

## 7. COMPILAÇÃO: Enseadas de Sepetiba e de Marambaia

*Uma pessoa inteligente resolve um problema, um sábio previne.*  
Albert Einstein

Os dados aqui apresentados foram obtidos por Morales (2012) e Rocha (2011) em suas respectivas dissertações de mestrado. O foco de estudo é a baía de Sepetiba, constituída pelas enseadas de Sepetiba (que representa a parte mais proximal da baía), enseada da Marambaia (situada no terço médio da baía) e a enseada de Mangaratiba (localizada próximo ao canal da Ilha Grande, já em contato direto com o mar aberto), tendo sido estudada pelos autores, as duas primeiras.

A baía de Sepetiba é uma região tipicamente pesqueira e com histórico de urbanização e industrialização, havendo inclusive, ocorrências de vazamento industrial. Também se caracteriza por sua atividade portuária.

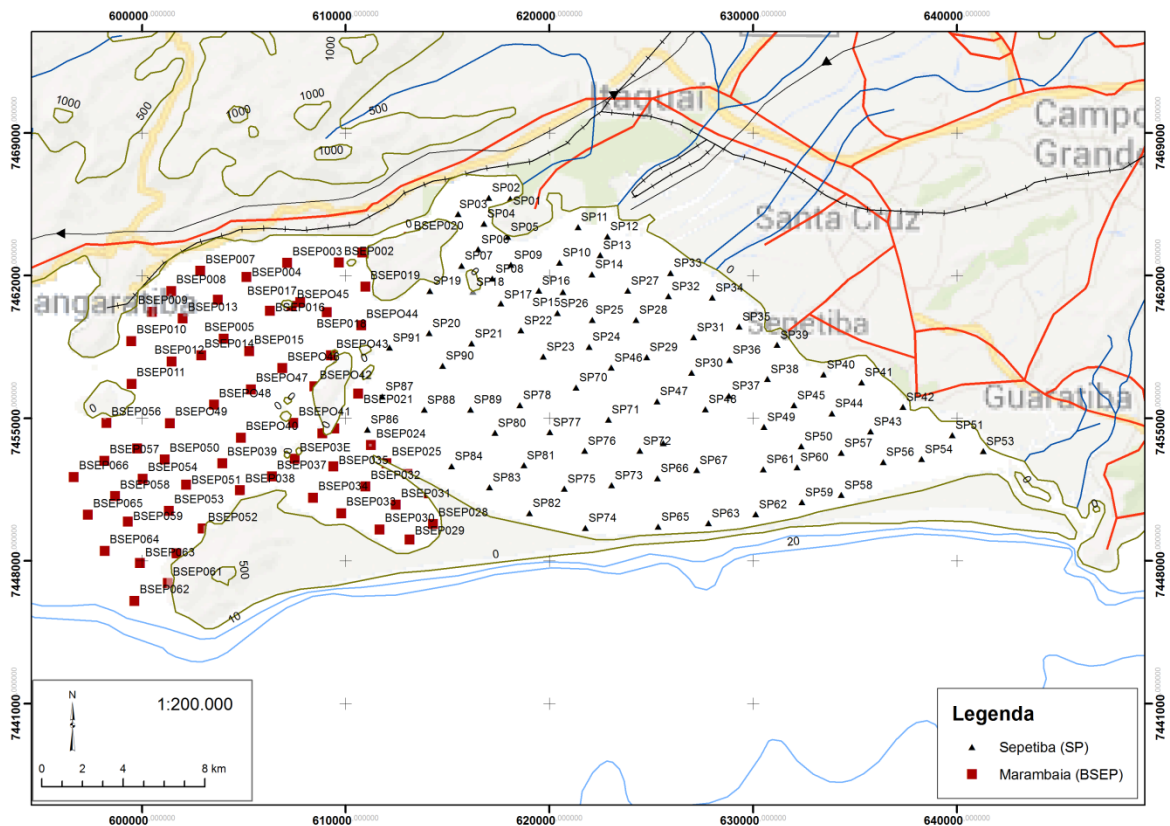
### 7.1. Material e métodos

As campanhas de coleta de amostras foram realizadas, entre os anos de 2009 e 2011. Nas enseadas de Sepetiba e Marambaia foram coletadas 156 amostras, sendo 91 na enseada de Sepetiba (localizada entre Pedra de Guaratiba e a Ilha de Itacuruça) e 67 na enseada de Marambaia (localizada entre a Ilha de Itacuruça, Ilha da Marambaia e ponta de Itaoca), com o auxílio do amostrador de fundo *Van Veen* (Figura 9). Cada campanha foi realizada em um período de três dias (Figura 9).

