

## 5 Análise da Qualidade dos Sedimentos

De acordo com Silvério (2003), os sedimentos são um dos principais componentes de um sistema aquático, suportando a vida e formando habitats e ambientes. Possuem valores agregados ecológico, social e econômico e têm um importante papel no transporte físico, geoacumulação e acumulação biológica de metais, compostos orgânicos e nutrientes. Por isso, têm sido amplamente utilizados como indicadores ambientais (Hortellani *et al.*, 2008).

Em função do exposto, este Capítulo se refere à terceira e última etapa de caracterização geoambiental dos sedimentos da Lagoa de Jacarepaguá, que será determinar o grau de contaminação destes sedimentos.

### 5.1. Legislação Específica para Qualidade de Sedimentos

Os sedimentos contaminados representam um grande risco à biota, pois agem como reservatório de contaminantes para o ambiente e para organismos em contato direto com estes. Por isso, os valores orientadores da qualidade dos sedimentos deveriam informar sobre efeitos adversos resultantes da exposição a estes contaminantes (Silvério, 2003).

Não há legislação específica para determinação dos valores-guias da qualidade dos sedimentos até o momento no Brasil. No entanto, conforme mencionado por Trindade (2010), os trabalhos realizados em território nacional normalmente atendem aos requisitos definidos pela Resolução CONAMA nº 344 de 2004.

Esta resolução estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras. Em seu anexo, são encontradas as tabelas com os valores orientadores para caracterização química, física e ecotoxicológica.

A Tabela 5.1 a seguir apresenta a transcrição dos níveis de classificação química do material a ser dragado com origem em água doce ou salina-salobra.

No caso da Lagoa de Jacarepaguá, de acordo com o apresentado no Capítulo 2 quanto à salinidade da água da Lagoa, as concentrações obtidas para

os elementos descritos na Tabela serão comparados com o material de origem na água salina-salobra.

Tabela 5.1 – Nível de classificação química do material a ser dragado (CONAMA, 2004).

Poluentes		Níveis de Classificação do Material a ser Dragado			
		Água Doce		Água Salina - Salobra	
		Nível 1*	Nível 2**	Nível 1*	Nível 2**
Metais Pesados (mg/kg)	Cádmio (Cd)	0,6	3,5	1,2	9,6
	Chumbo (Pb)	35	91,3	46,7	218
	Cobre (Cu)	35,7	197	34	270
	Cromo (Cr)	37,3	90	81	370
	Mercúrio (Hg)	0,17	0,486	0,15	0,71
	Níquel (Ni)	18	35,9	20,9	51,6
	Zinco (Zn)	123	315	150	410
HPAs (µg/kg)	Benzo(a)antraceno	31,7	385	74,8	693
	Benzo(a)pireno	31,9	782	88,8	763
	Criseno	57,1	862	108	846
	Dibenzo(a,h)antraceno	6,22	135	6,22	135
	Acenafteno	6,71	88,9	16	500
	Acenaftileno	5,87	128	44	640
	Antraceno	46,9	245	85,3	1100
	Fenantreno	41,9	515	240	1500
	Fluoranteno	111	2355	600	5100
	Fluoreno	21,2	144	19	540
	Naftaleno	34,6	391	160	2100
	Pireno	53	875	665	2600
	Soma dos HPAs	1000	-	3000	-

\* Nível 1 – Baixa probabilidade de efeitos adversos – Resolução CONAMA nº344 de 2004.

\*\* Nível 2 – Provável efeito adverso – Resolução CONAMA nº344 de 2004.

## 5.2. Parâmetros analisados

A escolha dos parâmetros químicos a serem analisados nos sedimentos da Lagoa de Jacarepaguá levou em consideração os resultados de análises químicas realizados em cinco estudos nesta lagoa, nos anos de 1992, 1996 (dois estudos), 1998 e 2011, e os tipos de atividades presentes no entorno da Lagoa e na extensão dos principais rios afluentes a ela.

### 5.2.1. Estudos Anteriores

Dos estudos a serem apresentados a seguir, apenas o realizado em janeiro de 2011 teve os seus resultados comparados pelo próprio autor, com os valores orientadores presentes na Resolução CONAMA n° 344 de 2004. Isto se deve ao fato de que os outros estudos são anteriores a tal legislação.

Afim de que haja coerência na avaliação da qualidade dos sedimentos dos estudos apresentados, todos foram comparados aos limites da legislação supracitada. Esta comparação foi feita nas tabelas dos resultados por meio de cores. Os valores obtidos que ultrapassaram o limite Nível 1 e Nível 2 são identificados com a cor laranja e vermelho respectivamente.

#### 5.2.1.1. Junho de 1992

Fernandes *et al* (1994), realizou uma pesquisa para obtenção de dados sobre a qualidade ambiental do sedimento por metais nas Lagoas Costeiras de Jacarepaguá. Para tal, foram analisadas concentrações de Cádmiu (Cd), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Manganês (Mn), Níquel (Ni), Chumbo (Pb) e Zinco (Zn)

Para esta pesquisa foram coletadas amostras dos 10 primeiros centímetros da camada de sedimentos, com o auxílio de uma draga, das Lagoas de Jacarepaguá, Camorim e Tijuca e dos principais rios afluentes a estas lagoas, cuja localização dos pontos de amostragem é indicada no mapa da Figura 5.1.

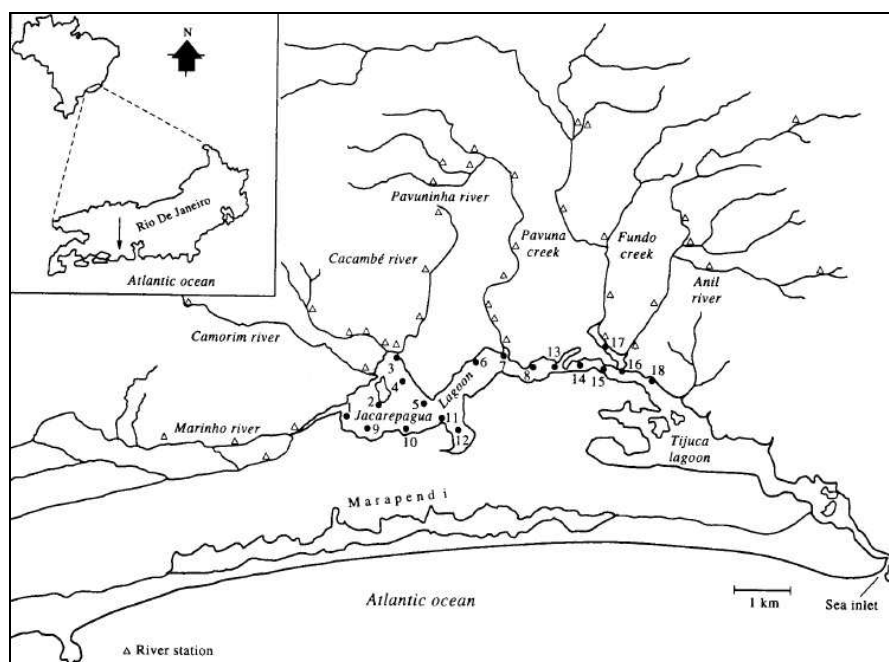


Figura 5.1 – Mapa de localização dos pontos de amostragem das análises químicas realizadas em junho de 1992 (adaptado de Fernandes *et al.*, 1994).

Os resultados das análises químicas, apenas para os pontos localizados na Lagoa de Jacarepaguá e seus afluentes já que esta é a área de interesse nesta pesquisa, são apresentados na Tabela 5.2. Conforme tratado anteriormente, estes resultados foram comparados com os valores orientadores da Resolução CONAMA nº344 de 2004.

Tabela 5.2 – Resultados da análise de metais pesados nos sedimentos da Lagoa de Jacarepaguá e rios afluentes a esta lagoa – junho de 1992 (adaptado de Fernandes *et al.*, 1994).

Parâmetros (mg/kg) \Pontos	Cd	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
1	-	5,6	7,2	64	11	18	107
2	-	6,5	5,3	122	9,2	18	75
3	-	6	4	28	9,3	12	64
4	-	6,1	9,4	124	10	13	62
5	-	6,8	4,8	50	12	21	113
6	-	8,2	18	89	14	21	114
7	-	15	133	55	14	49	291
10	-	10	7,8	68	11	14	82
11	-	8,3	4,3	163	10	11	85
12	-	3,2	6,5	264	13	14	101
Arroio Pavuna	2,25	16	97	185	26	52	254
Rio Caçambé	0,35	5,5	163	114	2,9	23	92
Rio Pavuninha	0,22	6,4	22	148	2,8	30	147
Rio Camorim	0,15	4	9,8	285	1,8	17	56
Rio Marinho	0,26	4	17	69	3,5	35	136
Nível 1* (mg/kg)	1,2	81	34	-	20,9	46,7	150
Nível 2** (mg/kg)	9,6	370	270	-	51,6	218	410

\* Nível 1 – Baixa probabilidade de efeitos adversos – Resolução CONAMA nº344 de 2004.

\*\* Nível 2 – Provável efeito adverso – Resolução CONAMA nº344 de 2004.

Observa-se nos resultados a presença de Cobre (Cu) no Rio Caçambé, acima do nível do qual há a baixa probabilidade de efeitos adversos à biota. Mas, analisando as concentrações encontradas no Arroio Pavuna, este seria a principal fonte dos metais Cobre (Cu), Níquel (Ni), Chumbo (Pb) e Zinco (Zn) estando acima do Nível 1, assim como o Ponto 7 seria o principal local de acumulação dos contaminantes (Cobre (Cu), Chumbo (Pb) e Zinco (Zn), ultrapassando também os valores para Nível 1), já que este se localiza a jusante da zona de descarga deste rio.

### 5.2.1.2. Maio de 1996

Dando continuidade ao trabalho anterior citado, Fernandes (1997) realizou uma nova amostragem de sedimentos superficiais na Lagoa de Jacarepaguá, na Lagoa do Camorim e nos Arroios Pavuna e Fundo, utilizando uma draga, visando re-avaliar a qualidade dos sedimentos nos pontos nos quais foram obtidos valores elevados, com o objetivo de analisar o processo diagenético na redução da toxicidade dos metais encontrados.

Os pontos de interesse foram os localizados dentro da Lagoa de Jacarepaguá (3JL e 7JL), assim como o ponto no rio contribuinte a ela, no caso o Arroio Pavuna (PC), mostrados no mapa de localização na Figura 5.2. Observa-se que esta nomenclatura dos pontos analisados é coerente com a nomenclatura utilizada no trabalho apresentado anteriormente.

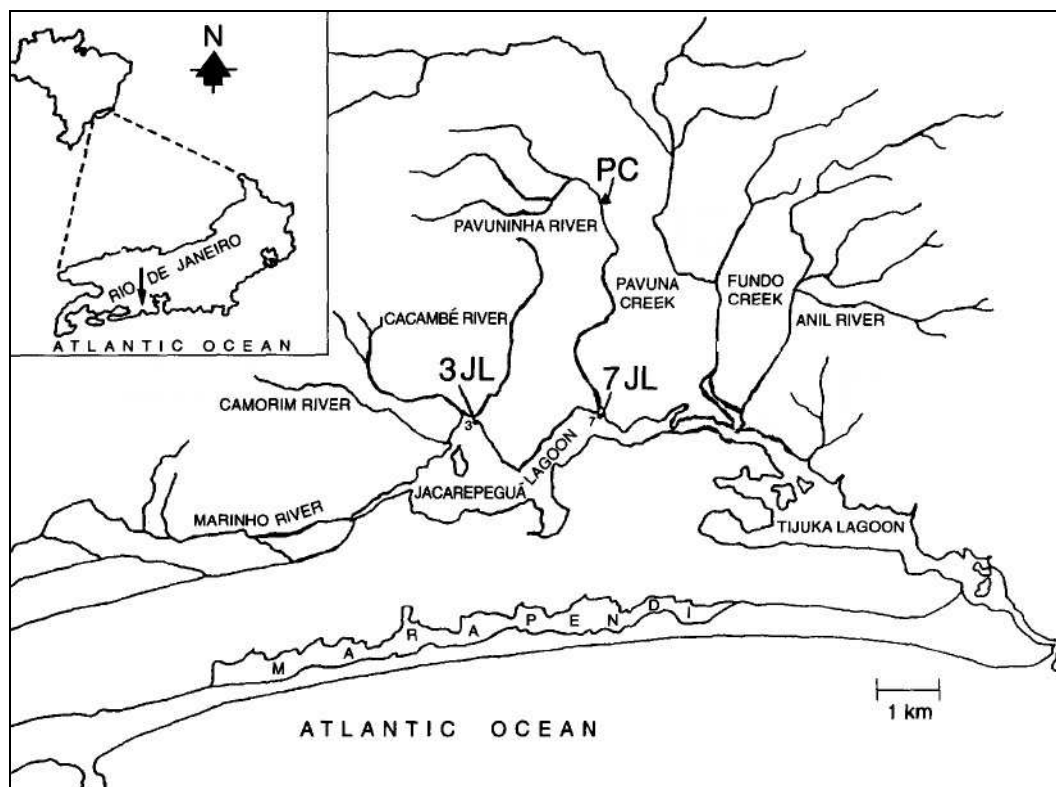


Figura 5.2 – Mapa de localização dos pontos de amostragem das análises químicas realizadas em maio de 1996 (adaptado de Fernandes, 1997).

A Tabela 5.3 apresenta os resultados das análises químicas realizadas, e da mesma forma como os resultados do estudo anteriormente citado, estes foram comparados com os valores orientadores da Resolução CONAMA n° 344 de 2004.

Tabela 5.3 – Resultados da análise de metais pesados nos sedimentos da Lagoa de Jacarepaguá e rios afluentes a esta lagoa - maio de 1996 (adaptado de Fernandes, 1997).

Parâmetros (mg/kg) Pontos	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
3JL	26	32	291	32	35	122
7JL	172	70	237	96	75	408
Arroio Pavuna (PC)	83	86	176	57	63	245
Nível 1* (mg/kg)	81	34	-	20,9	46,7	150
Nível 2** (mg/kg)	370	270	-	51,6	218	410

\* Nível 1 – Baixa probabilidade de efeitos adversos – Resolução CONAMA nº344 de 2004.

\*\* Nível 2 – Provável efeito adverso – Resolução CONAMA nº344 de 2004.

Com os resultados apresentados, é possível se fazer uma comparação entre os resultados das campanhas realizadas em junho de 1992 e maio de 1996.

- Cromo (Cr): apresentou aumento em sua concentração nos três pontos analisados, sendo que os pontos LJ7 e RP passaram a ficar acima do Nível 1;
- Cobre (Cu): obteve aumento nos pontos LJ3 e RP sendo que apenas o segundo ultrapassou o limite Nível 1 e diminuição no LJ7, mas não suficiente para ficar abaixo do Nível 1.
- Níquel (Ni): obteve aumento nos três pontos analisados com as amostras RP e LJ7 ultrapassando o limite do Nível 2 e a amostra LJ3 o Nível 1.
- Chumbo (Pb): apresentou aumento nos três pontos, e apenas a amostra LJ3 continuou abaixo do limite Nível 1 apesar do aumento.
- Zinco (Zn): obteve diminuição nos pontos LJ3 e LJ7 e aumento no ponto RP, mas a diminuição no LJ7 não foi suficiente para uma classificação abaixo do Nível 1, assim como o aumento do RP não foi suficiente para ultrapassar o limite Nível 2.

Não se fez a comparação das concentrações de Manganês (Mn) entre estes dois estudos, pois este parâmetro não possui valor orientador na legislação.

