

# INVESTIGAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO EMISSÁRIO SUBMARINO DA BARRA DA TIJUCA NO SEU ENTORNO ATRAVÉS DO MONITORAMENTO DE PARÂMETROS DE PH, SALINIDADE, HPAs E CARBONO ORGÂNICO TOTAL

**Aluno: Maria Samara Nascimento Amorim**  
**Orientador: Angela de Luca Rebello Wagener**  
**Co-Orientador: Cássia de Oliveira Farias**

## 1. Introdução

A questão da poluição marinha envolve toda a sociedade brasileira. “Tratar esgoto é saúde, é vida. A maior causa da mortalidade infantil no Brasil são doenças de veiculação hídrica (transmitidas pela água)”, disse Carlos Minc, ex-ministro do Meio Ambiente. Os poluentes responsáveis pela poluição marinha são: orgânicos – hidrocarbonetos, substâncias sintéticas, rejeitos municipais e organismos patogênicos – e inorgânicos – metais pesados, radionuclídeos, rejeitos inorgânicos e industriais (Olsen, 1982 *apud* Carreira, 1994) [1].

Devido aos poluentes oriundos da atividade antropogênica, a qualidade dos corpos de água que banham a população costeira é inevitavelmente afetada [2], como o sistema lagunar de Jacarepaguá que, dentre outros ao longo do Brasil, vinha sofrendo intervenções [3]. Esse corpo d’água, anteriormente receptor de rejeitos domésticos das regiões da baixada de Jacarepaguá e Barra da Tijuca, sofria com sinais visíveis de contaminação: reprodução desenfreada de gigogas<sup>1</sup> e proliferação de cianobactérias<sup>2</sup> [3]. A melhor alternativa – do ponto de vista econômico - para resolver a questão da poluição do sistema lagunar de Jacarepaguá foi o Emissário Submarino da Barra da Tijuca [1].

Valendo-se da elevada capacidade de autodepuração do mar, os emissários são caracterizados pelo recolhimento e lançamento de esgotos sanitários ou industriais no ambiente marinho [4, 5]. E o emissário em questão lança atualmente cerca de 1.200 litros de esgoto por segundo, com apenas tratamento primário, produzidos pela população das localidades de Rio das Pedras, Jardim Clarice, Anil, Cidade de Deus, Taquara, Freguesia e Praça Seca, em Jacarepaguá, e na Barra da Tijuca, dos Condomínios Santa Mônica e Novo Leblon, Jardim Oceânico, Condomínios ao Norte do canal de Marapendi e Condomínios ao Sul do canal de Marapendi [6].

Os emissários submarinos podem causar impactos ao meio ambiente se certas normas de despejo não forem obedecidas. Portanto, é de vital importância o monitoramento dos corpos aquáticos receptores de esgoto. Visando a preservação do ecossistema de diversas regiões foi elaborada pelo Conselho Nacional Do Meio Ambiente – CONAMA - a Resolução Nº 357, de 17 de Março de 2005 [6], que estabelece condições e padrões para o lançamento de efluentes e para a proteção da população próxima à costa e da biota local é essencial o respeito a tal padronização.

## 2. Objetivos

O objetivo do presente estudo foi avaliar a qualidade da água do entorno do Emissário Submarino da Barra da Tijuca através da análise de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA), Carbono Orgânico Total, Temperatura, Salinidade e pH e comparando-as com os níveis aceitos pela Resolução CONAMA Nº 357 para águas salinas de classe 1.

---

<sup>1</sup> Gigogas são plantas flutuantes cuja existência em ambiente aquático indica poluição; pois, quando cobrem o espelho d’água causam danos ambientais e prejudicam a vida aquática [2].

<sup>2</sup> Organismos unicelulares capazes de produzir toxina que ataca o fígado e o sistema nervoso central, podendo levar à morte [2].

### 3. O Emissário da Barra da Tijuca

O Emissário da Barra da Tijuca (Figura 1), foco desse estudo, é composto por duas tubulações paralelas em PEAD, polietileno de alta densidade (tecnologia portuguesa) [8]. A primeira linha, o Emissário Principal, em funcionamento desde 2006, possui aproximadamente 5 km de comprimento e 1.400 mm de raio interno [6, 8]. A segunda linha, o Emissário Reserva, possui 514 metros de comprimento e 1.400 mm de raio interno; seu funcionamento está previsto para iniciar em 2016, quando o emissário principal funcionar com sua capacidade máxima, ou seja, 5,3 m<sup>3</sup>/s de esgoto por segundo [8]. A tubulação acompanha a morfologia local; logo, os 5 km de extensão são aproximadamente retos, exceto por leve curvatura que favorece o descarte pelo emissário. Os difusores, “lançadores de esgoto”, encontram-se nos 500 metros finais do emissário [6, 8].

Antes de o esgoto ser despejado pelo emissário submarino, ele é submetido a tratamento primário que se destina a remoção de sólidos suspensos (sedimentáveis e não sedimentáveis). O tratamento consiste em gradagem, desarenação, tanques de aeração e decantação primária [8].

Os dados obtidos acima foram obtidos em entrevista com Márcia Baccarini, engenheira da CEDAE, responsável pelo projeto do Emissário Submarino da Barra da Tijuca, no dia 4 de agosto de 2009 [8].

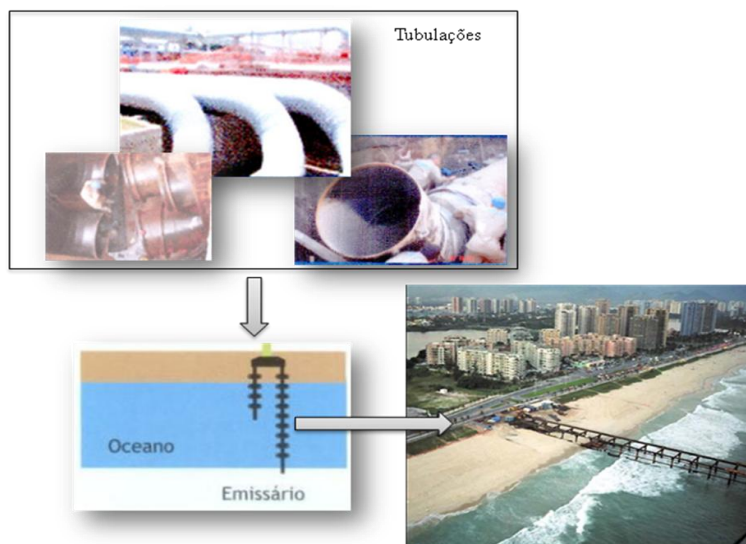


Figura 1. O Emissário da Barra da Tijuca e Tubulações

### 4. Necessidade de Monitoramento

#### 4.a – Carbono Orgânico

Para a manutenção de um ecossistema é preciso haver equilíbrio dinâmico entre as reações que sustentam a vida no ambiente, como as reações de fotossíntese e respiração. Para tal é necessário que exista inter-relação entre os organismos vivos e o meio abiótico que os circundam, especialmente em se tratando de ambiente aquático (Schuiling *et al*, 1983 *apud* Carreira, 1994) [1].