As amostras foram peneiradas com malha de 200 (0,074mm) e separadas duas alíquotas, sendo uma para análise por digestão total e uma para lixiviação. As amostras foram encaminhadas para o Laboratório ActLabs para análise por digestão total e aos laboratórios de Geoquímica da UniCamp e de Águas na PUC-RJ para análise de lixiviação (contudo os dados de lixiviação não foram utilizados nesse trabalho).

As concentrações de metais foram obtidas por ICP-MS e TD-ICP. As análises ainda contemplaram razões isotópicas (assinaturas isotópicas) dos isótopos estáveis de chumbo, para caracterização das fontes de metais.

Figura 9 - Distribuição dos pontos de coleta das enseadas de Sepetiba e Marambaia



Fonte: A autora, 2015

## 7.2. Resultados

As enseadas foram representadas conjuntamente e analisadas de forma simplificada junto às considerações dos autores.

### 7.2.1. Metais

A enseada de Sepetiba apresentou concentrações de U abaixo de limite de detecção (10 ppm) em todas as amostras, assim como as amostras da enseada Marambaia (Figura 10), com ocorrência de apenas uma amostra com valor mensurável no centro da enseada. Contudo as enseadas apresentaram concentrações muito elevadas de Zn, onde a enseada de Sepetiba apresentou concentrações uma ordem de grandeza acima das concentrações obtidas em Marambaia ( Tabela 2).

Figura 10 - Mapa de distribuição da concentração de chumbo, urânio e assinatura isotópica para as enseadas de Sepetiba e Marambaia. Compilado de Rocha (2011) e Morales (2012)

