientes fósforo e nitrogênio (**Quadro 2.4-4**).

**Quadro 2.4-4 - Classes de níveis tróficos para IETC. Fonte: CETESB (2016).**

Estado trófico	Clorofila <i>a</i> (µg/L)	Nitrogênio (mg/L)	Fósforo (mg/L)
Baixo	1 < CL	< 0,26	< 0,04
Médio	1 - 3	0,26 - 0,35	0,01 - 0,04
Alto	3 - 5	0,35 - 0,40	0,03 - 0,04
Hipereutrófico	> 5	> 0,40	H > 0,04

Já para os resultados da qualidade dos sedimentos foram empregados três índices: qualidade química, ecotoxicológica e microbiológica, que também resultam na classificação em cinco categorias. Como não existem padrões de qualidade de sedimentos na legislação brasileira, a CETESB utiliza no caso de substâncias tóxicas os limites do CCME (TEL - *threshold effect level* e PEL - *probable effect level*) e para as concentrações de outras substâncias como nutrientes, adota alguns valores de referência propostos pela CETESB baseados em bibliografia e resultados dos monitoramentos realizados na zona costeira (BERBEL, 2008).

A classificação por meio de qualidade química considera como qualidade Ótima, para cada contaminante, concentrações inferiores ao *Interim Sediment Quality Guidelines* (ISQG). A qualidade Boa, a faixa entre ISQG, inclusive, e a concentração correspondente a 50% da distância entre ISQG e PEL3, somado a ISQG. A qualidade Regular, a faixa superior a 50% da distância entre ISQG e PEL, somado a ISQG e inferior a PEL. A qualidade Ruim, a faixa entre PEL, inclusive, e a concentração correspondente a 1,5 x de seu próprio valor. E a qualidade Péssima acima de 1,5 x PEL. As faixas utilizadas para os diversos contaminantes para a caracterização dos sedimentos com relação aos parâmetros químicos encontram-se no **Quadro 2.4-5**. Assim, considerou-se a pior situação dentro da série de contaminantes avaliados, quando as concentrações encontradas superam significativamente o valor de PEL (em mais de 50%) e, na ocorrência de bioacumuláveis (organoclorados) acima de PEL (classificação ruim ou péssima) considera-se piora do diagnóstico em uma classe. Essa linha justifica-se pelo fato de que em termos biológicos, um único contaminante em concentração elevada seria suficiente para causar dano a uma população (KUHLMANN *et al.*, 2007).

**Quadro 2.4-5 - Faixas de concentração de contaminantes químicos para classificação de sedimentos. Fonte: CETESB (2016).**

	ÓTIMA	BOA	REGULAR	RUIM	PÉSSIMA
Acenafteno	<6,71	≥6,71 - 47,81	>47,81 - <88,9	88,9 - 133,35	>133,35
Antraceno	<46,9	≥46,9 - 146,0	>146,0 - <245,0	245,0 - 367,5	>367,5
Benzo(a)antraceno	<74,8	≥74,8 - 383,9	>383,9 - <693,0	693,0 - 1039,5	>1039,5
Benzo(a)pireno	<88,8	≥88,8 - 425,9	>425,9 - <763,0	763,0 - 1144,5	>1144,5
Criseno	<108	≥108 - 477	>477 - <846,0	846,0 - 1269,0	>1269,0
Dibenzo(a,h)antraceno	<6,22	≥6,22 - 70,61	>70,61 - <135,0	135,0 - 202,5	>202,5
Fenantreno	<86,7	≥86,7 - 141,95	>141,95 - <544,0	544,0 - 816,0	>816,0
Fluoranteno	<113	≥113 - 803,5	>803,5 - 1494,0	1494,0 - 2241,0	>2241,0
Fluoreno	<21,2	≥21,2 - 82,6	>82,6 - <144,0	144,0 - 216,0	>216,0
Naftaleno	<34,6	≥34,6 - 212,8	>212,8 - <391,0	391,0 - 586,5	>586,5
Pireno	<153	≥153 - 775,5	>775,5 - <1398,0	1398,0 - 2097,0	>2097,0
Arsênio total	<7,24	≥7,24 - 24,42	>24,42 - <41,6	41,6 - 62,4	>62,4
Cádmio total	<0,7	≥0,7 - 2,45	>2,45 - <4,2	4,2 - 6,3	>6,3
Chumbo total	<30,2	≥30,2 - 71,1	>71,1 - <112,0	112,0 - 168,0	>168,0
Cobre total	<18,7	≥18,7 - 63,35	>63,36 - <108,0	108,0 - 162,0	>162,0
Cromo total	<52,3	≥52,3 - 106,15	>106,15 - <160,0	160,0 - 240,0	>240,0
Zinco total	<124	≥124 - 197,5	>197,5 - <271,0	271,0 - 406,5	>406,5

Com relação a qualidade ecotoxicológica, o **Quadro 2.4-6** apresenta cinco faixas de classificação para os resultados, onde as amostras que não apresentam diferença significativa em relação ao controle (ausência de toxicidade) são classificadas como Ótimas. Por outro lado, nas amostras com toxicidade, a intensidade dos efeitos observados - a porcentagem de ocorrência de larvas normais nos ensaios com *Lytechinus variegatus* e a porcentagem de mortalidade nos ensaios com *Grandidierella bonnieroides* - foi utilizada para definir a classificação da amostra.

