

Copyright 2004, Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás - IBP

Este Trabalho Técnico Científico foi preparado para apresentação no 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, a ser realizado no período de 2 a 5 de outubro de 2005, em Salvador. Este Trabalho Técnico Científico foi selecionado e/ou revisado pela Comissão Científica, para apresentação no Evento. O conteúdo do Trabalho, como apresentado, não foi revisado pelo IBP. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões do Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás, Sócios e Representantes. É de conhecimento e aprovação do(s) autor(es) que este Trabalho será publicado nos Anais do 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás

**GRAU DE COMPROMETIMENTO AMBIENTAL DOS SEDIMENTOS
SUPERFICIAIS EM MANGUEZAIS DA REGIÃO NORTE
DA BAÍA DE TODOS OS SANTOS, BAHIA.**

Isa Guimarães Veiga², Antônio Fernando de Souza Queiroz¹, Joil José Celino¹, Jorge Alberto Trigüis²

¹ Núcleo de Estudos Ambientais, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia (UFBA), Rua Barão de Geremoabo, s/n, Sala 305 A1, Federação, CEP 40170-290, Salvador - Bahia – Brasil, e_mail: queiroz@ufba.br; joil@ufba.br

² Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Macaé – Rio de Janeiro – Brasil. e_mail: isaveiga@petrobras.com.br

Resumo – Ao longo de sua história, a Baía de Todos os Santos (Bahia) passou por diversos ciclos econômicos. Dentre vários, aqueles considerados mais agressivos ao meio ambiente são os ciclos do petróleo e da indústria petroquímica. Desde a criação da Refinaria Landulpho Alves – Mataripe, derrames e/ou vazamentos de óleo têm comprometido a qualidade de vida da população. A concentração de hidrocarbonetos totais de petróleo (**HTP**) é um parâmetro usado para realizar uma avaliação expedita do estado de contaminação ambiental, através da investigação dos sedimentos superficiais das zonas de manguezal na região norte da Baía de Todos os Santos, em função da atividade relacionada à indústria petrolífera (produção, refino e transporte). Os dados revelaram que a área de Produção apresenta concentrações de **HTP** da ordem de 10^5 ng/g, podendo esse valor sugerir uma concentração anômala relacionada ao aporte de hidrocarbonetos fósseis. A respeito dos alcanos normais, os sedimentos de todas as áreas estudadas permaneceram com grau leve de contaminação. Quanto à mistura complexa não resolvida, as áreas de Produção, Refino e Portuária tiveram um agravamento da sua qualidade ambiental.

Palavras-Chave: Hidrocarbonetos; Poluição; Sedimentos; Manguezais; Baía de Todos os Santos.

Abstract – Mangroves are classified as being the most sensitive coastal environmental and can be seriously affected by oil. This study was undertaken in the north area of Todos os Santos Bay to evaluate the possibility of chronic environmental impact induced by 50 years of exposure to the local petroleum industry. Petroleum hydrocarbons were identified and quantified in recent sediments. Pollution was investigated by determination of aliphatic and PAH concentrations and a comparison was made with the sediment from a reference site, located outside of the bay. The highest contents of Hydrocarbons Total Petroleum (**HTP**) were found in the harbors. However, the HTP concentrations were comparable with those of slightly contaminated zones. As a result, high levels of sewage-derived petroleum hydrocarbons were dominant in the area rather than direct input from boating activities or urban run-off.

Keywords: Hydrocarbons; Pollution; Sediments; Mangrove; Todos os Santos Bay.

1. Introdução

Ao longo de sua história, a Baía de Todos os Santos - (BTS) - (Fig. 1) passou por diversos ciclos econômicos, desde o ciclo do pau-brasil, cana-de-açúcar, pesca da baleia, do fumo, da farinha-de-mandioca, da indústria têxtil, até chegar ao ciclo do petróleo, da indústria de transformação (CIA) e da indústria petroquímica. Dentre eles, aqueles considerados mais agressivos ao meio ambiente são os ciclos do petróleo e da indústria petroquímica (Gérmen/UFBA - NIMA, 1997).