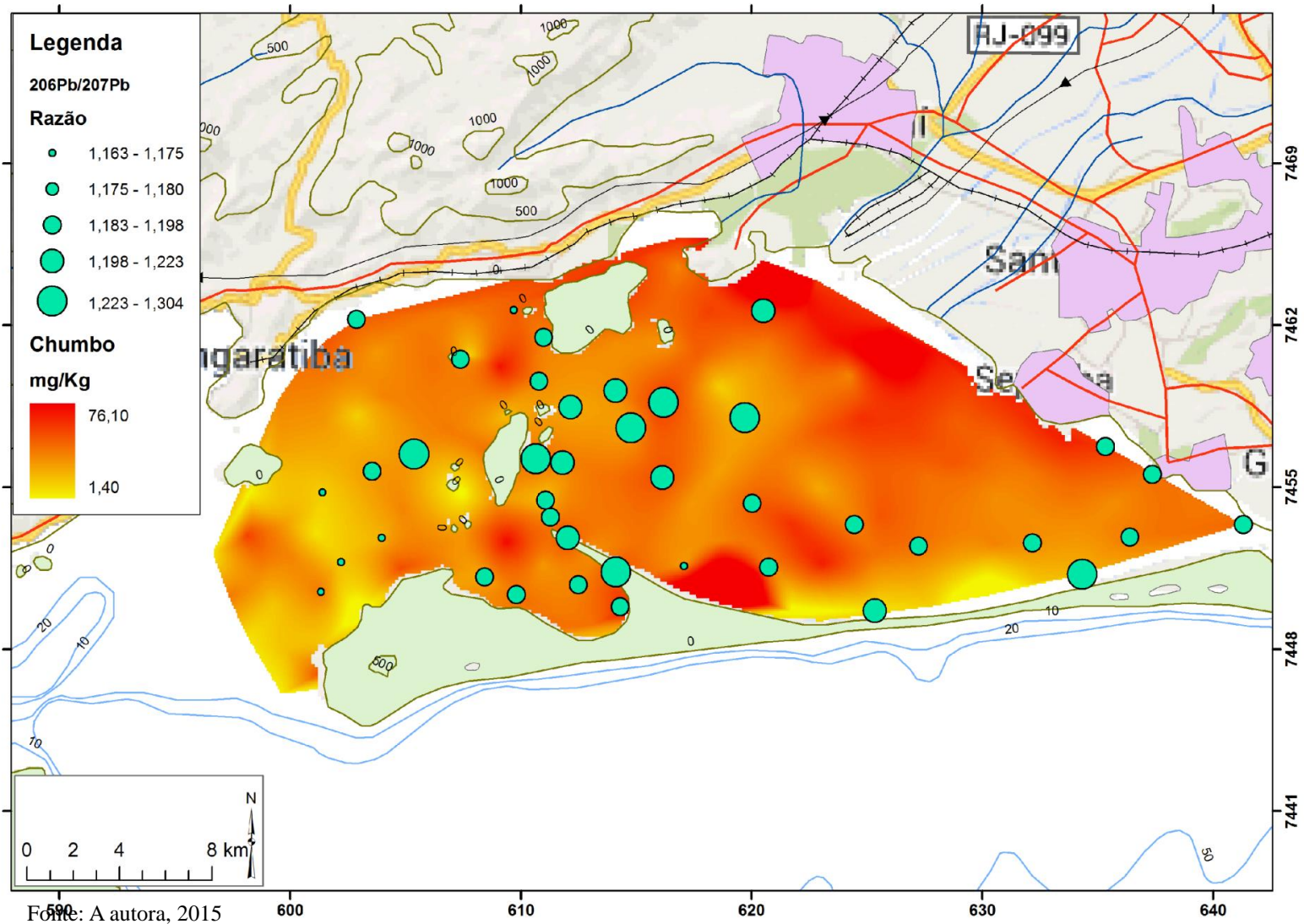


Tabela 2 - Concentrações de metais na enseada de Sepetiba

Elemento	Símbolo	Máximo (mg/Kg)	Mínimo (mg/Kg)	Média (mg/Kg)	Coef. de Variação (%)
Cádmio	Cd	23	0	2,94	98,89
Cobalto	Co	15	0	6,85	50,12
Cobre	Cu	1160	4	68,29	227,48
Chumbo	Pb	78	1	24,43	39,52
Cromo	Cr	103	1	57,33	29,62
Enxofre	S	21500	200	12600	44,78
Manganês	Mn	-	-	-	-
Níquel	Ni	51	2	22,01	32,74
Vanádio	V	105	0	73,28	34,55
Urânio	U	0	0	0	0
Zinco	Zn	3440	17	583,93	74,20

Fonte: A autora, 2015

Na enseada de Sepetiba foram obtidas concentrações máximas maiores do que as enseadas de Marambaia em todos os elementos, a exceção de Ni, assim como em concentrações médias, a exceção de V (Tabela 3).

Tabela 3 - Concentração de metais na enseada da Marambaia

Elemento	Máximo (mg/Kg)	Mínimo (mg/Kg)	Média (mg/Kg)	Coef. de Variação (%)
Cádmio	2,7	0	0,66	104,73
Cobalto	13	0	6,50	58,67
Cobre	303	9	62,59	94,89
Chumbo	35	5	20,07	29,66
Cromo	92	3	46,98	54,59
Enxofre	14700	1200	6700	51,60
Manganês	2450	80	679,70	51,57
Níquel	29	1	16,89	47,33
Vanádio	94	0	51,30	57,69
Urânio	10	0	1	96,74
Zinco	478	19	184,81	55,59

Fonte: A autora, 2015

Ainda em relação a concentração dos metais analisados, um aspecto a ser observado é

a grande variação nas concentrações dos elementos analisados, com coeficiente de variação superior a 30% nas enseadas de Marambaia e Sepetiba, podendo atingir mais de 200% na enseadas de Sepetiba. As maiores concentrações de metais são observadas no fundo da baía de Sepetiba, próximas ao centro urbano, parque industrial e desembocadura do rio Guandu (Figura 10). Também se observa que as concentrações são maiores no centro da baía, próximo ao continente.

### 7.2.2. Assinatura Isotópica

Com relação às assinaturas isotópicas, foram obtidos os valores conforme Tabela 4, onde as assinaturas obtidas em Sepetiba são mais radiogênicas do que as obtidas em Marambaia, a exceção das assinaturas  $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  (produto do decaimento do Th), com valores ligeiramente maiores para Marambaia

