

### 5.1.3 Qualidade da água marinha

Para caracterização das condições ambientais da água na área de influência da Unidade Estacionária P-52 serão utilizados dados obtidos na Bacia de Campos, onde atividades de exploração e produção de óleo e gás vêm sendo desenvolvidas em diversos campos petrolíferos.

De uma forma geral, a distribuição dos parâmetros que caracterizam a qualidade da água marinha na região de Roncador é fortemente afetada pela interação da AT (Água Tropical) e CB (Corrente do Brasil) com a ACAS (Água Central do Atlântico Sul) e a Corrente das Malvinas, principais massas d'água que regem o sistema hidrológico local.

Niencheski *et al.* (1999) analisaram os dados existentes no Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO) da Marinha do Brasil e resumiram os valores limite de ocorrência de concentrações de alguns nutrientes, bem como de oxigênio dissolvido e pH, na costa brasileira até 200 metros, região diretamente influenciada pela interação entre AT e ACAS (Quadro 5.1.3-1).

Quadro 5.1.3-1. Valores máximos e mínimos de ocorrências de alguns parâmetros físicos e químicos na costa brasileira.

PROFUNDIDADE (m) →		VERÃO				OUTONO				PRIMAVERA				INVERNO			
		0	50	100	200	0	50	100	200	0	50	100	200	0	50	100	200
pH	Max	8,40	8,45	8,25	8,40	8,25	8,35	8,25	8,20	8,00	8,00	8,00	8,00	8,35	8,40	8,40	8,35
	Min	7,50	7,85	7,80	7,60	7,75	7,75	7,75	7,75	----	----	----	----	7,85	7,90	7,80	7,65
OD (mL/L)	Max	6,00	6,20	6,40	6,00	5,60	5,40	5,20	5,00	5,50	5,50	5,30	4,70	5,80	5,50	5,40	5,20
	Min	4,40	3,80	3,60	3,00	4,00	3,90	3,60	3,00	----	----	----	----	3,80	4,30	4,20	2,80
NITRITO ( $\mu$ atg/L)	Max	0,18	0,18	0,32	0,15	0,46	0,40	0,85	0,35	0,95	0,90	0,90	0,75	0,28	0,30	0,30	0,28
	Min	0,02	0,02	0,04	0,03	0,02	0,10	0,05	0,05	0,05	0,10	0,10	0,05	0,00	0,00	0,06	0,04
NITRATO ( $\mu$ atg/L)	Max	1,8	2,6	8,0	6,0	2,8	8,0	9,0	20,0	3,2	5,0	5,5	10,	3,5	5,5	10,0	16,0
	Min	0,2	0,2	0,5	0,5	0,2	1,0	1,0	1,0	0,2	0,3	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	2,0
FOSFATO ( $\mu$ atg/L)	Max	0,5	0,5	0,8	1,4	0,8	0,7	1,4	1,9	0,90	1,0	1,1	1,5	0,7	0,7	0,8	1,6
	Min	0,05	0,05	0,10	0,30	0,05	0,05	0,10	0,20	0,05	0,05	0,10	0,30	0,05	0,05	0,05	0,10
FÓSFORO TOTAL ( $\mu$ atg/L)	Max	1,8	2,4	1,6	2,2	1,1	1,0	1,0	0,8	0,9	0,9	1,1	1,6	0,9	0,9	1,2	1,2
	Min	0,1	0,2	0,3	0,4	0,1	0,1	0,1	0,05	0,1	0,1	0,1	0,4	0,0	0,0	0,0	0,2

Fonte: Projeto REVIZEE – Oceanografia química (Niencheski *et al.*, 1999).

Além desses dados, serão utilizados os resultados obtidos no Programa de Monitoramento Ambiental Oceânico da Bacia de Campos, onde foram feitas coletas na região compreendida entre 21°30' e 23°30' S e 39°30' e 42°00' W (PETROBRAS, 1997; FUNDESPA, 1994). Este programa apresentou três campanhas oceanográficas sazonais, tendo sido iniciado no inverno de 1991. A malha amostral definida para a coleta de água e plâncton baseia-se em radiais a partir da costa, com amostragens entre as isóbatas de 20 e 2.000m, tendo sido avaliados diversos parâmetros físicos, químicos, físico-químicos e biológicos na água (Figura 5.1.3-1).