Além disso, tendo em vista a proteção do ambiente, quando os resultados dos dois ensaios apresentaram classificações diferentes para uma mesma amostra, foi utilizado o índice mais restritivo, primeiramente em cada campanha e posteriormente na classificação anual.



Quadro 2.4-6 - Classificação das amostras de acordo com os resultados ecotoxicológicos. Fonte: CETESB (2016).

CLASSIFICAÇÃO	<i>Grandidierella bonnieroides</i>	<i>Lytechinus variegatus</i>
Ótimo	Não tóxico <sup>(a)</sup>	Não tóxico <sup>(a)</sup>
Bom	-	71 a 80% de larvas normais
Regular	-	51 a 70% de larvas normais
Ruim	Mortalidade <50% <sup>(b)</sup>	26 a 50% de larvas normais
Péssimo	Mortalidade ≥50%	Até 25% de larvas normais

Para a avaliação da qualidade microbiológica de sedimentos usualmente é realizada a pesquisa e quantificação de *Clostridium perfringens* e de coliformes termotolerantes.

Os coliformes termotolerantes são os microrganismos de primeira escolha para avaliação da poluição de origem fecal no ambiente, uma vez que são constituídos predominantemente pela bactéria *Escherichia coli*, considerada atualmente o indicador mais adequado. Os clostrídios, também constituintes da flora fecal humana e de animais de sangue quente, são considerados importantes indicadores biológicos e a sua presença pode ser natural ou causada por descargas de origem antrópica. Por serem microrganismos produtores de esporos são capazes de resistir por muito mais tempo no ambiente em comparação aos coliformes termotolerantes. *Clostridium perfringens* é usado como indicador de poluição fecal remota. Sabe-se que a concentração desta espécie diminui com a profundidade e com a distância das fontes de esgoto.

Nos monitoramentos da CETESB, esses indicadores são analisados pela Técnica de Tubos Múltiplos, e, portanto, as concentrações nas amostras de sedimento são expressas em “Número Mais Provável” (NMP) por 100 gramas de amostra. A interpretação dos resultados pode ser de difícil compreensão já que não existem padrões ou valores orientadores para microrganismos neste compartimento, e *Clostridium perfringens* tem sido sempre detectado em concentrações bastante elevadas em todas as amostras de sedimento. Assim, a fim de interpretar esta informação, a CETESB elaborou uma proposta tentativa de classificação em cinco categorias utilizando-se os resultados obtidos desde 2006 em várias regiões do litoral, como o nível de impacto (baixo impacto: Cocanha e Mar de Cananéia; médio impacto: Saco da Ribeira e Canal de São Sebastião; alto impacto: Canal de Santos, Canal de São Vicente e Canal de Bertoga), a qualidade dos compartimentos água e sedimento nessas regiões e a presença de descargas de esgoto doméstico. Esta análise associada ao conjunto de resultados de quatro anos de monitoramento permitiu construir a proposta de classificação. O **Quadro 2.4-7** apresenta esta classificação.

Quadro 2.4-7 - Classificação para os parâmetros microbiológicos do sedimento. Fonte: CETESB (2016).

CATEGORIA	CTt	<i>Clostridium perfringens</i>
ÓTIMA	≤ 200	≤ 10.000
BOA	≤ 500	≤ 50.000
REGULAR	≤ 1.000	≤ 100.000
RUIM	≤ 10.000	≤ 500.000
PÉSSIMA	> 10.000	> 500.000

Com relação aos pontos da Rede Costeira no Litoral Sul que foram utilizados neste diagnóstico, os pontos de monitoramento no Litoral Sul consideram a necessidade de preservação do ambiente, bem como potencial de impacto da poluição oriunda de fontes difusas, como a ocupação humana, expansão imobiliária e de serviços, presença de marinas, atividade portuária, efluentes de emissários, maricultura e aporte fluvial. O **Quadro 2.4-8** e a **Figura 2.4-3** mostram os pontos utilizados neste diagnóstico.

**Quadro 2.4-8 – Locais de amostragem da Rede Costeira no Litoral Sul do Estado de São Paulo utilizados neste diagnóstico. Fonte: CETESB (2016).**

<b>Ponto</b>	<b>Longitude (m)</b>	<b>Latitude (m)</b>
Mar Pequeno 1	246379	7266044
Mar Pequeno 2	241203	7263550
Mar Pequeno 3	234939	7259450

Figura 2.4-3 – Mapa com os pontos de monitoramento da Rede Costeira no Litoral Sul. Fonte dos locais de análise: CETESB (2016).