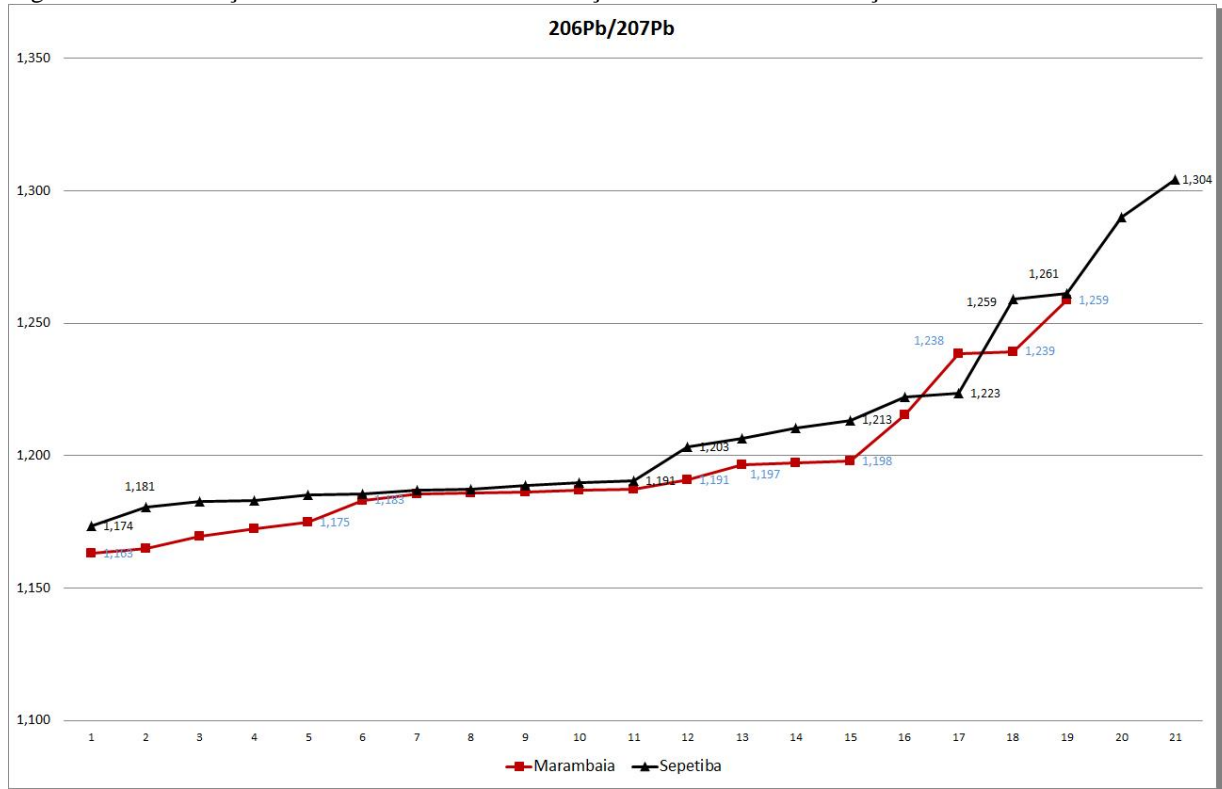
Tabela 4 - Razão isotópica de chumbo por enseada (Sepetiba e Marambaia)

	Enseada de Sepetiba (Pb/Pb)				Enseada de Mangaratiba (Pb/Pb)			
	206/204	207/204	208/204	206/207	206/204	207/204	208/204	206/207
Máxima	20,58	15,81	42,96	1,30	20,23	16,07	44,74	1,25
Mínima	18,26	15,53	38,09	1,17	18,10	15,51	38,33	1,16

Conforme curva de distribuição ( $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  x Amostra - Figura 11), ambas enseadas apresentam quatro intervalos de assinaturas isotópicas, onde se observa que os intervalos menos radiogênicos têm comportamento mais homogêneo do que os mais radiogênicos, sendo eles:

- Marambaia (1° Bsep) 1,163 a 1,175; (2° Bsep) 1,183 a 1,197; (3° Bsep) 1,198 a 1,238 e; (4° Bsep) 1,239 a 1,259;
- Sepetiba (1° SP) 1,174 a 1,191; (2° SP) 1,203 a 1,213; (3° SP) 1,223 a 1,259 e; (4° SP) 1,261 a 1,304.

Em Sepetiba o índice de correlação ( $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  x  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ) é de 44,89%, enquanto em Marambaia é de 66,98%. No entanto ambas as enseadas apresentam melhor correlação entre as razões  $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  x  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ , em 73,62 e 98,43%, respectivamente. As enseadas apresentam intervalos  $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  que se sobrepõe, tal como observado na Figura 11 e Figura 12. Contudo a enseada de Sepetiba apresenta um intervalo bem definido e exclusivo mais radiogênico.