O Carbono Orgânico é um composto essencial, visto ser o principal elemento na composição da matéria orgânica e estar envolvido nas reações de oxi-redução relacionadas a processos metabólicos [1].

Logo, o monitoramento dos níveis de carbono em corpos d'água é indispensável, visto afetar diretamente o ambiente marinho.

#### **4.b – HPAs (Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos)**

Os Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) constituem uma família de compostos caracterizada por possuírem dois ou mais anéis aromáticos condensados (Medeiros, 2005 *apud* Souza, 2010) [9, 10, 11]. De maneira geral, tanto os HPAs quanto seus derivados estão associados ao aumento da incidência de diversos tipos de cânceres no homem (Neil, 1986 *apud* Netto, 2000; IARC, 1983-1995 *apud* Netto, 2000; IPCS, 1998 *apud* Netto, 2000) [9, 12].

A elevada taxa de mortalidade (cerca de 6,5 milhões de pessoas morrem de câncer anualmente) e o fato de que os tratamentos para estas doenças são dispendiosos, demorados e normalmente trazem muito sofrimento aos doentes, deixam clara a necessidade de se avaliar e controlar a exposição humana a substâncias que possuam atividade carcinogênica/mutagênica, particularmente ao saber que a grande maioria dos cânceres resulta de interações genéticas e ambientais, sendo as causas externas (ambientais) juntamente com fatores de suscetibilidade adquirida, as mais importantes (Perera, 1997 *apud* Netto, 2000) [9]. No caso dos HPAs e seus derivados, isto é feito através do monitoramento dos níveis ambientais, do conhecimento das suas vias de penetração no organismo, de seu metabolismo bem como da avaliação precoce de seus efeitos biológicos [9]. Vários componentes desse grupo são capazes de reagir diretamente, ou após sofrerem transformações metabólicas, com o DNA, tornando-se potenciais carcinógenos e eficientes mutágenos (Neil *et al.*, 1986 *apud* Netto, 2000; Moreira & Barek, 1995 *apud* Netto, 2000; Wishnok, 1992 *apud* Netto, 2000; Selkirk, 1980 *apud* Netto, 2000; Fieler & Mucke, 1991 *apud* Netto, 2000; Jacob *et al.*, 1991 *apud* Netto, 2000; U.S.EPA, 1993 *apud* Celino *et al.*, 2008; Lopes, 1995 *apud* Cavalcante *et al.*, 2008; Neto, 2000 *apud* Cavalcante *et al.*, 2008; Chen, 2004 *apud* Cavalcante *et al.*, 2008) [9, 13, 14].

Os HPAs podem ser classificados em três tipos de acordo com a sua origem: (1) petrogênica – HPAs presentes no petróleo; (2) pirogênica – provenientes de combustão; (3) biogênica – sintetizados por organismos vivos [11].

Os HPAs, por sua ubiquidade (estarem por toda a parte), constituem uma ameaça potencial para a saúde de toda a população (Wilcke *et al.*, 2003 *apud* Locatelli, 2006; U.S.EPA, 1993 *apud* Celino *et al.*, 2008) [11, 13, 15].

##### **4.b.I - Abundância, características físico-químicas**

A exposição humana aos HPAs se dá principalmente através da contaminação ambiental [9].

Em geral, as concentrações ambientais e de seus derivados nitrados e oxigenados são cerca de 100 a 1000 vezes inferiores àquelas dos correspondentes HPAs [9].

**Tabela I – Propriedades físicas de alguns HPAs e NHPAs (Moreira & Barek, 1995 *apud* Netto, 2000; APARG, 1995 *apud* Netto, 2000) [9]**

<i>Substância</i>	<i>Peso Molecular (g/mol)</i>	<i>Pressão de vapor (Pa, 25° C)</i>	<i>Log K<sub>(o,w)</sub></i>	<i>Constante de Henry</i>	<i>Solubilidade em água (mg/L)</i>	<i>Tempo de meia vida no solo *</i>
Naftaleno	128	36,8	3,37	1,74x10 <sup>-2</sup>	31	<125 d
Acenaftileno	152	4,14	4,00	3,39x10 <sup>-3</sup>	16,1	43 – 60 d
Fluoreno	166	0,71	4,18	3,18x10 <sup>-3</sup>	1,9	32 d
Fenantreno	178	0,113	4,57	1,31x10 <sup>-3</sup>	1,1	2 d
Antraceno	178	0,0778	4,54	1,60x10 <sup>-3</sup>	0,045	50 d - 1,3 a
Pireno	202	0,0119	5,18	3,72x10 <sup>-4</sup>	0,132	210 d - 5,2 a
Benzo[a]pireno	252	2,13x10 <sup>-5</sup>	6,04	1,86x10 <sup>-5</sup>	0,0038	269 d - 8,2 a
Benzo[ghi]perileno	276	2,25x10 <sup>-5</sup>	6,5	3,03x10 <sup>-5</sup>	0,00026	<9,5 a
Coroneno	300	1,98x10 <sup>-10</sup>	6,75	1,72x10 <sup>-7</sup>	0,00014	-
1-Nitronaftaleno	173	6,38x10 <sup>-6</sup>	3,32	-	18	-

(\*)d = dias e a = ano.  $K_{(o,w)}$  = coeficiente de partição octanol-água usado para inferir a tendência do composto em se adsorver às substâncias húmicas das matrizes utilizadas nos experimentos [11].

De acordo com a tabela I acima, estas substâncias são pouco solúveis em água e, em geral, sua solubilidade diminui com o aumento do número de anéis. HPAs também apresentam coeficientes de partição octanol/água superiores a 1000, demonstrando grande afinidade lipofílica que aumenta com o número de anéis aromáticos da molécula.

Devido a suas propriedades físico-químicas e grande distribuição ambiental, o risco de contaminação humana por HPAs é significativo. Pelo seu caráter lipofílico, HPAs e seus derivados podem ser absorvidos pela pele, por ingestão e absorção, sendo rapidamente absorvidos pelo organismo [9].

## 4.b.II - Genotoxicidade (Mutagenicidade e Carci-nogenicidade) dos HPAs e derivados

**Tabela II - Dados relativos aos efeitos carcinogênicos, genotóxicos e mutagênicos de alguns HPAs e NHPAs (Bouchez *et al.*, 1996 *apud* Netto, 2000; Moreira & Barek, 1995 *apud* Netto, 2000) [9]**

<i>HPA</i>	<i>Carcinogenicidade</i>	<i>Genotoxicidade</i>	<i>Mutagenicidade</i>
Fluoreno	I	L	-
Fenantreno	I	L	+
Antraceno	N	N	-
Fluoranteno	N	L	+
Pireno	N	L	+
Benzofluoreno	I	I	?
Benzofluoranteno	S	I	+
Ciclopenta[cd]pireno	L	S	+
Benzo[a]antraceno	S	S	+
Criseno	L	L	+
Trifenileno	I	I	+
Benzo[e]pireno	I	L	+
Benzo[a]pireno	S	S	+
Prerileno	I	I	+
Indenol[1,2,3-cd]pireno	S	I	+
Dibenz[ac]antraceno	L	S	+
Dibenz[a]antraceno	I	S	+
Benzo[ghi]perileno	L	I	+
Antatreno	I	I	+
Coroneno	L	I	+
Dibenzo[ac]fluoranteno	S	I	-
Dibenzopirenos	N	N	+
2-nitronaftaleno	I	I	+

Os dados que comprovaram o efeito: S=Suficientes, I=insuficientes, L=Limitados, N=não-carcinogênico. Quanto à genotoxicidade, esta foi obtida por deterioração do DNA, aberração cromossômica, mutagenicidade. (+)=positivo, (-)=negativo e (?)=inconclusivo.