Os hidrocarbonetos totais de petróleo (HTP) correspondem ao somatório das frações dos hidrocarbonetos resolvidos de petróleo (HRP) e a mistura complexa não resolvida (MCNR) e informa a quantidade total dos mesmos no ambiente no momento da coleta, sem discriminar as frações individuais. Por MCNR entende-se o conjunto de compostos que não podem ser resolvidos por cromatografia gasosa, sendo considerada a fração mais biodegradada ou intemperizada dos hidrocarbonetos presentes no meio ambiente enquanto que HRP refere-se à fração recente, não degradada. A concentração de HTP é um parâmetro usado quando se deseja realizar uma avaliação expedita do estado de contaminação ambiental, uma vez que vincula o sedimento com as concentrações das frações de hidrocarbonetos saturados e aromáticos do petróleo ou outros resíduos das atividades petroleiras vertidos sobre o solo.

Desde a criação da Refinaria Landulpho Alves – Mataripe (RLAM), derrames e/ou vazamentos de óleo têm comprometido a qualidade de vida da população, deixando um passivo ambiental que se reflete na contaminação dos elementos naturais, incluindo a biota comestível (Tavares, 1996; Machado et al., 1996; Peso - Aguiar et al., 2000; A TARDE – reportagens diversas entre 1992 a 2002). Depoimentos de pescadores e marisqueiros das comunidades de Coqueiro Grande (às margens da RLAM), Caípe e Madre Deus, colhidos durante os trabalhos de campo (Fig. 1) apontam ainda para a diminuição da quantidade de peixes e mariscos, principais fontes locais de proteína animal e de renda familiar, além do gosto de óleo combustível / diesel nos pescados.

