

## B- Qualidade do Sedimento

Para as caracterizações físicas e químicas do sedimento da área de influência do Complexo PDET, foram utilizados os dados primários coletados na campanha oceanográfica realizada em agosto de 2002 (PETROBRAS/HABTEC, 2002a). Nesta campanha foram amostradas 21 estações, distribuídas nas isóbatas de 10, 30, 50, 70, 100 e 150 metros (três estações por isóbata; seis na isóbata de 150 m).

Entre as variáveis físicas e químicas consideradas para a caracterização da qualidade do sedimento estão HTP's (Hidrocarbonetos Totais de Petróleo), HPA's (Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos), metais pesados (Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Hg, Zn, Fe, Ba e V) e granulometria (diâmetro médio, seleção, teor de carbonatos e matéria orgânica, assimetria, e curtose). As coletas foram realizadas utilizando-se equipamento tipo *Box Corer* de 50x50 cm (0,25 m<sup>2</sup> de área) de dimensão e as metodologias de coleta e análise encontram-se descritas nos Quadros II.5.1.3-29 e II.5.1.3-30, apresentados a seguir.

**Quadro II.5.1.3-29 - Metodologia de coleta das variáveis medidas no sedimento na campanha de caracterização da Área de Influência do Sistema de Rebombeio e Escoamento (agosto/2002).**

VARIÁVEL	METODOLOGIA DE COLETA
Hidrocarbonetos Totais de Petróleo (HTP's)	250 g em recipiente de vidro; refrigerado
Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA's)	250 g em recipiente de vidro; refrigerado
Metais Pesados	500 g em saco plástico <i>Zip Lock</i> ; sem ar; refrigerado
Granulometria	500 g em saco plástico <i>Zip Lock</i> ; sem ar; refrigerado

Fonte: PETROBRAS/HABTEC (2002a)

**Quadro II.5.1.3-30 - Metodologia de análise das variáveis medidas no sedimento na campanha de caracterização da Área de Influência do Sistema de Rebombeio e Escoamento (agosto/2002).**

VARIÁVEL	METODOLOGIA DE ANÁLISE
HTP's	Cromatografia em fase gasosa com detector de ionização de chama (ISO CD 16703)
HPA's	Padronização interna (mistura de HPA's deuterados) – cromatografia em fase gasosa (U.S. EPA Method 8270)
Metais Pesados Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, V, Zn Hg	Espectrofotometria de emissão de plasma (ICP) (EN ISSO 11885; EN ISSO 11885 E22) Espectrofotometria de absorção atômica (DIN EN 1483 E12)
Granulometria	Peneiramento e pipetagem (Suguio, [1973]).
Matéria Orgânica e Carbonato	Oxidação da matéria orgânica - Digestão com dicromato de potássio e H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (Carmouze, [1994]).

Fonte: PETROBRAS/HABTEC (2002a)

A caracterização da área de influência do Complexo PDET (coluna d'água entre 0 e 100 m) será feita com base em estudos realizados na Bacia de Campos em áreas com características hidrológicas semelhantes (FUNDESPA, 1994; PETROBRAS, 2001; PETROBRAS, 2002a) e em áreas potencialmente atingidas em caso de derramamento de óleo (PETROBRAS/CENPES, 2001; PETROBRAS/HABTEC, 2002a; PETROBRAS/CENPES, 2002b e PETROBRAS/HABTEC, 2003).

- ★ Programa de Monitoramento Ambiental Oceânico da Bacia de Campos (FUNDESPA, 1994);
- ★ Monitoramento da Atividade de Produção de Petróleo da Bacia de Campos (PETROBRAS, 2001);
- ★ Monitoramento Ambiental da Área de Influência do Emissário de Cabiúnas– Região de Macaé/RJ (PETROBRAS, 2002a).
- ★ Caracterização Ambiental para Complementação do Estudo de Viabilidade Ambiental da Unidade Estacionária de Produção Espadarte FPSO (PETROBRAS/CENPES, 2001);
- ★ Relatório de Caracterização Ambiental dos Campos de Barracuda e Caratinga (PETROBRAS/CENPES, 2002a);
- ★ Relatório do Monitoramento Ambiental da Área de Exploração e Produção do Campo de Marlim Sul - Pré-operação das Unidades P 40+38 (PETROBRAS/CENPES, 2002b).

★ Relatório de Controle Ambiental da Bacia de Santos  
(PETROBRAS/HABTEC, 2003).

Algumas diferenças entre as malhas amostrais adotadas nestes estudos para a coleta de sedimento podem ser destacadas. Os principais detalhes a respeito das estratégias amostrais encontram-se relacionados no Quadro II.5.1.3-31, a seguir. A malha amostral integrada dos estudos utilizados encontra-se na Figura II.5.1.3-15.

**Quadro II.5.1.3-31 - Estratégia amostral adotada nos estudos realizados na Área de Influência do Sistema de Rebombeio e Escoamento.**

ESTUDOS	MALHA AMOSTRAL	PERÍODO DE COLETA
<b>Bacia de Campos</b> (FUNDESPA, 1994)	Baseada em radiais a partir da costa, com amostragens em 57 pontos na região compreendida entre 21°30' e 23°30'S de latitude, 39°30' e 42°00'W de longitude, e 20 e 200 metros de profundidade.	Duas campanhas (inverno/1991 e verão/1992).
<b>ETE Cabiúnas</b> (PETROBRAS, 2002a)	Estações ao redor do emissário (3) logo após a saída (1) e paralela à costa (11) antes da operação do Emissário	Janeiro, abril e julho de 1998
<b>ETE Cabiúnas</b> (PETROBRAS, 2002a)	Estações (3) ao redor do emissário 3 anos após o início da operação do Emissário	Maior de 2001
<b>Espadarte</b> (PETROBRAS/CENPES, 2001)	Estações (6) localizadas ao redor da locação Espadarte FPSO	Setembro de 2000
<b>Pampo e Pargo</b> (PETROBRAS, 2001)	Estações ao redor das plataformas de Pampo e Pargo distribuídas em círculos concêntricos às plataformas, além de uma estação controle, localizada a 3000 m das plataformas	Verão e Inverno/1998
<b>Pargo – perfuração</b> (PETROBRAS, 2003)	Estações (11) em círculos concêntricos ao redor do poço. Dez estações na área de referência	Duas campanhas após perfuração: 2 semanas – Jan/99 6 meses - Jun/99
<b>Barracuda e Caratinga</b> (PETROBRAS/CENPES, 2002a)	Três estações sobre 4 isóbatas (900, 1000, 1100 e 1200m)	Maior de 2002
<b>Marlim Sul</b> (PETROBRAS/CENPES, 2002b)	Estações no entorno da locação de P-40, posicionadas a 500 e 1.000m de distância da plataforma	Novembro de 2001
<b>Marlim Sul e Marlim Leste</b> (PETROBRAS/CENPES, 2003)	Total de 24 estações dispostas nas isóbatas de 750m (4), 1.050m (5), 1.350m (5), 1.650m(5) e 1.950m (5)	Junho de 2003
<b>Roncador</b> (PETROBRAS/CENPES, 2002c)	Total de 5 estações dispostas sobre as isóbatas 1.200m (3), 1.350m (1), 1.700m (1)	
<b>Bacia de Santos</b> (PETROBRAS/HABTEC, 2003)	Total de 30 estações dispostas sobre 5 isóbatas: 2100 m (9 estações), 2150 m (9), 2200 m (6), 2225 m (3), 2425 m (3).	Outubro de 2002



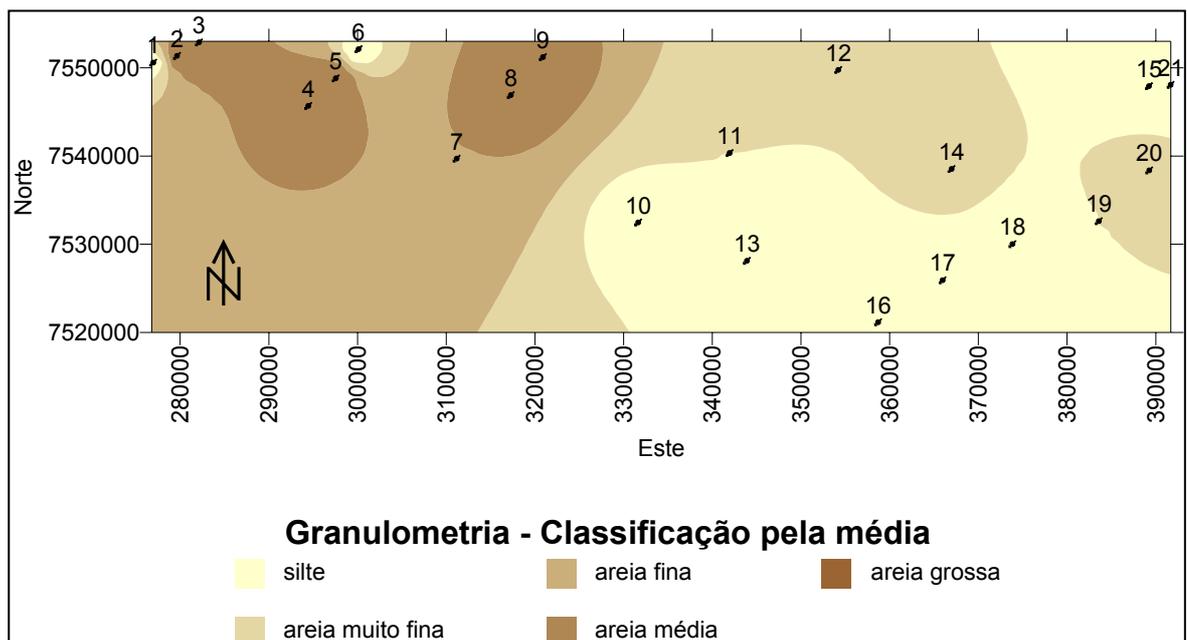
**Figura II.5.1.3-16** - Localização das estações de coleta de sedimento amostradas em estudos realizados na Área de Influência do Sistema de Rebombeio e Escoamento. **(A3)**

**Figura II.5.1.3-16** - Localização das estações de coleta de sedimento amostradas em estudos realizados na Área de Influência do Sistema de Rebombeio e Escoamento. **(A3)**

- *Granulometria*

De uma forma geral, o assoalho oceânico na área do Complexo PDET apresenta certa heterogeneidade faciológica, diretamente interligada com a composição e abundância da comunidade bentônica, bem como com a qualidade do sedimento.