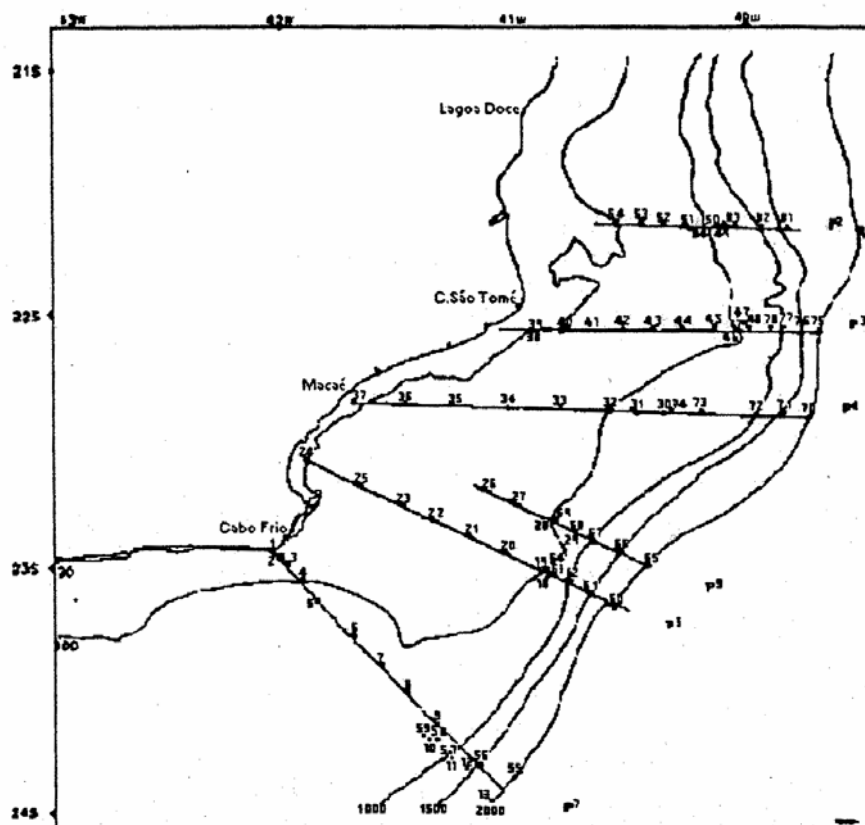


Figura 5.1.3-1. Localização dos pontos de coleta de água durante o Programa de Monitoramento Ambiental Oceânico da Bacia de Campos. (FONTE: FUNDESPA, 1994).

Ainda, serão considerados os dados referentes à Campanha de Caracterização do Campo de Roncador (PETROBRAS, 2002a). Outros dados de campos como Barracuda, Caratinga (PETROBRAS, 2002b), Espadarte (PETROBRAS/CENPES, 2001) e Marlim Sul (PETROBRAS/CENPES, 2002 e PETROBRAS/HABTEC, 2002b) serão utilizados para consolidar a descrição da área do entorno da plataforma P-52. Dados do campo de Pargo (PETROBRAS, 2001) e da área de influência dos dutos PDET/AMEG (PETROBRAS/HABTEC, 2002c) também serão considerados para complementar a caracterização da Área de Influência Direta do empreendimento.

O Campo de Roncador localiza-se entre 21° 50,15' S – 22° 1,1' S e 39° 56,1' W – 39° 37,35' W, em região de lâmina d'água de 1.000 m a 1.900m de profundidade. As amostras de plâncton, bentos e hidrologia foram coletadas ao longo das isóbatas de

1.200, 1.350, 1.700 e 1.850m (Figura 5.1.3-2), tendo sido selecionadas duas estações em cada isóbata para análise físico-química da água.