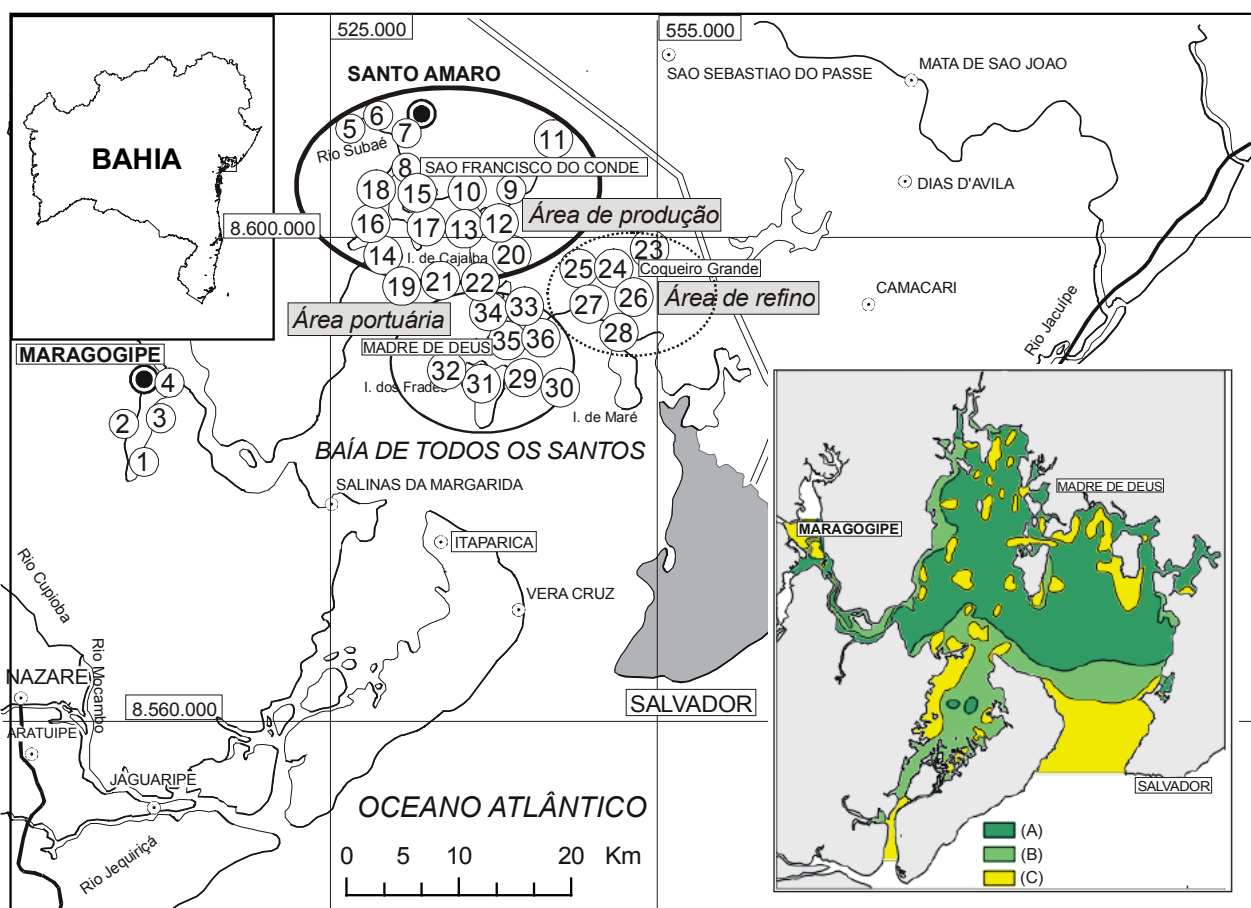


Figura 1 – Mapa de situação e de localização das estações de amostragem dos sedimentos na BTS agrupadas por atividade principal (áreas de produção, refino e portuária) associadas ao mapa de distribuição de sedimentos segundo sua textura (Lessa et al. 2000), onde: (A) argila; (B) areia fina – muito fina e (C) areia média – muito grossa.

Os sedimentos superficiais das zonas de manguezal na região norte da BTS (Fig. 1) foram investigados quanto à avaliação do comprometimento das áreas em função da atividade relacionada à indústria petrolífera.

2. Métodos Experimentais

2.1. Amostragem

Baseando-se em estudos anteriores (Tavares, 1997; Peso_Aguiar, 2000; Orge et al., 2000) foi estabelecido inicialmente um levantamento geoquímico orientativo em oito (8) estações. Após a aquisição dos dados analíticos referentes a esta campanha, o número de estações das amostras foi ampliado. A escolha obedeceu aos critérios de: tipo de atividade petrolífera instalada (ativa ou inativa), estado de conservação do ecossistema e facilidade de acesso (terra e mar).

Consistiu na coleta sistemática de sedimentos superficiais até 20,0 cm do substrato do manguezal, em região de inter-maré, em locais selecionados como mostrado na figura 1, nos períodos de novembro de 2001 e setembro de 2002 (Veiga, 2003). Utilizou-se uma colher metálica lavada na água do manguezal recolhendo amostras dos sedimentos superficiais com massa de aproximadamente 500 gramas, acondicionadas em vasilhames de vidro com tampas metálicas e imediatamente resfriadas à temperaturas em torno de 0°C.

2.2. Preparação das Amostras

Uma massa de 10g das amostras, sem tratamento prévio, foi fortalecida com uma solução de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos deuterados a concentrações definidas e extraídos com diclorometano ultra-puro em soxhlet por 16 horas. O extrato foi então colocado em um concentrador de célula fechada do tipo Kuderna Danish a um volume de 1 ml. A massa de óleo foi determinada neste concentrado por gravimetria.

2.3. Métodos Analíticos

A fração de hidrocarbonetos saturados foi separada deste extrato através do tratamento do mesmo com uma coluna de sílica gel ativada e eluição com hexano ultra puro. A fração de hidrocarbonetos aromáticos foi separada através da eluição com uma mistura de hexano/diclorometano da mesma coluna, e a fração de NSO foi separada através da eluição do mesmo extrato na coluna com metanol. Todas as frações foram determinadas por gravimetria.

O concentrado final foi diretamente injetado, sem divisão de fluxo, em uma coluna de fase estacionária 30m DB-5 instalada em um cromatógrafo a gás HP 6890. A programação de cromatografia gasosa (CG) dos hidrocarbonetos saturados é descrita a seguir: injeção sem divisão de fluxo, com o injetor a 280° C; temperatura inicial da coluna 50° C, isoterma por 1 minuto, taxa de aquecimento de 6° C/min até a temperatura final de 310° C, isoterma de 10 minutos.

A análise de biomarcadores saturados foi realizada utilizando-se a técnica de cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas (CG/EM), utilizando-se a fração de hidrocarbonetos saturados. Os biomarcadores do tipo terpanos pentacíclicos e esteranos foram analisados através da técnica de monitoramento seletivo de íons, utilizando-se os íons m/z 191 e m/z 217 como íons diagnósticos dos biomarcadores. A análise foi quantitativa.