### 5.2.1.3. Outubro de 1996

Em abril de 1996, a Fundação COPPETEC-UFRJ foi contratada pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente da Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro (SMAC), para realizar o projeto intitulado: “Estudo da Contaminação e da Disposição dos Rejeitos de Dragagem das Lagoas de Camorim, Jacarepaguá, Tijuca e Marapendi”.

Neste estudo foram realizadas dez sondagens a percussão, de forma a determinar a litologia da área, e coletadas vinte e duas amostras de sedimentos, em três ou quatro profundidades distintas em cada ponto, para realização das análises químicas de Cádmio (Cd), Cobre (Cu), Cromo (Cr), Manganês (Mn), Níquel (Ni), Chumbo (Pb) e Zinco (Zn), nas lagoas do Complexo Lagunar de Jacarepaguá

Estas análises químicas tinham como objetivo avaliar a concentração destes metais nas amostras de sedimento, em condições semelhantes àquelas que irão prevalecer no processo de dragagem, ou seja, a coleta foi executada permitindo a mistura com a água da lagoa durante o procedimento e determinando valores médios dentro de uma faixa de profundidade, no caso de 30 cm pelas dimensões do amostrador.

Da mesma forma como no item 4.2.1.1 e 4.2.1.2 desta dissertação, só serão apresentados e avaliados os resultados das amostras coletadas na Lagoa de Jacarepaguá, cuja localização dos pontos deste estudo é indicada no mapa da Figura abaixo.

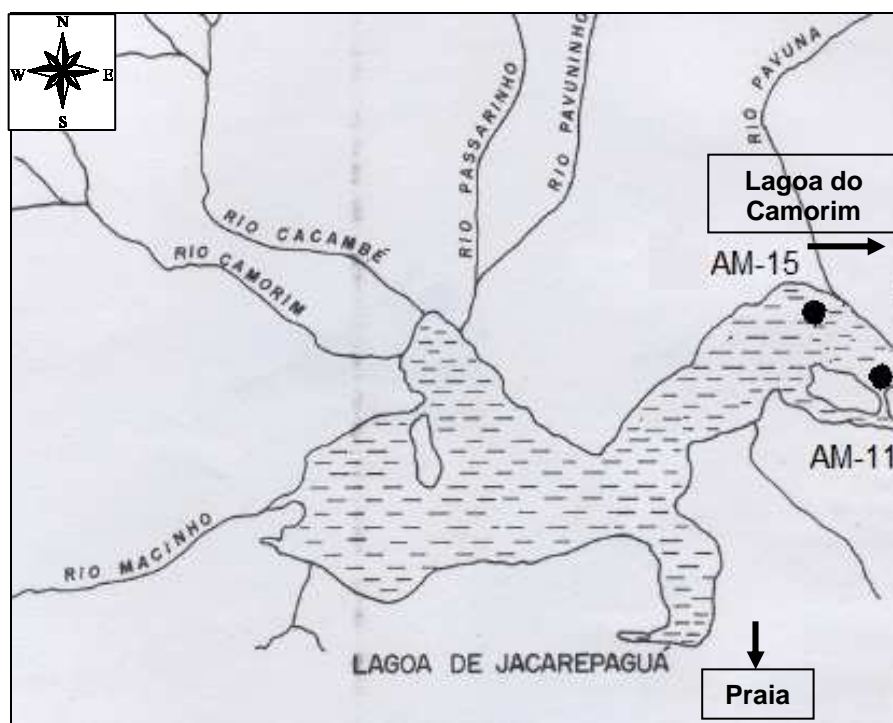


Figura 5.3 – Mapa de localização dos pontos de amostragem das análises químicas realizadas em dezembro de 1996 (adaptado de COPPETEC, 1996).

Os resultados das análises químicas são apresentados na Tabela 5.4 e também foram comparados com os valores orientadores da Resolução CONAMA nº 344 de 2004.

Tabela 5.4 – Resultados da análise de metais pesados nos sedimentos da Lagoa de Jacarepaguá e rios afluentes a esta lagoa - dezembro de 1996 (adaptado de COPPETEC, 1996).

Parâmetros (mg/kg) \ Pontos	Profundidade (m)	Cd	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
<b>AM-11 A</b>	0,00 - 0,30	0,0	0,0	<b>103</b>	336,5	0,0	<b>54</b>	<b>203,5</b>
<b>AM-11 B</b>	0,70 - 1,00	0,0	0,0	<b>43</b>	298	0,0	27	<b>189,5</b>
<b>AM-11 C</b>	1,50 - 1,80	0,0	0,0	<b>43</b>	307	0,0	18	<b>194</b>
<b>AM-11 D</b>	2,60 - 2,90	0,0	0,0	<b>43</b>	261	0,0	36	148
<b>AM-15 A</b>	0,60 - 0,90	<b>1,2</b>	22,5	<b>39</b>	330	<b>27</b>	<b>48</b>	138
<b>AM-15 B</b>	1,80 - 2,10	<b>1,4</b>	40,5	<b>49</b>	-	<b>34</b>	<b>67,5</b>	<b>165</b>
<b>Nível 1* (mg/kg)</b>	-	<b>1,2</b>	<b>81</b>	<b>34</b>	-	<b>20,9</b>	<b>46,7</b>	<b>150</b>
<b>Nível 2** (mg/kg)</b>	-	<b>9,6</b>	<b>370</b>	<b>270</b>	-	<b>51,6</b>	<b>218</b>	<b>410</b>

\* Nível 1 – Baixa probabilidade de efeitos adversos – Resolução CONAMA nº344 de 2004.

\*\* Nível 2 – Provável efeito adverso – Resolução CONAMA nº344 de 2004.

Observa-se a presença de Cobre (Cu) nos dois pontos amostrados (AM-11 e AM-15) em todas as profundidades coletadas acima do Nível 1, o qual há baixa probabilidade de efeitos adversos a biota.



Já para o Cádmiio (Cd) e Níquel (Ni), somente as amostras do ponto AM-15 ultrapassaram o Nível 1.

O Chumbo (Pb) foi encontrado acima do Nível 1 na amostra superficial do ponto AM-11 e nas amostras do ponto AM-15.

O metal Zinco (Zn), obteve valores acima do Nível 1 nas três primeiras amostras do ponto AM-11 e na mais profunda do AM-15.

Conforme observado na tabela dos resultados, não foram encontrados valores acima dos limites para Cromo (Cr) e acima do Nível 2 para nenhum dos metais analisados.

#### 5.2.1.4. Dezembro de 1998

Dando continuidade ao trabalho realizado em 1996, novamente a Secretaria Municipal de Meio Ambiente da Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro (SMAC) contratou a Fundação COPPETEC-UFRJ para gerar outro trabalho intitulado “Estudo Hidrodinâmico e Geotécnico para Revitalização da Circulação do Sistema Hídrico da Baixada de Jacarepaguá”.

Neste novo estudo, foram amostrados sedimentos em 10 pontos nos principais rios contribuintes e em 16 pontos dentro das lagoas para análise dos seguintes metais pesados: Bário (Ba), Cádmiio (Cd), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Mercúrio (Hg), Níquel (Ni), Chumbo (Pb) e Zinco (Zn). As amostras foram coletadas com a utilização de uma draga.

Novamente, só serão apresentados os resultados das amostras coletadas dentro da área de estudo desta dissertação, a Lagoa de Jacarepaguá e os rios contribuintes a ela, conforme indicado no mapa de localização da Figura 5.4.

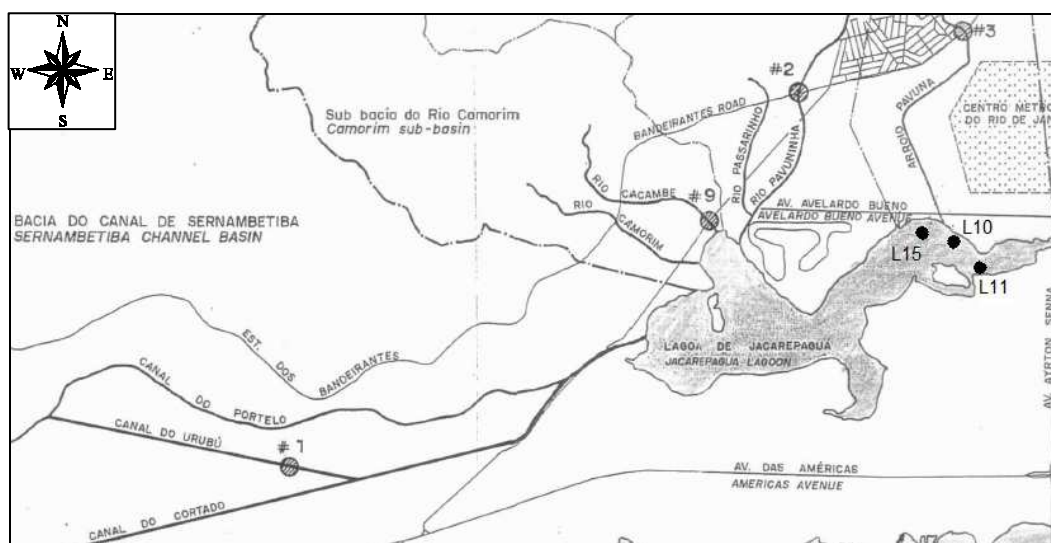


Figura 5.4 – Mapa de localização dos pontos de amostragem das análises químicas realizadas em dezembro de 1998 (adaptado de COPPETEC, 1998).

Observa-se que a nomenclatura dos pontos de sedimentos amostrados dentro da Lagoa, utilizada nos estudos realizados pela Fundação COPPETEC-UFRJ, em 1996 e neste em 1998, é a mesma, de forma a possibilitar uma comparação direta dos resultados entre estes 2 estudos.

A Tabela abaixo apresenta os resultados das análises químicas realizadas em dezembro de 1998.

Tabela 5.5 – Resultados da análise de metais pesados nos sedimentos da Lagoa de Jacarepaguá e rios afluentes a esta - dezembro de 1998 (adaptado de COPPETEC, 1998).

Parâmetros (mg/kg) \Pontos	Ba	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
L11	-	-	-	104	-	-	53	205
L15	375	0,6	47	40	1	24	48	110
#1	425	0,7	30	30	1	15	70	140
#2	1000	1	64	52,5	1	19	72	240
#3	700	1,2	47	45	1	17	60	170
#9	150	0,5	0,8	6,25	1	2	8	15
Nível 1* (mg/kg)	-	1,2	81	34	0,15	20,9	46,7	150
Nível 2** (mg/kg)	-	9,6	370	270	0,71	51,6	218	410

\* Nível 1 – Baixa probabilidade de efeitos adversos – Resolução CONAMA nº344 de 2004.

\*\* Nível 2 – Provável efeito adverso – Resolução CONAMA nº344 de 2004.

Conforme apresentado na Tabela 5.5, o metal Cádmi (Cd) só apresentou valor acima do Nível 1 no ponto #3, localizado no Arroio Pavuna, e o Níquel (Ni) apenas no ponto L15, dentro da lagoa.

O Cobre (Cu) foi encontrado em teores acima do Nível 1 nos pontos L11 e L15, dentro da lagoa e #2 e #3, Rio Pavuninha e Canal do Urubu respectivamente. Este canal ao se juntar ao Canal do Cortado passa a receber o nome de Rio Marinho, o qual deságua na Lagoa de Jacarepaguá.

Já para o Chumbo (Pb), somente o ponto #9, localizado no Rio Caçambé, não apresentou valor acima do Nível 1.

O Zinco (Zn) foi encontrado em concentração acima do Nível 1 nos pontos L11, dentro da lagoa, #2 e #3, nos Rio Pavuninha e Canal do Urubu respectivamente.

O Mercúrio (Hg) tem de ser analisado de forma separada; pois foram obtidos valores iguais a 1 mg/kg em todas as amostras analisadas para este parâmetro e comparando-se este valor aos níveis estipulados pela legislação (Resolução CONAMA nº344 de 2004), estes estariam ultrapassando o Nível 2, de provável efeito adverso a biota. Mas, no relatório apresentado pela Fundação COPPETEC-UFRJ não constam os laudos do laboratório, informando o limite de

detecção e de quantificação do método utilizado para análise deste parâmetro. De acordo com os resultados, acredita-se que o método usado não era eficaz para informar valores de maior precisão, abaixo de 1 mg/kg.

Não foram obtidos valores de Bário (Ba) e Cromo (Cr) que ultrapassassem o Nível 1.

Analisando comparativamente os resultados obtidos nas campanhas realizadas em outubro de 1996 e dezembro de 1998 para os pontos L11 e L15, pode-se concluir:

- O Cádmio (Cd) teve uma diminuição de concentração no ponto L15, passando a estar abaixo do limite do Nível 1.
- A concentração do metal Cromo (Cr) se manteve constante, abaixo do Nível 1.
- O Chumbo (Pb) e o Cobre (Cu) mantiveram teores constantes acima do limite Nível 1.
- O Níquel sofreu uma pequena diminuição no L15, mas se manteve mesmo assim acima do limite do Nível 1.
- A concentração de Zinco (Zn) se manteve constante para o L11, acima do Nível 1, mas diminuiu para o L15, passando a ficar abaixo do limite Nível 1.

#### **5.2.1.5. Janeiro de 2011**

Em Janeiro de 2011, a empresa InterDraga Consultoria e Serviços Ltda. foi contratada para realizar um estudo de avaliação da qualidade físico-química do sedimento na Lagoa de Jacarepaguá, visando atender as diretrizes gerais e procedimentos da Resolução CONAMA nº 344 de 2004, para utilização deste sedimento no aterro da obra de construção da Cidade do Rock, às margens da lagoa (Figura 5.5).

Para realizar o estudo, foram coletadas amostras em três pontos distintos, conforme ilustrado também na Figura 5.5, gerando um total de seis amostras homogeneizadas, pois a coleta foi realizada em duas profundidades para cada ponto, uma de superfície (0,0 a 0,5m) e outra de fundo (0,5 a 1,0m). A amostragem foi realizada por meio de um equipamento gravimétrico, com a cravação de tubos, com o auxílio de uma balsa de apoio.



Figura 5.5 – Mapa de localização dos pontos de amostragem das análises químicas realizadas em janeiro de 2011. Imagem do *Google Earth*.

As amostras coletadas foram encaminhadas para análise no laboratório Bioagri e os resultados são apresentados na Tabela 5.6.

Tabela 5.6 – Resultados da análise de metais pesados nos sedimentos da Lagoa de Jacarepaguá e rios afluentes a esta lagoa – janeiro de 2011 (adaptado de InterDraga, 2011).

Parâmetros (mg/kg) \ Pontos	Ba	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
<b>LQ***</b>	0,5	0,047	0,5	0,5	0,023	0,5	0,5	0,5
<b>P1 S</b>	1,4	<0,047	<0,5	0,7	<0,023	<0,5	<0,5	2,6
<b>P1 F</b>	1,0	<0,047	<0,5	<0,5	<0,023	<0,5	<0,5	1,1
<b>P2 S</b>	1,7	<0,047	<0,5	<0,5	<0,023	<0,5	<0,5	1,3
<b>P2 F</b>	0,6	<0,047	<0,5	<0,5	<0,023	<0,5	<0,5	1,1
<b>P3 S</b>	<0,5	<0,047	<0,5	<0,5	<0,023	<0,5	<0,5	1,0
<b>P3 F</b>	1,0	<0,047	<0,5	<0,5	<0,023	<0,5	<0,5	1,4
<b>Nível 1* (mg/kg)</b>	-	<b>1,2</b>	<b>81</b>	<b>34</b>	<b>0,15</b>	<b>20,9</b>	<b>46,7</b>	<b>150</b>
<b>Nível 2** (mg/kg)</b>	-	<b>9,6</b>	<b>370</b>	<b>270</b>	<b>0,71</b>	<b>51,6</b>	<b>218</b>	<b>410</b>

\* Nível 1 – Baixa probabilidade de efeitos adversos – Resolução CONAMA n°344 de 2004.