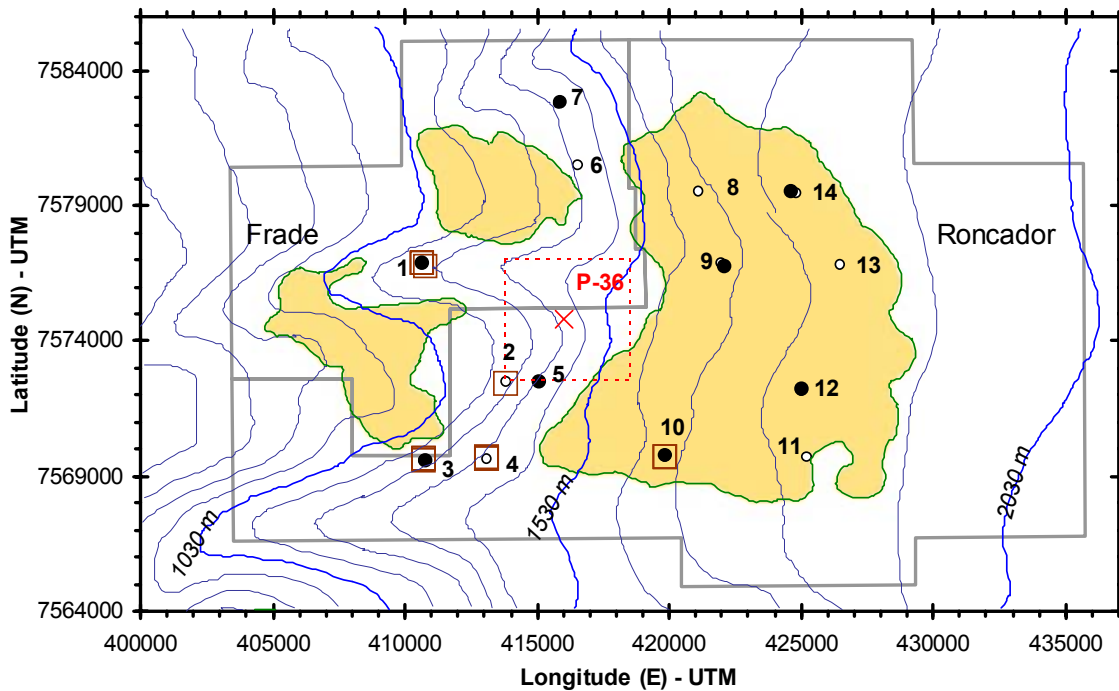


Figura 5.1.3-2. Mapa com estações de coleta durante a Campanha de Caracterização de Roncador 2001/1 (FONTE: PETROBRAS, 2002a).

As coordenadas dos pontos com coleta de água para análise físico-química estão apresentadas no Quadro 5.1.3-2.

Quadro 5.1.3-2. Coordenadas das estações de coleta de água para análises físico-químicas em Roncador. (Datum SAD-69; MC -39).

ESTAÇÃO	COORDENADAS UTM (N/E)	PROF. LOCAL (M)	PROF. TERMOCLINA (M)
01	7576867 / 410674	1200	91
03	7569589 / 410731	1200	93
05	7572451 / 415102	1350	100
07	7582764 / 415821	1350	104
09	7576895 / 421957	1700	113
10	7569709 / 419837	1700	80
12	7572175 / 425041	1850	135
14	7579469 / 424850	1850	125

FONTE: PETROBRAS, 2002a

A primeira campanha de monitoramento da atividade de produção do campo de Marlim Sul nas unidades P-40 e P-38 (Figura 5.1.3-3) faz parte do “Programa de Monitoramento Ambiental da Área de Exploração e Produção do Campo de Marlim Sul na Bacia de Campos” e foi realizada em parceria entre a PETROBRAS/CENPES e a Fundação BIORIO/UFRJ (PETROBRAS/CENPES, 2002a).