A determinação qualitativa e quantitativa dos HPA's obedeceu à metodologia proposta por USEPA 8279. Foram analisadas por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG/EM). O concentrado foi diretamente injetado, sem divisão de fluxo, 1 µL do extrato em uma coluna de fase estacionária DB-5 acoplada a um espectrômetro de massas HP-MSD 5973. O espectrômetro operou em monitoramento seletivo de íons a menos de 3 ciclos por segundo. A programação de CG é descrita a seguir: injeção sem divisão de fluxo, com o injetor a 290 °C; temperatura inicial da coluna 50 °C, isoterma por 2 minutos, taxa de aquecimento de 10 C°/min até a temperatura final de 310 °C, isoterma de 15 minutos.

3. Resultados e discussões

Na tabela 1, a área de Produção apresenta as maiores concentrações médias de **HTP** (285.668 ng/g) e **HRP** (144.187 ng/g), seguida da área Portuária (91.047 ng/g e 29.247 ng/g), Refino (36.302 e 18.762 ng/g) e Controle (21.132 e 14.837 ng/g). As localidades de D. João e Cajaíba, ambas da área de Produção, apresentam os maiores picos de **HTP** (1.899.406 ng/g e 1.095.307 ng/g, respectivamente), enquanto que a menor concentração foi registrada em Maragogipe, Área de referência (3.236 ng/g). Com relação a esses resultados, é conveniente salientar que as estações que apresentaram valores extremos de concentração de **HTP** são aquelas nas proximidades do campo D. João Mar, onde se verificou produção de petróleo em mar durante um período de aproximadamente cinquenta anos (D. João e Cajaíba) e a estação de referência, sem atividade petrolífera (mínimo em Maragogipe).

Comparando-se os dados citados na literatura com os obtidos no presente trabalho observa-se que apenas a área de Produção apresenta concentrações de **HTP** da ordem de 10⁵ ng/g, podendo esse valor sugerir uma concentração anômala relacionada ao aporte de hidrocarbonetos fósseis. Para permitir uma melhor compreensão dos resultados, os teores de **HTP** foram normalizados com relação ao teor de **COT** dos sedimentos. A literatura considera que sedimentos marinhos com relação $\text{HTP} / (\text{COT} \times 10^{-4}) < 70$ não devem ser classificados como poluídos (Bernard et al, 1996). Dentre as áreas estudadas, nenhuma apresentou valores de **HTP** / **COT** superior a 70, significando que, ao menos com relação a este parâmetro, não se pode concluir que exista poluição nos sedimentos. No entanto, as localidades de Ilha de Cajaíba e D.João, ambos da Área de Produção, apresentaram valores elevados de **HTP** / **COT** (67 e 34, respectivamente), devendo ser avaliadas por outros parâmetros mais sensíveis. O menor índice foi registrado na Área referência/controle.

Tabela 1 – Relação da área superficial (AS) em m²/g, matéria orgânica (MO) e carbono orgânico total (COT) em percentagem e as concentrações de HTP, HRP, MCNR e *n*-alcanos em ng/g nos sedimentos superficiais do substrato de manguezal da região norte da Baía de Todos os Santos.

