



A última década do impacto ambiental da indústria petrolífera em manguezais da região norte da Baía de Todos os Santos, Bahia

A.F. de S. Queiroz¹, J.J. Celino¹, I.G. Veiga², J.A. Trigüis², O.M.C. de Oliveira¹ & J.S. Santiago¹

¹ Núcleo de Estudos Ambientais, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia (UFBA), rua Barão de Geremoabo, s/n, Sala 314 A, Federação, CEP 40170-290, Salvador – Bahia – Brasil, e_mail: queiroz@ufba.br; joil@ufba.br; olivia@ufba.br; judiron@hotmail.com

² Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Macaé – Rio de Janeiro – Brasil. e_mail: veiga@lenep.uenf.br; triguis@lenep.uenf.br

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, around the refinery, 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.

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, da cana-de-açúcar, da 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 (GERMEN/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 pode ser resolvido 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 petrolíferas 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 1996, Peso-Aguiar *et al.* 2000). 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.

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.

MÉTODOS EXPERIMENTAIS Amostragem

Baseando-se em estudos anteriores, com objetivo de servirem como parâmetros comparativos (Tavares 1997, Peso-Aguiar 2000, Orge *et al.* 2000) foi estabelecido inicialmente um levantamento geoquímico orientativo em 8 (oito) estações. Após a aquisição dos dados analíticos referentes a essa campanha, o número de estações de coleta das amostras foi ampliado e a coleta se realizou nos períodos de novembro de 2001 e setembro de 2002 (Veiga 2003). Os critérios para essa ampliação foram: i) tipo de atividade petrolífera instalada (ativa ou inativa); ii) estado de conservação do ecossistema, e iii) facilidade de acesso (terra e mar). Do total de 36 estações de amostragem, caracterizam-se as estações

1 a 4 como parte de uma região controle; estações 5 a 22, como parte da área de Produção; estações 23 a 28 como parte da área de Refino e estações 29 a 36 como parte da área portuária.

Os sedimentos superficiais do manguezal foram coletados até 20 cm, com massa de aproximadamente 500 g em região de inter-maré, em locais selecionados

como mostrado na Fig. 1. Para a amostragem utilizou-se uma colher metálica, lavada nos canais de maré do manguezal e o sedimento recolhido foi acondicionado em vasilhames de vidro com tampas metálicas sendo imediatamente resfriadas a temperaturas em torno de 0°C.