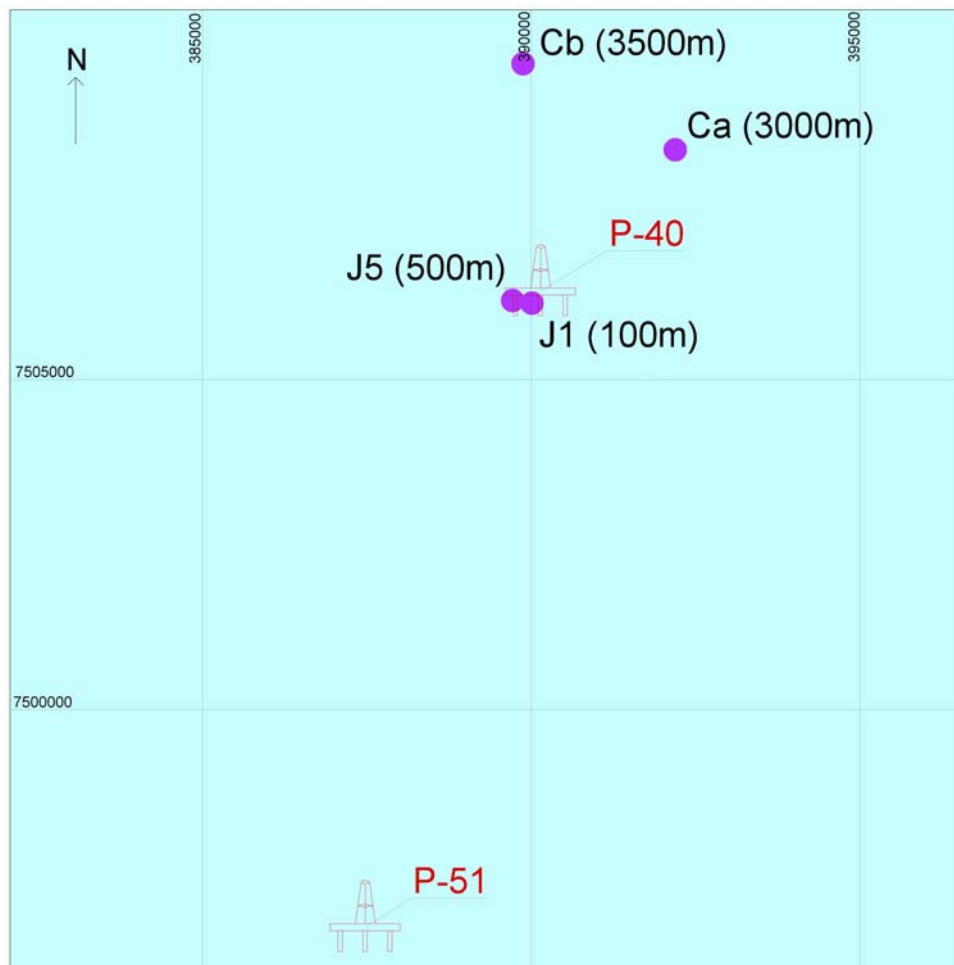


Figura 5.1.3-3. Localização das estações de coleta da 1ª Campanha de Monitoramento das unidades de produção P-40 e P-38.

Foram realizadas coletas de água e plâncton nas estações a 100 e 500m a jusante da plataforma e a 3.000 e 3.500m a montante da mesma. Em cada estação foram realizadas amostragens de água nos níveis a superfície, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 100, 200, 500, e 1.000m (PETROBRAS/CENPES, 2002). As coordenadas de cada ponto de coleta de água constam no Quadro 5.1.3-3.

Quadro 5.1.3-3. Estações realizadas durante a 1ª Campanha de Monitoramento de P-40 e P-38.

ESTAÇÃO	COORDENADA UTM (N/E)	PROFUNDIDADE LOCAL (m)	PROFUNDIDADE DE COLETA (m)	PROFUNDIDADE TERMOCLINA (M)
J100 (J1)	7 506 164 390 008	1.064	1.000	100
J500 (J5)	7 506 203 389 717	1.054	1.000	100
M3000 (Ca)	7 508 490 392 188	1.066	1.000	120
M3500 (Cb)	7 509 795 389 872	1.066	1.000	130

FONTE: PETROBRAS (2002a)

A segunda campanha de monitoramento da atividade de produção no campo de Marlim Sul restringiu-se ao entorno da unidade P-40, objetivando a identificação e avaliação dos possíveis efeitos do descarte de água produzida da P-40 a baixas vazões, conforme consta no Programa de Monitoramento apresentado no EIA da atividade (PETROBRAS/HABTEC, 2002b). Vale ressaltar que no período da coleta (agosto de 2002) o descarte de água produzida ainda não havia iniciado (PETROBRAS/HABTEC, 2002b). A diagramação dos pontos de coleta consta na Figura 5.1.3-4.