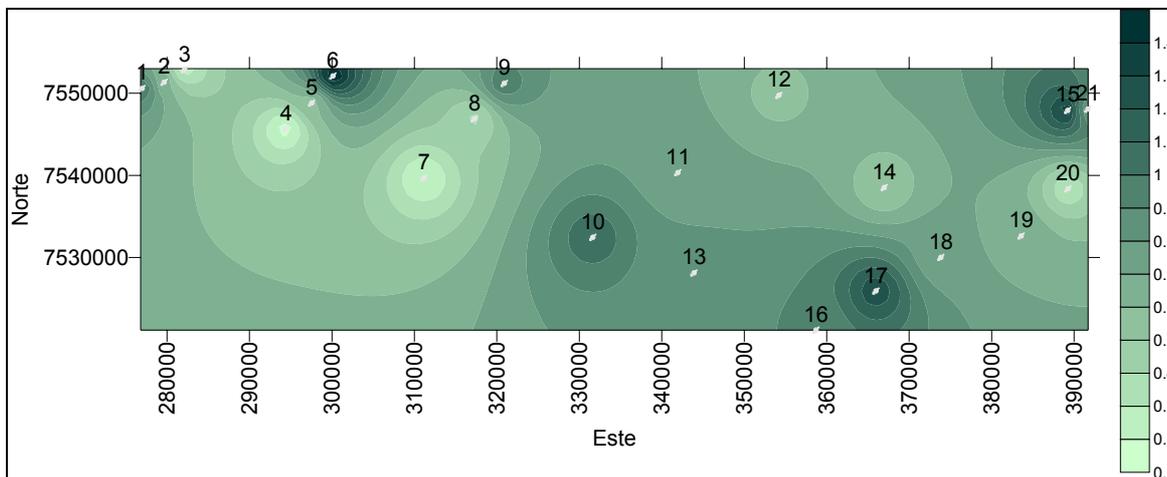
A composição granulométrica das 21 amostras de sedimento coletadas durante a campanha de caracterização da área de influência do Complexo PDET encontra-se apresentada na Figura II.5.1.3-17, a seguir. Observa-se a presença de um mosaico sedimentar nítido, onde manchas de areia grossa intercalam-se com silte e areia fina. De uma forma geral, os sedimentos mais finos (silte), distribuem-se nas áreas mais profundas, enquanto que os mais grosseiros estão localizados mais próximos à costa. Este fato sugere a influência continental, principalmente fluvial, na dinâmica sedimentar na região.



**Figura II.5.1.3-17 - Granulometria – Classificação pela média do sedimento coletado na Área de Influência do Sistema de Rebombeio e Escoamento.** Fonte: PETROBRAS/HABTEC (2002a).

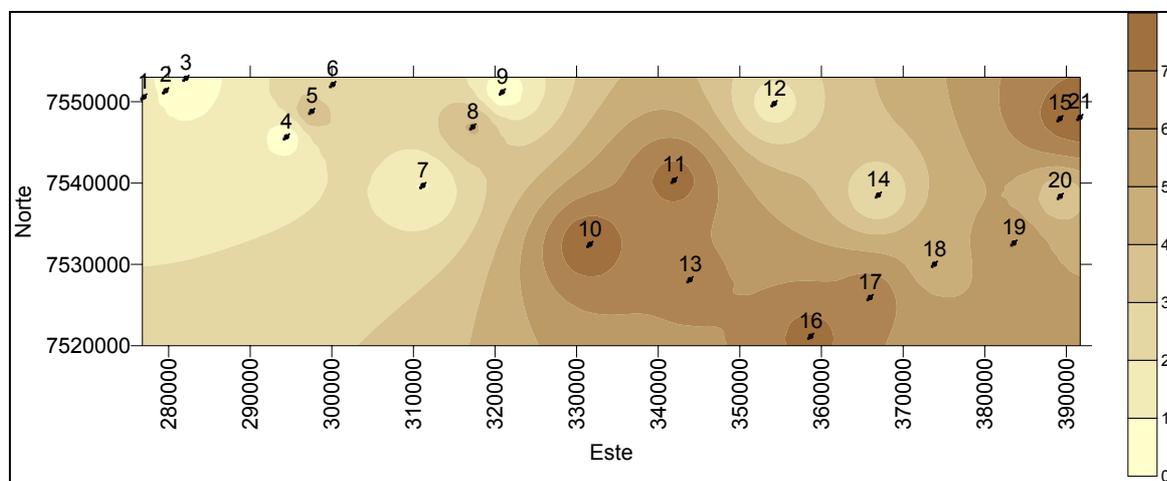
Quanto ao teor de matéria orgânica (Figura II.5.1.3-18), não foi observado um padrão espacial definido, embora alguns pontos de maior concentração de matéria orgânica (P6, P10, P15 e P17) tenham se destacado. Por outro lado,

núcleos de elevadas concentrações de carbonatos foram encontrados na isóbata de 70 m, com registros de alguns nódulos de algas calcárias conhecidos como rodolito (Figura II.5.1.3-19). A Figura II.5.1.3-20 apresenta um exemplar de sedimento carbonático coletado na área de influência do Complexo PDET.



**Figura II.5.1.3-18 - Percentual de Matéria Orgânica do sedimento coletado na Área de Influência do Sistema de Rebombeio e Escoamento.**

Fonte: PETROBRAS/HABTEC (2002a).



**Figura II.5.1.3-19 - Percentual de Carbonatos do sedimento coletado na Área de Influência do Sistema de Rebombeio e Escoamento.**

Fonte: PETROBRAS/HABTEC (2002a).



**Figura II.5.1.3-20** - Sedimento carbonático coletado com o Box Corer, durante a campanha de agosto de 2002. Fonte: PETROBRAS/HABTEC (2002a).

No entorno da plataforma de Pampo (PETROBRAS, 2001) foi encontrada uma grande área de sedimento calcário intercalado com áreas lamosas, constituídas por silte/argila. Enquanto que a região do entorno da plataforma de Pargo apresentou sedimento composto de areia muito fina, bem ou muito bem selecionadas, com percentagem de carbonatos de 20% a 40%.

Na região costeira de Cabiúnas (em torno de 14 metros de profundidade) verifica-se um complexo de fácies sedimentares, com granulometria variando entre areia grossa e silte (PETROBRAS, 2002a). Observa-se a predominância da fração de finos (silte+argila) no verão em algumas estações. O teor de carbonato na região de Cabiúnas esteve entre não detectável e 8,4%, tanto no verão quanto no inverno (PETROBRAS, 2002a).

Na região levantada pelo Programa de Monitoramento Oceânico da Bacia de Campos (FUNDESPA, 1994), também na plataforma continental, a maior parte das amostras analisadas foi caracterizada pela presença de areia média ou grossa e até calcários coralinos. Sedimentos com esta granulometria acumulam baixíssimos níveis de hidrocarbonetos, sejam esses biogênicos ou de petróleo (FUNDESPA, 1994).

A composição granulométrica observada no sedimento encontrado no entorno da localização do FPSO Espadarte, entre as isóbatas de 700 e 1000 metros, revelou-se bastante homogênea (PETROBRAS/CENPES, 2001). Os maiores percentuais de areia foram encontrados nas estações mais rasas, enquanto que nas estações mais profundas observou-se uma maior contribuição da fração fina (silte e argila).

As análises da granulometria do sedimento em Barracuda & Caratinga revelaram o predomínio da fração fina (silte e argila) com conteúdo superior a 70%, com teor médio de carbonatos entre 21% e 42% (PETROBRAS/CENPES, 2002a).

A classificação textural (segundo Shepard) do sedimento superficial em Marlim Sul evidenciou areias com lama, com porcentagens de areia variando entre 47% e 64%. A fração fina do sedimento oscilou entre 36% e 53% (PETROBRAS/CENPES, 2002b).

Na região compreendendo os campos de Marlim Sul e Marlim Leste, entre as isóbatas de 750 e 1.950m, foi observada maior variabilidade e dominância das frações argila, silte e areia fina. Os valores médios de cada isóbata para a fração fina (silte+argila) demonstram um enriquecimento em direção ao fundo. Os valores médios de teor de carbonato e de matéria orgânica encontrados sugerem um enriquecimento da isóbata de 750 m até a de 1.950 m (PETROBRAS/CENPES, 2003).

A granulometria dos sedimentos coletados em Roncador (entre 1.200 m e 1.700 m de profundidade) apresentou-se bastante homogênea com predominância da fração fina (silte+argila). A fração silte+argila variou de 82% a 91%, seguida da fração areia fina (PETROBRAS/CENPES, 2002c).

Na área da Bacia de Santos a análise granulométrica, realizada nas 30 amostras, constatou a presença de um sedimento bastante homogêneo. Na maioria das estações a fração fina (silte-argila) apresentou percentual superior a 99%. O teor de matéria orgânica variou entre 0,75 a 9,57% e o teor de carbonato, de 56,65 a 61,74% (PETROBRAS/HABTEC, 2003).

Assim, pode-se concluir que o sedimento da área de influência do Complexo PDET apresenta composição heterogênea em sua parte costeira (FUNDESPA, 1994; PETROBRAS/HABTEC, 2002a; PETROBRAS, 2001; PETROBRAS,

2002a), formando um mosaico sedimentar típico deste ambiente, enquanto na região mais profunda (PETROBRAS/CENPES, 2001; PETROBRAS/CENPES, 2002a; PETROBRAS/CENPES, 2002b; PETROBRAS/HABTEC, 2003), a homogeneidade do sedimento é maior, assim como a contribuição das frações mais finas do sedimento (silte e argila), conforme esperado para este tipo de ambiente (Quadro II.5.1.3-32)

**Quadro II.5.1.3-32 - Teor médio da fração fina (silte+argila), de carbonato e da matéria orgânica (média e coeficiente de variação – CV) em diversos trabalhos na Área de Influência do Sistema de Rebombeio e Escoamento.**

	N amostral	Profundidade (m)	Silte+Argila (%)	Carbonato (%)	Matéria Orgânica (%)
<b>ETE de Cabiúnas</b> (PETROBRAS, 2002a)	26	~14	26 (156%)	19 (116%)	-
<b>Complexo PDET</b> (PETROBRAS/HABTEC, 2002a)	21	10 a 150	21 (88%)	21 (72%)	21 (51%)
<b>Pargo</b>					
<b>verão</b>	11	95 a 105	14 (3%)	25 (13%)	•
<b>inverno</b> (PETROBRAS, 2001)	11		8 (57%)	27 (19%)	•
<b>Pampo</b>					
<b>verão</b>	9	100 a 110	99 (1%)	53 (15%)	•
<b>inverno</b> (PETROBRAS, 2001)	8		99 (2%)	51 (17%)	•
<b>Bacia de Campos</b>					
<b>verão</b>	56	12 a 185	17 (151%)	39 (74%)	•
<b>inverno</b> (FUNDESPA, 1994)	56		22 (128%)	38 (80%)	•
<b>Espadarte</b> (PETROBRAS/CENPES, 2001)	6	700 a 900	96 (3%)	•	6 (9%)
<b>Marlim Sul/Marlim Leste</b> (PETROBRAS/CENPES, 2003)	5	750 a 1.950	77 (17%)	5 (11%)	5 (21%)
<b>Marlim Sul</b> (PETROBRAS/CENPES, 2002b)	4	~1.000	62 (15%)	•	4 (23%)
<b>Barracuda&amp;Caratinga</b> (PETROBRAS/CENPES, 2002a)	11	900 a 1.200	88 (7%)	10 (5%)	•
<b>Roncador</b> (PETROBRAS/CENPES, 2002c)	5	1.200 a 1.700	84 (11%)	•	•
<b>Bacia de Santos</b> (PETROBRAS/HABTEC, 2003)	30	2.100 a 2.425	98 (4%)	59 (7%)	2 (72%)

Legenda: • – não analisado

- *Hidrocarbonetos*

As concentrações de hidrocarbonetos totais de petróleo (HTP's) identificadas na área do Complexo PDET foram inferiores a 0,010 µg/g (limite de detecção do método) em todos os pontos amostrados durante a campanha de caracterização. Vale ressaltar que a análise de HTP engloba os *n*-alcanos e a MCNR (mistura complexa não resolvida). Entretanto, por se tratarem de metodologias diferenciadas, dados de HTP não são passíveis de comparação com dados de *n*-alcanos e MCNR.