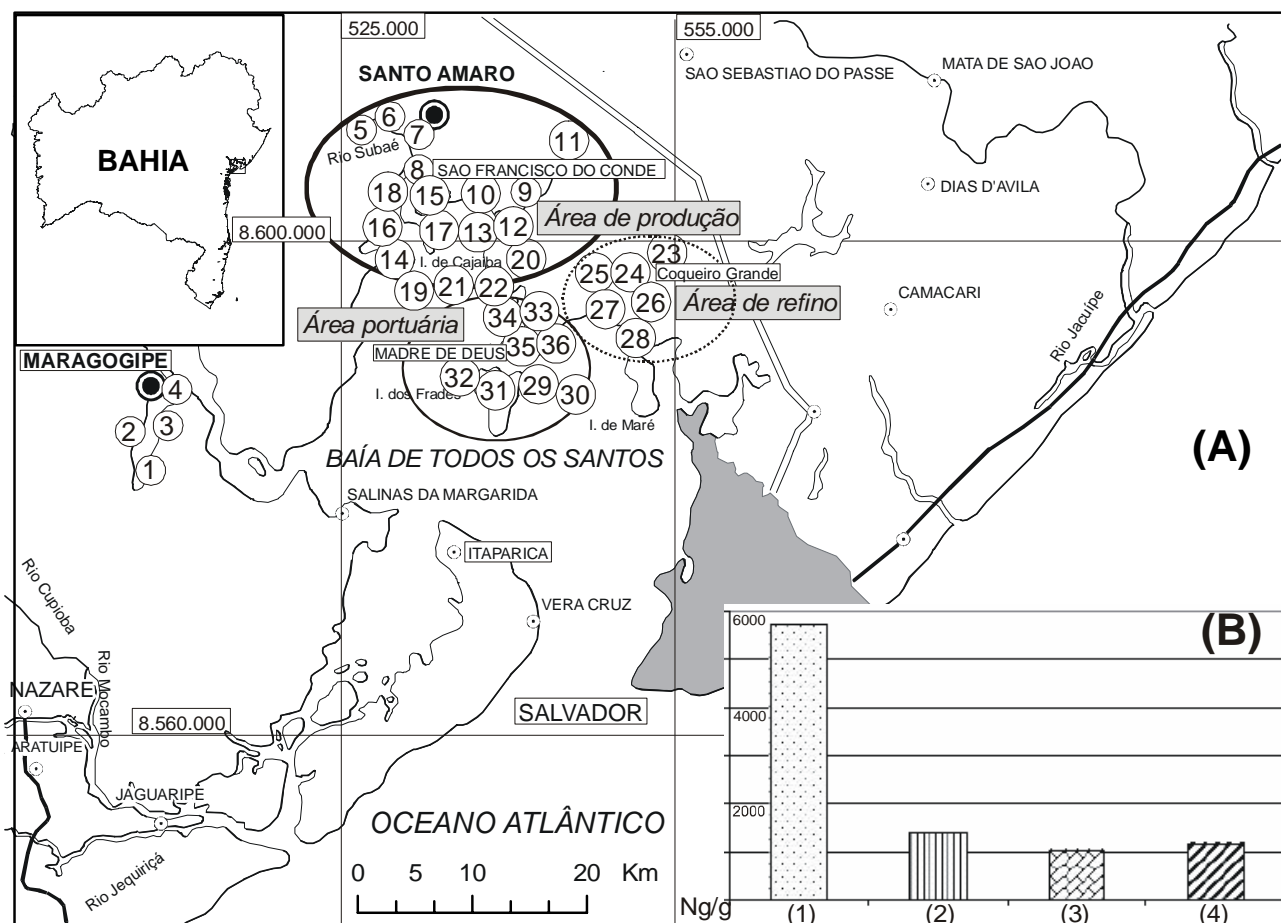


Figura 1. (A) Mapa de situação e de localização das estações de amostragem dos sedimentos na BTS agrupadas por atividade principal (áreas de produção, refino e portuária) associada ao (B) diagrama de distribuição das concentrações de alcanos normais onde (1) áreas de produção, (2) refino, (3) portuária e (4) controle

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 nesse concentrado por gravimetria.

Métodos analíticos A fração de hidrocarbonetos saturados foi separada desse extrato por intermédio do tratamento do mesmo com uma coluna de sílica gel ativada e eluição com hexano ultrapuro. A fração de hidrocarbonetos aromáticos foi separada por meio da eluição com uma mistura de hexano/diclorometano da mesma coluna, e a fração de NSO foi separada por intermédio 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 cuja programação para determinação 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 quantitativamente por meio da técnica de monitoramento seletivo de íons, utilizando-se os íons m/z 191 e m/z 217 como íons diagnósticos dos biomarcadores.

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 μ L 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 utilizada na 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.

RESULTADOS E DISCUSSÕES Na Tab. 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 Dom João e Ilha de 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, considerada estação Controle (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 (Dom João e Ilha de Cajaíba), onde se verificou produção de petróleo em mar durante um período de aproximadamente cinquenta anos 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 10^5 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 **HTP/(COT X 10^{-4})** < 70 não devem ser classificados como poluídos (Bernard *et al.* 1996). Dentre as áreas estudadas, nenhuma apresentou valores dessa relação superior a 70, significando que, ao menos com relação a esse parâmetro, não se pode concluir que exista poluição nos sedimentos. No entanto, as localidades de Ilha de Cajaíba e Dom 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 Controle.

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 (localizados na área de Produção). No entanto, essa relação não se mantém para as demais áreas, como pode ser visto pela análise dos coeficientes de correlação (**CR**) – Tab. 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** variou entre 59-61% nas áreas onde está localizado o complexo petrolífero (áreas de Produção, Refino e Portuária) 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 de Cajaíba (563.315 ng/g). Esses resultados implicam na predominância dos compostos considerados mais recalcitrantes, sendo indicativa de poluição ambiental crônica.



	Localidade	Estação	AS (m ² /g)	M.O. (%)	COT (%)	HTP	HRP	MCNR	n-alcanos	n-alc/HTP(%)	n-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	0,03
	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

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. Estações com * representam dados de Veiga (2003); estações sem * representam dados de Tavares 1996, Machado 1996 e Peso-Aguiar et al. 2000)

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. 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 aos derrames frequentes 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, Killips & Al-Juboori 1990, Aboul-Kassim & Simoneit 1995; Readman *et al.* 2002). Os maiores valores para essas 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).