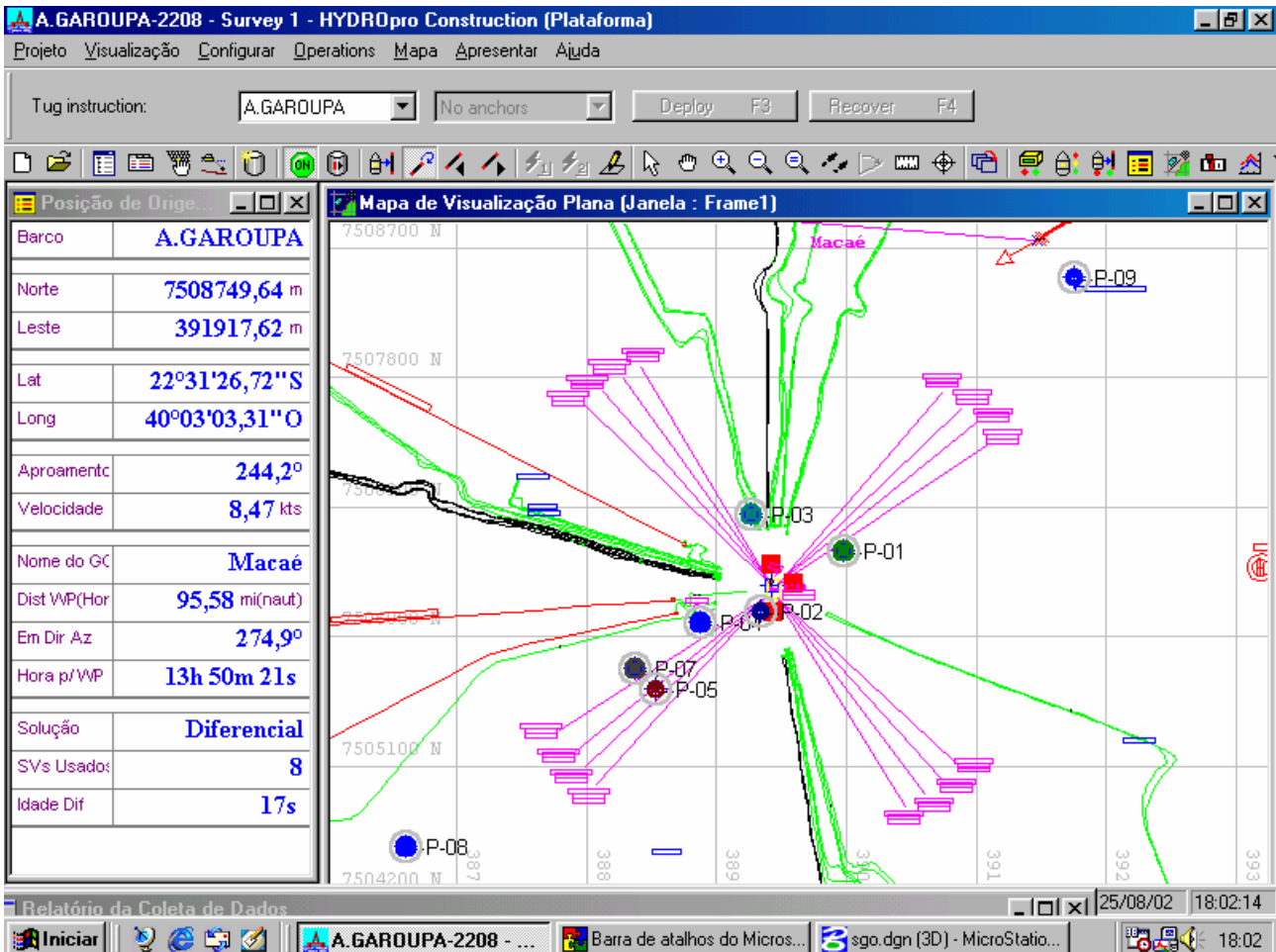


Figura 5.1.3-4. Diagramação dos pontos de coleta da 2ª campanha de Monitoramento de P-40, Marlim Sul. (FONTE: PETROBRAS/HABTEC, 2002b).