A toxicidade está relacionada com a estrutura do composto. Com a existência de uma região de baía na molécula (figura 2) é possível uma sequência de reações finalizada pela ligação do HPA oxigenado após sua metabolização com uma base nitrogenada do DNA [11].



Figura 2

#### **4.b.III - Metabolismo dos HPAs e de seus derivados nitrados**

As enzimas que realizam a biotransformação dos HPAs se encontram nos tecidos orgânicos. São aquelas que catalisam reações de oxidação, redução e hidrólise e as que catalisam reações de conjugação (Mutti *et al.*, 1996 *apud* Netto, 2000) [9].

É importante realçar que o aparecimento de câncer é um processo que envolve várias etapas (não apenas a formação de adultos com material genético), sendo também influenciado por suscetibilidade individual e outros fatores como gênero, etnia, idade, estado de saúde, nutrição e polimorfismo genético (Perera, 1997 *apud* Netto, 2000; Mutti *et al.*, 1995 *apud* Netto, 2000) [9].

#### **4.c – Temperatura e Salinidade**

A temperatura e a salinidade de determinado corpo d'água controlam a densidade da coluna d'água – principal responsável pelo movimento vertical dos oceanos, caracterizando o tipo de massa d'água. A densidade da água do mar determina a profundidade na qual esta massa de água permanece em equilíbrio – corpo mais denso se estabelece no fundo e menos denso na superfície [16].

Logo, o monitoramento de parâmetros de temperatura e salinidade se faz necessário para avaliar a capacidade de autodepuração do corpo d'água receptor da massa de esgoto.

#### **4.d – pH**

O pH influencia diretamente os ambientes aquáticos devido aos seus efeitos sobre a fisiologia das espécies que compõem determinado ecossistema. O pH também influencia indiretamente o ambiente; pois, certas condições de pH podem contribuir para a precipitação de elementos químicos tóxicos (como metais pesados) e influenciar a solubilidade de nutrientes [17].

Águas ácidas são corrosivas e alcalinas são incrustantes [17]. O pH de águas costeiras costuma estar entre 6 e 9 [17], conforme critérios de proteção à vida aquática como a Resolução CONAMA Nº 357, Seção III, Art 18, item 1 (j), que fixa valores de pH nos oceanos de 6,5 a 8,5 [7].

Portanto, é essencial a correção do pH dos efluentes antes deste ser lançado pelo emissário submarino. Para tal, é preciso que o tratamento que antecede o despejo ofereça esta fase, visando à preservação do ambiente marinho receptor.

### **5. Material e Metodologia**

#### **5.a – Coleta**

Para realizar a coleta na área de influência do emissário foi preciso obter as coordenadas no mar das suas estacas de sustentação, da posição dos difusores e da ponta do emissário. Os dados foram cedidos pela FEEMA, órgão que visa à preservação ambiental e melhoria da qualidade de vida da população do estado através do controle da poluição. A partir desses dados foi possível fazer o traçado na carta náutica (Nº1620 – Brasil - Costa Sul, publicada pela Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil) do emissário submarino bem como da estação de coleta (Figura 3). Foi definido que a estação compreenderia doze pontos distribuídos equidistante em três círculos concêntricos espaçados a 500 metros, 1 km e 1,7 km dos difusores (que se encontram nos 900 metros finais do emissário) – as coordenadas dos pontos se encontram na tabela III.

O 2º Grupamento Marítimo do Corpo de Bombeiros da Barra da Tijuca cedeu um bote de 6,5 metros de comprimento com fundo de fibra e motor de lancha e um bombeiro para levar a equipe à estação de coleta.

A amostragem de água foi realizada no dia 25 de janeiro de 2010, no período da manhã (9:00 às 12:00) em duas profundidades: sub-superficial (45 centímetros) com a garrafa Van Dorn (Figura 4) para medidas *in situ* de pH (com o auxílio do medidor de pH, modelo: Orion 3Star, pH portable, fabricante Thermo Scientific) e temperatura (termômetro) e, posterior análise de salinidade e As amostras destinadas às análises de COT [18] e HPA foram coletadas diretamente em garrafas de vidro âmbar de 4 litros (previamente descontaminado em laboratório com solvente cloreto de metileno). A 15 metros de profundidade foi coletada amostra apenas para a medida de temperatura.

As amostras à análise de salinidade foram armazenadas em frascos de polietileno. Todas as amostras foram mantidas sob refrigeração até à chegada ao laboratório.



Figura 3 - Estação de Coleta traçada na Carta Náutica.

**Tabela III - Localização das estações de coleta**

Estações	Coordenadas		Profundidade Local (m)
	S	W	
<b>EMS P1</b>	23° 3' 18"	43° 22' 17.90"	35,0
<b>EMS P2</b>	23° 3' 26.51"	43° 21' 48"	35,5
<b>EMS P3</b>	23° 3' 48"	43° 22' 17.9"	37,5
<b>EMS P4</b>	23° 3' 26.51"	43° 22' 12"	35,5
<b>EMS P5</b>	23° 2' 58"	43° 22' 17.9"	34,5
<b>EMS P6</b>	23° 3' 26.51"	43° 21' 24"	36,0
<b>EMS P7</b>	23° 4' 6"	43° 22' 17.9"	37,5
<b>EMS P8</b>	23° 3' 26.51"	43° 22' 36"	36,0
<b>EMS P9</b>	23° 2' 43"	43° 22' 17.9"	34,5
<b>EMS P10</b>	23° 3' 26.51"	43° 21' 6"	36,5
<b>EMS P11</b>	23° 2' 42"	43° 22' 17.9"	37,5
<b>EMS P12</b>	23° 3' 26.51"	43° 23'	36,5



Figura 4. Técnico amostrando água coletada por garrafa Van Dorn.

## 5.b – Análise

### 5.b.I. Determinação de Carbono Orgânico Total

As amostras destinadas a análise de Carbono Orgânico Total foram sub-amostradas em duplicata em frascos de vidro de 20 mL. Em seguida, as amostras foram descarbonatadas com 200  $\mu\text{L}$  de solução de HCl 2M, para que as análises a serem feitas sejam apenas do carbono orgânico da água do mar (a descarbonatação retira o carbono inorgânico existente nas amostras) [18].