\*\* Nível 2 – Provável efeito adverso – Resolução CONAMA n°344 de 2004.

\*\*\* LQ: Limite de Quantificação.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela acima, nenhuma das amostras obteve concentrações acima dos limites estipulados pela Resolução CONAMA n°344 de 2004.

### 5.2.2. Atividades presentes no entorno da Lagoa de Jacarepaguá

Grande parte do desenvolvimento da área da Baixada de Jacarepaguá nas últimas décadas ocorreu em função desta área sempre ter sido um pólo industrial e mais recentemente pela especulação imobiliária. A especulação vem acontecendo em função da procura por locais com disponibilidade territorial para expansão, pois com o crescimento da cidade do Rio de Janeiro, e a Zona Sul e Norte encontrando-se saturadas, há a necessidade do crescimento para a Zona Oeste.

O aporte de contaminantes na Lagoa de Jacarepaguá provém das atividades situadas em seu entorno, mais especificadamente, à margem dos seus principais rios afluentes, ou seja, efluentes industriais e domésticos.

Dos rios afluentes apresentados no Capítulo 2, o Arroio Pavuna foi classificado por Fernandes *et al.* (1994), como o mais expressivo em termos de aporte de contaminantes.

Na extensão dos rios afluentes à Lagoa de Jacarepaguá, foram identificadas grandes atividades de indústria química, farmacêutica, automotiva e alimentícia, de produção de vidro e de papel, gráficas, mineradora, de produção de granitos, mármore e concreto, lavanderias, garagens de ônibus e um estúdio de televisão.

A EPA (*Environmental Protection Agency*), em 1999, produziu um documento intitulado "*Road Map to Understanding Innovative Technology Options for Brownfields Investigation and Cleanup*", no qual é apresentada a Tabela 5.7, indicando tipos de atividades e seus principais contaminantes.

Tabela 5.7 – Principais contaminantes de diferentes tipos de atividade (adaptado de EPA, 1999)

Atividades	Contaminantes
Agricultura	Arsênio, cobre, tetracloreto de carbono, pesticidas, herbicidas e inseticidas
Pintura e reparo automotivos	Alguns metais, vários compostos orgânicos, solventes, sucata e óleos usados
Disposição e reciclagem de baterias	Chumbo, cádmio, níquel, cobre, zinco, arsênio e cromo
Gaseificação de carvão	HPA's, compostos sulfúricos, cianeto, alumínio, ferro, chumbo, níquel e cromo
Fabricação de cosméticos	Metais pesados e solventes
Atividades de lavagem a seco	Clorofórmio e solventes
Operações de galvanoplastia	Cádmio, cromo, cianeto, cobre e níquel
Fabricação de vidro	Arsênio e chumbo
Hospitais	Solventes e mercúrio
Incineradores	Metais e dioxinas
Aterros sanitários	Metais, PCB's, amônia, metano e pesticidas
Fabricação de couro	Tolueno e benzeno
Fabricação de ligas metálicas	Metais, VOC's, dioxinas, berílio, solventes e óleos usados
Fabricação de munição	Chumbo, cobre e antimônio
Fabricação de tintas	Cromo, cádmio, chumbo, zinco, clorofórmio, etilbenzeno e solventes
Refino de petróleo	Benzeno, etilbenzeno, tolueno e xileno
Fabricação de fármacos	Chumbo, solventes orgânicos e vários compostos orgânicos
Revelação de fotos	Brometo de prata e solventes
Fabricação de plásticos	Polímeros, cádmio, solventes, resinas, aditivos químicos e VOC's
Pátios ferroviários	BTEX, VOC's, solventes, combustíveis, óleos, chumbo e PCB's
Operação de sucatas	Chumbo, níquel, PCB's e dioxinas
Fabricação de semicondutores	Metais, VOC's e solventes
Operação de fundição	Chumbo, cobre e arsênio
Armazenamento de tanques no subsolo	Solventes, metais e BTEX
Fabricação de pastas de madeira e papel	Compostos orgânicos clorados, dioxinas, furanos e clorofórmio
Preservação da madeira	Arsênio, cromo, cobre, PCB's, HPA's, berílio, dioxinas e zinco

### 5.2.3. Metais

Embora o termo “metal pesado” tenha se tornado comumente empregado na literatura de poluição ambiental, sua definição seria para elementos com densidade maior que 5 g/cm<sup>3</sup> ou número atômico maior que 20 (Csuros, 2002).

Esses metais, além da origem natural, podem também ter origem antrópica sendo capazes de gerar danos ambientais e efeitos adversos ao homem (Lima 2008). Aguiar Neto *et al.* (2007) apontam que os metais pesados podem aparecer no ecossistema aquático por diferentes aportes:

- Intemperismo das rochas e fragmentos de rochas nos leitos dos rios;
- Precipitação ou solubilização de substâncias adsorvidas e conseqüentes mudanças das características físico-químicas das águas;
- Resíduos biológicos e produtos de decomposição de substâncias orgânicas, de conchas calcárias e silicosas;
- Precipitação atmosférica próxima a áreas urbanas e industriais e;
- Descargas dos dejetos urbano-industriais.

A abundância de um elemento químico sem a influência antrópica é denominada *background*, ou nível de referência, cuja obtenção dos valores ocorre na análise química de sedimentos isentos ou com contaminação negligenciável. As concentrações em nível de *background* de metais pesados em sistemas aquáticos continentais são controladas pelas características geológicas da bacia de drenagem, mas em áreas estuarinas, deve-se tomar um cuidado adicional devido à dinâmica da ação da maré e do fluxo dos rios, onde os sedimentos estão sempre submetidos aos processos de ressuspensão e deposição (Näf *et al.*, 1996 *apud* Lima, 2008). Alguns metais com concentrações de *background* bem elevadas são: Ferro (Fe), Manganês (Mn) e Alumínio (Al).

Além da importância de se saber a concentração dos metais pesados nos sedimentos, no solo, no ar ou na água, deve-se conhecer sobre a toxicidade de cada elemento, entendendo assim os possíveis efeitos adversos ao corpo humano.

A toxicidade dos metais é classificada de acordo com o jeito pelo qual eles perturbam a química do corpo humano ao serem ingeridos, inalados ou absorvidos. Com isso, podem ser: corrosivos, metabólicos, neurotóxicos, mutagênicos, carcinogênicos e teratogênicos. Os corrosivos destroem os tecidos, os metabólicos interferem ou param a atividade de um mecanismo bioquímico vital, os neurotóxicos são uma classe especial de metabólicos que

tem ação limitada no sistema nervoso, os mutagênicos alteram a estrutura do DNA, que contém os genes e cromossomos do organismo, alterando assim o padrão hereditário de uma célula, os cancerígenos que causam câncer e os teratogênicos que causam efeitos adversos na reprodução e atuam na formação do feto (Csuros, 2002).

Ainda segundo Csuros (2002), o mecanismo da toxicidade dos metais pode afetar enzimas, proteínas celulares que regulam importantes reações químicas e alteram seriamente o funcionamento de órgãos ou tecidos.

A Tabela 5.8 abaixo lista alguns metais de efeitos carcinogênicos, com o seu uso ou fonte, e o local do corpo humano afetado.

Tabela 5.8 – Lista de Alguns Metais Carcinogênicos a Humanos (adaptado de Csuros, 2002).

<b>Metal</b>	<b>Uso ou Fonte</b>	<b>Local Afetado</b>
Arsênico e compostos	Inseticidas e ligas	Pele, pulmões e fígado
Berílio	Lonas de freio e isolamento	Ossos e pulmões
Cádmio	Metalinização	Rins e pulmões
Cromo	Metalinização	Pulmões
Níquel	Metalinização	Pulmões e seios

A partir da comparação realizada entre os resultados das análises químicas obtidos nos cinco estudos na área da Lagoa de Jacarepaguá com os valores orientadores da Resolução CONAMA nº344 de 2 004, e da pesquisa feita para caracterização dos tipos de atividades localizadas na extensão dos rios afluentes a ela, determinou-se que os metais com uma maior recorrência de valores acima dos limites entre os estudos, e os mais repetidos na lista de contaminantes referentes às atividades existentes, seriam os escolhidos para análise neste trabalho. Com isso, decidiu-se analisar os seguintes metais: Bário (Ba), Cádmio (Cd), Chumbo (Pb), Cobre (Cu), Cromo (Cr), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Mercúrio (Hg), Níquel (Ni) e Zinco (Zn).

A seguir, são apresentadas características individuais de cada metal selecionado para análise química nos sedimentos da Lagoa de Jacarepaguá, de acordo com Csuros (2002).

- **Bário (Ba):**

O metal bário tem pouco uso comercial. Serve como agente redutor em operações metalúrgicas e está presente no combustível diesel e lubrificante



automotivos. A mineração de carvão, a lama resultante da perfuração de poços de petróleo são outras fontes deste metal.

O Sulfato de Bário não é tóxico tendo baixa solubilidade e os íons são escassamente absorvidos pelo corpo, e é utilizado como branqueador em papeis fotográficos, como enchimento em papeis e fibras poliméricas e como uma suspensão ingerida por pacientes para raio X do sistema gastrointestinal.

Ao ser ingerido em compostos com Nitrato, Sulfeto, Cloreto e Carbonato, o Ba é absorvido pelos pulmões e pelo sistema gastrointestinal sendo acumulado nos ossos. Como efeitos adversos à saúde, podem-se citar: náusea, vômito, cólica e diarreia seguidos de estimulação do miocárdio e muscular com formigamento das extremidades, perda dos reflexos dos tendões, paralisção muscular e possível morte por parada respiratória.

O contato dermal com o sal solúvel de bário causa irritações na pele e nas mucosas. Já o Bário em compostos dispersos no ar causa irritação aos olhos e na pele.

Sua exposição crônica gera inúmeros nódulos benignos nos pulmões que ao cessar a exposição desaparecem normalmente, mas a irritação dos brônquios pode persistir.

- Cádmio (Cd):

O Cádmio é encontrado como impureza em minérios de Zinco. É utilizado como capa protetora em outros metais (até em um ambiente alcalino) e em baterias de Cádmio e Níquel.

Pode contaminar as águas de abastecimento por minas, operações industriais, lixiviado de aterros sanitários e corrosão de encanamentos galvanizados.

Os compostos de Cádmio são muito tóxicos podendo causar pressão alta, doenças cardíacas e até a morte.

O Cádmio aerotransportado deriva principalmente da indústria do aço e incineração de lixo, seguidos de atividade vulcânica e produção de Zinco. Exposição aguda a esta fumaça pode causar tosse e apertos no peito (de 4 a 10 horas após a inalação), afetar os órgãos relacionados ao olfato e ocasionar danos renais.

Não há evidências de absorção dermal e a absorção pela via oral é muito baixa, mas sendo esta aguda, pode causar vômito (de 15 a 30 minutos após a ingestão), aumento da salivagem, dor abdominal e diarreia.

Generalizando, uma exposição crônica ao Cádmio pode gerar variados efeitos nos rins, pulmões, coração e ossos.

A toxicidade deste metal é diminuída pela presença de outros metais, especialmente Zinco, Cálcio, Cobre, Ferro e Selênio.

- Chumbo (Pb):

O Chumbo é utilizado em baterias, como aditivo em combustíveis, em tintas, na indústria e na mineração, assim como em tubulações de encanamentos.

É um metal tóxico, que é rapidamente absorvido pelo sistema intestinal e depositado no sistema nervoso central. Seus efeitos ocorrem com maior intensidade em crianças.

Sua presença no corpo humano é indicada pelo nível de Chumbo no sangue em microgramas por decilitro ( $\mu\text{g}/\text{dl}$ ). Se a concentração estiver maior ou igual a  $10 \mu\text{g}/\text{dl}$  ocorre a diminuição da percepção, danos no sistema nervoso e o crescimento é atrofiado.

Os sintomas causados pela ingestão de Chumbo são: fadiga, distúrbios no sono, constipação seguida de cólica, anemia e neurite. Já os sintomas crônicos são: perda de apetite, gosto metálico na boca, palidez, mal-estar, fraqueza, insônia, dores de cabeça, irritabilidade, dores musculares e nas juntas, tremores, cólica e encefalopatia. Caso ele seja combinado com o grupo tiol das enzimas, reduz a habilidade do corpo em sintetizar enzimas necessárias à respiração.

A presença de Chumbo está associada à baixa de muitas funções endócrinas, particularmente a tireóide e glândulas supra-renais. Pode causar também nascimentos prematuros e abortos espontâneos. Não há evidências de efeitos teratogênicos ou carcinogênicos, e a toxicidade aguda do Chumbo é bastante incomum, pois este é um metal relativamente insolúvel e cumulativo.

Um tratamento típico de desintoxicação é a quelagem do Chumbo com ácido etilenodiamino tetra-acético, e repetidos tratamentos retiram o acumulado dos tecidos ósseos.

- Cobre (Cu):

É conhecido como metal da invenção, pois tem sido utilizado dessa forma desde tempos antigos.

É largamente distribuído em minérios contendo Sulfetos, Carbonatos e Cloretos, e é muito utilizado em encanamentos e instalações elétricas.

Existe principalmente na forma  $\text{Cu}^{2+}$ , sendo essencial na nutrição humana, pois tem papel importante nas funções enzimáticas, mas em grande escala pode ser tóxico.

Sais de Cobre são usados para matar bactérias, fungos e algas, em tintas para pintura dos cascos dos barcos para prevenir que microorganismos incrustem neste local.

- Cromo (Cr):

O Cromo é um metal com alta resistência a corrosão, sendo utilizado na produção de ligas metálicas.

Ele existe na natureza nas formas de íons  $\text{Cr}^{2+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$  e  $\text{Cr}^{6+}$ . O  $\text{Cr}^{2+}$  é um poderoso agente redutor em soluções aquosas, por isso é utilizado para remover traços de Oxigênio em outros gases. O  $\text{Cr}^{3+}$  é essencial à nutrição humana, e o  $\text{Cr}^{6+}$  é um ótimo agente oxidante, mas é altamente tóxico, causando hemorragias no fígado, rins e órgãos respiratórios, e até câncer no sistema gástrico.

- Ferro (Fe):

É o metal mais abundante na crosta terrestre.

Utilizado em pigmentos, desinfetantes, aditivos de combustíveis, fitas magnéticas, e é o metal central da molécula de hemoglobina.

Possui dois estágios de oxidação:  $\text{Fe}^{2+}$  e  $\text{Fe}^{3+}$ . Ambos são solúveis em água, mas o primeiro é facilmente oxidado para Hidróxido de Ferro, o qual não é solúvel e assim floclula e sedimenta.

O conteúdo de Ferro em amostras ambientais é atribuído a aquíferos de alimentação, corrosão de tubulações, lixiviados de drenagem ácida de minas e resíduos da produção de insumos de ferro.

- Manganês

O Manganês é encontrado em muitos minerais como Óxidos, Silicatos e Carbonatos. Possui estados de oxidação que variam do +1 ao +7, sendo o  $\text{Mn}^{2+}$  e o  $\text{Mn}^{7+}$  os mais comuns. O primeiro forma uma extensa série de sais com todos os ânions comuns e o segundo forma o conhecido íon Permanganato.

É muito utilizado em ligas de ferro, em pilhas e produtos químicos oxidantes, como Permanganato de Potássio ( $\text{KMnO}_4$ ).

A toxicidade do Manganês tem sido observada apenas em exposições de alto grau pelo ar que atacam o sistema nervoso central, causando risos inapropriados, euforia, impulsos e insônia sucedidos de forte sonolência, dores

de cabeça, câibras nas pernas e excitação sexual sucedida de letargia. No estágio final de intoxicação, há o aparecimento de distúrbios na fala, falta de jeito em geral, mas apesar do paciente ficar incapacitado, a síndrome não é letal.