Na região do Emissário de Cabiúnas (PETROBRAS, 2002a), os *n*-alcanos e a MCNR foram analisados somente na campanha de inverno de 1998. Apesar das concentrações terem oscilado entre 371 ng/g e 4.449 ng/g, essas concentrações não caracterizam contaminação do sedimento (PETROBRAS, 2002a).

Ao redor da plataforma de Pargo, os níveis de *n*-alcanos (CG-DIC) variaram de 0,91 µg/g a 2,24 µg/g enquanto que em Pampo os teores de *n*-alcanos estiveram entre 0,74 µg/g a 2,37 µg/g. Embora os valores de *n*-alcanos encontrados ao redor destas plataformas sejam equivalentes aos obtidos em outros ambientes próximos a áreas de produção, como o Golfo do México e Califórnia, esses valores são menores do que os obtidos durante a campanha de caracterização de Pampo e Pargo (PETROBRAS, 2001).

Durante o Programa de Monitoramento Ambiental da Bacia de Campos (FUNDESPA, 1994), foram avaliados os valores de hidrocarbonetos da fração saturada, obtidos através de cromatografia gasosa de alta resolução. Durante a campanha realizada no inverno de 1991, os sedimentos apresentaram valores na faixa de não detectável (<0,02 µg/g para parafinas individuais) até um máximo de 2,08 µg/g. Na campanha do verão de 1992, somente duas amostras apresentaram teores totais acima de 2 µg/g. Ressalta-se que na região costeira, onde o aporte de matéria orgânica e diversos poluentes provenientes do continente é grande, esperam-se maiores concentrações de hidrocarbonetos (Nishigima *et al.*, 2001).

As concentrações de *n*-alcanos identificadas no entorno do Espadarte FPSO variaram de 297 ng/g a 1.043 ng/g, sem presença de MCRN. Esses valores são típicos de sedimentos não contaminados (PETROBRAS/CENPES, 2001).

Na região de Marlim Sul e Marlim Leste, amostrada durante a campanha Oceanprof II, a faixa de variação dos *n*-alcanos foi de 0,19 µg/g a 1,75 µg/g. Neste trabalho, testes estatísticos não paramétricos identificaram um enriquecimento nos valores de *n*-alcanos na camada superficial do sedimento (0 a 2 cm). O aumento das concentrações dos hidrocarbonetos alifáticos totais, juntamente com uma contribuição significativa da MCRN na camada superficial parece indicar maior contribuição de hidrocarbonetos petrogênicos. Entretanto, não é possível identificar se esta contribuição é de origem antrópica ou natural (exudação) (PETROBRAS/CENPES, 2003).

Os teores de *n*-alcanos encontrados ao redor da locação da plataforma P-40 em Marlim Sul variaram entre 0,11 µg/g e 0,67 µg/g (PETROBRAS/CENPES, 2002b). Segundo PETROBRAS/CENPES (2002b), os perfis cromatográficos indicam uma origem biogênica de vegetais superiores para os *n*-alcanos encontrados na região.

No geral, os valores de HTP obtidos em Barracuda e Caratinga estiveram em torno de 490±130 ng/g, sendo considerados baixos e típicos de ambientes não contaminados por hidrocarbonetos de petróleo (PETROBRAS/CENPES, 2002a). Em grande parte das amostras observou-se a presença de mistura complexa não resolvida (MCRN) na fração mais leve, provavelmente associada a possível contaminação com diesel durante a coleta (PETROBRAS/CENPES, 2002a).

As análises de *n*-alcanos realizadas em sedimentos coletados no campo de Roncador apontaram valores entre 0,24 µg/g e 904,61 µg/g nas amostras coletadas. A análise dos perfis cromatográficos revelou o aporte de hidrocarbonetos de origem antrópica de produto refinado do petróleo, devido à contaminação durante a coleta, marcadamente em algumas estações (PETROBRAS/CENPES, 2002c). Desconsiderando a amostra onde a contaminação é muito evidente, obtém-se um teor médio de *n*-alcanos de 0,50 µg/g.

Na Bacia de Santos, baixas concentrações de *n*-alcanos foram detectadas e, em nenhum ponto amostrado registrou-se MCRN, sendo poucos os *n*-alcanos

identificados. Os isoprenóides também foram encontrados em baixas concentrações e em poucos pontos amostrados. No geral, a concentração de n-alcenos variou de < 7,00 µg/kg a 286 µg/kg. As concentrações de HTP variaram de 159 µg/kg a 1303 µg/kg, sendo consideradas baixas e correspondendo a picos resolvidos no cromatograma, que incluem os n-alcenos (hidrocarbonetos resolvidos de petróleo - HRP) (PETROBRAS/HABTEC, 2003).

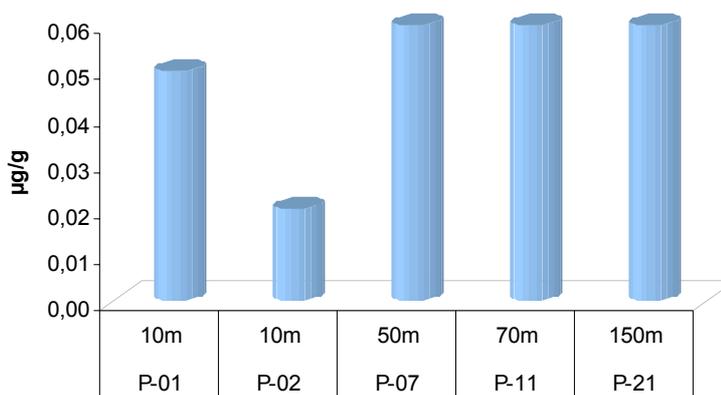
O Quadro II.5.1.3-33 apresenta um resumo dos resultados de n-alcenos e de hidrocarbonetos totais de petróleo (HTP) dos estudos realizados na Área de influência do complexo PDET

**Quadro II.5.1.3-33 - Concentração de hidrocarbonetos totais de petróleo – HTP e n-alcenos (média e coeficiente de variação – CV) em diversos trabalhos na Área de Influência do Sistema de Rebombeio e Escoamento.**

	N amostral	Profundidade (m)	n-alcenos (µg/g)	HTP (µg/g)
<b>ETE de Cabiúnas</b> (PETROBRAS, 2002a)	14	~14	1,61 (88%)	•
<b>Complexo PDET</b> (PETROBRAS/HABTEC, 2002a)	21	10 a 150	•	<0,01 (-)
<b>Pargo</b>		95 a 105		
<b>verão</b>	•		•	•
<b>inverno</b> (PETROBRAS, 2001)	11		1,34 (32%)	•
<b>Pampo</b>		100 a 110		
<b>verão</b>	•		•	•
<b>inverno</b> (PETROBRAS, 2001)	11		1,51 (30%)	•
<b>Espadarte</b> (PETROBRAS/CENPES, 2001)	6	700 a 900	0,63 (40%)	•
<b>Marlim Sul/Marlim Leste</b> (PETROBRAS/CENPES, 2003)	24	750 a 1.950	0,85 (40%)	•
<b>Marlim Sul</b> (PETROBRAS/CENPES, 2002b)	4	~1.000	0,35 (55%)	•
<b>Barracuda&amp;Caratinga</b> (PETROBRAS/CENPES, 2002a)	12	900 a 1.200	•	0,49 (27%)
<b>Roncador</b> (PETROBRAS/CENPES, 2002c)	5	1.200 a 1.700	0,50 (41%)	•
<b>Bacia de Santos</b> (PETROBRAS/HABTEC, 2003)	30	2.100 a 2.425	0,05 (114%)	0,46 (62%)

Legenda: • – não analisado

As concentrações de HPA's encontradas na área do Complexo PDET, com a utilização da metodologia USEPA 8270 (GC-FID), mostraram valores totais de HPA's inferiores a 0,01  $\mu\text{g/g}$  em praticamente todos os pontos amostrados, excetuando-se P1, P2, P7, P11 e P21 (Figura II.5.1.3-21).



**Figura II.5.1.3-21 - Concentrações de HPA total nos pontos amostrados durante a campanha de caracterização da área do Sistema de Rebombeio e Escoamento.**

Fonte: PETROBRAS/HABTEC (2002a).

As concentrações de HPA's em Cabiúnas oscilaram entre 0,25  $\mu\text{g/g}$  e 4,25  $\mu\text{g/g}$  (verão) e 0,04  $\mu\text{g/g}$  a 2,01  $\mu\text{g/g}$  (inverno). As diferenças encontradas entre as campanhas de verão e inverno podem refletir a variação na composição granulométrica, questões analíticas (coleta e análise) ou mesmo a dinâmica de correntes, ventos e ondas da região costeira (PETROBRAS, 2002a). Tanto na campanha de verão quanto na de inverno, o sedimento analisado foi considerado livre de contaminação por óleo. Na campanha de inverno, a presença de HPA's com mais de três anéis indicou origem pirogênica, ou seja, originários da combustão incompleta de combustíveis fósseis para estes compostos (PETROBRAS, 2002a).

Os resultados de HPA totais, em equivalentes de criseno, para os extratos de sedimentos marinhos coletados no entorno das Plataformas de Pargo e Pampo foram maiores durante a campanha de verão (3,50-53,40  $\mu\text{g/g}$  e 5,60-62,20  $\mu\text{g/g}$  respectivamente) que durante o inverno (2,20-34,80  $\mu\text{g/g}$  e 4,30-32,20  $\mu\text{g/g}$

respectivamente), segundo PETROBRAS (2001). Ainda segundo PETROBRAS (2001), a análise dos HPA's individuais demonstrou que os valores registrados para Pampo e Pargo encontram-se em níveis citados para áreas costeiras ou regiões sob influência de exploração de petróleo, apontando a origem petrogênica para os hidrocarbonetos registrados. Entretanto, foi observado que o incremento das concentrações de HPA's ao redor das plataformas, principalmente em Pargo, se encontra restrito a até 1.000 m de distância da plataforma (PETROBRAS, 2001).

No relatório final do Programa de Monitoramento Ambiental Oceânico da Bacia de Campos (FUNDESPA, 1994), foi especulado que a granulometria da região, de areia média a grossa e calcário coralino, seria uma das possíveis causas dos baixos níveis de hidrocarbonetos encontrados. Esse tipo de granulometria não favorece o acúmulo por adsorção de hidrocarbonetos, sejam eles biogênicos ou petrogênicos.

Embora a granulometria encontrada na área do Complexo PDET (Figura II.5.1.3-16) para os pontos P1 (silte), P2 (areia grossa), P7 (areia média), P11 (areia muito fina e alto teor de carbonato) e P21 (silte e alto teor de carbonato) tenha sido relativamente mais fina, não houve correlação entre as concentrações de HPA's e a granulometria (PETROBRAS/HABTEC, 2002a).