O equipamento utilizado para as análises de carbono orgânico total é o Analisador de Carbono TOC-5000A (marca: Shimadzu, Figura 5), previamente calibrado com padrão de Biftalato de Potássio.

Foi feita uma curva padrão no equipamento (gráfico de área *versus* concentração de 2, 5, 10 e 20  $\text{mgL}^{-1}$ , Figura 6) para que por meio do valor de área fornecido pela leitura de cada amostra seja possível obter a concentração de carbono orgânico total em  $\text{mgL}^{-1}$ :

A equação do gráfico da curva padrão foi:  $y=2085,1x + 636,01$  (Figura 6). Sendo  $y$  o eixo correspondente a área e  $x$  o eixo correspondente a concentração de carbono orgânico total em  $\text{mgL}^{-1}$ . Com o valor de área obtido pela leitura no equipamento (análise das amostras), calcula-se a concentração em  $\text{mgL}^{-1}$ .





Figura 5. Analisador de Carbono - TOC-5000A

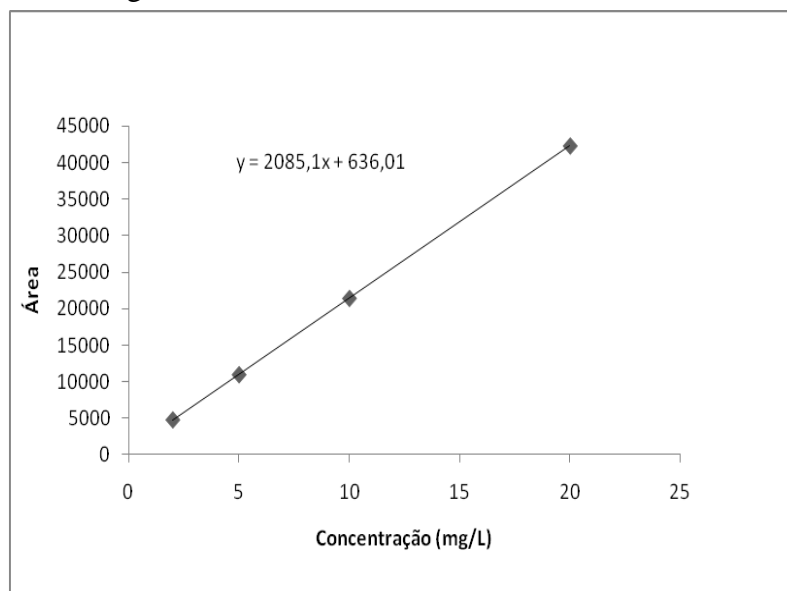


Figura 6. Curva Padrão de calibração

### 5.b.II – Análise de Salinidade

Para as análises de salinidade foi utilizado o equipamento Orion 3Star de condutividade portátil, fabricante Thermo Scientific. A prévia calibração foi realizada com soluções padrões de 12,9 mS/cm de condutividade específica e 7230 ppm de NaCl e 1413 $\mu$ S/cm de condutividade específica e 692  $\mu$ g $L^{-1}$  de NaCl.

### 5.b.III – Determinação de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs)

Um dia após a coleta, das 12 garrafas de vidro âmbar de 4L de água coletada, foi iniciada a análise dos HPAs.

### 5.b.III.i – Lavagem e descontaminação do material

- Balões de fundo chato;

Foram lavados com extran (detertec) 10% e enxaguados com água corrente abundante. Em seguida, foram rinsados 3X com água destilada e submetidos à Mufla Jung por 6 horas a 450° C.

- Colunas Finas e Tubos do equipamento Turbo Vap;

Lavados com extran (detertec) 10% e enxaguados com água abundante. Em seguida foram rinsados 3X com água destilada. A vidraria foi, então, rinsada 2X com Acetona (secagem) e 3X com solvente Diclorometano (descontaminação).

- Pipetas Pasteur, Vial 10 ml, Vial 15 ml.

Submetidos à Mufla Jung por 6 horas a 450° C, assim que o laboratório os recebe.

### 5.b.III.ii – Extração

A extração da amostra foi realizada método líquido-líquido [19]. Foram adicionados 150 ml de solvente diclorometano às garrafas de água coletada, 100 µL de padrão subrogado: n-C<sub>30</sub>D<sub>62</sub> (fração saturada, 2500 ng – F1, a ser apresentada na segunda fase do projeto) ) e 100 µL de padrão subrogado p-terfenil-D<sub>14</sub> (fração aromática, 100 ng – F2). As garrafas foram submetidas à agitação na Mesa Agitadora, para homogeneização por 3 minutos. Em seguida, as amostras foram colocadas em um suporte para decantação por 10 minutos. Em balão de vidro, o extrato foi recolhido e levado à evaporação no aparelho Evaporador Rotativo MA120 (Roto-Evaporador, Figura 7). Essa etapa foi realizada 3vezes, sendo que nas duas últimas repetições o volume de solvente colocado foi 100 mL.

### 5.b.III.iii – Evaporação para Troca de Solvente

As amostras foram rinsadas com solvente hexano e levadas para evaporação no equipamento TurboVap II Concentration Workstation (fabricante: Caliper LifeSciences, Figura 8). A etapa é finalizada com transferência das subamostras para vial de 15ml.



Figura 7. Roto-Evaporador



Figura 8. Turbo Vap com tubos

#### 5.b.III.iv – Fracionamento

O fracionamento do extrato foi feito através de cromatografia líquida em coluna de sílica/alumina [20]. Para a montagem da coluna fina são adicionados à coluna, nesta ordem: algodão; diclorometano suficiente para preencher  $\frac{1}{4}$  da coluna; 7g de alumina 2% desativada; 10g de sílica 5% desativada dissolvida em solvente diclorometano; 1g de sulfato de sódio.

Retira-se o solvente diclorometano da coluna e adiciona-se 20 ml de hexano.

Aplica-se o extrato da amostra no topo da coluna e adiciona-se 35 ml de hexano.

Recolhe-se a primeira fração, F1, correspondente aos alifáticos e adiciona-se 75 ml de solução de diclorometano:hexano (1:1).

A segunda fração, F2 - correspondente ao HPA - é recolhida.

#### 5.b.III.v – Quantificação

Utilizando o cromatógrafo Trace GC ULTRA (fabricante: Thermo Electron Corporation) acoplado ao espectômetro de massa ITQ900 (Figura 9), foram realizadas as leituras de HPA e um computador registrou os sinais emitidos pelo espectômetro de massas.