- Mercúrio (Hg):

O Mercúrio é um metal líquido à temperatura ambiente, estando presente nos termômetros, e tem a propriedade de dissolver outros metais.

Era utilizado como anti-séptico, para tratamento de sífilis antes do descobrimento da penicilina, por sua baixa solubilidade. Atualmente é usado em indústrias de papel, onde o Cloreto de Mercúrio serve como alvejante para o papel para depois ser descartado na água, e em fungicidas presentes em sementes. É um produto derivado da produção de Cloreto de Vinila, e também é descartado em águas por indústrias químicas, incineradores, usinas de energia, laboratórios e até hospitais.

Em rios e lagoas, o Mercúrio inorgânico é convertido por bactérias em duas formas orgânicas: dimetil mercúrio e metil mercúrio. O primeiro é muito volátil e evapora rapidamente, mas o segundo permanece no fundo, nos sedimentos, e é liberado para a água devagar, onde entra em contato com os organismos pela cadeia alimentar, e é biologicamente acumulado. A ingestão de peixes contaminados é a maior via de exposição oral deste metal.

A exposição pela via dermal é mínima.

O vapor proveniente do aquecimento do Mercúrio é absorvido pelos tecidos pulmonares, e posteriormente, atinge o sistema nervoso causando tremores, irritabilidade, dificuldades de pronúncia, distúrbios mentais e emocionais, dores de cabeça, fraqueza, perda de memória, lesões oculares, insônia e até a morte. O Mercúrio metálico presente nos termômetros não é absorvido pelo sistema gastrointestinal, e por isso, não é perigoso caso seja ingerido, mas é absorvido pelos tecidos pulmonares caso seja aquecido.

A exposição aguda ao Mercúrio é normalmente resultado do contato de sais inorgânicos solúveis causando distúrbios gastrointestinais (dor abdominal, náusea, vômito e diarreia com sangue), estomatite e perda de dentes, nefrite e hepatite. A morte nesse caso é resultado de úlceras e sangramentos no sistema gastrointestinal.

O Mercúrio combinado com certas enzimas acaba bloqueando a atividade destas.

- Níquel (Ni):

O Níquel é o 24º elemento no *ranking* de abundância na crosta terrestre. Possui alta condutividade térmica e elétrica, e é resistente à corrosão. Seus compostos têm baixa toxicidade e são utilizados como catalisadores na hidrogenação de compostos orgânicos que contêm ligações duplas. As maiores concentrações de Níquel encontradas são localizadas no cérebro, fígado e rins.

Seu transporte aéreo deriva da combustão de carvão e de derivados do petróleo, e sua inalação causa distúrbios pulmonares e às vezes até a morte. Pode causar câncer no sistema respiratório e nos pulmões.

A ingestão do Níquel proveniente de alimentos contaminados causa câncer intestinal.

Já o contato dermal é ocasionado geralmente pelo uso de jóias em mulheres, cuja reação é uma coceira iniciada com a sensação de queimação seguida de uma erupção nodular, que pode progredir para uma úlcera.

- Zinco (Zn):

O Zinco é muito utilizado como cobertura de outros metais, pois os protege de oxidações posteriores. É usado também em baterias secas, e é essencial à nutrição humana, sendo encontrado no sistema reprodutor masculino, nos músculos, rins, fígado, pâncreas, tireóide e outras glândulas endócrinas, e é um importante componente das enzimas. Quando o  $Zn^{2+}$  é substituído pelo  $Ni^{2+}$ , as enzimas são desativadas.

O processo de galvanização do aço utiliza 90% do Zinco produzido. O Óxido de Zinco (ZnO) é usado em cremes, protetores solares e em cimentos dentários. Já o Sulfeto de Zinco (ZnS) é utilizado para preparar substâncias à base de Fósforo, que brilham em contato com luz ultravioleta.

O Zinco existe no estado de oxidação  $Zn^{2+}$  e seu consumo em excesso pode inibir a absorção de Cobre, e levar a tal deficiência.

Bebidas ácidas embaladas em recipientes galvanizados podem produzir níveis de concentração tóxicos causando náusea, vômito, câibras estomacais e diarreia.

Em 1997, a ATSDR (do inglês, *Agency for Toxic Substances e Disease Registry*) juntamente com a EPA (do inglês, *Envionmental Protection Agency*) disponibilizou uma lista de substâncias potencialmente tóxicas a seres humanos: CERCLA *Priority List* (do inglês, *The Comprehensive Environmental Response, Compensation and Liability Act*). Esta não é uma lista das substâncias mais

tóxicas, mas uma priorização de substâncias baseadas na combinação de 3 fatores: a frequência de ocorrência da substância, a toxicidade da mesma e o potencial de exposição humana a ela.

A Tabela 5.9 apresenta uma compilação das colocações dos metais analisados no sedimento da Lagoa de Jacarepaguá nos anos de 1997, 1999, 2001, 2003, 2005 e 2007.

Tabela 5.9 – Comparação da colocação dos metais analisados na *CERCLA Priority List* dos anos de 1997, 1999, 2001, 2003, 2005 e 2007 (adaptado de ATSDR, 1997; ATSDR, 1999; ATSDR, 2001; ATSDR, 2003; ATSDR, 2005 e ATSDR, 2007).

Metais	Colocação					
	1997	1999	2001	2003	2005	2007
Chumbo	2	2	2	2	2	2
Mercúrio	3	3	3	3	3	3
Cádmio	7	7	7	7	8	7
Níquel	49	52	53	51	55	53
Zinco	65	70	73	73	74	74
Cromo	69	73	76	76	77	77
Bário	98	99	102	110	109	109
Manganês	138	141	138	131	115	117
Cobre	136	124	129	141	133	128

Observa-se que ao longo dos 10 anos discriminados na tabela acima, os metais Chumbo, Mercúrio e Cádmio não sofreram nenhuma alteração de colocação; o Níquel, Zinco, Cromo e Bário variam em média menos de 10 posições; e o Manganês e Cobre sofreram variação de mais de 10 posições.

Outro ponto importante para ser levado em consideração na análise da concentração de metais é o teor de matéria orgânica (MO) (termo utilizado para se referir a qualquer composto orgânico) presente no sedimento. Esta matéria orgânica geralmente tem grande estrutura e peso molecular, e é uma fonte de macronutrientes como Nitrogênio, Fósforo e Enxofre e de micronutrientes como Boro e Molibdênio. Também contém quantidades de Carbono (52 - 58%), Oxigênio (34 - 39%) e Hidrogênio (3,3 - 4,8%) (Lima, 2008 e Sparks, 1995).

De acordo com Licht (2001) *apud* Lima (2008), a importância da MO é devida à existência de propriedades como a complexação ou adsorção de contaminantes metálicos, resultando na imobilização e redução de seus estados de valência, causando alterações em suas propriedades químicas.

A MO possui um fracionamento no solo, de acordo com a Figura 5.6, abaixo.

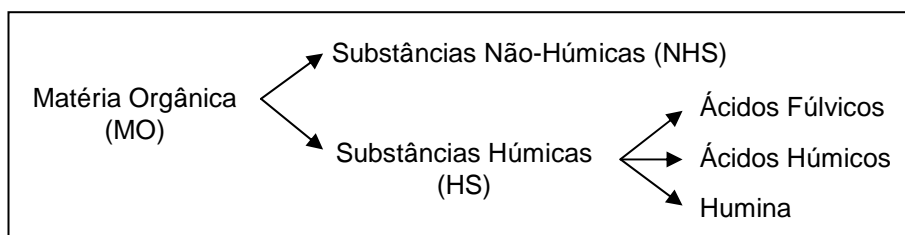


Figura 5.6 – Esquema do fracionamento da matéria orgânica no solo (adaptado de Sparks, 1995).

As substâncias não-húmicas (NHS – *Non-Humic Substances*) são compostos facilmente atacados por microorganismos, e persistem apenas por um curto período de tempo, pois têm propriedades físicas e químicas reconhecidas e consistem de carboidratos, proteínas, aminoácidos, gorduras e ceras (Sparks, 1995).

Já as substâncias húmicas (HS – *Humic Substances*) se dividem em três grupos: ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e humina. São formados pela degradação química e enzimática de restos de plantas e animais e pela ação de microorganismos, e são definidas como a categoria geral de ocorrência natural, biogenética de substâncias orgânicas (Schnitzer & Khuan, 1992 *apud* Lima, 2008 e Sparks, 1995).

A complexação dos íons metálicos pela MO ocorre em reações destes com as HS. Desta forma, é importante determinar as constantes de estabilidade que fornecem informações na afinidade do metal com o ligante orgânico. Estas constantes são afetadas pela fonte e concentração da HS, temperatura e pH (Sparks, 1995).

A matéria orgânica sofre um processo de decomposição até chegar ao estado de humos estável, o qual constitui a MO ligada ao sedimento (López El AL., 1999 *apud* Lima, 2008). Durante este processo, a HS percorre uma multiplicidade de caminhos pelo ambiente, conforme apresentado no esquema da Figura 5.7.

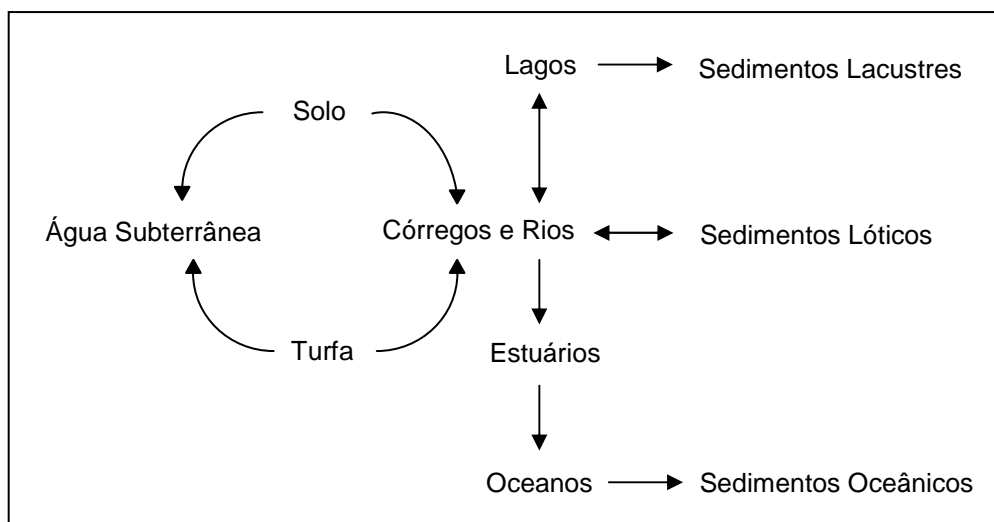


Figura 5.7 – Esquema dos possíveis caminhos percorridos pela MO no ambiente (adaptado de Sparks, 1995).

No capítulo anterior, Caracterização Geotécnica dos Sedimentos, foram apresentados os resultados dos ensaios de teor de matéria orgânica e granulometria. Nestes observou-se o padrão esperado: os teores de matéria orgânica eram maiores nos sedimentos de granulação mais fina.

#### 5.2.4. Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA's)

Os HPA's, ou do inglês *Polycyclic Aromatic Hydrocarbons* (PAH's), formam grupo de mais de 100 substâncias orgânicas, que possuem dois ou mais anéis aromáticos conjugados, e de composição apenas por átomos de carbono e hidrogênio. Possuem altos pontos de fusão e ebulição, baixa pressão de vapor e muito baixa solubilidade em água, mas são solúveis em muitos solventes orgânicos, são altamente lipofílicos e quimicamente inertes. Estão presentes em muitos tipos de contaminantes ambientais, sendo encontrados no ar, no solo e na água (Vieira, Soares e Jardim, 2007; Queensland Government, 2010; IPCS, 1998).

Segundo IPCS (1998), há pouca informação disponível sobre a produção e processamento dos HPA's, mas suas maiores emissões resultam da combustão incompleta de materiais orgânicos durante processos industriais e outras atividades humanas como: queima de carvão, incineração de lixo, exaustão dos veículos automotores e fumaça proveniente de cigarros.

As vias de exposição destas fontes antrópicas citadas podem ser: inalação das fumaças ou ingestão de alimentos grelhados, cereais contaminados ou ainda de água contaminada (Queensland Government, 2010).



A exemplificação dos processos industriais é apresentada na Tabela 5.10, na qual são descritos também, a ocupação do trabalhador em contato com estes HPA's, de que forma os compostos são utilizados e as vias de exposição para tal.

Alguns HPA's são fabricados individualmente para fins de pesquisa, para utilização em remédios e para produzir corantes, plásticos e pesticidas (Queensland Government, 2010).

Tabela 5.10 – Uso dos HPA's e meios de exposição industrial (adaptado de Queensland Government, 2010).

<b>Indústria</b>	<b>Ocupação Humana</b>	<b>Usado como</b>	<b>Via de Exposição</b>
Fundição do Alumínio	Operador da fábrica de anodos de carbono	Processo de fabricação de anodo e catodo	Inalação
			Ingestão
			Contato dermal
Refinaria de Petróleo	Trabalhador da manutenção, da refinaria e do forno de coque	Operação de extração e refino	Inalação
			Ingestão
			Contato dermal
Processamento de Betume/ Pavimentação de estradas	Cantoneiro	Construção de estradas	Inalação
			Ingestão
			Contato dermal
Siderúrgicas	Trabalhador da manutenção e do forno de coque	Produção de emissões	Inalação

Os HPA's possuem grande potencial mutagênico e/ou carcinogênico, com risco de desenvolvimento de câncer na bexiga, nos pulmões e no estômago.

No meio ambiente, são fortemente adsorvidos pela fração orgânica do solo ou do sedimento, conforme apresentado na Tabela 5.11, de acordo com os altos valores do coeficiente de sorção de carbono orgânico ( $k_{oc}$ ), reduzindo assim a biodisponibilidade destes compostos para degradação. Como os HPA's possuem baixa solubilidade em água, a pequena parte lixiviada dos solos e sedimentos pode ser negligenciada, embora estudos já tenham detectado tais concentrações em água (IPCS, 1998).

Tabela 5.11 – Valores dos coeficientes de sorção de carbono orgânico por composto de HPA (adaptado de IPCS, 1998).

Composto	Log K <sub>oc</sub>	Comentário
acenafteno	5,38	Média em sedimentos
acenaftileno	3,75	RP-HPLC on PIHAC*
antraceno	5,76	Média em sedimentos
benzo[a]antraceno	6,30	Média em sedimentos
benzo[a]pireno	6,26	Média em sedimentos
benzo[k]fluoranteno	5,99	Média em sedimentos
criseno	6,27	Média em sedimentos
Dibenzo[a,h]antraceno	6,31	Média em sedimentos
fluoranteno	6,38	Média em sedimentos
fluoreno	5,47	Média em sedimentos
naftaleno	5,00	Média em sedimentos
fenantreno	6,12	Média em sedimentos
pireno	6,51	Média em sedimentos

\* RP-HPLC on PIHAC: *Reversed-phase high-performance liquid chromatography on physical-induced humic-acid column.*

Mackay *et al.* (1992) *apud* IPCS (1998), por meio de cálculos estatísticos, gerou uma tabela de categorização dividida em classes, baseadas na meia vida em horas dos compostos de HPA's, na qual são apresentadas a média e a faixa de variação desta meia vida (Tabela 5.12). Assim, podem-se classificar alguns destes compostos de acordo com estas classes, em diferentes compartimentos do ambiente como ar, água, solo e sedimento (Tabela 5.13).