Existem várias evidências que sugerem a ausência de influência da atividade de exploração e produção de petróleo na área do Complexo PDET: a ausência de HTP em todos os pontos amostrados; a aparente ausência da mistura complexa não resolvida (MCRN); as baixas concentrações de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos encontradas e a composição individual de HPA, onde os HPA's encontrados foram considerados provenientes de contaminação do procedimento de coleta ou laboratorial (PETROBRAS/HABTEC, 2002a). Em adição, os estudos existentes e disponíveis na região apontam concentrações baixas para a área, incluindo locais onde existem atividades da indústria petrolífera, como Cabiúnas, Pampo e Pargo, e consideram a influência da atividade restrita às proximidades dos empreendimentos.

Os teores de HPA's observados em Espadarte, estiveram entre 0,03 µg/g e 0,20 µg/g, apresentando valores considerados típicos de sedimentos não contaminados por hidrocarbonetos (PETROBRAS/CENPES, 2001).

As amostras coletadas em Marlim Sul e Marlim Leste durante a campanha OCEANPROF II, apresentaram concentrações baixas de HPA's, com máximo de 0,99 µg/g. Tal qual o observado para os *n*-alcanos, verificou-se o enriquecimento superficial de concentrações, (PETROBRAS/CENPES, 2003).

Em Marlim Sul, os HPA's foram encontrados em concentrações inferiores a 0,07 µg/g, estando abaixo do nível associado a efeitos tóxicos na biota marinha, que é de 4,00 µg/g (PETROBRAS/CENPES, 2002b).

As concentrações de hidrocarbonetos poliaromáticos totais em Roncador variaram de 0,01 µg/g a 0,14 µg/g, estando dentro da faixa de variação encontrada em outros ambientes aquáticos e em níveis normais de teores HPA's (PETROBRAS/CENPES, 2002c). Nas amostras da Bacia de Santos os níveis de HPA's encontrados foram menores que o limite de detecção analítico encontrado (PETROBRAS/HABTEC, 2003).

O Quadro II.5.1.3-34 apresenta um resumo dos resultados de HPA's dos estudos realizados na Área de influência do Complexo PDET.

Analisando os dados apresentados, tanto de HTP e *n*-alcanos quanto de HPA's no sedimento da Área de influência do Complexo PDET, pode-se inferir que o sedimento da região aparentemente não se encontra contaminados por hidrocarbonetos. Segundo PETROBRAS/CENPES (2003), a região oceânica da Bacia de Campos não apresenta indícios de impacto relevante da atividade petrolífera, embora se verifique o acúmulo de HPA's em algumas regiões.

**Quadro II.5.1.3-34 - Concentrações de hidrocarbonetos poliaromáticos totais – HPA's (média e coeficiente de variação – CV) em diversos trabalhos na Área de Influência do Sistema de Rebombeio e Escoamento.**

	N amostral	Profundidade (m)	HPA (µg/g)
<b>ETE de Cabiúnas</b> (PETROBRAS, 2002a)	25	~14	2,65 (74%)
<b>Complexo PDET</b> (PETROBRAS/HABTEC, 2002a)	5	10 a 150	0,05 (35%)
<b>Pargo</b> (PETROBRAS, 2001)		95 a 105	
<b>verão</b>	11		0,02 (91%)
<b>inverno</b>			0,02 (68%)

(continua)

Quadro II.5.1.3-34 (conclusão)

	N amostral	Profundidade (m)	HPA (µg/g)
<b>Pampo</b> (PETROBRAS, 2001)			
verão	11	100 a 110	0,03 (65%)
inverno	11		0,02 (83%)
<b>Espadarte</b> (PETROBRAS/CENPES, 2001)	6	700 a 900	0,11 (50%)
<b>Marlim Sul/Marlim Leste</b> (PETROBRAS/CENPES, 2003)	24	750 a 1.950	0,01 (142%)
<b>Marlim Sul</b> (PETROBRAS/CENPES, 2002b)	4	~1.000	0,01 (52%)
<b>Barracuda&amp;Caratinga</b> (PETROBRAS/CENPES, 2002a)	12	900 a 1.200	0,49 (27%)
<b>Roncador</b> (PETROBRAS/CENPES, 2002c)	5	1.200 a 1.700	0,06 (80%)
<b>Bacia de Santos</b> (PETROBRAS/HABTEC, 2003)	30	2.100 a 2.425	<0,007

- *Carbono orgânico, Nitrogênio e Fósforo*

Na região costeira de Cabiúnas (em torno de 14 metros de profundidade) o valor médio de concentração de carbono orgânico no sedimento foi de  $1,30 \pm 0,91\%$  e a concentração média de nitrogênio total no sedimento foi de  $0,17 \pm 0,10\%$ , com uma tendência de aumento dos valores de concentração destes elementos no verão (PETROBRAS, 2002a). O fósforo orgânico também apresentou aumento de suas concentrações no verão em relação ao inverno, apresentando um valor médio de  $225 \pm 209 \mu\text{g/g}$  (PETROBRAS, 2002a). Contudo, analisando especificamente cada estação, nota-se que a tendência de aumento no verão não é observada em todas as estações para esses elementos (PETROBRAS, 2002a).

No entorno da plataforma de Pampo, entre as isóbatas de 95 m e 105 m, os valores de C, N e P apresentaram-se mais altos do que na região do entorno da plataforma de Pargo, entre as isóbatas de 100 m e 110 m (PETROBRAS, 2001). Esta diferença pode ser atribuída a dois fatores: a presença de uma granulometria mais fina em Pampo, que favorece um maior acúmulo de matéria orgânica, e a presença de estruturas carbonáticas, que levam à maior preservação desta matéria orgânica à degradação bacteriana (PETROBRAS, 2001).

A composição elementar observada no sedimento do campo de Espadarte (entre 700 m e 900 m de profundidade) revelou-se bastante homogênea,

apresentando valores médios de  $0,13\pm 0,02\%$  e  $0,02\pm 0,01\%$  para carbono orgânico e nitrogênio total, respectivamente. Os resultados de concentração de fósforo orgânico mostraram uma tendência de diminuição com a profundidade e um valor médio de  $233\pm 183 \mu\text{g/g}$  (PETROBRAS/CENPES, 2001).

Em Barracuda & Caratinga (900 e 1.200m), o conteúdo de carbono orgânico apresentou valor médio de concentração de  $1,02\pm 0,11\%$ , sendo observado uma leve tendência de enriquecimento deste elemento em áreas menos profundas (PETROBRAS/CENPES, 2002a). Os valores de nitrogênio total variaram de 0,11% a 0,29% com valor médio de  $0,19\pm 0,02\%$  (PETROBRAS/CENPES, 2002a). O fósforo total apresentou valor médio de  $582\pm 86 \mu\text{g/g}$ , com máximo de  $700 \mu\text{g/g}$  na estação localizada na isóbata de 1.000 m (PETROBRAS/CENPES, 2002a).

A análise da composição elementar do sedimento na área de Marlim Sul (em torno de 1.000 m de profundidade) apresentou um valor médio de carbono orgânico de  $1,66\pm 0,34\%$ , estando próximo dos valores descritos por Carvalho (2002) para sedimentos profundos coletados a cerca de 1.000 m na região à frente dos Rios Doce e Paraíba do Sul (PETROBRAS/CENPES, 2002b). O nitrogênio total foi praticamente constante nas estações de coleta, estando em torno de  $0,11\pm 0,01\%$  (PETROBRAS/CENPES, 2002b). O teor de fósforo total apresentou valor médio de  $444\pm 19 \mu\text{g/g}$ , tendo uma baixa faixa de variabilidade entre as estações, em torno de 4% (PETROBRAS/CENPES, 2002b).

Na região compreendendo os campos de Marlim Sul e Marlim Leste, entre as isóbatas de 750 m e 1.950 m, o carbono orgânico mostrou leve tendência de diminuição das concentrações com o aumento da profundidade, com valores médios de  $0,99\pm 0,19\%$  (PETROBRAS/CENPES, 2003). O valor médio de concentração de nitrogênio total nos sedimentos da área de Marlim Sul e Marlim Leste foi de  $0,12\pm 0,03\%$ , sendo observado um maior acúmulo de nitrogênio total no sedimento com o aumento da profundidade, refletindo a importância do conteúdo de silte e argila na distribuição deste elemento (PETROBRAS/CENPES, 2003).

A composição elementar dos sedimentos coletados em Roncador (entre 1.200 m e 1.700 m de profundidade) mostrou-se bastante homogênea, com valores médios de  $0,88\pm 0,25\%$ ,  $0,10\pm 0,04\%$  e  $542\pm 88 \mu\text{g/g}$  para o carbono

orgânico, nitrogênio total e fósforo total, respectivamente (PETROBRAS/CENPES, 2002c).

Na Bacia de Santos (PETROBRAS/HABTEC, 2003), os valores médios encontrados foram de  $0,71 \pm 0,12\%$ ,  $0,06 \pm 0,01\%$  e  $460 \pm 79 \mu\text{g/g}$  para o carbono orgânico, nitrogênio total e fósforo total, respectivamente.

O Quadro II.5.1.3-35 apresenta um resumo dos resultados da composição elementar da matéria orgânicas observado nos estudos realizados na Área de influência do complexo PDET.

**Quadro II.5.1.3-35 - Teores de Carbono Orgânico (C org), Nitrogênio total (N total), Fósforo orgânico (P org) e Fósforo total (P total), apresentando a média e coeficiente de variação – CV, em diversos trabalhos na Área de Influência do Sistema de Bombeio e Escoamento.**

	N amostral	Profundidade (m)	C org (%)	N total (%)	P org ( $\mu\text{g.g}^{-1}$ )	P total ( $\mu\text{g.g}^{-1}$ )
<b>ETE de Cabiúnas</b> (PETROBRAS, 2002a)	28	~14	1,30 (70%)	0,17 (60%)	225 (93%)	•
<b>Pargo</b> (PETROBRAS, 2001)		95 a 105				
<b>verão</b>	11		0,18 (38%)	0,02 (35%)	2 (72%)	•
<b>inverno</b>	11		0,19 (34%)	0,02 (34%)	36 (45%)	•
<b>Pampo</b> (PETROBRAS, 2001)		100 a 110				
<b>verão</b>	8		1,32 (22%)	0,15 (19%)	123 (41%)	•
<b>inverno</b>	11		1,47 (23%)	0,13 (19%)	113 (41%)	•
<b>Espadarte</b> (PETROBRAS/CENPES, 2001)	6	700 a 900	0,13 (19%)	0,02 (25%)	233 (79%)	•
<b>Marlim Sul/Marlim Leste</b> (PETROBRAS/CENPES, 2003)	5	750 a 1.950	0,99 (19%)	0,12 (26%)	•	•
<b>Marlim Sul</b> (PETROBRAS/CENPES, 2002b)	4	~1.000	1,66 (21%)	0,11 (11%)	•	444 (4%)
<b>Barracuda&amp;Caratinga</b> (PETROBRAS/CENPES, 2002a)	11	900 a 1.200	1,02 (11%)	0,19 (11%)	•	582 (15%)
<b>Roncador</b> (PETROBRAS/CENPES, 2002c)	5	1.200 a 1.700	0,88 (29%)	0,10 (45%)	•	542 (16%)
<b>Bacia de Santos</b> (PETROBRAS/HABTEC, 2003)	30	2.100 a 2.425	0,71 (6%)	0,06 (6%)	•	460 (6%)

Legenda: • – não analisado

- *Metais Pesados*

- ✓ *Ferro (Fe)*

A região da área de influência de Cabiúnas, por se tratar de uma região próxima a uma grande fonte terrígena, apresentou concentrações mais elevadas de Fe (PETROBRAS, 2002a). O sedimento de Cabiúnas pode ser considerado enriquecido em Fe, quando comparado com sedimentos carbonáticos, estando, entretanto, dentro do esperado para área da Plataforma Continental do Estado do Rio de Janeiro. É importante ressaltar que no relatório não foi detectada influência da atividade do emissário de água produzida sobre as concentrações de metal, já que não houve diferença significativa entre as campanhas de verão e inverno (PETROBRAS, 2002a).