	Localidade	Estação	AS (m ² /g)	M.O. (%)	COT (%)	HTP	HRP	MCNR	<i>n</i> -alcanos	<i>n</i> -alc/HTP(%)	<i>n</i> -alc/HRP(%)	MCNR/HTP	HRP/HTP
Controle	Maragojipe	1	4,45	4,27	1,52	53650,55	49590,05	4060,50	426,14	0,79	0,86	0,08	0,92
	Maragojipe	2*	7,84	9,24	3,75	8704,24	1644,24	7060,00	235,85	2,71	14,34	0,81	0,19
	Maragojipe	3*	3,06	3,71	1,37	28937,57	5556,57	23381,00	2807,47	9,70	50,53	0,81	0,19
	Maragojipe	4	17,25	8,69	2,40	3236,67	2558,67	678,00	1146,23	35,41	44,80	0,21	0,79
Área de Produção	Subaé	5*	38,67	16,11	3,96	28341,16	4608,16	23733,00	2807,29	9,91	60,92	0,84	0,16
	Subaé	6	28,02	16,12	3,45	111541,03	77897,03	33644,00	2361,46	2,12	3,03	0,30	0,70
	Subaé	7	34,70	16,05	3,20	64487,44	41380,44	23107,00	2432,30	3,77	5,88	0,36	0,64
	Subaé	8	26,44	16,22	3,75	120646,28	98495,28	22151,00	2759,55	2,29	2,80	0,18	0,82
	Dom João	9	31,79	12,44	3,99	1899406,52	1074571,50	824835,02	6738,83	0,35	0,63	0,43	0,57
	Dom João	10	35,19	14,19	5,56	53069,61	34979,61	18090,00	432,75	0,82	1,24	0,34	0,66
	Dom João	11*	42,70	15,96	6,78	47710,12	2536,12	45174,00	1297,36	2,72	51,16	0,95	0,05
	Dom João	12*	39,71	12,05	2,78	318132,27	29286,27	288846,00	8807,96	2,77	30,08	0,91	0,09
	Ilha de Cajaíba	13*	9,35	6,43	1,77	20281,37	2732,37	17549,00	1886,59	9,30	69,05	0,87	0,13
	Ilha de Cajaíba	14*	5,20	3,43	1,15	20297,15	1177,15	19120,00	847,68	4,18	72,01	0,94	0,06
	Ilha de Cajaíba	15	32,02	15,15	2,18	768370,76	464799,75	303571,01	35183,99	4,58	7,57	0,40	0,60
	Ilha de Cajaíba	16	3,96	3,55	1,91	1095307,81	531992,81	563315,00	22701,68	2,07	4,27	0,51	0,49
	Ilha de Cajaíba	17	6,07	4,59	1,35	103154,57	71166,57	31988,00	3384,57	3,28	4,76	0,31	0,69
	Ilha de Cajaíba	18	13,35	8,18	1,26	132701,38	72214,38	60487,00	2748,27	2,07	3,81	0,46	0,54
	Ilha das Fontes	19	1,61	1,96	0,60	48352,19	14564,19	33788,00	1212,20	2,51	8,32	0,70	0,30
	Ilha das Fontes	20	1,43	4,10	1,37	93905,71	63920,71	29985,00	2035,99	2,17	3,19	0,32	0,68
Ilha das Fontes	21*	0,72	2,11	0,59	162017,25	6247,25	155770,00	3006,08	1,86	48,12	0,96	0,04	
Ilha das Fontes	22*	5,77	3,52	0,71	54311,21	2806,21	51505,00	2472,68	4,55	88,11	0,95	0,05	
Área de Refino	Coqu.Grande	23*	15,51	12,96	3,45	20097,48	4054,48	16043,00	2031,03	10,11	50,09	0,80	0,20
	Coqu.Grande	24*	12,33	16,00	4,21	21114,33	4784,12	16330,21	2334,33	11,06	48,79	0,77	0,23
	Coqu.Grande	25*	10,38	12,53	3,84	40282,85	5214,85	35068,00	2258,25	5,61	43,30	0,87	0,13
	Coqu.Grande	26	12,61	20,84	5,72	14084,31	7161,81	6922,50	379,20	2,69	5,29	0,49	0,51
	Coqu.Grande	27	20,36	16,10	4,28	16685,46	9473,46	7212,00	578,55	3,47	6,11	0,43	0,57
	Coqu.Grande	28	16,54	20,09	3,57	105548,61	81887,61	23661,00	771,80	0,73	0,94	0,22	0,78
	Área Portuária	Madre Deus	29*	3,44	6,06	1,10	167048,61	5727,61	161321,00	2237,08	1,34	39,06	0,97
Madre Deus		30*	2,41	3,42	6,68	23408,26	443,26	22965,00	294,94	1,26	66,54	0,98	0,02
Madre Deus		31	2,65	2,91	3,85	11531,58	4748,08	6783,50	213,66	1,85	4,50	0,59	0,41
Madre Deus		32	1,01	1,26	1,50	12899,35	9710,35	3189,00	114,78	0,89	1,18	0,25	0,75
Caípe		33*	9,23	4,76	1,12	131135,94	5664,94	125471,00	1947,28	1,48	34,37	0,96	0,04
Caípe		34	6,11	4,38	1,55	83559,90	51305,90	32254,00	643,56	0,77	1,25	0,39	0,61
Caípe		35	4,68	3,74	1,12	73211,71	53889,71	19322,00	508,43	0,69	0,94	0,26	0,74
Caípe		36	8,45	6,42	1,03	225585,15	102489,15	123096,00	2326,99	1,03	2,27	0,55	0,45