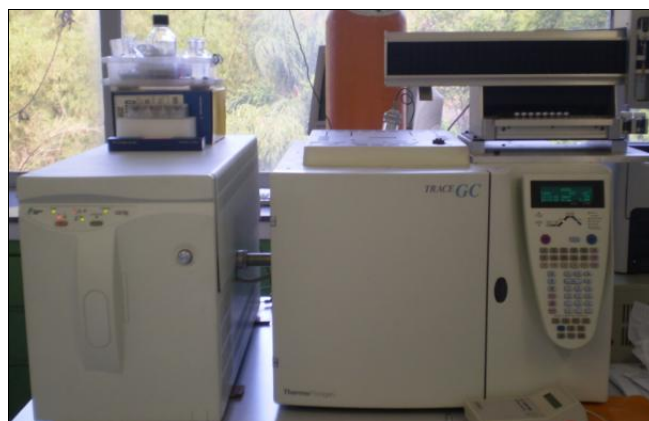


Figura 9. Trace GC ULTRA acoplado ao massa ITQ900

A metodologia utilizada o método EPA-8270D [21]. O equipamento foi calibrado utilizando-se soluções padrões contendo os 16 HPAs<sup>3</sup> controlados pelo método: naftaleno, acenaftileno, acenafteno, fluoreno, fenantreno, antraceno, fluoranteno, pireno, benzo(a)antraceno, criseno, benzo(b)fluoranteno,

<sup>3</sup> A ATSDR juntamente com a EPA listaram uma série de substâncias tóxicas ao ser humano baseando-se em fatores como frequência de ocorrência, toxicidade e potencial de exposição humana. Para cada fator foi estipulada uma pontuação que no final foram somadas e o resultado final utilizado na classificação das substâncias. Dessa forma que os 16 HPAs com maiores riscos aos seres humanos foram assim classificados [11].

benzo(k)fluoranteno, benzo(a)pireno, indeno(1,2,3-c,d)pireno, dibenzo(a,h)antraceno, benzo(ghi)perileno), 2-metilnaftaleno, 1-metilnaftaleno, dibenzotiofeno, 2,3-dimetilnaftaleno, perileno, benzo(e)pireno e os padrões internos deuterados (naftaleno-D8, acenafteno-D10, fenantreno-D10, criseno-D12 e perileno-D12) em concentração igual a 100 ng mL<sup>-1</sup>.

Os HPAs alquilados contemplados pelo método são: 1metil e 2 metilnaftaleno, C2 a C4-naftalenos, C1 a C3-fluorenos, C1 a C4-fenantrenos, C1 a C3-dibenzotiofenos, C1 e C2-pirenos, C1 e C2-crisenos. Devido à dificuldade de obtenção de padrões de HPAs alquilados, estes foram determinados utilizando-se a curva de calibração do homólogo não alquilado, com a exceção do 1 e 2 metil-naftaleno os quais foram incluídos nas curvas de calibração, e do C2-naftalenos, que foram quantificados pelo 2,3-dimetilnaftaleno.

A **Tabela IV** resume as condições instrumentais utilizadas na determinação dos HPAs individuais.

**Tabela IV - Condições instrumentais para determinação de HPAs individuais**

Equipamento	EM - Finnigan modelo ITQ900 GC – Finnigan modelo TraceGC Ultra
Coluna	J&W DB-5ms (30 m, 0,25 mm de diâmetro e 0,25 µm de filme)
Programa de temperatura	50 °C durante 5 min 50 °C·min <sup>-1</sup> até 80 °C 6 °C·min <sup>-1</sup> de 80 °C a 280 °C 280 °C durante 25 min
Gás de arraste	hélio 1,2 mL·min <sup>-1</sup>
Volume de Injeção	2 µL

O limite de quantificação, para cada composto contemplado pelo método é dado em relação ao menor valor de concentração da curva de calibração dividido pelo volume de amostra extraído; sendo assim, para as amostras de água o valor é de 0,55 ng L<sup>-1</sup>. O limite de detecção, para cada composto contemplado pelo método, relacionado ao volume está na tabela de resultados.

## 6. Resultados e Discussões

Os resultados obtidos para o presente trabalho encontram-se nas Tabelas V a VII.

### 6.a – Temperatura, Salinidade e pH

A faixa de temperatura obtida foi de 27 a 29° C na superfície e 16,5 a 18° C no fundo. A salinidade verificada encontra-se entre 33,2 e 34,3. E a faixa de pH na superfície foi de 8,12 a 8,28.

De acordo com os a temperatura e salinidade medidas, verifica-se a formação de uma termoclina<sup>4</sup> na coluna d'água, a qual propicia o depósito do material residual despejado no fundo do mar.

Os valores de pH obtidos por meio das análises encontram-se dentro da faixa proposta para águas salinas de classe 1, de acordo com Seção III, Art 18, item 1 (j) da Resolução CONAMA 357 (entre 6.5 e 8.5).

### 6.b – Carbono Orgânico Total (COT)

Das análises tem-se que os valores de concentração de Carbono Orgânico Total obtidos foram 1,51 mgL<sup>-1</sup>, 12,88 mgL<sup>-1</sup> e 5,55 mgL<sup>-1</sup> os valores mínimo, máximo e médio obtidos, respectivamente.

Os valores obtidos para o parâmetro de COT permite inferir, segundo a Seção III, Art 18, item 1 (h) da Resolução CONAMA 357, a não concordância com os limites pré-estabelecidos (até 3 µg<sup>-1</sup>) em seis dos doze pontos amostrados. Porém, ainda não se tem dados suficientes para conclusões acerca das reais origens dos níveis desse parâmetro, se provenientes do excesso de carbono orgânico de contaminação local ou do esgoto lançado pelo próprio emissário submarino.

**Tabela V - Resultados das análises químicas de Temperatura, pH, Salinidade e COT**

Estações	Coordenadas		Temperatura (°C)		pH	Salinidade	COT (mg L <sup>-1</sup> )
	S	W	Superf.	Fundo	Superf.		
<b>EMS P1</b>	23° 3' 18"	43° 22' 17.90"	29	16.5	8.15	33.2	7.08
<b>EMS P2</b>	23° 3' 26.51"	43° 21' 48"	28	16.5	8.27	33.5	1.96
<b>EMS P3</b>	23° 3' 48"	43° 22' 17.9"	28	17	8.12	33.8	11.92
<b>EMS P4</b>	23° 3' 26.51"	43° 22' 12"	28	17	8.23	33.9	2.73
<b>EMS P5</b>	23° 2' 58"	43° 22' 17.9"	29	17.5	8.15	33.7	5.86
<b>EMS P6</b>	23° 3' 26.51"	43° 21' 24"	28	17	8.27	34.3	12.88
<b>EMS P7</b>	23° 4' 6"	43° 22' 17.9"	27	17	8.28	34.0	2.12
<b>EMS P8</b>	23° 3' 26.51"	43° 22' 36"	28	18	8.23	33.9	1.69
<b>EMS P9</b>	23° 2' 43"	43° 22' 17.9"	29	17.5	8.16	34.0	2.96
<b>EMS P10</b>	23° 3' 26.51"	43° 21' 6"	27	16.5	8.28	34.1	6.28
<b>EMS P11</b>	23° 2' 42"	43° 22' 17.9"	29	17	8.26	34.0	9.57
<b>EMS P12</b>	23° 3' 26.51"	43° 23'	28	17	8.25	33.9	1.51

### 6.c – Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs)

Devido à escassez de uma regulamentação brasileira que determine, quantitativamente, os níveis permitidos de HPA em águas salinas (especialmente em áreas de balneabilidade), as comparações realizadas aqui para esse parâmetro se referem a resoluções de outros países e à Resolução CONAMA N° 357 para águas salinas de classe I, artigo 18, inciso III, tabela V - padrões para corpos de água onde haja pesca (tabela VIII) [7]. A comparação embasada na última resolução citada é possível pela existência do Emissário Submarino da Barra da Tijuca, cujos despejos domésticos elevaram os níveis de nutrientes na região aumentando o corpo de peixes nas massas d'água receptoras de esgoto.