Em todos os pontos planejados na segunda campanha foram coletados dados físicos e químicos da água, de acordo com a termoclina e em profundidade até 200m. Nos pontos P4 e P9 foi feito um maior detalhamento, com coletas extras para acompanhar o deslocamento da pluma de água produzida (PETROBRAS/HABTEC, 2002b). No Quadro 5.1.3-4 encontram-se as coordenadas dos pontos amostrados.

Quadro 5.1.3-4. Pontos de amostragem realizados para coleta de água e plâncton na 2ª Campanha de Monitoramento de Marlim Sul. (Datum Aratu)

PONTO	DATA DE COLETA	LATITUDE (°S)	LONGITUDE (°W)
1	24/08/02	22°32' 36,61"	40°03'50,20"
2	24/10/02	22°32' 50,06"	40°04'10,54"
3	24/08/02	22°32'28,23"	40°04' 25,12"
4	24/08/02	22°32'52,63"	40°04'25,12"
5	23/08/02	22°33'8,42"	40°4'36,39"
6	23/08/02	22°33'57,54"	40°5'22,77"
7	23/08/02	22°33'03,12"	40°04'41,4"
8	23/08/02	22°33'43,73"	40°05'37,56"
9	25/08/02	22°31'47,28"	40°02'58,38"

FONTA: PETROBRAS/HABTEC, 2002b.

Durante a etapa de pré-monitoramento do Programa Ambiental da Bacia de Campos, foram feitas coletas (verão – jan/1998 e inverno – jul/1998) em um raio de 3 km da plataforma de produção de Pargo (7538400N e 362850E), distante 60 km da costa e com lâmina d'água de 100m. Este campo está situado a sudoeste do campo de Roncador (Figura 5.1-1), em região de talude superior (PETROBRAS, 2001).

As estações de coleta do monitoramento do campo de Pargo encontram-se diagramadas na Figura 5.1.3-5.

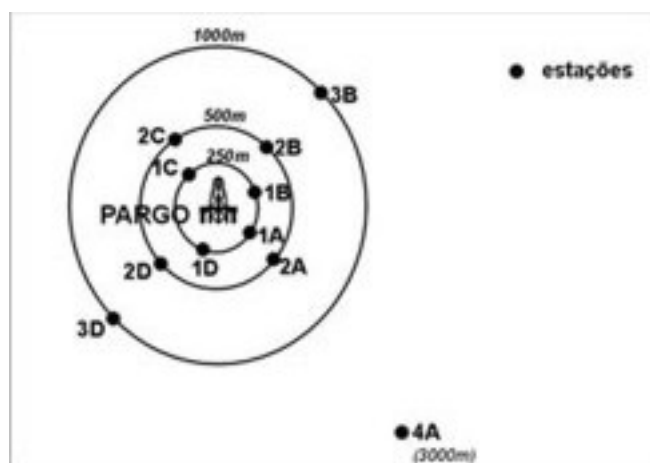


Figura 5.1.3-5. Diagrama de posicionamento das estações do monitoramento no campo de Pargo.  
FONTA: PETROBRAS (2001).

Na Campanha de Caracterização da Área de Influência dos dutos PDET (Plano Diretor de Escoamento e Tratamento do Óleo na Bacia de Campos)/AMEG (Ampliação da Malha de Escoamento de Gás da Bacia de Campos), para caracterização da qualidade da água e das comunidades planctônicas, foram selecionadas as isóbatas de 10, 70 e 150m, totalizando 9 pontos de coleta (PETROBRAS/HABTEC, 2002c).