Buscou-se verificar a existência de dependência entre o conteúdo de carbono orgânico (COT), a granulometria dos sedimentos (AS) e as concentrações de HTP. No que diz respeito à relação entre granulometria e concentração de HTP, os resultados analíticos mostram que as localidades com valores máximos de concentração de HTP são aquelas com sedimentos mais finos (Área de Produção). No entanto, esta relação não se mantém para as demais áreas, como pode ser visto pela análise dos coeficientes de correlação (CR) – tabela 2 - entre as duas variáveis (CR produção = 0,26; CR refino = 0,47; CR portuária = 0,73 e CR controle = -0,16). Quanto às grandezas HTP e COT, os coeficientes de correlação entre as mesmas, para todas as áreas consideradas, indicam pequena influência da composição orgânica dos sedimentos na adsorção e transporte dos HTP (CR produção = 0,34; CR refino = -0,38; CR portuária = -0,61 e CR controle = 0,69).

A contribuição da fração MCNR dos hidrocarbonetos saturados na composição dos HTP (%MCNR) variou entre 59-61% nas áreas onde está localizado o complexo petrolífero e 48% na área controle. As maiores concentrações de MCNR foram registradas no entorno dos locais de produção, D. João (824.835 ng/g) e Ilha Cajaíba (563.315 ng/g). Esses resultados implicam na predominância dos compostos considerados mais recalcitrantes, sendo indicativa de poluição ambiental crônica.

Considerando-se a dependência entre HTP, HRP e MCNR, verificou-se que para a Área de Produção esses compostos apresentam forte correlação entre si, indicando uma origem comum, certamente relacionada às exudações naturais e/ou derrames acidentais de óleo durante as operações de produção. Nas Áreas de Refino e Controle, os coeficientes de correlação entre as variáveis HTP e HRP sugerem uma fonte comum às mesmas embora o mesmo não ocorra para a fração da MCNR. A fração da MCNR pode estar relacionada ao aporte de diferentes óleos, derramados no ambiente em períodos distintos. No que se refere à Área Portuária, não se observou qualquer relação entre os constituintes em pauta, sendo também provável que derrames sucessivos de petróleos com características distintas tenham contribuído para compor a carga orgânica dos sedimentos. Calculados os coeficientes de correlação entre HRP e MCNR, verificou-se que apenas na área de produção existe uma forte relação de dependência direta entre os parâmetros, indicando uma origem comum para os mesmos (tabela 2). Para as demais, pode-se inferir a existência de fontes diversas (CR produção = 0,93; CR refino = -0,51; CR portuária = -0,53 e CR controle = -0,59).

Os resultados acima mencionados são compatíveis com os cenários descritos na literatura (Woodhead et al., 1999; Raoux et al., 1999; Readman et al., 2002). Áreas localizadas no entorno de refinarias e unidades portuárias

recebem óleos provenientes de diferentes partes do mundo e estão sujeitas a derrames freqüentes enquanto que o conteúdo orgânico dos sedimentos marinhos de zonas de produção normalmente guarda relação estreita com a fonte produtiva.

As razões entre as concentrações de **MCNR** e **HRP** e **HTP/(COT X 10⁻⁴)**, analisadas conjuntamente, têm sido usadas como diagnósticos de contaminação petrogênica ou presença de resíduos oleosos biodegradados ou fortemente intemperizados em sedimentos marinhos (Colombo et al., 1989; Killops et al., 1990; Aboul-Kassim & Simoneit, 1995; Readman et al., 2002). Os maiores valores para estas razões foram determinados na Área Portuária (13,26), seguida da Área de Produção (5,95). A Área Controle apresentou a menor razão entre os compostos (2,21).

Tabela 2 – Fatores de correlação entre a área superficial (AS) em m²/g, matéria orgânica (MO) e carbono orgânico total (COT) em percentagem e as concentrações de HTP, HRP, MCNR e *n*-alcanos em ng/g nos sedimentos superficiais do substrato de manguezal da região norte da Baía de Todos os Santos.