De modo geral, na área do Complexo PDET, as concentrações de ferro foram altas (PETROBRAS/HABTEC, 2002a), com uma média de  $10 \pm 2,9$  mg/g e variação de 2,9 mg/g a 23 mg/g. As maiores concentrações foram encontradas nas isóbatas mais rasas, o que pode indicar uma influência continental nesta área, conforme mencionado por PETROBRAS (2001) e corroborado por Ovalle *et al.* (2000).

Em Pargo, durante um evento de perfuração, as concentrações consideradas como nível base para o local (Rezende *et al.*, 2002) estiveram em torno de 4,8 mg/g. No início da perfuração, a concentração de ferro encontrada foi de 5,0 mg/g e 7 meses após o término da perfuração foi encontrado o valor de 5,1 mg/g de Ferro. Os autores ressaltam que, apesar de ocorrer aumento das concentrações de alguns metais, esses aumentos superaram a variabilidade natural das concentrações de background (Rezende *et al.*, 2002).

De fato, no relatório de monitoramento da atividade de produção em Pampo e Pargo, evidenciou-se que as concentrações de Pargo, ligeiramente superiores às de Pampo, poderiam ser resultantes de uma fonte externa de metais, além do descarte da atividade (PETROBRAS, 2001).

Os valores de concentração de ferro nos sedimentos coletados em Roncador (entre 1.200 m e 1.700 m de profundidade) mostraram uma tendência de aumento

com a profundidade, com valor máximo de 14,4 mg/g e mínimo de 8,4 mg/g (PETROBRAS/CENPES, 2002c).

No Quadro II.5.1.3-36 encontra-se um resumo das concentrações de Ferro encontradas na região da Área de influência do Complexo PDET.

**Quadro II.5.1.3-36 - Concentrações de Ferro (mg/g) encontradas na Área de Influência do Sistema de Rebombeio e Escoamento.**

	N amostral	Profundidade (m)	Mínimo	Máximo
ETE de Cabiúnas (PETROBRAS, 2002a)	26	~14	1,4	23,4
Complexo PDET (PETROBRAS/HABTEC, 2002a)	21	10 a 150	2,9	23,0
Pargo (PETROBRAS, 2001)				
verão	11	95 a 105	5,7	9,1
inverno	11		4,4	8,1
Pampo (PETROBRAS, 2001)				
verão	9	100 a 110	4,7	7,3
inverno	8		4,6	9,0
Roncador (PETROBRAS/CENPES, 2002c)	5	1.200 a 1.700	8,4	14,4

No Quadro II.5.1.3-37 encontra-se um comparativo das concentrações de Ferro encontradas na Área de influência do Complexo PDET. Observa-se que, apesar da alta concentração encontrada em alguns pontos, a média obtida na região está dentro da faixa encontrada para sedimentos carbonáticos e para a Plataforma Continental do Estado do Rio de Janeiro.

**Quadro II.5.1.3-37 - Concentrações de Ferro (mg/g) em diversos ambientes.**

Rocha Sedimentar*	Carbonato*	Plataforma Continental (RJ)**	Área de influência do PDET/AMEG		
			< 200m	de 200 e 2000m	Bacia de Santos (> 2000m)
47,0	3,8	12,4	8,7 ± 5,9 (83)	11,6 ± 2,2 (5)	Não analisado

Fonte:\* Förstner & Wittmann, 1983; \*\* PETROBRAS, 2001; Legenda: (n) número de amostras

#### ✓ Bário (Ba)

Em Cabiúnas, as concentrações de bário foram maiores no inverno (110 µg/g) que no verão (89,6 µg/g), entretanto, a diferença sazonal não foi

significativa (PETROBRAS, 2002a). Na área do Complexo PDET, a faixa de variação para as concentrações foi muito ampla, de 2 µg/g a 360 µg/g. Com exceção do ferro, o bário foi o metal com concentrações mais expressivas, principalmente nos pontos localizados nas isóbatas mais profundas (70, 100 e 150 m), em uma área próxima a algumas plataformas em operação (PETROBRAS/HABTEC, 2002a).

As concentrações de bário encontradas antes do evento de perfuração em Pargo oscilaram entre 61 µg/g e 84 µg/g. Embora os valores mais altos encontrados no início (155 µg/g) e após o término (151 µg/g) sugiram a influência da barita, os autores não encontraram diferenças significativas entre os períodos (Rezende *et al.*, 2002).

O estudo realizado em Pargo (PETROBRAS, 2001) encontrou concentrações de bário superiores ao esperado para a área do Estado do Rio de Janeiro e sugere que áreas preferenciais de deposição ou acumulação dos efluentes das atividades de perfuração seriam responsáveis por valores de bário mais elevados. O sulfato de bário, que possui baixa solubilidade em água do mar e alta densidade, apresenta longo tempo de residência nos sedimentos adjacentes às plataformas (PETROBRAS, 2001). Este composto é o principal componente da barita, fluido a base de água amplamente utilizado na perfuração de poços (Patin, 1999), o que pode ter contribuído para esses valores altos.

Os valores de bário encontrados em Espadarte variaram de 68 µg/g a 182 µg/g, estando na mesma ordem de grandeza dos valores obtidos em Pampo e Pargo (PETROBRAS/CENPES, 2001).

As concentrações de Ba obtidas em Marlim Sul oscilaram entre 249 µg/g e 318 µg/g, sendo superiores às concentrações reportadas em Pampo e Pargo e em sedimentos carbonáticos (PETROBRAS/CENPES, 2002b).

Nos campos de Barracuda e Caratinga, as concentrações de bário encontradas foram superiores aos reportados na literatura para sedimentos carbonáticos. Entretanto, conforme constatado também no campo de Pampo, a precipitação de carbonatos parece estar relacionada com a baixa acumulação de metais no sedimento (PETROBRAS, 2001; PETROBRAS/CENPES, 2002a).

Em Roncador (PETROBRAS/CENPES, 2002c) e na Bacia de Santos (PETROBRAS/HABTEC, 2003) as concentrações de bário apresentaram-se

dentro da faixa esperada, com valor médio de  $189 \pm 86 \mu\text{g/g}$  e  $124 \pm 49 \mu\text{g/g}$ , respectivamente.

As concentrações de Ba encontradas em estudos na Área de influência do Complexo PDET encontram-se resumidas no Quadro II.5.1.3-38.

**Quadro II.5.1.3-38 - Concentrações de Bário ( $\mu\text{g/g}$ ) encontradas na Área de Influência do Sistema de Rebombeio e Escoamento.**

	N amostral	Profundidade (m)	Mínimo	Máximo
<b>ETE de Cabiúnas</b> (PETROBRAS, 2002a)	26	~14	25	192
<b>Complexo PDET</b> (PETROBRAS/HABTEC, 2002a)	21	10 a 150	2	360
<b>Pargo</b> (PETROBRAS, 2001)				
<b>verão</b>	11	95 a 105	106	328
<b>inverno</b>	11		70	26
<b>Pampo</b> (PETROBRAS, 2001)				
<b>verão</b>	9	100 a 110	67	402
<b>inverno</b>	8		76	310
<b>Espadarte</b> (PETROBRAS/CENPES, 2001)	6	700 a 900	68	182
<b>Marlim Sul</b> (PETROBRAS/CENPES, 2002b)	4	~1.000	249	318
<b>Barracuda&amp;Caratinga</b> (PETROBRAS/CENPES, 2002a)	11	900 a 1.200	61	236
<b>Roncador</b> (PETROBRAS/CENPES, 2002c)	5	1.200 a 1.700	83	279
<b>Bacia de Santos</b> (PETROBRAS/HABTEC, 2003)	30	2.100 a 2.425	40	190

No geral, as concentrações de Bário na Área de influência do Complexo PDET encontram-se dentro da faixa de variação encontrada na literatura, embora, relativamente superiores ao esperado para a Região do Estado do Rio de Janeiro e para sedimentos carbonáticos (Quadro II.5.1.3-39).

**Quadro II.5.1.3-39 - Concentração de Bário ( $\mu\text{g/g}$ ) em diversos ambientes.**

Rocha Sedimentar*	Argila de Mar Profundo*	Carbonato*	Plataforma Continental (RJ)**	Área de influência do PDET/AMEG		
				< 200m	de 200 a 2000 m	Bacia de Santos (> 2000m)
580	2300	10	158	$125 \pm 88$ (85)	$174 \pm 68$ (26)	$124 \pm 49$ (30)

Fonte:\* Förstner & Wittmann, 1983; \*\* PETROBRAS, 2001; Legenda: (n) número de amostras

### ✓ Chumbo (Pb)

Em Cabiúnas, as concentrações de verão e inverno estiveram em torno de 13 µg/g. Não foram observadas diferenças significativas entre verão e inverno. As maiores concentrações de chumbo foram encontradas em áreas mais profundas, com sedimento enriquecido em silte e argila e baixos teores de carbonato (PETROBRAS, 2002a).

Na Área de Influência do Complexo PDET, o chumbo somente apresentou concentrações superiores ao limite de detecção (5 µg/g) do método em 16% das amostras coletado, com mínimo de 6 µg/g e máximo de 16 µg/g (PETROBRAS/HABTEC, 2002a).

Rezende *et al.* (2002) não encontraram diferenças significativas entre as concentrações de chumbo no início (4 µg/g) e após (3 µg/g) a perfuração em Pargo. As concentrações de chumbo na estação controle, usada como nível base, estiveram em torno de 4 µg/g.

No monitoramento de Pargo, as concentrações de chumbo nas estações controle (mais distantes da plataforma) foram, no verão e inverno, 12 µg/g e 4 µg/g, respectivamente. As estações mais próximas à plataforma apresentaram concentração média entre 5 µg/g e 6 µg/g, enquanto a estação controle apresentou concentração média de 8 µg/g (PETROBRAS, 2001).

As concentrações médias de chumbo em Marlim Sul estiveram em torno de 10 µg/g, estando pouco acima das concentrações reportadas para Plataforma Continental do Rio de Janeiro e para sedimentos carbonáticos (PETROBRAS/CENPES, 2002b).

Nos campos de Barracuda e Caratinga foi observada uma correlação entre as concentrações deste metal e a fração fina da granulometria. Também foi observado um enriquecimento em chumbo, quando comparado a outros locais da Bacia de Campos e a sedimentos carbonáticos (PETROBRAS/CENPES, 2002a). Os valores de concentração de chumbo na área do campo de Roncador mostraram-se relativamente menores que em outras áreas profundas, apresentando um valor médio de  $7 \pm 1$  µg/g (PETROBRAS/CENPES, 2002c).