Neste diagnóstico somente serão considerados os pontos da isóbata de 150m, por se localizarem próximos ao campo de Vermelho, área onde será instalada a plataforma de rebombeio autônomo (PRA-1) que está em processo de licitação e receberá o oleoduto vindo de P-52. A localização dos pontos de coleta realizados na Campanha de Caracterização da Área de Influência dos dutos PDET/AMEG que foram utilizados neste estudo estão apresentados no Quadro 5.1.3-5 a seguir.

Quadro 5.1.3-5. Localização dos pontos de coleta da Campanha de Caracterização da Área de Influência de PDET. (Datum Aratu).

PONTO	LATITUDE (S)	LONGITUDE (O)	PROFUNDIDADE LOCAL (m)
16	22°24'34,14"	40°22'21,89"	150 m
18	22°19'50,49"	40°13'29,69"	145 m
21	22°10'05,78"	40°03'04,03"	139 m

(FONTE: PETROBRAS/HABTEC, 2002c)

Os dados do campo de Espadarte são referentes a 1ª Campanha de Inverno (setembro de 2000), para caracterização ambiental desse campo, que se localiza a sudoeste de Roncador (PETROBRAS/CENPES, 2001), conforme apresentado em item anterior na Figura 5.1-1. A Figura 5.1.3-6 apresenta a disposição das estações com coleta de água ao redor do navio Espadarte FPSO (Lat.=22°42'30,64"; Long.= 40°27'40,48").

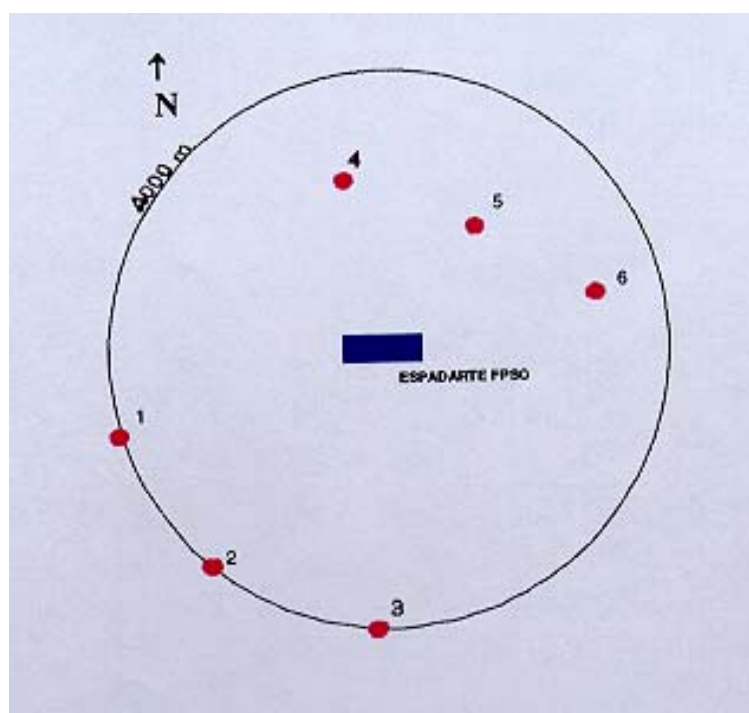


Figura 5.1.3-6. Malha esquemática para as coletas de sedimento no campo de Espadarte.  
Fonte: PETROBRAS/CENPES (2001).