	AS (m ² /g)	M.O. (%)	COT (%)	HTP	HRP	MCNR	<i>n</i> -alcanos
AS (m ² /g)	1,00						
M.O. (%)	0,76	1,00					
COT (%)	0,54	0,66	1,00				
HTP	0,23	0,05	-0,01	1,00			
HRP	0,24	0,10	0,02	0,98	1,00		
MCNR	0,22	0,00	-0,05	0,98	0,92	1,00	
<i>n</i> -alcanos	0,23	0,09	-0,12	0,59	0,57	0,59	1,00

Apesar da razão **MCNR / HRP** ter apresentado valores maiores que 4 em algumas localidades, o que seria indicativo de contaminação petrogênica, nenhuma estação apresentou **HTP/(COT X 10⁻⁴) > 70**, portanto, prefere-se relacionar os resultados obtidos a presença de compostos biodegradados ou intemperizados.

Considerando-se que em todas as localidades a concentração da **MCNR** foi significativamente superior a dos alcanos normais, pode-se inferir que os manguezais da porção norte da Baía de Todos os Santos apresentam um possível cenário de contaminação crônica por hidrocarbonetos de petróleo. Para melhor interpretação desses resultados, necessária se torna a análise conjunta dos diversos indicadores geoquímicos, sempre aliados ao histórico ambiental. A região norte da Baía de Todos os Santos foi investigada na década de 1990, a fim de determinar o seu grau de comprometimento ambiental em função do complexo petrolífero instalado, após o acidente de 1992. O estudo comparativo entre os dados de Tavares (1996) e os do presente trabalho pode indicar a evolução do histórico ambiental da contaminação. A localidade de Jiribatuba foi usada por Tavares (1996) como estação referência, no entanto, com a proximidade de antigos campos de produção de petróleo, hoje desativados, e o atual conhecimento de que ocorre localmente exudação natural de petróleo, é desaconselhável o seu uso com tal propósito. No levantamento realizado por Tavares (1996) usando-se como referência as concentrações totais de alcanos normais e MCNR como parâmetros para avaliar o grau de contaminação da Baía de Todos os Santos, os autores identificaram grau de contaminação leve no entorno da refinaria (Rio Mataripe e Coqueiro Grande), na Área Portuária (Madre Deus), no município de S.F. do Conde (zona urbana) e na Área de Produção (Jiribatuba e Ilha das Fontes), esta última fortemente atingida pelo derrame de 1992. Para a mistura complexa não resolvida (MCNR), o Rio Mataripe (Área de Refino) tem alto grau de contaminação, enquanto que Madre Deus (área portuária), Jiribatuba (área de produção) e Coqueiro Grande (área de refino) são levemente contaminados.

Comparando-se os resultados obtidos por Tavares (1996) com os do presente trabalho observa-se que, no que diz respeito aos alcanos normais, os sedimentos de todas as áreas estudadas permaneceram com grau leve de contaminação. No entanto, levando-se em consideração a fácil intemperização dos alcanos normais em ambientes tropicais, em especial os de mais baixo peso molecular, o uso deste parâmetro para avaliar a qualidade ambiental dos ecossistemas marinhos deve ser visto com cautela.

Quanto à mistura complexa não resolvida (MCNR), as Áreas de Produção, Refino e Portuária tiveram um agravamento da sua qualidade ambiental. Neste aspecto, deve-se ressaltar a existência de um problema da poluição crônica na região norte da Baía de Todos os Santos, que ocorre quando pequenas quantidades de óleo são incorporadas lenta e continuamente ao ambiente, por um grande período de tempo. As fontes de exposição crônicas mais comuns são normalmente pontuais e incluem exudação natural, vazamentos de dutos de óleo e/ou derivados, descarte de água produzida ou acidentes em unidades portuárias. Nesses casos, pode existir um forte gradiente entre altas e baixas concentrações de óleo como uma função da distância da fonte. A exposição crônica também pode ser resultado da incorporação do óleo em sedimentos quando a taxa de intemperismo é baixa, situação verificada nos manguezais.

4. Agradecimentos

Este trabalho é um reflexo do apoio financeiro concedido pela FINEP/RECUPETRO através do convênio de no. 640002700, pela Agência Nacional de Petróleo (ANP) e pelo financiamento das análises laboratoriais pela Fundação Universidade Norte Fluminense (FENORTE).