Figura 11 - Distribuição das razões  $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  em relação ao número de observações

Fonte: A autora, 2015

Especialmente as assinaturas mais radiogênicas das enseadas de Marambaia e Sepetiba, correspondentes ao quarto intervalo têm relação com as menores concentrações de Pb. Na Figura 12, observa-se que as três assinaturas mais radiogênicas da enseada de Sepetiba se relaciona a baixas concentrações de Pb. Por outro lado, tanto na Figura 10 quanto na Figura 12, os demais intervalos têm comportamento mais heterogêneo em relação à concentração e distribuição espacial, ou seja, existe baixa relação entre as assinaturas isotópicas e as concentrações de Pb.

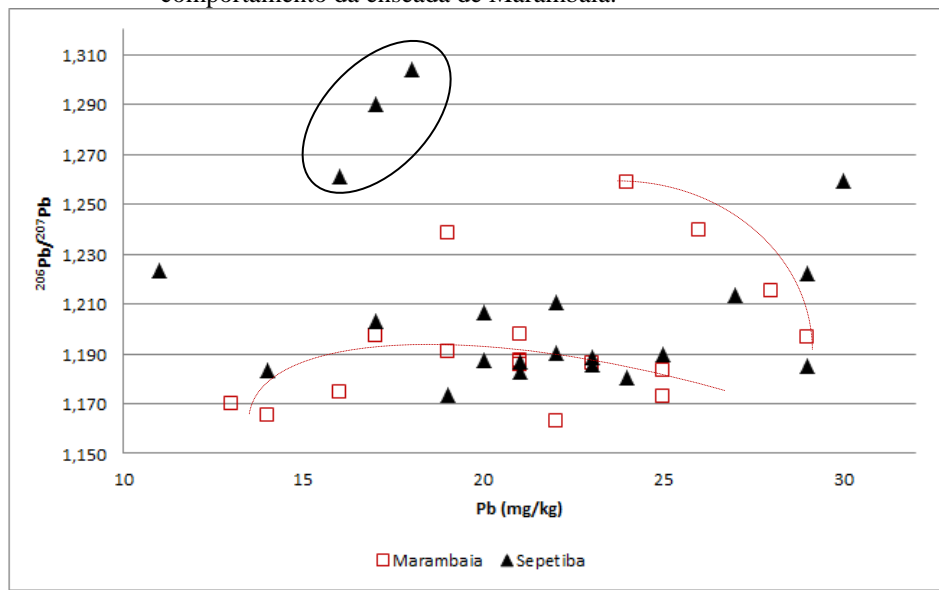
Referente as assinaturas isotópicas em relação às concentrações de Pb, pode-se observar que existe uma tendência a um comportamento diretamente proporcional, no intervalo exclusivo de Sepetiba. No grupo de assinaturas isotópicas correspondentes às amostras da enseada de Marambaia também se pode observar compartimentação de dois subgrupos com comportamento inversamente proporcional.

O índice de correlação para enseada de Sepetiba entre a assinatura isotópica ( $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ ) e alguns elementos são como se segue: Co: 16,87%; Ni: 30,34%; Pb: 8%; Zn: 22,22%, com um comportamento inversamente proporcional entre a concentração dos

elementos e as assinaturas isotópicas.

Enquanto o índice de correlação para enseada de Marambaia entre a assinatura isotópica ( $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ ) e alguns elementos são como se segue: Co: 22,57%; Ni: 60,87%; Pb: 16,82%; Zn: 23,56%, onde existe um comportamento geral diretamente proporcional entre os elementos analisados e as razões isotópicas.

Figura 12 - Relação entre assinatura  $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  e a concentração de chumbo, com destaque ao intervalo exclusivo a enseada de Sepetiba e as curvas de comportamento da enseada de Marambaia.



Fonte: A autora, 2015

### 7.3. Discussão

Nas enseadas de Sepetiba e Marambaia existem altas concentrações de Co, Mn, V e Zn em relação à média do ambiente marinho, definido por Fortescue (1980), entretanto Ni, Pb e U têm valores médios do intervalo definido pelo autor.

Segundo a resolução CONAMA n. 344/2004 (ANEXO I) as concentrações de As, Cd, Cu, Cr, Hg, Ni, Pb e Zn são caracterizados para sedimento dragado em águas salinas, em duas categorias: nível 1: limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos a biota; nível 2: limiar acima do qual prevê-se um provável efeito adverso a biota. Sendo assim, legalmente, a região não apresenta risco a biota, quanto aos elementos tabelados.