<sup>4</sup> A definição de termoclina ou termocline é a existência de camadas com variação rápida na temperatura de massas de águas. Considerar sua existência tem importância visto que a temperatura controla as taxas às quais as reações químicas e biológicas ocorrem e a densidade da água (esta juntamente com a salinidade) [22].

**Tabela VI - Resultados de HPAs, em ngL<sup>-1</sup>, nas amostras de água coletadas na região do Emissário Submarino da Barra da Tijuca – Janeiro de 2010**

Amostra	EMSP1	EMSP2	EMSP3	EMSP4	EMSP5	EMSP6
N	< 0,55	< 0,55	1,07	3,07	3,06	2,21
2MN	< LD	< LD	< LD	1,12	< LD	0,87
1MN	< LD	< LD	< LD	0,63	0,75	< 0,55
C2N	< LD	< LD	1,69	1,30	< LD	< LD
C3N	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
C4N	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
Aceft	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
Ace	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
Flu	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
C1Flu	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
C2Flu	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
C3Flu	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
DBT	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
C1DBT	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
C2DBT	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
C3DBT	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
Fen	< LD	< LD	< 0,55	< LD	< LD	< LD
C1Fen	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
C2Fen	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
C3Fen	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
C4Fen	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
Ant	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< 0,55
Ft	1,14	< LD	< LD	< LD	< LD	1,18
Pi	1,53	< LD	< LD	< LD	< LD	2,86
C1Pi	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
C2Pi	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
BaA	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
Cri	0,84	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
C1Cri	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
C2Cri	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
BbFt	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
BkFt	1,90	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
BePi	1,34	< LD	< LD	< LD	< LD	1,15
BaPi	0,96	< LD	< LD	< LD	< LD	1,71
Per	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	0,59
I-Pi	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
DBahA	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
BghiPe	1,74	< LD	< LD	< LD	< LD	2,61
TOTAL 16 HPAs	8,11	< 0,55	1,07	3,05	3,01	10,57
TOTAL HPAs	9,46	< 0,55	2,76	6,10	3,77	13,18
Recuperação (%)	87,74	75,70	66,55	70,15	116,35	67,24

Legenda:

**N:** Naftaleno; **2MN:** 2Metilnaftaleno; **1MN:** 1Metilnaftaleno; **C2N:** C2 naftaleno; **C3N:** C3 naftaleno; **C4N:** C4 naftaleno; **Ace:** Acenafteno; **Aceft:** Acenaftileno; **Flu:** Fluoreno; **C1Flu:** C1 fluoreno; **C2Flu:** C2 fluoreno; **C3Flu:** C3 fluoreno; **DBT:** Dibenzotiofeno; **C1DBT:** C1 dibenzotiofenos; **C2DBT:** C2 dibenzotiofenos; **C3DBT:** C3 dibenzotiofenos; **Fen:** Fenantreno; **C1Fen:** C1 fenantrenos; **C2Fen:** C2 fenantrenos; **C3Fen:** C3 fenantrenos; **C4Fen:** C4 fenantrenos; **Ant:** Antraceno; **Ft:** Fluoranteno; **Pi:** Pireno; **C1Pi:** C1 pirenos; **C2Pi:** C2 pirenos; **BaA:** Benzo(a)antraceno; **Cri:** Criseno; **C1Cri:** C1 crisenos; **C2Cri:** C2 crisenos; **BbFt:** Benzo(b)fluoranteno; **BkFt:** benzo(k)fluoranteno; **BaPi:** Benzo(a)pireno; **Per:** Perileno **I-Pi:** Indeno(1,2,3-cd)pireno; **DBahA:** Dibenzo(a,h)antraceno; **BghiPe:** Benzo(ghi)perileno. Limite de quantificação = 0,55 ng L<sup>-1</sup>; Recuperação (%) do padrão subrogado p-terfenil-d<sub>14</sub>.

**Tabela VI (Cont.) - Resultados de HPAs, em ng L<sup>-1</sup>, nas amostras de água coletadas na região do Emissário Submarino da Barra da Tijuca – Janeiro de 2010**

Amostra	EMSP7	EMSP8	EMSP9	EMSP10	EMSP11	EMSP12
N	2,94	0,58	< LD	0,96	< 0,55	1,14
2MN	1,04	< LD	< LD	< LD	< LD	1,17
1MN	0,58	< LD	< LD	< 0,55	< LD	0,66
C2N	1,23	< LD	< LD	< LD	< LD	1,41
C3N	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
C4N	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
Aceft	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
Ace	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
Flu	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
C1Flu	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
C2Flu	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
C3Flu	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
DBT	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
C1DBT	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
C2DBT	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
C3DBT	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
Fen	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< 0,55
C1Fen	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
C2Fen	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
C3Fen	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
C4Fen	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
Ant	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
Ft	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
Pi	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
C1Pi	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
C2Pi	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
BaA	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
Cri	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
C1Cri	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
C2Cri	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
BbFt	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
BkFt	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
BePi	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
BaPi	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
Per	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
I-Pi	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
DBahA	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
BghiPe	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
TOTAL 16 HPAs	2,94	0,58	< 0,55	0,96	< 0,55	1,14
TOTAL HPAs	5,80	0,58	< 0,55	0,96	< 0,55	4,38
Recuperação (%)	90,72	60,96	70,22	117,29	70,69	83,95

Legenda:

**N:**Naftaleno; **2MN:** 2Metilnaftaleno; **1MN:** 1Metilnaftaleno; **C2N:** C2 naftaleno; **C3N:** C3 naftaleno; **C4N:** C4 naftaleno; **Ace:** Acenafteno; **Aceft:** Acenaftileno; **Flu:** Fluoreno; **C1Flu:** C1 fluoreno; **C2Flu:** C2 fluoreno; **C3Flu:** C3 fluoreno; **DBT:** Dibenzotiofeno; **C1DBT:** C1 dibenzotiofenos; **C2DBT:** C2 dibenzotiofenos; **C3DBT:** C3 dibenzotiofenos; **Fen:** Fenantreno; **C1Fen:** C1 fenantrenos; **C2Fen:** C2 fenantrenos; **C3Fen:** C3 fenantrenos; **C4Fen:** C4 fenantrenos; **Ant:** Antraceno; **Ft:** Fluoranteno; **Pi:** Pireno; **C1Pi:** C1 pirenos; **C2Pi:** C2 pirenos; **BaA:** Benzo(a)antraceno; **Cri:** Criseno; **C1Cri:** C1 crisenos; **C2Cri:** C2 crisenos; **BbFt:** Benzo(b)fluoranteno; **BkFt:** benzo(k)fluoranteno; **BaPi:** Benzo(a)pireno; **Per:** Perileno **I-Pi:** Indeno(1,2,3-cd)pireno; **DBahA:** Dibenzo(a,h)antraceno; **BghiPe:** Benzo(ghi)perileno. Limite de quantificação = 0,55 ng L<sup>-1</sup>; Recuperação (%) do padrão subrogado p-terfenil-d<sub>14</sub>.