Tabela 5.12 – Classes de meia vida (horas) sugeridos a HPA's (adaptado de Mackay *et al.*, 1992 *apud* IPCS, 1998).

Classe	Meia vida (horas)	
	Média	Faixa
1	17	10-30
2	55	30-100
3	170	100-300
4	550	300-1.000
5	1.700	1.000-3.000
6	5.500	3.000-10.000
7	17.000	10.000-30.000
8	55.000	> 30.000

Tabela 5.13 – Classes de meia vida dos compostos de HPA's em variados compartimentos ambientais (adaptado de Mackay *et al.*, 1992 *apud* IPCS, 1998).

Composto	Ar	Água	Solo	Sedimento
acenaftileno	2	4	6	7
antraceno	2	4	6	7
benzo[a]antraceno	3	5	7	8
benzo[a]pireno	3	5	7	8
benzo[k]fluoranteno	3	5	7	8
criseno	3	5	7	8
dibenzo[a,h]antraceno	3	5	7	8
fluoranteno	3	5	7	8
fluoreno	2	4	6	7
naftaleno	1	3	5	6
perileno	3	5	7	8
fenantreno	2	4	6	7
pireno	3	5	7	8

De acordo com a CERCLA *Priority List*, os compostos do grupo dos HPA's variaram apenas 4 posições ao longo destes 10 anos, iniciando em 1997 na 10ª posição e em 2007 ocupando a 8ª posição, conforme pode ser observado na Tabela abaixo.

Tabela 5.14 – Comparação da colocação do grupo dos HPA's em 1997, 1999, 2001, 2003, 2005 e 2007 (adaptado de ATSDR, 1997; ATSDR, 1999; ATSDR, 2001; ATSDR, 2003; ATSDR, 2005 e ATSDR, 2007).

Ano	Colocação
1997	10
1999	9
2001	9
2003	8
2005	7
2007	8

A partir desta lista desenvolvida em 1997, a EPA passou a priorizar o estudo de 16 compostos do grupo de HPA's, que podem ser observados na Figura 5.8, os quais as amostras de sedimentos coletadas na Lagoa foram submetidas à análise.

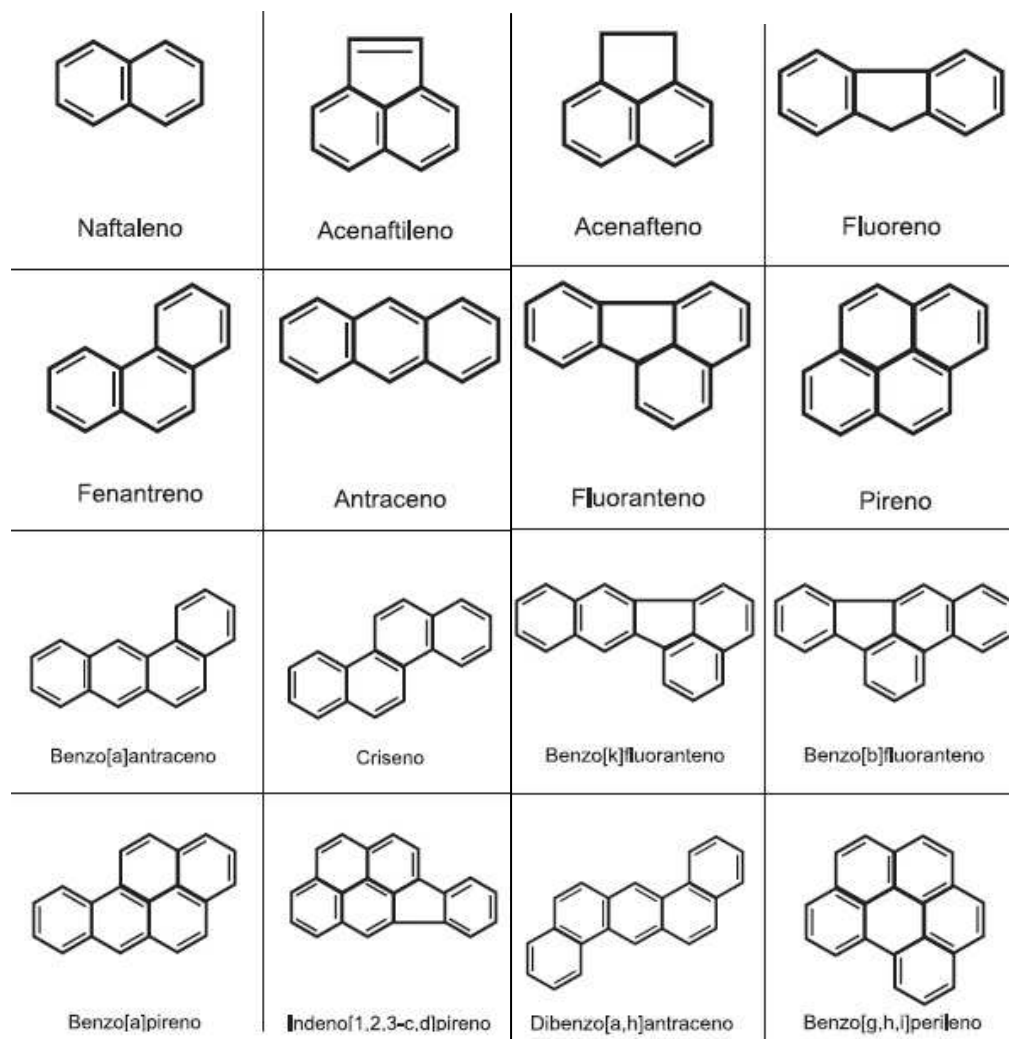


Figura 5.8 – Estrutura dos 16 HPA's analisados (adaptado de Vieira, Soares e Jardim, 2007).

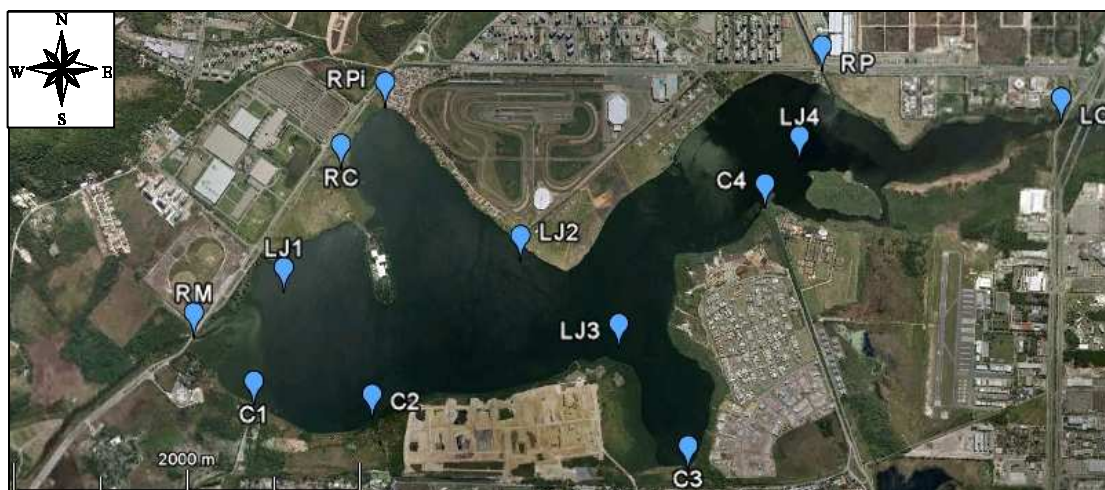
### 5.3. Metodologia de amostragem

Para a análise química, dos metais citados e dos HPA's, coletou-se na Lagoa de Jacarepaguá, 13 amostras de sedimentos, sendo 4 no interior da lagoa e 9 nas saídas dos rios contribuintes.

A Tabela 5.15 apresenta as seguintes informações dos pontos de coleta: nomenclatura, localização, coordenadas em UTM com *datum* SAD69, parâmetros analisados e a profundidade. A Figura 5.9 apresenta o mapa de localização destes pontos.

Tabela 5.15 – Informações dos pontos de amostragem de sedimentos para análise química

Ponto	Nome	Data da Coleta	Parâmetros		UTM - SAD69		Profundidade (m)
			Metais	HPA's	Longitude	Latitude	
RM	Rio Marinho	11/04/11	x		662568	7457059	1,8
C1	Córrego 1	11/04/11	x		662913	7456673	0,5
C2	Córrego 2	11/04/11	x		663583	7456575	0,8
LJ1	Lagoa de Jacarepaguá 1	11/04/11	x	x	663067	7457283	8,5
RC	Rio Camorim	13/04/11	x		663479	7458017	4,7
RPI	Rio Pavuninha	13/04/11	x		663759	7458339	4,0
LJ2	Lagoa de Jacarepaguá 2	13/04/11	x	x	664423	7457475	3,7
LC	Lagoa do Camorim	13/04/11	x		666212	7458554	2,3
RP	Rio Pavuna	13/04/11	x		667591	7458234	2,4
LJ3	Lagoa de Jacarepaguá 3	19/04/11	x	x	665021	7456977	9,9
C3	Córrego 3	19/04/11	x		665517	7456504	1,0
C4	Córrego 4	19/04/11	x		665867	7457778	1,3
LJ4	Lagoa de Jacarepaguá 4	19/04/11	x	x	666134	7458055	7,5

Figura 5.9 – Imagem do *Google Earth* com a localização dos pontos de amostragem de sedimentos para análise química.

Os pontos de amostragem localizados no interior da Lagoa foram selecionados com base em 3 critérios. No primeiro determinou-se que a amostragem deveria contemplar pelo menos 1 ponto em cada área (divisão de áreas apresentada no Capítulo 3). O segundo levou em consideração os resultados da caracterização geotécnica apresentados no Capítulo anterior,

sendo determinado que os pontos deveriam possuir granulometria fina e alto teor de matéria orgânica. De acordo com a análise realizada com os mapas batimétricos apresentados no Capítulo 3, estas características estariam presentes em amostras situadas em locais com profundidades maiores que 3 metros. O terceiro e último critério, levou em consideração a localização dos pontos com relação à área de influência do deságüe dos rios.

Com isso, os pontos então selecionados no interior da Lagoa, para esta nova coleta, apresentam localização representativa de sua área, alto teor de matéria orgânica e granulometria fina. Com estas últimas duas características é esperado observar um maior acúmulo de contaminantes nestas amostras, em função de algumas propriedades específicas já discutidas neste trabalho.

A Tabela 5.16, abaixo, indica a relação entre as amostras de sedimentos coletadas para a caracterização geotécnica e os pontos selecionados para a nova amostragem visando à realização das análises químicas.

Tabela 5.16 – Relação entre os pontos amostrados.

<b>Amostra para a Caracterização Geotécnica</b>	<b>Amostra para a Análise Química</b>
<b>A1-P3A</b>	LJ1
<b>A2-P2</b>	LJ2
<b>A3-P1</b>	LJ3
<b>A4-P2</b>	LJ4

Estas novas amostras foram coletadas com a utilização do veículo anfíbio, nos dias 11 e 13/04/2011, e de um bote, no dia 19/04/2011, com o auxílio da mesma draga modelo Van Veen utilizada para a coleta dos sedimentos para a caracterização geotécnica.

Vale lembrar que esta caracterização da qualidade dos sedimentos visa gerar informações sobre a contaminação dos mesmos, caso sejam dragados. Dessa forma, a amostragem foi realizada da mesma forma como no estudo de Outubro de 1996, já apresentado, apenas com diferenciação para as dimensões da draga, que nesta dissertação permitia a coleta dos 10 primeiros centímetros da camada de sedimento.

Elas foram armazenadas em sacos plásticos e acondicionadas em um cooler com gelox na própria embarcação, para que a temperatura das amostras fosse mantida a 4°C. Ao chegar à base de trabalho, em terra, as amostras foram então transferidas para os frascos de vidro, devidamente etiquetados e

novamente acondicionadas no cooler, para posterior envio ao laboratório *Analytical Solutions* para realização das análises.

As fotos identificando os pontos de amostragem nas saídas dos rios afluentes à Lagoa podem ser observadas no Apêndice II.

#### **5.4.Resultados**

Conforme elucidado no item 4.3, foram coletadas 13 amostras de sedimento, sendo 9 localizadas nas saídas dos rios afluentes e 4 no interior da lagoa. Estas 4 amostras foram selecionadas a partir dos resultados da caracterização geotécnica levando-se em consideração principalmente o teor de matéria orgânica e a granulometria. As amostras coletadas foram enviadas ao laboratório *Analytical Solution* para análise de HPA's (amostras do interior da lagoa) e metais (todas as amostras).

Os resultados das análises químicas são apresentados nas Tabelas a seguir, divididas da seguinte forma:

- Tabela 5.17: Resultados das análises químicas para metais.
- Tabela 5.18: Resultados das análises químicas para HPA's das amostras coletadas dentro da lagoa (pontos: LJ1, LJ2, LJ3 e LJ4).

Todas as tabelas tiveram seus resultados comparados aos Níveis 1 (baixa probabilidade de efeitos adversos) e Nível 2 (provável efeito adverso) da Resolução CONAMA nº344 de 2004.

Os boletins com os resultados das análises químicas gerados pela *Analytical Solutions* são apresentados no Apêndice III juntamente com as cadeias de custódias. Nestes boletins são apresentados os métodos de análise utilizados para todos os ensaios realizados. Já no Apêndice IV podem ser encontrados os boletins para cada ponto amostrado, com os dados de coleta (coordenadas, mapa de localização, profundidade, data e hora) e os resultados das análises químicas para metais e HPA's.

Tabela 5.17 – Resultados das análises químicas para metais (mg/kg).

Parâmetros			Pontos													Valores Orientadores	
Metais	LD*	LQ**	RM	C1	C2	LJ1	LJ2	RC	RPi	LC	RP	C3	C4	LJ3	LJ4	Nível 1***	Nível 2****
<b>Ba</b>	0,100	0,500	3,175	55,964	12,806	71,690	55,958	95,819	99,729	101,217	6,118	0,788	100,757	60,413	336,924	-	-
<b>Cd</b>	0,015	0,050	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,243	nd	nd	1,401	0,357	1,522	1,2	9,6
<b>Pb</b>	0,100	0,500	3,174	10,236	3,330	14,912	17,072	13,674	11,297	36,146	0,904	nd	18,952	33,636	64,896	46,7	218,0
<b>Cu</b>	0,050	0,250	0,369	50,666	3,283	28,109	21,407	14,168	49,460	65,021	1,443	0,340	150,127	21,499	93,013	34,0	270,0
<b>Cr</b>	0,250	0,500	nd	13,331	2,324	16,127	18,089	10,875	15,508	37,141	1,302	0,662	31,520	21,667	51,573	81,0	370,0
<b>Mn</b>	0,250	0,500	15,299	185,004	26,016	262,573	278,485	94,244	106,948	189,481	7,505	1,911	254,436	191,974	288,193	-	-
<b>Hg</b>	0,020	0,100	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,2	0,7
<b>Ni</b>	0,250	0,500	nd	6,495	0,679	8,624	7,987	7,422	8,119	19,738	nd	nd	13,287	9,816	23,461	20,9	51,6
<b>Zn</b>	0,250	0,500	3,964	102,468	10,390	76,912	69,731	60,377	133,373	200,066	5,849	2,007	331,360	63,746	298,801	150,0	410,0
<b>Fe</b>	0,500	0,250	1,1E+03	1,8E+04	2,3E+03	2,9E+04	3,0E+04	1,7E+04	1,7E+04	3,6E+04	1,4E+03	2,8E+02	2,2E+04	1,6E+04	3,7E+04	-	-

nd – não detectado;

\* LD – Limite de Detecção.

\*\* LQ – Limite de Quantificação.