Na Bacia de Santos os valores das concentrações de chumbo mostraram-se levemente elevadas, apresentando um valor médio de  $19 \pm 6 \mu\text{g/g}$  (PETROBRAS/HABTEC, 2003).

As variações nas concentrações de chumbo encontradas na área de influência do empreendimento encontram-se dispostas no Quadro II.5.1.3-40.

**Quadro II.5.1.3-40 - Concentrações de chumbo ( $\mu\text{g/g}$ ) encontradas na Área de Influência do Sistema de Rebombeio e Escoamento.**

	N amostral	Profundidade (m)	Mínimo	Máximo
<b>ETE de Cabiúnas</b> (PETROBRAS, 2002a)	26	~14	1	26
<b>Complexo PDET</b> (PETROBRAS/HABTEC, 2002a)	21	10 a 150	6	16
<b>Pargo</b> (PETROBRAS, 2001)				
<b>verão</b>	11	95 a 105	4	12
<b>inverno</b>	11		4	7
<b>Pampo</b> (PETROBRAS, 2001)				
<b>verão</b>	9	100 a 110	4	19
<b>inverno</b>	8		3	8
<b>Marlim Sul</b> (PETROBRAS/CENPES, 2002b)	4	~1.000	8	11
<b>Barracuda&amp;Caratinga</b> (PETROBRAS/CENPES, 2002a)	11	900 a 1.200	4	29
<b>Roncador</b> (PETROBRAS/CENPES, 2002c)	5	1.200 a 1.700	5	9
<b>Bacia de Santos</b> (PETROBRAS/HABTEC, 2003)	22	2.100 a 2.425	6	28

As concentrações de chumbo na Área de influência do Complexo PDET, tanto na região costeira, quanto na região mais profunda, apresentam valores médios pouco acima do registrado para sedimentos carbonáticos e para a Plataforma Continental do Rio de Janeiro (Quadro II.5.1.3-41).

**Quadro II.5.1.3-41 - Concentração de Chumbo ( $\mu\text{g/g}$ ) em diversos ambientes.**

Rocha Sedimentar*	Argila de Mar Profundo*	Carbonato*	Plataforma Continental (RJ)**	Área de influência do PDET/AMEG		
				< 200m	De 200 a 2000 m	Bacia de Santos (> 2000m)
20	80	9	9	$9 \pm 6$ (66)	$10 \pm 5$ (20)	$19 \pm 6$ (22)

Fonte:\* Förstner & Wittmann, 1983; \*\* PETROBRAS, 2001; Legenda: (n) número de amostras

## ✓ Cromo (Cr)

Na região de Cabiúnas, as menores concentrações de cromo estiveram relacionadas com sedimentos de baixo conteúdo da fração fina da granulometria (silte+argila) e enriquecidos em carbonatos (PETROBRAS, 2002a).

O cromo apresentou uma distribuição bastante heterogênea, uma concentração média de  $15 \pm 3$  µg/g, mínima de 4 µg/g e máxima de 27 µg/g na área de influência do complexo do PDET (PETROBRAS/HABTEC, 2002a).

As concentrações médias de cromo no início (12 µg/g) e após a perfuração (11 µg/g) em Pargo mostraram pouco enriquecimento quando comparadas com as estações controle (9 – 11 µg/g) (Rezende *et al.*, 2002). Durante o monitoramento de Pargo, as concentrações encontradas nas campanhas de verão e inverno estiveram em torno de 13 µg/g, sendo superiores ao esperado em sedimentos carbonáticos (PETROBRAS, 2003).

Nos campos de Barracuda e Caratinga (média de 26 µg/g) e no campo de Marlim Sul (média de 33 µg/g), as concentrações de cromo encontradas foram elevadas, estando acima do esperado para sedimentos carbonáticos e outros trabalhos realizados na Bacia de Campos (PETROBRAS/CENPES, 2002a; PETROBRAS/CENPES, 2002b).

Em Roncador, as concentrações de cromo apresentaram valor mínimo de 23 µg/g e máximo de 33 µg/g (PETROBRAS/CENPES, 2002c). Na Bacia de Santos os valores de concentração de cromo variaram de 14 µg/g a 37 µg/g, apresentando um valor médio de  $28 \pm 8$  µg/g (PETROBRAS/HABTEC, 2003)

As concentrações de cromo encontradas em estudos realizados na área de influência do Complexo PDET estão resumidas no Quadro II.5.1.3-42.

**Quadro II.5.1.3-42 - Concentrações de Cromo ( $\mu\text{g/g}$ ) encontradas na Área de Influência do Sistema de Rebombeio e Escoamento.**

	N amostral	Profundidade (m)	Mínimo	Máximo
<b>ETE de Cabiúnas</b> (PETROBRAS, 2002a)	26	~14	1	68
<b>Complexo PDET</b> (PETROBRAS/HABTEC, 2002a)	21	10 a 150	4	27
<b>Pargo</b> (PETROBRAS, 2001)				
<b>verão</b>	11	95 a 105	13	20
<b>inverno</b>	11		9	18
<b>Pampo</b> (PETROBRAS, 2001)				
<b>verão</b>	9	100 a 110	11	19
<b>inverno</b>	8		10	21
<b>Marlim Sul</b> (PETROBRAS/CENPES, 2002b)	4	~1.000	27	35
<b>Barracuda&amp;Caratinga</b> (PETROBRAS/CENPES, 2002a)	11	900 a 1.200	10	43
<b>Roncador</b> (PETROBRAS/CENPES, 2002c)	5	1.200 a 1.700	23	33
<b>Bacia de Santos</b> (PETROBRAS/HABTEC, 2003)	30	2.100 a 2.425	14	37

Quando comparadas com valor padrão de sedimento carbonático, as concentrações de Cr na Área de influência do Complexo PDET são similares, estando abaixo das concentrações encontradas na Plataforma Continental do Estado do Rio de Janeiro (Quadro II.5.1.3-43).

**Quadro II.5.1.3-43 - Concentração de Cromo ( $\mu\text{g/g}$ ) em diversos ambientes.**

Rocha Sedimentar*	Argila de Mar Profundo*	Carbonato*	Plataforma Continental (RJ)**	Área de Influência do Complexo PDET		
				< 200m	De 200 a 2000 m	Bacia de Santos (> 2000m)
90	90	11	32	18 $\pm$ 15 (84)	30 $\pm$ 8 (20)	28 $\pm$ 8 (30)

Fonte:\* Förstner & Wittmann, 1983; \*\* PETROBRAS, 2001; Legenda: (n) número de amostras

✓ **Cobre (Cu)**

O sedimento da área do emissário de Cabiúnas apresentou valores médios de 7  $\mu\text{g/g}$  no verão e 6  $\mu\text{g/g}$  no inverno, sendo que não foi verificada diferença significativa entre as estações (PETROBRAS, 2002a).

Na região do Complexo PDET, a concentração de cobre variou entre 8 µg/g e 20 µg/g. A distribuição espacial de cobre na área seguiu a de zinco, com menores concentrações nas isóbatas intermediárias e concentrações mais elevadas nas isóbatas de 10, 30, 100 e 150 m (PETROBRAS/HABTEC, 2002a).

As concentrações médias de cobre encontradas após a perfuração (3 µg/g) em Pargo por Rezende *et al.* (2002) foram significativamente superiores aos valores do início da perfuração (2 µg/g), embora não tenha sido encontrado enriquecimento significativo quando comparado com as estações de nível base (1,5 – 1,6 µg/g).

Nos dados obtidos durante o monitoramento de Pargo, observa-se uma tendência de diminuição dos valores em direção à estação controle, com razão de enriquecimento de duas vezes até 250 m da plataforma (PETROBRAS, 2001). Os valores de cobre deste estudo foram inferiores ao encontrado em sedimentos carbonáticos e na Plataforma Continental do Estado do Rio de Janeiro.

Os valores encontrados nos campos de Barracuda e Caratinga (PETROBRAS/CENPES, 2002a) e no campo de Marlim Sul (PETROBRAS/CENPES, 2002b) foram superiores aos valores reportados para a Plataforma Continental do Rio de Janeiro e para sedimentos carbonáticos.

As análises de cobre no sedimento do campo de Roncador mostraram um leve enriquecimento quando comparadas as regiões mais rasas, tendo valor de concentração médio de 14 (PETROBRAS/CENPES, 2002c). Os valores de concentração de cobre encontrados na região da Bacia de Santos mostraram-se levemente enriquecidos, com valor médio de  $2 \pm 3$  µg/g (PETROBRAS/HABTEC, 2003).

As concentrações de cobre obtida nos estudos realizados na Área de influência do Complexo PDET estão relacionadas no Quadro II.5.1.3-44.

**Quadro II.5.1.3-44 - Concentrações de Cobre ( $\mu\text{g/g}$ ) encontradas na Área de Influência do Sistema de Rebombeio e Escoamento.**

	N amostral	Profundidade (m)	Mínimo	Máximo
<b>ETE de Cabiúnas</b> (PETROBRAS, 2002a)	26	~14	1	17
<b>Complexo PDET</b> (PETROBRAS/HABTEC, 2002a)	21	10 a 150	8	20
<b>Pargo</b> (PETROBRAS, 2001)				
<b>verão</b>	11	95 a 105	2	6
<b>inverno</b>	11		2	4
<b>Pampo</b> (PETROBRAS, 2001)				
<b>verão</b>	9	100 a 110	5	9
<b>inverno</b>	8		4	9
<b>Marlim Sul</b> (PETROBRAS/CENPES, 2002b)	4	~1.000	7	13
<b>Barracuda&amp;Caratinga</b> (PETROBRAS/CENPES, 2002a)	11	900 a 1.200	14	19
<b>Roncador</b> (PETROBRAS/CENPES, 2002c)	5	1.200 a 1.700	9	17
<b>Bacia de Santos</b> (PETROBRAS/HABTEC, 2003)	30	2.100 a 2.425	15	26

No geral, a concentração média de Cu na região costeira da Área de influência do Complexo PDET encontra-se na faixa de variação reportada pela literatura, sendo, inclusive, inferior ao encontrado para a Plataforma Continental do Rio de Janeiro. As concentrações de cobre na região mais profundas apresentam-se acima do reportado na Plataforma Continental (Quadro II.5.1.3-45).

**Quadro II.5.1.3-45 - Concentração de Cobre ( $\mu\text{g/g}$ ) em diversos ambientes.**

Rocha Sedimentar*	Argila de Mar Profundo*	Carbonato*	Plataforma Continental (RJ)**	Área de influência do PDET		
				< 200m	De 200 a 2000 m	Bacia de Santos (> 2000m)
45	250	4	8,16	7 $\pm$ 5 (83)	15 $\pm$ 4 (20)	21 $\pm$ 3 (30)

Fonte:\* Förstner & Wittmann, 1983; \*\* PETROBRAS, 2001; Legenda: (n) número de amostras

## ✓ Zinco (Zn)

Na Área do Emissário de Cabiúnas, a sazonalidade revelou diferenças nas concentrações de Zinco (PETROBRAS, 2002a), com concentrações maiores no verão (média de 21 µg/g) que no inverno (média de 18 µg/g).

A concentração média de Zinco encontrada na Área de Influência do Complexo PDET foi de 18, com mínimo de 8 µg/g e máximo de 32 µg/g (PETROBRAS/ HABTEC, 2002a).