**Tabela VII - Resultados dos limites de detecção e quantificação para a análise de HPAs, em ng L<sup>-1</sup>, nas amostras de água coletadas na região do Emissário Submarino da Barra da Tijuca – Janeiro de 2010**

Amostra	Limite de detecção (ng/L) - LD	Limite de quantificação (ng/L) - LQ
N	0,04	0,55
2MN	0,07	0,55
1MN	0,05	0,55
C2N	0,06	0,55
C3N	0,04	0,55
C4N	0,04	0,55
Aceft	0,07	0,55
Ace	0,04	0,55
Flu	0,07	0,55
C1Flu	0,07	0,55
C2Flu	0,07	0,55
C3Flu	0,07	0,55
DBT	0,10	0,55
C1DBT	0,10	0,55
C2DBT	0,10	0,55
C3DBT	0,10	0,55
Fen	0,10	0,55
C1Fen	0,07	0,55
C2Fen	0,04	0,55
C3Fen	0,12	0,55
C4Fen	0,12	0,55
Ant	0,12	0,55
Ft	0,12	0,55
Pi	0,12	0,55
C1Pi	0,12	0,55
C2Pi	0,12	0,55
BaA	0,17	0,55
Cri	0,18	0,55
C1Cri	0,18	0,55
C2Cri	0,18	0,55
BbFt	0,15	0,55
BkFt	0,12	0,55
BePi	0,14	0,55
BaPi	0,08	0,55
Per	0,09	0,55
I-Pi	0,12	0,55
DBahA	0,10	0,55
BghiPe	0,09	0,55

## Legenda:

N:Naftaleno; **2MN**: 2Metilnaftaleno; **1MN**: 1Metilnaftaleno; **C2N**: C2 naftaleno; **C3N**: C3 naftaleno; **C4N**: C4 naftaleno; **Ace**: Acenafteno; **Aceft**: Acenaftileno; **Flu**: Fluoreno; **C1Flu**: C1 fluoreno; **C2Flu**: C2 fluoreno; **C3Flu**: C3 fluoreno; **DBT**: Dibenzotiofeno; **C1DBT**: C1 dibenzotiofeno; **C2DBT**: C2 dibenzotiofeno; **C3DBT**: C3 dibenzotiofeno; **Fen**: Fenantreno; **C1Fen**: C1 fenantreno; **C2Fen**: C2 fenantreno; **C3Fen**: C3 fenantreno; **C4Fen**: C4 fenantreno; **Ant**: Antraceno; **Ft**: Fluoranteno; **Pi**: Pireno; **C1Pi**: C1 pireno; **C2Pi**: C2 pireno; **BaA**: Benzo(a)antraceno; **Cri**: Criseno; **C1Cri**: C1 criseno; **C2Cri**: C2 criseno; **BbFt**: Benzo(b)fluoranteno; **BkFt**: benzo(k)fluoranteno; **BaPi**: Benzo(a)pireno; **Per**: Perileno **I-Pi**: Indeno(1,2,3-cd)pireno; **DBahA**: Dibenzo(a,h)antraceno; **BghiPe**: Benzo(ghi)perileno.

Do somatório do Total de HPAs analisados, têm-se máxima de 13,18 ngL<sup>-1</sup> no ponto EMS P6 (tabela VI). E, dos 16 HPAs, a máxima obtida foi 10,57 ng.L<sup>-1</sup> no mesmo ponto. Esse valor se encontra dentro do permitido pela Resolução CONAMA, para os HPAs listados na tabela VIII.



**Tabela VIII - Limites de concentração de HPAs segundo a Resolução CONAMA N° 357 [7]**

Parâmetro	Valor Máximo
Benzo(a)antraceno	0,018 µg/L
Benzo(a)pireno	0,018 µg/L
Benzo(b)fluoranteno	0,018 µg/L
Benzo(k)fluoranteno	0,018 µg/L
Criseno	0,018 µg/L
Dibenzo(a,h)antraceno	0,018 µg/L
Indeno(1,2,3-cd)pireno	0,018 µg/L

**Tabela IX - Limites de concentração de HPAs [23]**

HPA	Valor Máximo ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	
	Toxicidade Aguda*	Toxicidade Crônica#
Naftaleno	2,350	1,4
2-MetilNaftaleno	300	
Acenafteno	970	40
Acenaftileno	300	
Fluoreno	300	
Fenantreno	7,7	4,6
Antraceno	300	
Fluoranteno	40	11
Pireno	300	
Benzo[a]antraceno	300	
Criseno	300	
Benzo[b]fluoranteno	300	
Benzo[k]fluoranteno	300	
Benzo[a]pireno	300	
Indeno(1,2,3-cd)pireno	300	
Dibenzo(a,h)antraceno	300	
Benzo(ghi)perileno	300	

\*Toxicidade Aguda = Processo tóxico em que os sintomas surgem, devido exposição à substância, em 24 horas.

#Toxicidade Crônica = Processo tóxico em que os sintomas aparecem após as primeiras 24 horas, semanas ou meses após exposição às substâncias.

Os valores que se encontram abaixo do limite de detecção (LD) são aqueles que não são detectáveis (tabela VII). É válido notar que o valor do limite de detecção é muito inferior aos limites permitidos pela Resolução CONAMA N° 357 e pelo NOAA (tabelas VIII e IX).

As análises realizadas evidenciaram a princípio, que não há contaminação por HPAs na região de estudo. Porém, ainda faz-se necessário constante monitoramento do entorno do emissário lançador de efluentes, inclusive em outras profundidades de coleta.

Os níveis de HPA, conforme já explicado, podem acarretar em intoxicação, surgimento de doenças como o câncer, dentre outras conseqüências desastrosas para a biota local e a sociedade.

Por exemplo, o Benzo[a]pireno é uma substância cancerígena ao homem e prejudicial à biota local [24]. Por ser altamente lipofílico, esse HPA pode ser bioconcentrado a elevados níveis em organismos aquáticos inferiores (que possuem metabolismo menos complexo) e

biodegradado em organismos aquáticos superiores (que possuem metabolismo acelerado, estruturado complexa e organizadamente) [24]. Sendo que a consequência do processo metabólico que prevê a bioacumulação em organismos superiores é a conversão de muitos pré-carcinogênicos HPAs nas suas formas carcinogênicas [24].

Além de que os HPAs também têm efeito nas plantas aquáticas de água doce, atuando de forma variável [24]. Como se dá com a *Anabaena flos-aquae*, em que as concentrações de 10-96% de saturação (acima de  $14 \text{ mgL}^{-1}$ ) de Naftaleno estimula o crescimento, de Pireno não apresenta efeito e de Fenantreno, Fluoreno, Criseno e Benz[a]antraceno inibem o crescimento dessa espécie (Canadian Water Quality Guidelines, 2008) [24].