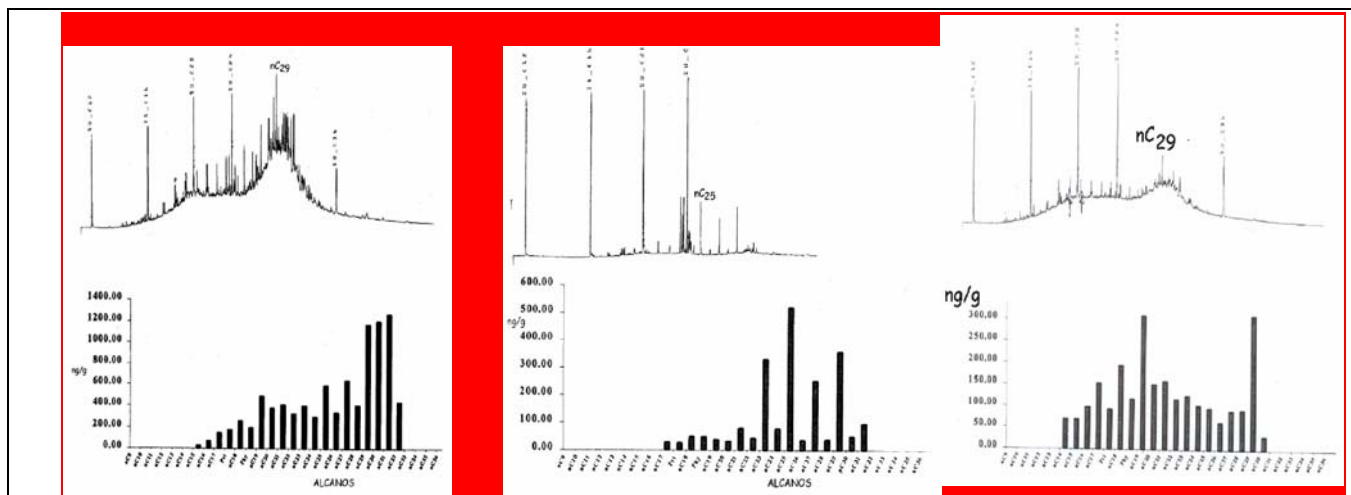


Figura 2. Diagrama com distribuição característica de alcanos normais por número de carbono (nC14 – nC32), pristano e fitano. Os picos em nC25 e nC29, típicos de vegetação superior e o índice preferencial de carbono (IPC), mostrando a predominância de n-alcanos ímpares sobre os pares, sugerem que fontes naturais (biogênicas / terrestres) caracterizadas por $IPC > 1$ e antropogênicas (petróleo) definidas por $IPC = 1$ são responsáveis, em proporções não determinadas nesta pesquisa, pelo conteúdo da matéria orgânica sedimentar local.

CONCLUSÕES 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. Comparando-se os resultados obtidos por Tavares (1996) com os do presente trabalho observa-se que, no que diz respeito aos alcanos normais (Fig. 2), 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 desse 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. Nesse 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.

Agradecimentos Este trabalho é um reflexo do apoio financeiro concedido pela FINEP/CTPETRO/CNPq por intermédio do Projeto RECUPETRO, convênio nº 640002700, pela Agência Nacional de Petróleo (ANP) e pela Fundação Universidade Norte Fluminense (FENORTE) por meio do financiamento das análises laboratoriais.



Referências

- ABOUL-KASSIM T.A.T. & SIMONEIT B.R.T. 1995. 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.
- BERNANRD D., PASCALINE H., JEREMIE J. 1996. Distribution and origin of hydrocarbon in sediments from lagoons with fringing mangrove communities. *Marine Pollution Bulletin* **32**(10):734-739.
- COLOMBO J.C., PELLETIER E., BROCHU C., KHALIL, M., CATOGGIO J.A. 1989. Determination of hydrocarbon source using n-alcans and polyaromatic hydrocarbon distribution indexes: Case study: Rio de la Plata Estuary, Argentina. *Environmental Science and Technology*, **23**:888- 894.
- GERMEN/UFBA – NIMA. 1997. *Baía de Todos os Santos: Diagnóstico sócio - ambiental e subsídios para a gestão*. Salvador, 244p.
- KILLOPS S.D., AL-JUBOORI M.A.H.A. 1990. Characterization of the unresolved complex mixture (UCM) in the gas chromatograms of biodegraded petroleum. *Organic Geochemistry*, **15**(2):147-160.
- MACHADO J.C.V. 1996. *Estudo do grau de contaminação por hidrocarbonetos nos sedimentos da Baía de Todos os Santos*. Dissertação de mestrado – UFBA, Salvador, 136p.
- ORGE M.D.R., PORSCHE I.J., COSTA M.C., LIMA J.S., SOARES S.E.D., JUSTINO R. 2000. 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.
- 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. 2000. 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.
- RAOUX C., BAYONA J.M., MIQUEL J.C., TEYSSIE J.L., FOWLER S.W., ALBAIGÉS J. 1999. 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.
- READMAN J.W., BARTOCCI J, TOLOSA I., FOWLER S.W., OREGIONI B., ABDULRAHEEM M.Y. 2000. Recovery of the coastal marine environment in the Gulf following the 1991 war-related oil spills. *Marine Pollution Bulletin*, **32**:493-498.
- TAVARES T.M. 1996. *Programa de monitoramento dos ecossistemas ao norte da Baía de Todos os Santos: rel. técnico final - projeto 8, vol. 1*, UFBA, Salvador, 85p.
- TAVARES T.M. 1997. *Contaminação química no ambiente marinho na Baía de Todos os Santos: diagnóstico sócio - ambiental e subsídios para a gestão* – Germen/Universidade Federal da Bahia – NIMA – Salvador, 151-164.
- VEIGA I.G. 2003. *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.
- WOODHEAD R.J., LAW R.J., MATTHIESSEN P. 1999. Polycyclic aromatic hydrocarbons in surface sediments around England and Wales, and their possible biological significance. *Marine Pollution Bulletin*, **38**(9):773-790.