\*\*\* Nível 1 – Baixa probabilidade de efeitos adversos – Resolução CONAMA nº344 de 2004.

\*\*\*\* Nível 2 – Provável efeito adverso – Resolução CONAMA nº344 de 2004.



Tabela 5.18 – Resultados das análises químicas para HPA's das amostras coletadas dentro da Lagoa (mg/kg).

Parâmetros			Pontos				Valores Orientadores	
HPA's	LD*	LQ**	LJ1	LJ2	LJ3	LJ4	Nível 1***	Nível 2****
Naftaleno	0,0008	0,0010	0,0882	nd	nd	nd	160,0	2100,0
Acenaftileno	0,0008	0,0010	0,0306	nd	nd	nd	44,0	640,0
Acenafteno	0,0008	0,0010	nd	nd	nd	nd	16,0	500,0
Fluoreno	0,0008	0,0010	nd	nd	nd	nd	19,0	540,0
Fenantreno	0,0008	0,0010	nd	nd	0,0239	nd	240,0	1500,0
Antraceno	0,0008	0,0010	nd	nd	0,0096	nd	85,3	1100,0
Fluoranteno	0,0008	0,0010	nd	nd	0,1149	0,0106	600,0	5100,0
Pireno	0,0008	0,0010	nd	nd	0,1341	0,0106	665,0	2600,0
Benzo[a]antraceno	0,0008	0,0010	nd	nd	0,0432	nd	74,8	693,0
Criseno	0,0008	0,0010	nd	nd	0,0479	nd	108,0	846,0
Benzo[b]fluoranteno	0,0008	0,0010	nd	nd	0,0431	nd	-	-
Benzo[k]fluoranteno	0,0008	0,0010	nd	nd	0,0192	nd	-	-
Benzo[a]pireno	0,0008	0,0010	nd	nd	0,0479	nd	88,8	763,0
Indeno[1,2,3-cd]pireno	0,0008	0,0010	nd	nd	0,0287	nd	-	-
Dibenzo[a,h]antraceno	0,0008	0,0010	nd	nd	0,0096	nd	6,2	135,0
Benzo[ghi]perileno	0,0008	0,0010	nd	nd	0,0287	nd	-	-
<b>Total</b>	-	-	<b>0,1188</b>	<b>nd</b>	<b>0,5508</b>	<b>0,0212</b>	<b>3000</b>	<b>-</b>

nd – não detectado;

\* LD – Limite de Detecção;

\*\* LQ – Limite de Quantificação.

\*\*\* Nível 1 – Baixa probabilidade de efeitos adversos – Resolução CONAMA nº344 de 2004;

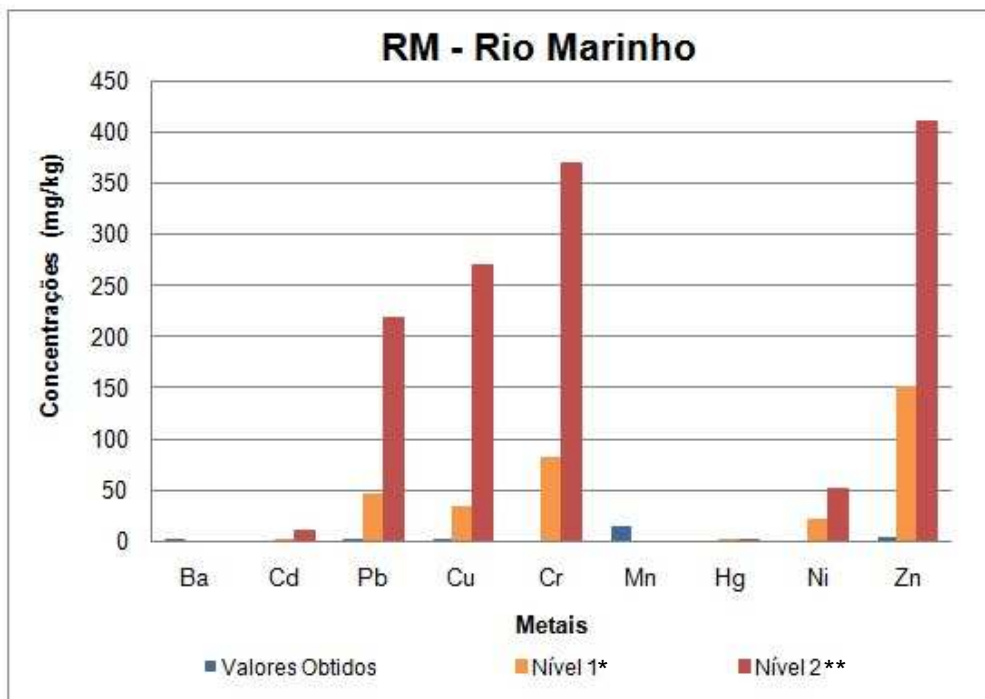
\*\*\*\*Nível 2 – Provável efeito adverso – Resolução CONAMA nº344 de 2004.

A seguir, são apresentados gráficos para melhor interpretação destes resultados. Estes foram divididos em 2 grupos, dos quais o primeiro é apresentado nas Figuras 5.10 a 5.22 e o segundo está localizado no Apêndice V.

O primeiro grupo apresenta os resultados das análises de metais por ponto amostrado, indicando em azul o valor obtido, em laranja o valor orientador do Nível 1 e em vermelho o do Nível 2 para cada metal. Já o segundo, apresenta os resultados das análises de metais por cada metal analisado, indicando nas mesmas cores os valores obtidos, o valor orientador do Nível 1 e o do Nível 2.

Nos gráficos do primeiro grupo, não foram inseridos os resultados das análises de Ferro (Fe) em função da grande diferença da ordem de grandeza destes resultados com os dos outros metais analisados, o que dificultaria a leitura de concentrações baixas nestes gráficos.

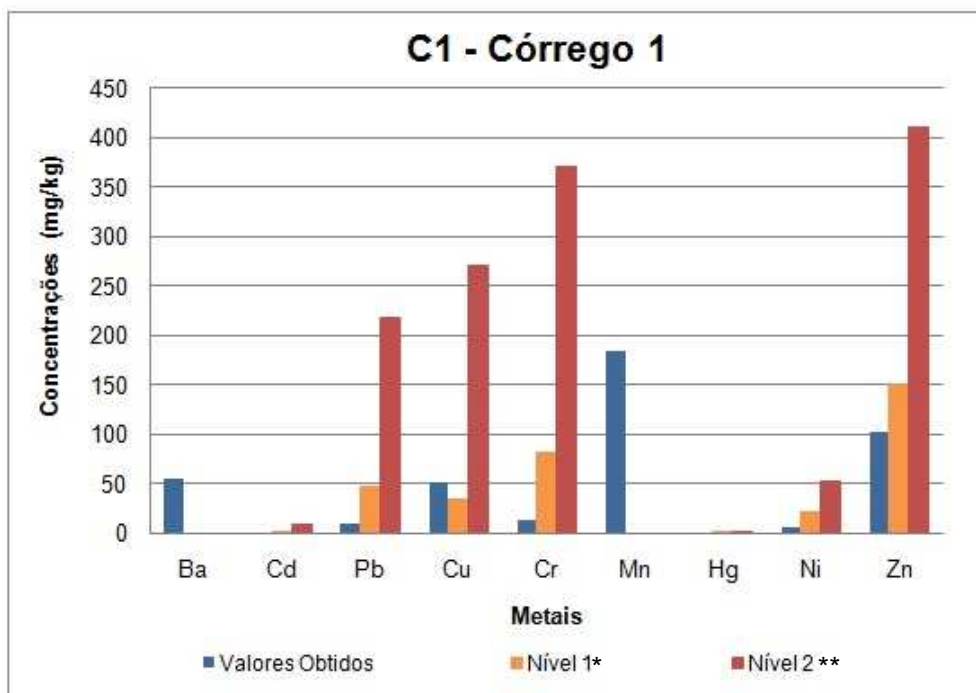
- Gráficos dos resultados das análises de metais por ponto de amostragem.



\* Nível 1 – Baixa probabilidade de efeitos adversos – Resolução CONAMA nº344 de 2004.

\*\* Nível 2 – Provável efeito adverso – Resolução CONAMA nº344 de 2004.

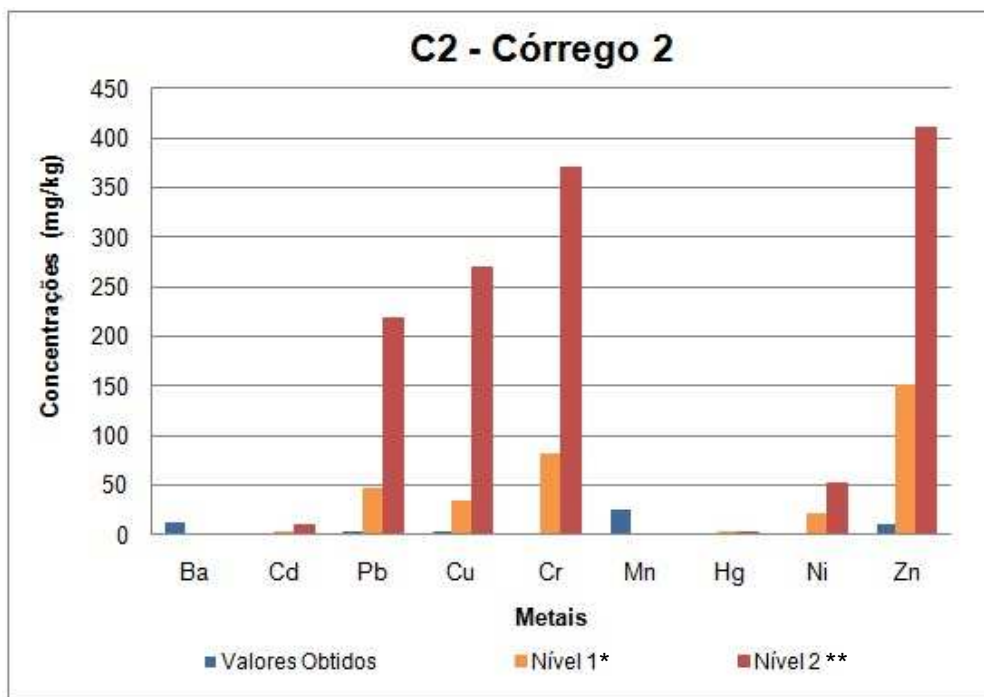
Figura 5.10 – Gráfico dos resultados de metais para o ponto RM.



\* Nível 1 – Baixa probabilidade de efeitos adversos – Resolução CONAMA nº344 de 2004.

\*\* Nível 2 – Provável efeito adverso – Resolução CONAMA nº344 de 2004.

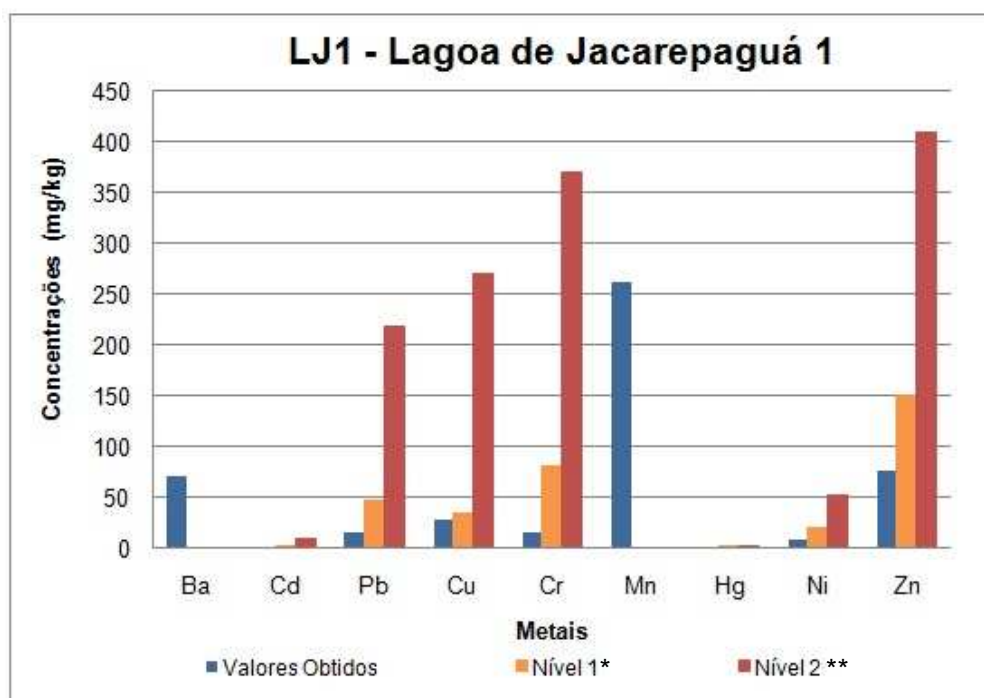
Figura 5.11 – Gráfico dos resultados de metais para o ponto C1.



\* Nível 1 – Baixa probabilidade de efeitos adversos – Resolução CONAMA nº344 de 2004.

\*\* Nível 2 – Provável efeito adverso – Resolução CONAMA nº344 de 2004.

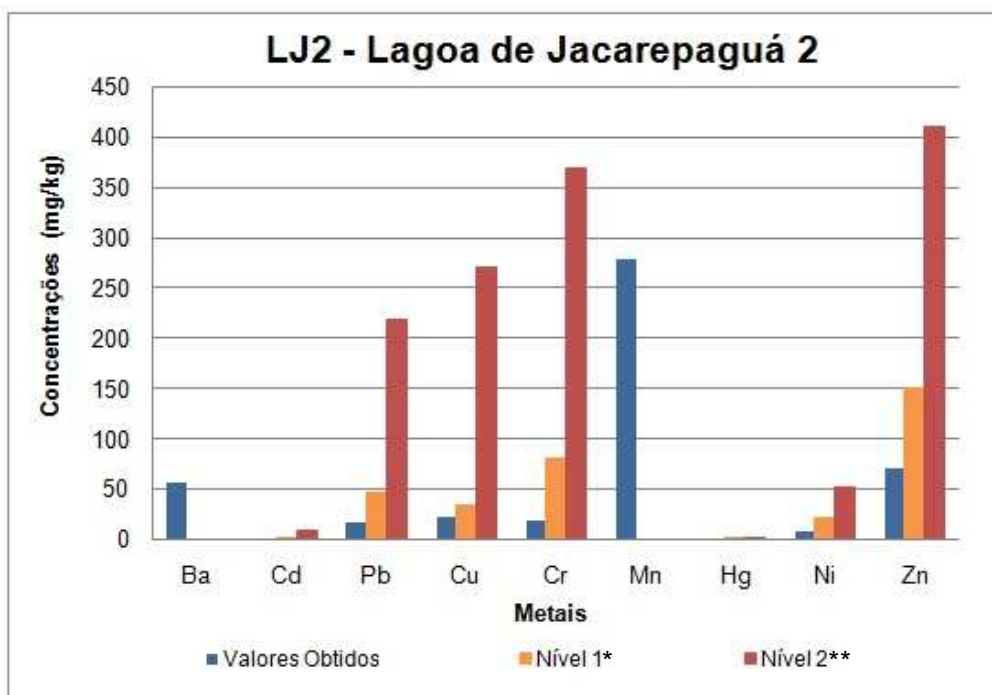
Figura 5.12 – Gráfico dos resultados de metais para o ponto C2.



\* Nível 1 – Baixa probabilidade de efeitos adversos – Resolução CONAMA nº344 de 2004.

\*\* Nível 2 – Provável efeito adverso – Resolução CONAMA nº344 de 2004.