5. Referências

- ABOUL – KASSIM, T.A.T.; SIMONEIT, B.R.T. Petroleum hydrocarbon fingerprinting and sediment transport assessed by molecular biomarker and multivariate statistical analyses in the eastern Harbour of Alexandria, Egypt. *Marine Pollution Bulletin* 30 (1) 63 – 73. 1995.
- BERNANRD, D.; PASCALINE, H.; JEREMIE, J. Distribution and origin of hydrocarbon in sediments from lagoons with fringing mangrove communities. *Marine Pollution Bulletin* 32 (10) 734 – 739. 1996.
- COLOMBO, J.C.; PELLETIER, E.; BROCHU, C.; KHALIL, M.; CATOGGIO, J.A. Determination of hydrocarbon source using n – alcanos and polyaromatic hydrocarbon distribution indexes: Case study: Rio de la Plata Estuary, Argentina. *Environmental Science and technology*, 23, 888 – 894. 1989.
- Gérmén/UFBA – NIMA. Baía de Todos os Santos: diagnóstico sócio - ambiental e subsídios para a gestão. Salvador, 244p. 1997.
- KILLOPS, S.D.; AL - JUBOORI, M.A.H.A. Characterization of the unresolved complex mixture (UCM) in the gas chromatograms of biodegraded petroleums. *Organic Geochemistry*, 15(2) 147 – 160. 1990.
- LESSA, G.C.; LIMA, G.M.; CARVALHO, J.B.; OLIVEIRA, V. Oceanografia física e geologia da BTS em <http://www.cpgg.ufba.br/~glessa/bts> acessado em janeiro de 2000.
- MACHADO, J.C.V. *Estudo do grau de contaminação por hidrocarbonetos nos sedimentos da Baía de Todos os Santos*. Dissertação de mestrado – UFBA, Salvador, 136p. 1996.
- ORGE, M.D.R.; PORSCHE, I.J.; COSTA, M.C.; LIMA, J.S.; SOARES, S.E.D.; JUSTINO, R. Assessment of oil refinery waste on Rhizophora mangle L. seedling growth in mangrove of Todos os Santos Bay, Bahia, Brazil - *Aquatic Ecosystem Health and Management*. 3, 471 – 477. 2000.
- PESO – AGUIAR, M.C., SMITH, D.H., ASSIS, R.C.F., SANTA – ISABEL, L.M., PEIXINHO, S., GOUVEIA, E.P., ALMEIDA, T.C.A., ANDRADE, W.S., CARQUEIJA, C.R.G., KELMO, F., CARROZZO, G., RODRIGUES, C.V., CARVALHO, G.C., JESUS, A.C.S. Effects of petroleum and its derivatives in benthic communities at Baía de Todos os Santos, Bahia, Brazil. *Aquatic Ecosystem Health and Management*. 3, 459-470. 2000.
- RAOUC,C.; BAYONA, J.M.; MIQUEL, J.C.; TEYSSIE, J.L.; FOWLER, S.W.; ALBAIGÉS, J. Particulate fluxes of aliphatic and aromatic hydrocarbons in near-shore waters to the Northwestern Mediterranean Sea, and the effect of continental runoff. *Estuarine, coastal and Shelf Science*, 48, 605 – 616. 1999.
- READMAN, J.W.; BARTOCCI, J; TOLOSA, I.; FOWLER, S.W.; OREGIONI, B.; ABDULRAHEEM, M.Y. Recovery of the coastal marine environment in the Gulf following the 1991 war – related oil spills. *Marine Pollution Bulletin*, 32, 493 – 498. 1996.
- TAVARES, T.M. Programa de monitoramento dos ecossistemas ao norte da Baía de Todos os Santos: rel. técnico final - projeto 8, vol. 1, UFBA, Salvador, 85p. 1996.
- TAVARES, T.M. Contaminação química no ambiente marinho in Baía de Todos os Santos: diagnóstico sócio - ambiental e subsídios para a gestão – Germen / Universidade Federal da Bahia – NIMA – Salvador, 151 – 164. 1997.
- VEIGA, I.G. *Avaliação da origem dos hidrocarbonetos em sedimentos superficiais de manguezais da região norte da Baía de Todos os Santos, Bahia*. Dissertação de mestrado em Engenharia e Exploração de Petróleo, LENEP/UENF, Macaé. 205p. 2003.
- WOODHEAD, R.J.; LAW, R.J.; MATTHIESSEN, P. Polycyclic aromatic hydrocarbons in surface sediments around England and Wales, and their possible biological significance. *Marine Pollution Bulletin* 38 (9) 773 – 790. 1999.