Durante o evento de perfuração em Pargo, as concentrações de Zinco passaram de 6 a 9 µg/g (antes da perfuração) para 9 µg/g no início da perfuração e 10 µg/g após a perfuração. As concentrações de Zn foram significativamente ( $p < 0,05$ ) maiores ao final da perfuração do que no início e o sedimento coletado próximo ao local de perfuração mostrou enriquecimento em Zinco (Rezende *et al.*, 2002).

Os valores de Zn encontrados no monitoramento de Pargo oscilaram entre 13 µg/g no verão e 17 µg/g no inverno, entretanto, as diferenças sazonais não foram significantes. Porém, as concentrações mais elevadas de Zn podem estar relacionadas com a proximidade da plataforma (PETROBRAS, 2001). Os autores ressaltam que as concentrações de Zn encontradas estiveram acima do esperado para sedimentos carbonáticos e inferiores ao encontrado na Plataforma Continental do Estado do Rio de Janeiro (PETROBRAS, 2001).

As concentrações de Zn nos campos de Barracuda e Caratinga, em Marlim Sul e em Roncador apresentaram-se enriquecidas quando comparadas com os valores reportados para sedimentos carbonáticos e com os valores obtidos em Pampo e Pargo (PETROBRAS, 2001; PETROBRAS/CENPES, 2002a; PETROBRAS/CENPES, 2002b; PETROBRAS/CENPES, 2002c).

Os valores de concentração de zinco encontrados na Bacia de Santos foram relativamente altos quando comparados às outras regiões da área de influência do Complexo PDET, listadas no quadro abaixo, apresentando valor médio de  $59 \pm 3$  µg/g (PETROBRAS/HABTEC, 2003).

Os valores de concentração de zinco, obtidos em estudos na Área de influência do Complexo PDET, estão apresentadas no Quadro II.5.1.3-46.

**Quadro II.5.1.3-46 - Concentrações de Zinco ( $\mu\text{g/g}$ ) encontradas na Área de Influência do Sistema de Rebombeio e Escoamento.**

	N amostral	Profundidade (m)	Mínimo	Máximo
<b>ETE de Cabiúnas</b> (PETROBRAS, 2002a)	26	~14	3	52
<b>Complexo PDET</b> (PETROBRAS/HABTEC, 2002a)	21	10 a 150	8	32
<b>Pargo</b> (PETROBRAS, 2001)				
<b>verão</b>	11	95 a 105	13	116
<b>inverno</b>	11		10	29
<b>Pampo</b> (PETROBRAS, 2001)				
<b>verão</b>	9	100 a 110	16	85
<b>inverno</b>	8		12	20
<b>Marlim Sul</b> (PETROBRAS/CENPES, 2002b)	4	~1.000	30	37
<b>Barracuda&amp;Caratinga</b> (PETROBRAS/CENPES, 2002a)	11	900 a 1.200	23	38
<b>Roncador</b> (PETROBRAS/CENPES, 2002c)	5	1.200 a 1.700	29	38
<b>Bacia de Santos</b> (PETROBRAS/HABTEC, 2003)	30	2.100 a 2.425	36	85

As concentrações de zinco da área de influência do Complexo PDET estiveram no mesmo nível de concentração do sedimento da Plataforma Continental do Rio de Janeiro e para o sedimento carbonático (Quadro II.5.1.3-47).

**Quadro II.5.1.3-47 - Concentração de Zinco ( $\mu\text{g/g}$ ) em diversos ambientes.**

Rocha Sedimentar*	Argila de Mar Profundo*	Carbonato*	Plataforma Continental (RJ)**	Área de influência do PDET		
				< 200m	De 200 a 2000 m	Bacia de Santos (> 2000m)
95	165	20	31	22 $\pm$ 19 (82)	32 $\pm$ 4 (20)	59 $\pm$ 11 (30)

Fonte:\* Förstner & Wittmann, 1983; \*\* PETROBRAS, 2001; Legenda: (n) número de amostras

✓ *Níquel (Ni)*

As concentrações de Ni em Cabiúnas, ao contrário do encontrado em Pargo, não apresentaram variação significativa entre verão e inverno. As concentrações médias nestes dois períodos foram respectivamente 14  $\mu\text{g/g}$  e 11  $\mu\text{g/g}$ , sendo mais elevadas que o encontrado em Pargo (PETROBRAS, 2002a).

Quanto ao níquel, concentrações superiores ao limite de detecção (3 µg/g) foram encontradas apenas em 33% das amostras, com concentração mínima de 3 µg/g e máxima de 9 µg/g, na região do Complexo PDET (PETROBRAS/HABTEC, 2002a).

As concentrações de níquel reportadas por Rezende *et al.* (2002) apresentaram enriquecimento significativo ( $p < 0,01$ ) após a perfuração (3 µg/g), quando comparadas com as concentrações no início da atividade ( $< 0,1$  µg/g), inclusive para os valores de background ( $< 0,1$  µg/g).

No monitoramento de Pargo, as concentrações de níquel apresentaram diferenças significativas nos valores de Ni ( $p < 0,10$ ), com valores de verão (6 µg/g) superiores ao inverno (3 µg/g). Um aumento de até duas vezes na concentração de Ni foi reportado para estações entre 500 m e 1.000 m de distância da plataforma. O padrão de aumento das concentrações de Ni nas estações mais distantes da plataforma pode estar relacionado com influência de aporte continental (PETROBRAS, 2001).

A concentração média de níquel nos sedimentos coletados em Roncador (entre 1.200 m e 1.700 m de profundidade) foi de 13 µg/g, estando um pouco abaixo do valor de referência para áreas costeiras do Rio de Janeiro (PETROBRAS/CENPES, 2002c). Na região da Bacia de Santos, o valor médio de concentração de níquel foi de  $18 \pm 5$  µg/g (PETROBRAS/HABTEC, 2003), não apresentando variação significativa quando comparada com outras regiões da área de influência do Complexo PDET.

A variação das concentrações de níquel encontrada na área de influência do Complexo PDET está reportada no Quadro II.5.1.3-48.

**Quadro II.5.1.3-48 - Concentrações de Níquel ( $\mu\text{g/g}$ ) encontradas na Área de Influência do Sistema de Rebombeio e Escoamento.**

	N amostral	Profundidade (m)	Mínimo	Máximo
<b>ETE de Cabiúnas</b> (PETROBRAS, 2002a)	26	~14	0	38
<b>Complexo PDET</b> (PETROBRAS/HABTEC, 2002a)	21	10 a 150	3	9
<b>Pargo</b> (PETROBRAS, 2001)				
<b>verão</b>	11	95 a 105	6	10
<b>inverno</b>	11		2	6
<b>Pampo</b> (PETROBRAS, 2001)		100 a 110		
<b>verão</b>	9		5	14
<b>inverno</b>	8		5	8
<b>Roncador</b> (PETROBRAS/CENPES, 2002c)	5	1.200 a 1.700	0	21
<b>Bacia de Santos</b> (PETROBRAS/HABTEC, 2003)	30	2.100 a 2.425	6	26

Através do Quadro II.5.1.3-49, percebe-se que o valor médio de níquel encontrado na área de influência do Complexo PDET é inferior aos valores reportados na literatura para este metal em sedimentos carbonáticos e em sedimentos da Plataforma Continental do Rio de Janeiro.

**Quadro II.5.1.3-49 - Concentração de Níquel ( $\mu\text{g/g}$ ) em diversos ambientes.**

Rocha Sedimentar*	Argila de Mar Profundo*	Carbonato*	Plataforma Continental (RJ)**	Área de influência do PDET		
				< 200m	De 200 a 2000 m	Bacia de Santos (> 2000m)
68	225	20	16,2	$9 \pm 7$ (68)	$13 \pm 8$ (4)	$19 \pm 5$ (30)

Fonte:\* Förstner & Wittmann, 1983; \*\* PETROBRAS, 2001; Legenda: (n) número de amostras

✓ **Cádmio (Cd)**

As concentrações médias de cádmio obtidas em Cabiúnas no verão e inverno foram, respectivamente, < 0,1  $\mu\text{g/g}$  e 0,6  $\mu\text{g/g}$ . (PETROBRAS, 2002a).

Na campanha de caracterização da região do Complexo PDET, os metais cádmio, chumbo, níquel e mercúrio não foram detectados em muitos pontos, sendo que o cádmio não apresentou concentrações detectáveis (LD: 0,2  $\mu\text{g/g}$ ) em nenhum ponto amostrado (PETROBRAS/HABTEC, 2002a).

Em Pargo (PETROBRAS, 2001), o sedimento amostrado, tanto no verão quanto no inverno, apresentou concentração de cádmio inferior a 0,1 µg/g, sendo utilizados métodos diferentes nas campanhas de verão e inverno em todos os pontos amostrados.

Os valores de Cd encontrados em Barracuda e Caratinga foram muito elevados, quando comparados com os valores da literatura para sedimentos carbonáticos e com os outros estudos realizados na Bacia de Campos (PETROBRAS/CENPES, 2002a). As concentrações encontradas em Marlim Sul também se apresentaram maiores que o esperado para sedimentos carbonáticos (PETROBRAS/CENPES, 2002b).

Em Roncador (PETROBRAS/CENPES, 2002c) e na Região da Bacia de Santos (PETROBRAS/HABTEC, 2003), os valores de concentração de cádmio apresentaram valores inferiores a 0,1 µg/g e 0,2 µg/g, respectivamente, em todas as estações.

Os valores de cádmio encontrados na região da área de influência do Complexo PDET do empreendimento encontram-se listados no quadro abaixo. Cada trabalho possui seu limite de detecção específico que pode ou não coincidir, em função da técnica de análise, como pode ser observado.

**Quadro II.5.1.3-50 - Concentrações de Cádmio (µg/g) encontradas na Área de Influência do Sistema de Rebombeio e Escoamento.**

	N amostral	Profundidade (m)	Mínimo	Máximo
<b>ETE de Cabiúnas</b> (PETROBRAS, 2002a)	26	~14	< 0,1	1,0
<b>Complexo PDET</b> (PETROBRAS/HABTEC, 2002a)	21	10 a 150	-	< 0,2
<b>Pargo</b> (PETROBRAS, 2001)				
<b>verão</b>	11	95 a 105	-	< 0,1
<b>inverno</b>	11		-	< 0,1
<b>Pampo</b> (PETROBRAS, 2001)				
<b>verão</b>	9	100 a 110	0,1	0,2
<b>inverno</b>	8		0,1	0,2
<b>Marlim Sul</b> (PETROBRAS/CENPES, 2002b)	4	~1.000	0,2	0,5
<b>Barracuda&amp;Caratinga</b> (PETROBRAS/CENPES, 2002a)	11	900 a 1.200	0,4	2,0
<b>Roncador</b> (PETROBRAS/CENPES, 2002c)	5	1.200 a 1.700	-	< 0,1
<b>Bacia de Santos</b> (PETROBRAS/HABTEC, 2003)	30	2.100 a 2.425	-	< 0,2

Observa-se que os valores de cádmio encontrados na área de influência do Complexo PDET, em sua região costeira estão de acordo com o reportado na literatura, que indica baixos valores de cádmio (Quadro II.5.1.3-51) para a região da Plataforma Continental do Estado do Rio de Janeiro. Na região mais profunda da área de influência do Complexo PDET, os valores encontram-se relativamente elevados.