## 7. Conclusão

De acordo com os resultados obtidos não há evidências de contaminação por hidrocarbonetos policíclicos aromáticos na região do entorno do emissário submarino. Porém os níveis de COT nas estações localizadas a leste do emissário apresentaram elevados valores em relação ao CONAMA 357, provavelmente no sentido da corrente local.

Logo, o presente trabalho reafirmou a necessidade de constante monitoramento dos corpos d'água no entorno do emissário submarino, para que a limpeza do sistema lagunar de Jacarepaguá não custe a contaminação do mar da Barra da Tijuca, local de recreação de cariocas e turistas há décadas.

É válido ressaltar que os números obtidos pelas análises realizadas podem ser agravados (apesar de não apresentar atual contaminação por HPAs), se não houver incentivo ao cumprimento das leis para a preservação do ambiente aquático. Logo, é de vital importância a existência de rigoroso controle ambiental; pois, a saúde pública e a preservação da biota local no entorno do Emissário Submarino da Barra da Tijuca dependem do monitoramento da qualidade da água desses corpos receptores de esgoto.

## 8. Referências Bibliográficas

1. CARREIRA, R. S. **Carbono Orgânico e Especificação do Fósforo em Sedimentos na Área de Influência do Emissário Submarino de Esgotos de Ipanema (ESEI)**. Rio de Janeiro, 1994. 102p. Dissertação de Mestrado (Departamento de Química) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.
2. MONTEIRO, M. T. **Fitorremediação De Rejeito Contaminado Proveniente Do Canal Do Fundão, Na Baía Da Guanabara-Rj**. Rio de Janeiro, 2008. 340p. Tese de Doutorado (Departamento de Engenharia Civil) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
3. AUTRAN, G. Lagoas da Zona Oeste ainda sofrem com lixo e esgoto. **O Globo**. Disponível em: <http://oglobo.globo.com/rio/mat/2009/09/22/lagoas-da-zona-oeste-ainda-sofrem-com-lixo-esgoto-767722.asp>. Acesso em: 3 maio de 2010.
4. Portal da Secretaria de Estado do Meio Ambiente: **Emissários Submarinos**. Mensagem disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/praias/emissarios.asp>. Acesso em: 9 de abril, 2009.
5. Cardoso, A.; Palma, C. Monitorização da Área Envolvente a Sete Emissários da Costa Portuguesa. **Anais do Instituto Hidrográfico**, n. 18, pp. 127-134.
6. Portal da CEDAE: **Programa de Saneamento da Barra da Tijuca, Recreio dos Bandeirantes e Jacarepaguá – PSBJ**. Disponível em: <http://www.cedae.com.br/raiz/070.asp>. Acesso em: 5 ag. 2009.

7. RESOLUÇÃO 357. Ministério do Meio Ambiente, CONAMA. 2005.
8. Baccarini, Márcia. Entrevistada por Samara, Maria N. Amorim. Rio de Janeiro, Brasil. 4 de agosto de 2009.
9. NETTO, A. D. P.; MOREIRA, J. C.; DIAS, A. E. X. O.; ARBILLA, G.; FERREIRA, L. F. V.; OLIVEIRA, A. S.; BAREK, J. Avaliação da Contaminação Humana por Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs) e seus Derivados Nitrados (NHPAs): Uma Revisão Metodológica. **Revista Química Nova**, v. 23, n.6, p. 765-773, Novembro/Dezembro 2000.
10. SOUZA, E. E. H. Avaliação ambiental e estudo de qualitativo hidrocarbonetos poliaromáticos da região da Colônia Z-3 - Laguna dos Patos, Pelotas – RS. **Revista Thema**, v. 7, n. 1, p. 1-11, 2010.
11. LOCATELLI, M. A. F. **Investigação sobre a emissão e caracterização dos hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) na bacia do rio Atibaia**. Campinas, 2006. 86p. Dissertação de Mestrado (Departamento de Química Analítica) – Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas.
12. XLVII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2009, Recife. **Avaliação da Degradação de HPA no Tratamento de Borra de Petróleo por Fotocatálise Heterogênea: Estudo Comparativo Entre Reator de Luz Negra e de Luz Branca**. Recife: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES).
13. XV CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 2008, Natal. **Distribuição de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos entre sedimento e água nos ecossistemas costeiros e estuarinos**. Natal: Associação Brasileira de Águas Subterrâneas (ABAS).
14. CAVALCANTE, R. M.; LIMA, D. M.; CORREIA, L. M.; NASCIMENTO, R. F.; SILVEIRA, E. R.; FREIRE, G. S. S.; VIANA, R. B. Técnicas de extrações e procedimentos de *clean-up* para a determinação de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) em sedimentos da costa do Ceará. **Química Nova**, v. 31, n. 6, ag. 2008.
15. CELINO, J. J.; QUEIROZ, A. F. S. Fonte e grau da contaminação por hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) de baixa massa molecular em sedimentos da baía de Todos os Santos, Bahia. **Revista Escola de Minas**, v.59, n.3, Ouro Preto. Jul./Set. 2006.
16. SILVA, P. C. M. **Oceanografia Física**. Rio de Janeiro: CNPq, 1972. 259p.
17. Portal da Secretaria de Estado do Meio Ambiente: **Variáveis de Qualidade de Águas**. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis.asp>. Acesso em: 20 jul. 2010.
18. GRASSHOFF, K. **Methods of seawater analysis**. 3ª ed. 1999.
19. EPA – U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (1986) SW-846 Test Methods for Evaluating Solid Waste, Physical/Chemical Methods; Method 3510C: Separatory funnel liquid-liquid extraction – *CD-ROM Internet Edition*. Disponível em: <<http://www.epa.gov>>.

20. EPA – U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (1986) SW-846 Test Methods for Evaluating Solid Waste, Physical/Chemical Methods; Method 3630C: Silica gel Cleanup – *CD-ROM Internet Edition*. Disponível em: <<http://www.epa.gov/SW-846/main.htm>>.
21. EPA – U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (1986) SW-846 Test Methods for Evaluating Solid Waste, Physical/Chemical Methods; Method 8270C - Semivolatile organic compounds by gas chromatography / massspectrometry – *CD-ROM Internet Edition*. Disponível em: <<http://www.epa.gov/SW-846/main.htm>>.
22. RÉ, P. M. A. B. **Biologia Marinha**. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, 2001. 88p.
23. BUCHMAN, M. F. NOAA Screening Quick Reference tables, NOAA OR&R Report 08-1, Seattle WA, Office of Response and Restoration Division, National Oceanic and Atmospheric Administration, 2008. 34p.
24. Canadian Water Quality Guidelines, Canadian Council of Ministers of the Environment. Disponível em: <<http://www.ec.gc.ca/CEQG-RCQE/English/Ceqq/Water/default.cfm>>. Acesso em: 23 jul. 2010.