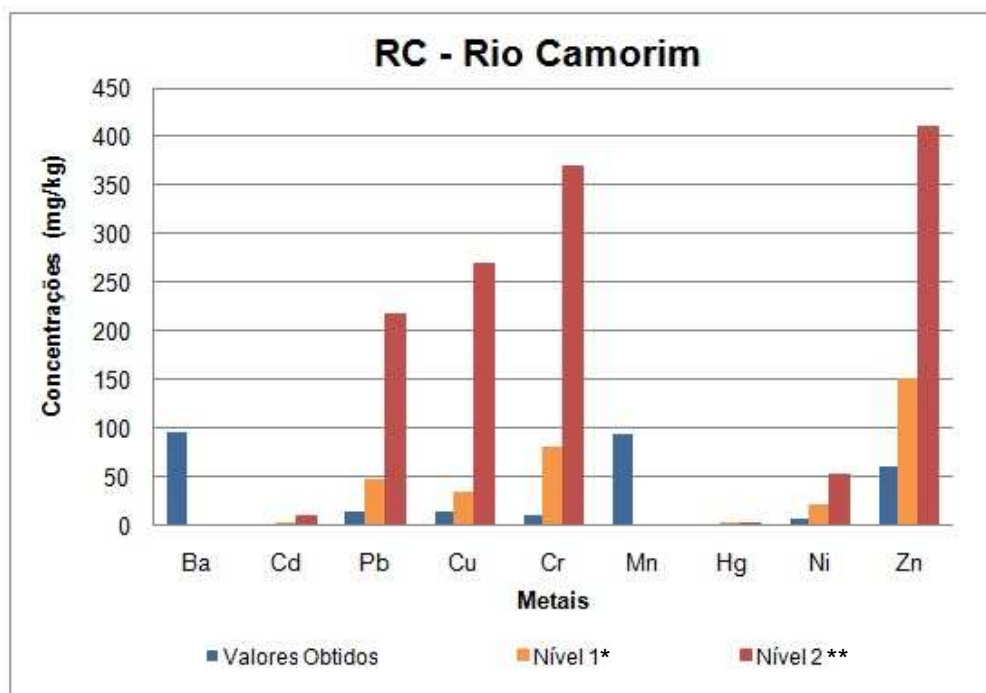
Figura 5.13 – Gráfico dos resultados de metais para o ponto LJ1



\* Nível 1 – Baixa probabilidade de efeitos adversos – Resolução CONAMA nº344 de 2004.

\*\* Nível 2 – Provável efeito adverso – Resolução CONAMA nº344 de 2004.

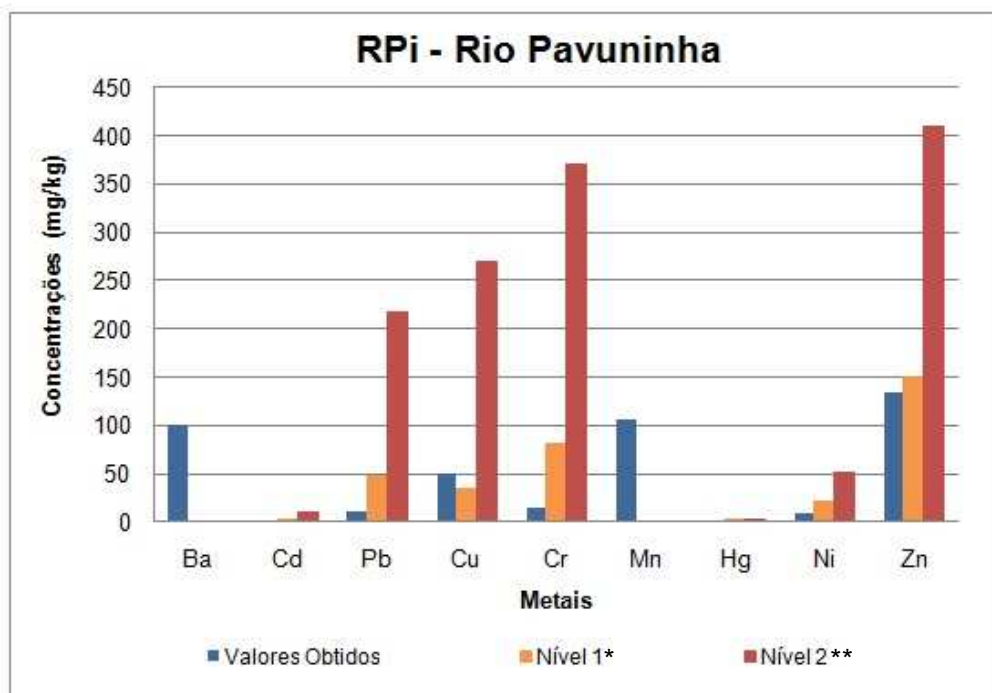
Figura 5.14 – Gráfico dos resultados de metais para o ponto LJ2.



\* Nível 1 – Baixa probabilidade de efeitos adversos – Resolução CONAMA nº344 de 2004.

\*\* Nível 2 – Provável efeito adverso – Resolução CONAMA nº344 de 2004.

Figura 5.15 – Gráfico dos resultados de metais para o ponto RC.

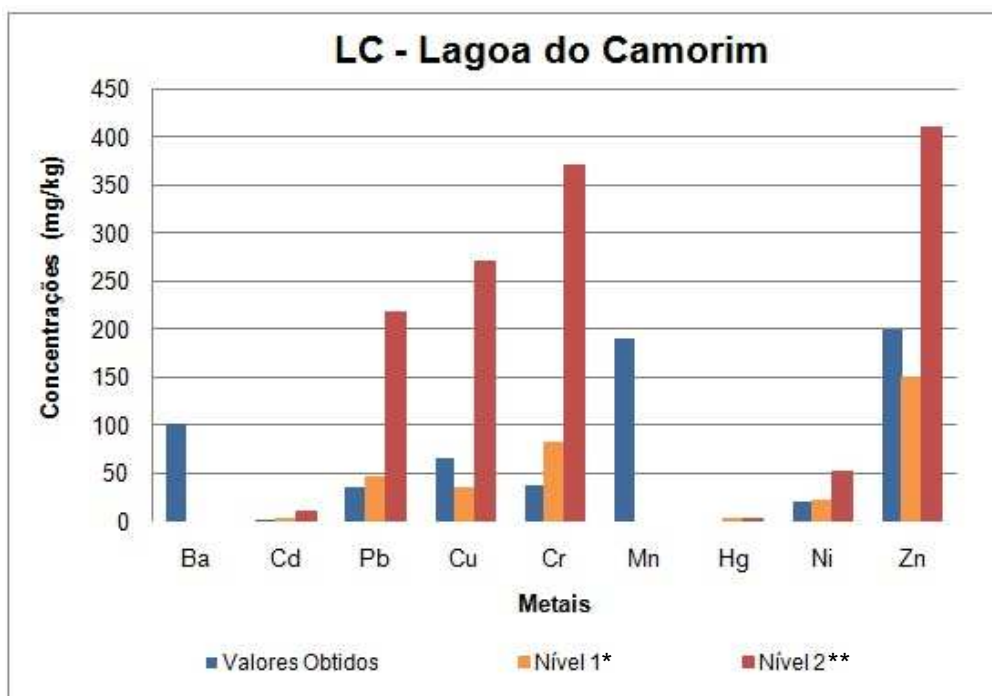


\* Nível 1 – Baixa probabilidade de efeitos adversos – Resolução CONAMA nº344 de 2004.

\*\* Nível 2 – Provável efeito adverso – Resolução CONAMA nº344 de 2004.

Figura 5.16 – Gráfico dos resultados de metais para o RPi.

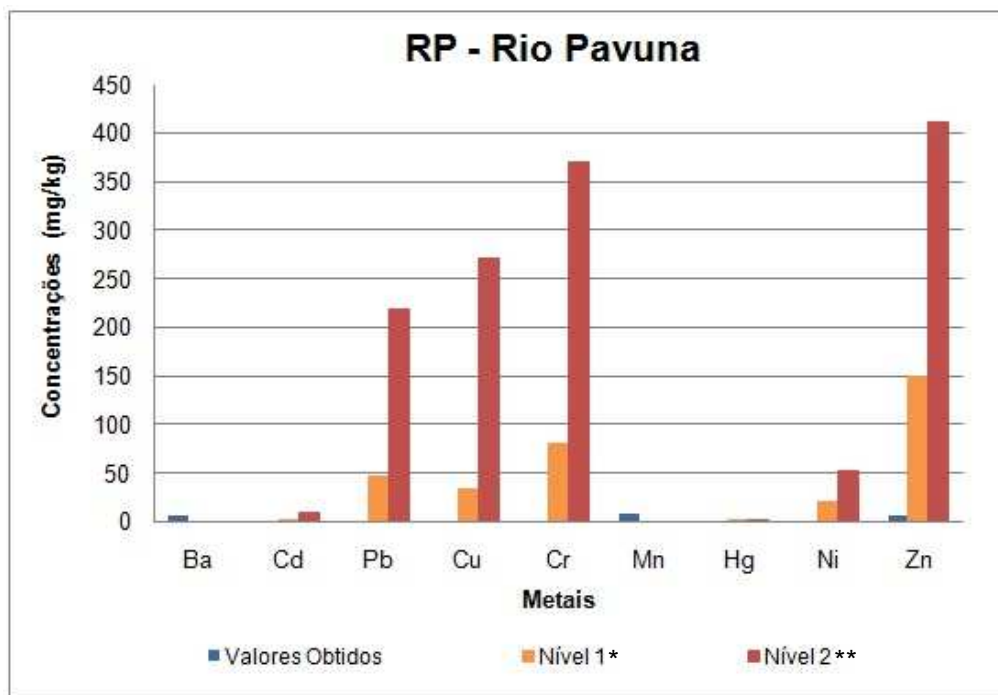
PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0921928/CA



\* Nível 1 – Baixa probabilidade de efeitos adversos – Resolução CONAMA nº344 de 2004.

\*\* Nível 2 – Provável efeito adverso – Resolução CONAMA nº344 de 2004.

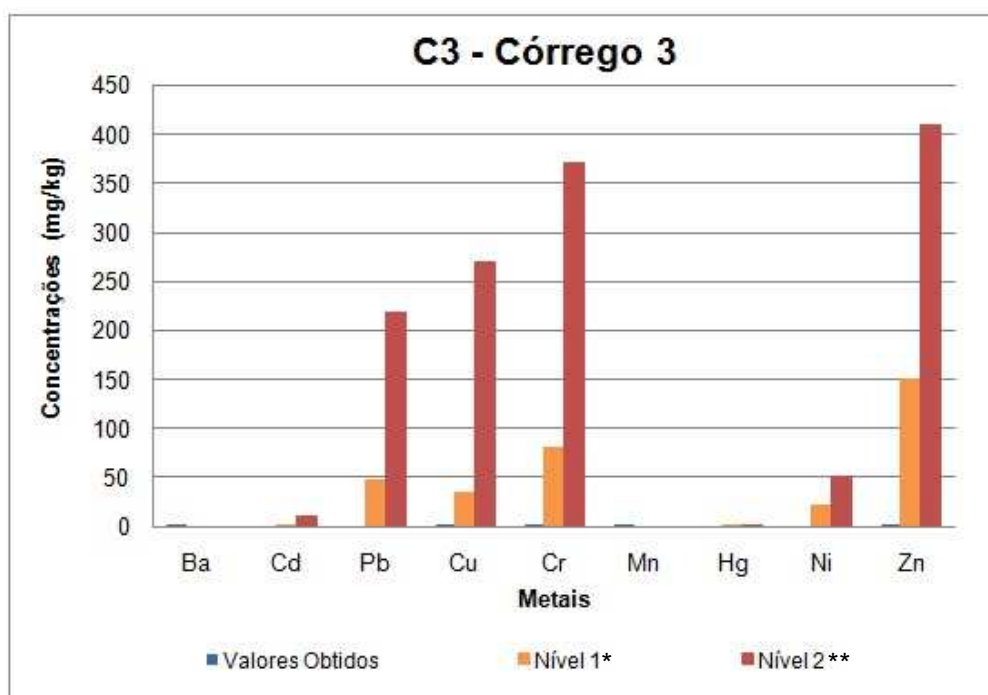
Figura 5.17 – Gráfico dos resultados de metais para o ponto LC.



\* Nível 1 – Baixa probabilidade de efeitos adversos – Resolução CONAMA n°344 de 2004.

\*\* Nível 2 – Provável efeito adverso – Resolução CONAMA n°344 de 2004.

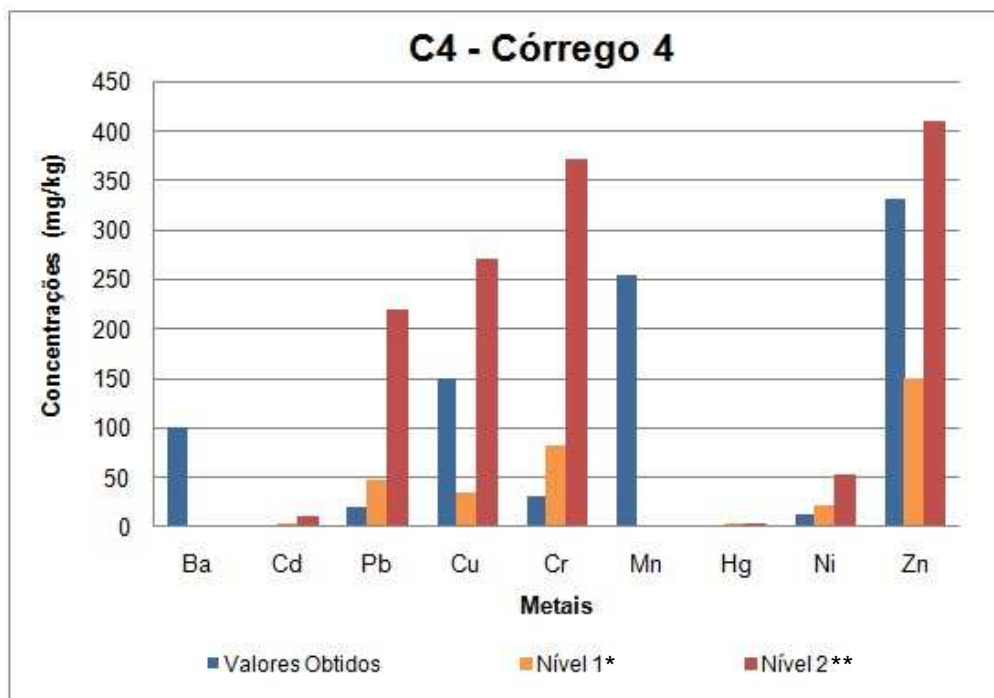
Figura 5.18 – Gráfico dos resultados de metais para o ponto RP.



\* Nível 1 – Baixa probabilidade de efeitos adversos – Resolução CONAMA n°344 de 2004.

\*\* Nível 2 – Provável efeito adverso – Resolução CONAMA n°344 de 2004.