**Quadro II.5.1.3-51 - Concentração de Cádmio ( $\mu\text{g/g}$ ) em diversos ambientes.**

Rocha Sedimentar	Argila de Mar Profundo	Carbonato	Plataforma Continental (RJ)**	Área de Influência do Complexo PDET		
				< 200 m	De 200 a 2000 m	Bacia de Santos (> 2000 m)
0,3	0,4	0,04	0,2	$0,4 \pm 0,3$ (14)	$1,0 \pm 0,6$ (14)	< 0,2 (30)

Fonte: \* Förstner & Wittmann, 1983; \*\* PETROBRAS, 2001; Legenda: (n) número de amostras

#### ✓ Mercúrio (Hg)

As concentrações médias de mercúrio em Cabiúnas no verão e inverno foram, respectivamente, 0,04  $\mu\text{g/g}$  e 0,03  $\mu\text{g/g}$ . Concentrações mais elevadas de mercúrio estiveram relacionadas com as estações com menor contribuição da fração silte e argila no sedimento, bem como alto teor de carbonatos (PETROBRAS, 2002a).

Na região do Complexo PDET, o mercúrio apresentou concentrações bem próximas ao limite de detecção do método (0,1  $\mu\text{g/g}$ ), oscilando entre 0,1  $\mu\text{g/g}$  e 0,2  $\mu\text{g/g}$  (PETROBRAS/HABTEC, 2002a).

Em Pargo, as concentrações de mercúrio foram mais elevadas nas estações mais distantes da plataforma, fora da influência da mesma. Devido à localização das estações, na porção nordeste da Área Geográfica da Bacia de Campos, próxima ao Cabo de São Tomé, segundo PETROBRAS (2001) um possível fator responsável por esse padrão de distribuição de mercúrio, dentre outros metais, seria a influência do aporte continental, realizado através da descarga de material particulado fino (silte + argila) pelo Rio Paraíba do Sul. Carvalho *et al.* (1993) apontaram que o transporte de sedimento mais fino para o mar profundo provavelmente seria responsável pelo aumento de concentrações nesta região da

plataforma continental NE e SE do Brasil. Os valores de concentração de mercúrio variaram de  $<0,001 \mu\text{g/g}$  a  $0,05 \mu\text{g/g}$  em Pargo e de  $0,02 \mu\text{g/g}$  a  $0,06 \mu\text{g/g}$  em Pampo (PETROBRAS, 2001).

As concentrações de mercúrio reportadas para os campos de Barracuda e Caratinga (PETROBRAS/CENPES, 2002a), Marlim Sul (PETROBRAS/CENPES, 2002b) e Roncador (PETROBRAS/CENPES, 2002c), estiveram bem abaixo dos limites reportados para sedimentos carbonáticos.

Na região da Bacia de Santos, os valores de concentração de mercúrio mostraram-se significativamente maiores que em outras regiões da área de influência do Complexo PDET, apresentando valor médio de  $0,26 \pm 0,18 \mu\text{g/g}$  (PETROBRAS/HABTEC, 2003).

Nos estudos realizados na região da área de influência do Complexo PDET, as concentrações de mercúrio foram similares, estando listadas no Quadro II.5.1.3-52.

**Quadro II.5.1.3-52 - Concentrações de Mercúrio ( $\mu\text{g/g}$ ) encontradas na Área de Influência do Sistema de Rebombeio e Escoamento.**

	N amostral	Profundidade (m)	Mínimo	Máximo
<b>ETE de Cabiúnas</b> (PETROBRAS, 2002a)	26	~14	0,01	0,08
<b>Complexo PDET</b> (PETROBRAS/HABTEC, 2002a)	21	10 a 150	0,10	0,20
<b>Pargo</b> (PETROBRAS, 2001)				
<b>verão</b>	11	95 a 105	$<0,001$	0,05
<b>inverno</b>	11		0,01	0,05
<b>Pampo</b> (PETROBRAS, 2001)		100 a 110		
<b>verão</b>	9		0,03	0,05
<b>inverno</b>	8		0,02	0,06
<b>Marlim Sul</b> (PETROBRAS/CENPES, 2002b)	4	~1.000	0,02	0,02
<b>Barracuda&amp;Caratinga</b> (PETROBRAS/CENPES, 2002a)	11	900 a 1.200	0,01	0,05
<b>Roncador</b> (PETROBRAS/CENPES, 2002c)	5	1.200 a 1.700	0,01	0,02
<b>Bacia de Santos</b> (PETROBRAS/HABTEC, 2003)	29	2.100 a 2.425	0,10	1,00

Pelo Quadro II.5.1.3-53, observa-se que as concentrações de mercúrio no sedimento da área de influência do Complexo PDET encontram-se de acordo com o reportado na literatura.

**Quadro II.5.1.3-53 - Concentração de Mercúrio ( $\mu\text{g/g}$ ) em diversos ambientes.**

Rocha Sedimentar*	Argila de Mar Profundo*	Carbonato*	Plataforma Continental (RJ)**	Área de Influência do Complexo PDET		
				< 200m	De 200 a 2000 m	Bacia de Santos (> 2000 m)
0,4	0,001 – 0,4	0,4	-	0,03 $\pm$ 0,02 (69)	0,02 $\pm$ 0,01 (20)	0,26 $\pm$ 0,18 (29)

Fonte:\* Förstner & Wittmann, 1983; \*\* PETROBRAS, 2001; Legenda: (n) número de amostras

✓ **Vanádio (V)**

Em Cabiúnas, a concentração de vanádio no verão foi de 90  $\mu\text{g/g}$  e no inverno 110  $\mu\text{g/g}$ , não apresentando diferenças significativas entre as estações. As maiores concentrações de V estiveram relacionadas com o enriquecimento da fração fina do sedimento (silte+argila) e a baixos teores de carbonatos (PETROBRAS, 2002a). As concentrações encontradas em Espadarte estiveram na mesma ordem de grandeza dos valores encontrados em Pampo e Pargo, com concentração média de 53  $\mu\text{g/g}$  (PETROBRAS, 2001).

As concentrações de vanádio na área do Complexo PDET apresentaram valor máximo de 55  $\mu\text{g/g}$  e mínimo de 9  $\mu\text{g/g}$ . Ao contrário do bário, o vanádio apresentou, no geral, concentrações maiores nas isóbatas mais rasas, sendo o segundo metal mais encontrado em quase todos os pontos destas isóbatas (PETROBRAS/HABTEC, 2002a).

As concentrações de vanádio encontradas por Rezende *et al.* (2002), na estação controle em Pargo, variaram de 15  $\mu\text{g/g}$  a 16  $\mu\text{g/g}$ . No início da perfuração a concentração média de vanádio foi de 16  $\mu\text{g/g}$ , não tendo sido encontrada relação entre as concentrações de V e a distância do ponto de perfuração. Durante o monitoramento da atividade de produção em Pargo, os valores de vanádio encontrados no verão e inverno foram 16  $\mu\text{g/g}$  e 17  $\mu\text{g/g}$ , ambos na faixa esperada para sedimentos carbonáticos e do Estado do Rio de Janeiro (PETROBRAS, 2001).

Nos campos de Barracuda e Caratinga, as concentrações de vanádio estiveram em torno de 47  $\mu\text{g/g}$ , com os maiores valores relacionados ao aumento da fração fina do sedimento (PETROBRAS/CENPES, 2002a). Em Marlim Sul, as concentrações oscilaram em torno de 42  $\mu\text{g/g}$  (PETROBRAS/CENPES, 2002b).

No campo de Roncador, a concentração de vanádio apresentou valor médio de  $42 \pm 13 \mu\text{g/g}$  (PETROBRAS/CENPES, 2002c). Na região da Bacia de Santos, os valores de concentração de vanádio variaram de  $16 \mu\text{g/g}$  a  $54 \mu\text{g/g}$ , com valor médio de concentração de  $38 \pm 12 \mu\text{g/g}$  (PETROBRAS/HABTEC, 2003).

No Quadro II.5.1.3-54 encontra-se um resumo das concentrações de vanádio encontradas na área de influência do Complexo PDET.

**Quadro II.5.1.3-54 - Concentrações de Vanádio ( $\mu\text{g/g}$ ) encontradas na Área de Influência do Sistema de Rebombeio e Escoamento.**

	N amostral	Profundidade (m)	Mínimo	Máximo
<b>ETE de Cabiúnas</b> (PETROBRAS, 2002a)	26	~14	4	77
<b>Complexo PDET</b> (PETROBRAS/HABTEC, 2002a)	21	10 a 150	9	55
<b>Pargo</b> (PETROBRAS, 2001)				
<b>verão</b>	11	95 a 105	2	19
<b>inverno</b>	11		11	24
<b>Pampo</b> (PETROBRAS, 2001)				
<b>verão</b>	9	100 a 110	14	19
<b>inverno</b>	8		13	18
<b>Espadarte</b> (PETROBRAS/CENPES, 2001)	6	700 a 900	47	58
<b>Marlim Sul</b> (PETROBRAS/CENPES, 2002b)	4	~1.000	35	48
<b>Barracuda&amp;Caratinga</b> (PETROBRAS/CENPES, 2002a)	11	900 a 1.200	34	89
<b>Roncador</b> (PETROBRAS/CENPES, 2002c)	5	1.200 a 1.700	19	49
<b>Bacia de Santos</b> (PETROBRAS/HABTEC, 2003)	29	2.100 a 2.425	16	54

No Quadro II.5.1.3-55, pode-se observar as concentrações de vanádio em sedimentos carbonáticos e na Plataforma Continental do Estado do Rio de Janeiro. Percebe-se que as concentrações encontradas na área de influência do Complexo PDET estão no nível esperado para sedimento carbonáticos e para a Plataforma Continental do Estado do Rio de Janeiro.

**Quadro II.5.1.3-55 - Concentração de Vanádio ( $\mu\text{g/g}$ ) em diversos ambientes.**

Rocha Sedimentar*	Argila de Mar Profundo*	Carbonato*	Plataforma Continental (RJ)**	Área de Influência do Complexo PDET		
				< 200 m	De 200 a 2000 m	Bacia de Santos (> 2000 m)
130	120	20	38	$24 \pm 19$ (82)	$47 \pm 8$ (26)	$38 \pm 12$ (30)

Fonte: \* Förstner & Wittmann, 1983; \*\* PETROBRAS, 2001; Legenda: (n) número de amostras

A hipótese de influência do material carregado pelo rio Paraíba do Sul nas concentrações de metais na área rasa da Bacia de Campos já foi mencionada no relatório de monitoramento da atividade de produção em Pargo (PETROBRAS, 2001) e por Ovalle *et al.* (2000). Na região mais costeira, próxima ao emissário de Cabiúnas, também foi observada a influência continental nas concentrações de metais.

Na crosta terrestre, as concentrações de vanádio estão em torno de 150 µg/g (WHO, 2000), sendo o intemperismo da crosta o principal caminho de entrada natural de V no ambiente marinho (Bishop, 1983; WHO, 2000). No óleo cru, o vanádio pode alcançar concentrações significativas (Kennicutt II *et al.*, 1996), variando entre 1 µg/g e 1.500 µg/g (WHO, 2000).