Em comparação a resolução CONAMA n. 344/2004 (ANEXO I) se observa que Cd,

Cr e Pb apresentam valores abaixo do nível 1, no entanto os valores máximos podem ser superiores a esse nível, inclusive o Ni apresenta valores máximos superiores ao nível 2. Enquanto Cu e Ni apresentam concentrações acima do nível 1 e abaixo do nível 2 com valores máximos acima do nível 2. Na enseada de Sepetiba o Zn apresenta concentração média superior ao nível 2 e a concentração máxima quase 10 vezes maior.

As concentrações de metais obtidas também podem ser correlacionadas a contaminação por fertilizantes, conforme descrito por Barcello (1995), pois segundo Montgomery (2008) a contaminação por As, Cd, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb e Zn, está associado a esses produtos.

Apesar de abrigada, a baía de Sepetiba tem uma fração granulométrica arenosa, que se torna mais argilosa em direção ao fundo da baía (VILLENNA et al. 2003), o que provavelmente se deve ao grande número de drenagens que desaguam na baía (sendo o principal o rio Guandu), com um grande aporte sedimentar e aporte de metais segundo Lacerda et al. (1987).

O fato da baía de Sepetiba ter histórico de vazamento, também deve ser considerado, contudo é sua morfologia associada à dinâmica das correntes que segundo Corrêa (1994) tem direção preferencial para o interior da baía e, que podem ter acumulado os metais nessa região. Segundo Barcellos (1995) e Alves-Neto et al. (2014) os metais pesados são acumulados nas margens nordeste e leste da baía, juntamente com alta produção de matéria orgânica e ressuspensão de sedimento, acumulado nos estuários.

Pela análise das assinaturas isotópicas percebe-se que os grupos identificados são equiparados à assinatura  $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  obtida por Aily (2001) para rejeito industrial. No entanto, há um intervalo de assinatura na enseada de Sepetiba mais radiogênica do que as disponíveis na literatura. O intervalo cujas assinaturas apresentam valores menos radiogênico de ambas as enseadas corresponde às assinaturas de material proveniente do embasamento, o que é esperado devido ao tipo de procedimento analítico. O sedimento funciona como substrato para fixação dos metais, essa assinatura, contudo não se resume às imediações da baía, uma vez que os rios que desembocam na baía de Sepetiba nascem a longas distâncias e trazem essas assinaturas de fora do sistema.

Segundo Rocha (2011) Cr, Ni e Pb apresentaram comportamento similares na enseada de Sepetiba, assim como Co e V, assumindo que os valores obtidos se encontram dentro dos valores de ambientes naturais, não sendo caracterizados como contaminantes. Segundo o autor os elementos contaminantes passíveis de afetar a biota são: Cd, Cu e Zn, onde Cd e Zn



tem maior impacto próximo a ilha de Madeira. Outras regiões como a foz do Canal Itá e entre o centro urbano de Sepetiba e a restinga de Marambaia também apresentam características de contaminação, ao qual está associada a uma pilha de rejeito abandonada a céu aberto na ilha da Madeira.

Segundo Morales (2012) a enseada de Marambaia identificou antropização marcante com contribuições da área de Saco do Engenho e Canal do São Francisco, sendo mais forte na área caracterizada como área de descarte de sedimentos provenientes de dragagem para canal de acesso e áreas portuárias. A autora destaca que Cd, Cu, Ni, Pb, Sr e Zn apresentam concentrações acima da legislação vigente e que esses metais têm maior concentração próximo às área entre o continente e a Ilha de Itacuruça, recebendo ainda influências da Ilha da Madeira, local de despejo resíduo metálico da empresa Ingá.

#### 7.4. Considerações

A baía de Sepetiba está sob influência antrópica com destaque ao Zn, contudo não apenas na área geográfica da baía, mas também na bacia hidrográfica que a abastece, principalmente a bacia do rio Guandu. Rocha (2011) identificou que Cd, Cu e Zn como principal contaminante encontrado em sedimento de fundo, cujas principais fontes são: resíduos industriais, centros urbanos e gasolina, além de pilha de rejeito localizada na Ilha da Madeira. Por sua vez, Morales (2012) classificou os teores dos elementos Cd, Cu, Ni, Pb, Sr e Zn, como acima da legislação vigente na enseada de Marambaia, com alto grau de homogeneização de fontes. Ambos os autores identificaram alto grau de contaminação próximo a ilha da Madeira, local de disposição de resíduos da Ingá.