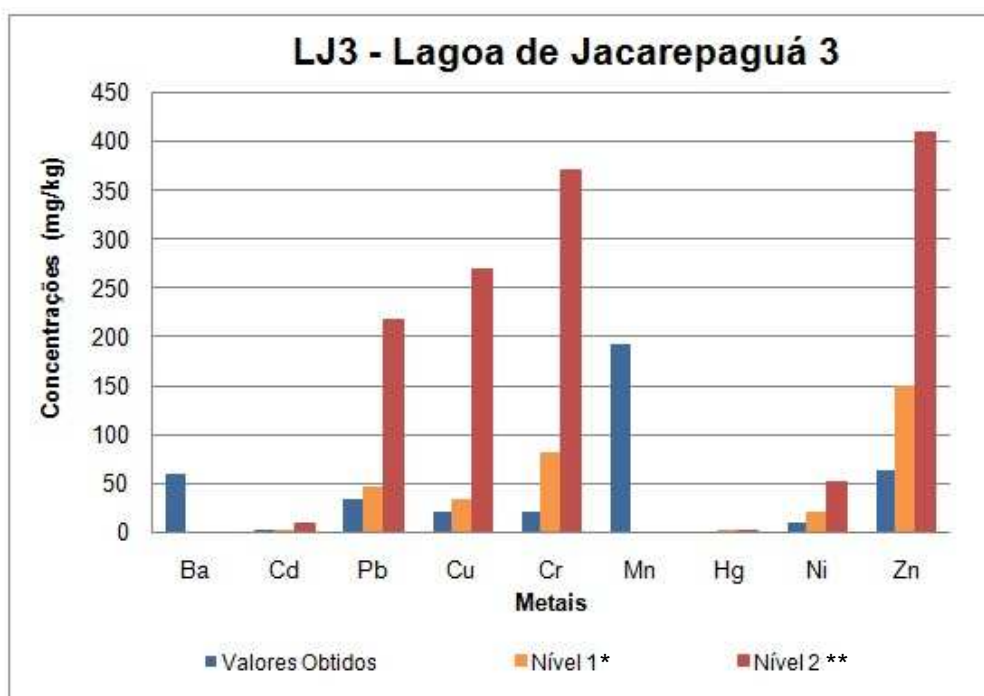
Figura 5.19 – Gráfico dos resultados de metais para o ponto C3.



\* Nível 1 – Baixa probabilidade de efeitos adversos – Resolução CONAMA nº344 de 2004.

\*\* Nível 2 – Provável efeito adverso – Resolução CONAMA nº344 de 2004.

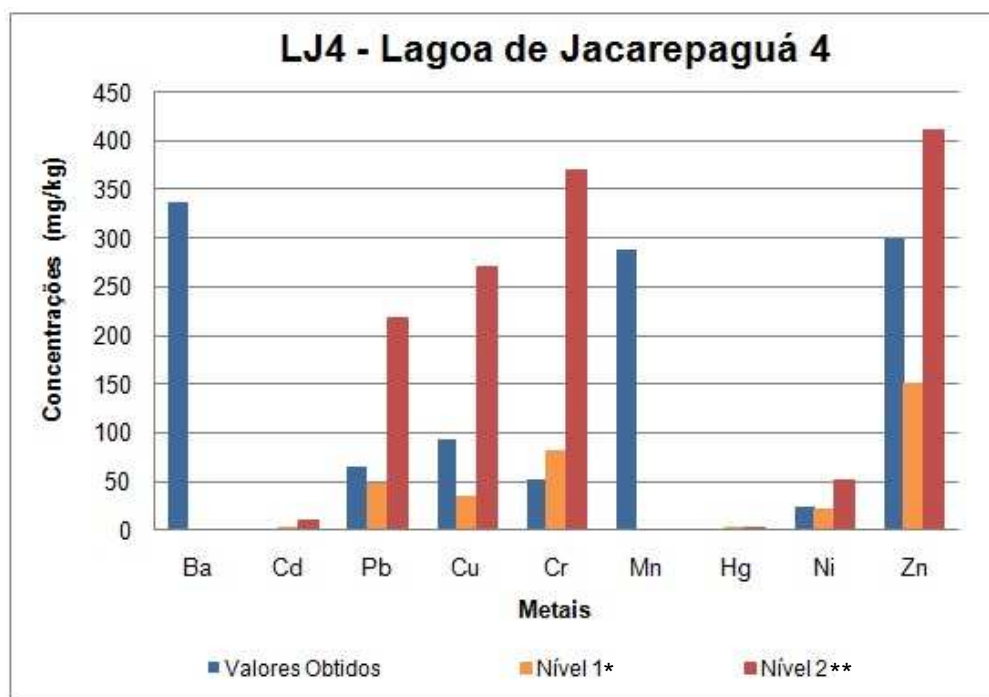
Figura 5.20 – Gráfico dos resultados de metais para o ponto C4.



\* Nível 1 – Baixa probabilidade de efeitos adversos – Resolução CONAMA nº344 de 2004.

\*\* Nível 2 – Provável efeito adverso – Resolução CONAMA nº344 de 2004.

Figura 5.21 – Gráfico dos resultados de metais para o ponto LJ3.



\* Nível 1 – Baixa probabilidade de efeitos adversos – Resolução CONAMA nº344 de 2004.

\*\* Nível 2 – Provável efeito adverso – Resolução CONAMA nº344 de 2004.

Figura 5.22 – Gráfico dos resultados de metais para o ponto LJ4.

#### 5.4.1. Discussão dos Resultados

De acordo com as tabelas e gráficos apresentados, observa-se que apenas 5 pontos analisados ultrapassaram os valores orientadores para o Nível 1 (baixa probabilidade de efeito adverso a biota) para pelo menos 1 metal.

Os pontos Córrego 1 (C1) e Rio Pavuninha (RPi) tiveram apenas a concentração de Cobre (Cu) ultrapassada. Já o ponto Lagoa de Camorim (LC) teve teores acima do Nível 1 para Cobre (Cu) e Zinco (Zn). O ponto Córrego 4 (C4) obteve concentrações acima dos valores orientados para Cádmio (Cd), Cobre (Cu) e Zinco (Zn). Enquanto que para o ponto Lagoa de Jacarepaguá 4 (LJ4) verificou-se teores acima dos limites estabelecidos para Cádmio (Cd), Chumbo (Pb), Cobre (Cu), Níquel (Ni) e Zinco (Zn).

Estes pontos podem ser melhores observados nas Figuras a seguir (Figura 5.23 a 5.27), onde estão indicados os pontos que obtiveram concentrações acima do Nível 1, para cada metal.



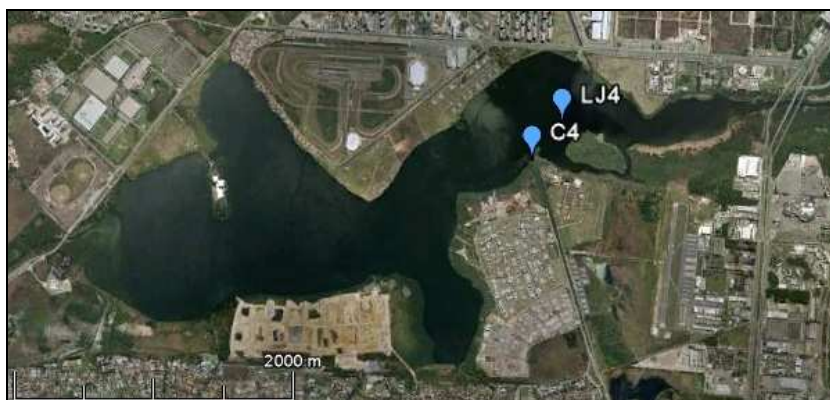


Figura 5.23 – Pontos com concentrações acima do Nível 1 para Cádmiu.

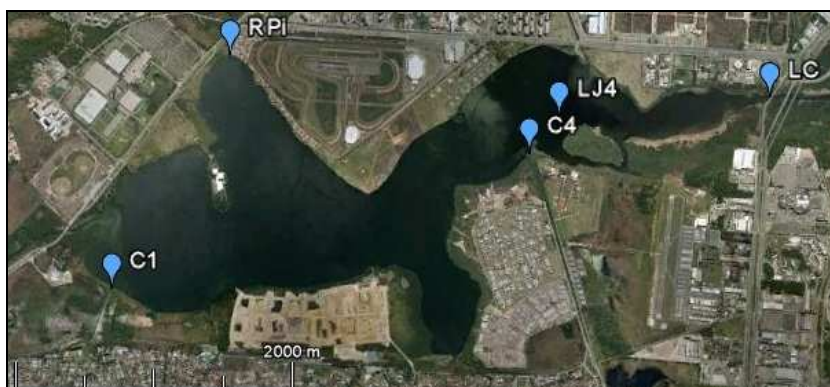


Figura 5.24 – Pontos com concentrações acima do Nível 1 para Cobre.



Figura 5.25 – Pontos com concentrações acima do Nível 1 para Chumbo.



Figura 5.26 – Pontos com concentrações acima do Nível 1 para Níquel.

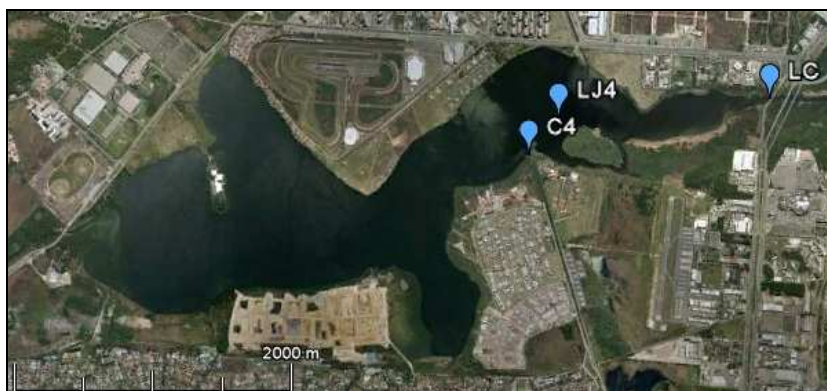


Figura 5.27 – Pontos com concentrações acima do Nível 1 para Zinco.

Para os compostos do grupo de HPA's, não foram encontrados valores acima dos limites estabelecidos para nenhum dos pontos analisados.

Realizando uma comparação dos resultados das análises químicas para metais obtidos nos estudos anteriores, apresentados no item 4.2.1.1, com os resultados obtidos neste trabalho, observa-se um padrão de contaminação, tanto para os metais encontrados como para a localização dos pontos contaminados.

De acordo com os trabalhos de junho de 1992, maio de 1996, outubro de 1996 e dezembro de 1998, os pontos 7, LJ7, AM-11 e AM-15 e L11 e L15 de cada estudo respectivamente, obtiveram valores acima do Nível 1 para Cobre (Cu), Chumbo (Pb), Zinco (Zn), Níquel (Ni) e Cádmiio (Cd). Estes pontos podem ser correlacionados com o LJ4 deste trabalho, que além de apresentar localização próxima aos pontos citados, obteve concentrações acima do Nível 1 para os mesmos metais.

A partir dos resultados da batimetria realizada e apresentada no Capítulo 3, observou-se que em função da baixa profundidade na área central da Lagoa, com média de 2 metros, esta não possui um processo eficiente de circulação interna de suas águas. Além disso, os rios afluentes a ela não possuem alta vazão, resultando em uma pequena zona de influência com seus deságuas. Estas duas considerações apresentadas podem indicar que os contaminantes presentes nas águas dos rios afluentes sofrem acumulação e posterior sedimentação, sendo então adsorvidos pela fração fina do sedimento, com alto teor de matéria orgânica, próximo a sua foz.

Com base na pesquisa realizada das atividades atualmente em funcionamento às margens dos rios afluentes, no apresentado pela Tabela 5.7 e nas considerações feitas acima, pode-se concluir que estes contaminantes encontrados nos sedimentos, são potencialmente derivados das descargas de efluentes industriais e domésticos.

Enfatizando que o limite Nível 1 da Resolução CONAMA nº 344 de 2004 representa a “baixa probabilidade de efeitos adversos” e os metais encontrados nos sedimentos acima deste limite possuem graves efeitos toxicológicos (Cu, Pb, Zn, Ni e Cd), não pode-se determinar com precisão se estes irão ou não causar algum efeito em caso de contato com estes sedimentos.

A Resolução CONAMA nº 344 de 2004, não apresenta valores orientadores para 3 metais analisados neste trabalho: Ferro (Fe), Manganês (Mn) e Bário (Ba).

No caso do Ferro e do Manganês, a não existência de valores orientadores está ligada diretamente ao fato destes metais serem normalmente encontrados em elevadas concentrações nos sedimentos, em diferentes tipos de ambientes. Assim, não se pode determinar a fonte desses elementos, pois elas podem refletir um nível de *background* característico da área estudada ou serem derivadas de fontes de contaminação antrópicas.

No entanto, a presença de Bário no ambiente, geralmente está associada a atividades antrópicas. A não existência de valores orientadores para tal metal é justificada pelo fato deste não ser comumente analisado já que sua utilização em processos industriais é restrita a específicas atividades. Com isso, não há a possibilidade de conclusão sobre o grau de contaminação das amostras de sedimentos com a presença de Bário, assim como não se pode discorrer sobre a possibilidade de desenvolvimento em pessoas, principalmente pescadores da Lagoa em contato direto com este sedimento, dos efeitos descritos no item 5.2.3.

A Figura 5.27 a seguir, apresenta os pontos nos quais foi observada a presença de pelo menos um dos metais analisados acima do limite Nível 1 segundo a Resolução CONAMA nº 344 de 2004. Observa-se a partir desta imagem que os pontos indicados estão localizados em áreas que apresentam granulometria fina e alto teor de matéria orgânica, confirmando a relação entre estas características e os metais estudada por Martincic *et al.* (1990).

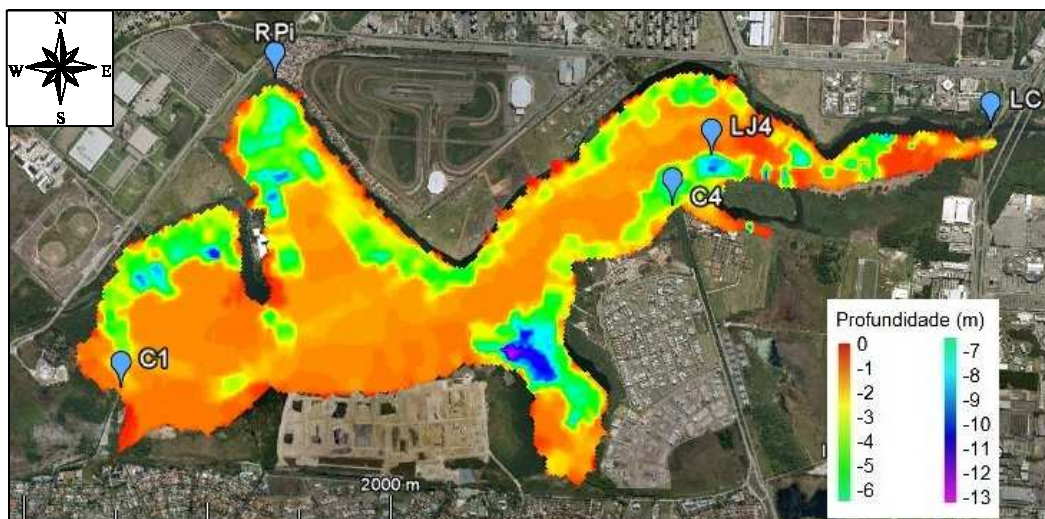


Figura 5.27 – Modelo batimétrico em 2D e com os pontos de amostragem que obtiveram concentrações acima do limite Nível 1 para pelo menos um dos parâmetros analisados.

De forma a complementar os comentários sobre os resultados das análises químicas, vale lembrar que os contaminantes presentes em solos ou sedimentos, possuem pouca mobilidade, pois são aprisionados por adsorção às matrizes orgânicas ou inorgânicas (Aguiar Neto *et al.*, 2007). Com isso, estes pontos analisados na Lagoa de Jacarepaguá, que apresentaram valores acima do limite Nível 1, devem ser analisados apenas como contaminações pontuais. Não é recomendado realizar diagnósticos, quanto ao grau de contaminação dos sedimentos da Lagoa, utilizando apenas os resultados aqui apresentados.

Isto também deve valer para as amostras analisadas que não apresentaram qualquer indicio de contaminação. Estes pontos podem estar próximos a sedimentos que possuem algum grau de contaminação, mas que não foram contemplados neste estudo.