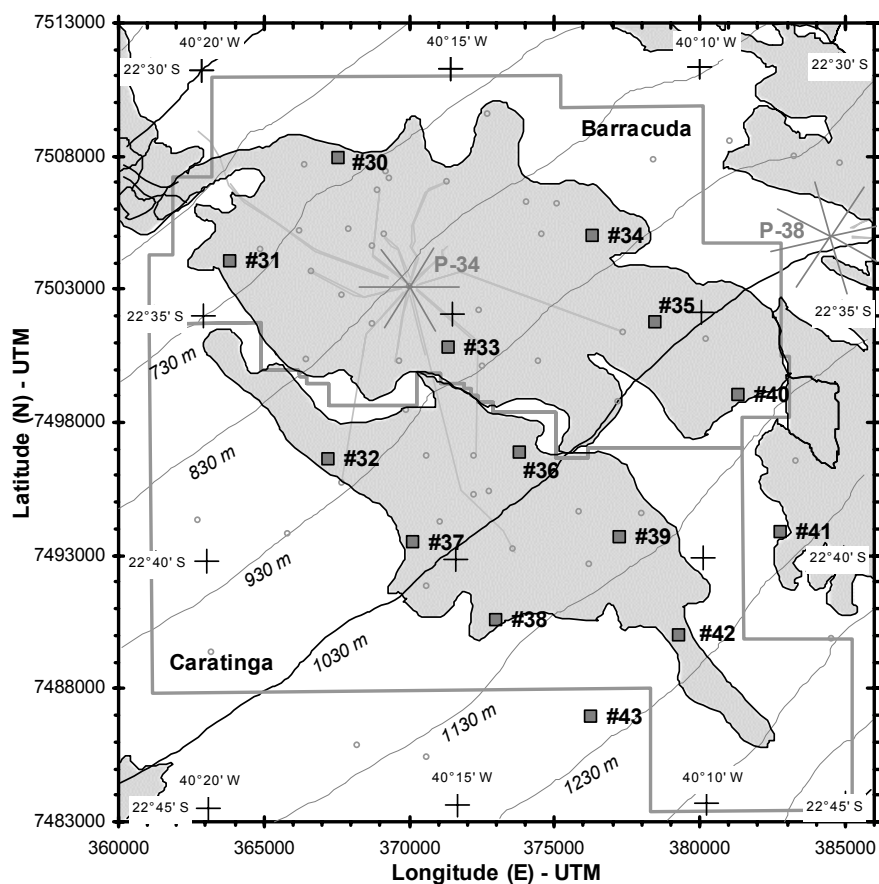
O quadro a seguir apresenta as coordenadas dos pontos amostrados durante a 1ª Campanha de Espadarte:

Quadro 5.1.3-6. Estações realizadas durante a 1ª Campanha de Espadarte – Setembro de 2000.

ESTAÇÃO	PROFUNDIDADE LOCAL (m)	LATITUDE (°S)	LONGITUDE (°W)
1	890	22°43'23,00"	040°29'48,65"
2	990	22°44'13,18"	040°29'60,26"
3	930	22°44'39,01"	040°28'00,63"
4	720	22°37'48,62"	040°22'50,14"
5	780	22°41'25,36"	040°26'49,19"
6	830	22°41'56,91"	040°25'46,30"

Fonte: PETROBRAS/CENPES, 2001

Para caracterização ambiental dos campos de Barracuda e Caratinga foi realizada uma campanha em maio de 2002, onde foram executadas análises de água em 2 estações (Figura 5.1.3-7) sobre 3 isóbatas na área (700, 900 e 1.100m), correspondentes às estações 30, 31, 32, 34, 38 e 40 (PETROBRAS, 2002b).



FONTE: PETROBRAS (2002b).

Figura 5.1.3-7. Mapa com as estações de coleta previstas para a área dos campos de Barracuda e Caratinga, durante a Campanha no período de 14 a 21 de maio de 2002.



No Quadro 5.1.3-7 encontram-se maiores informações das estações de coleta dos campos de Barracuda e Caratinga.

Quadro 5.1.3-7. Estações com coletas de água realizadas durante a campanha de caracterização ambiental dos campos de Barracuda e Caratinga.

ESTAÇÃO	COORDENADA UTM (N/E)	PROFUNDIDADE LOCAL (m)	PROFUNDIDADE DE COLETA (m)	PROFUNDIDADE TERMOCLINA (m)
30	7507898 367595	700	80	50
31	7504021 363829		80	50
32	7496617 367220	900	30	20
34	7504995 376322		60	40
38	7490587 372998	1100	80	50
40	7499005 381335		90	60

FONTE: PETROBRAS (2002b).

No Quadro 5.1.3-8, encontra-se resumida a metodologia de coleta, preparo e análise dos dados utilizados na Campanha de Caracterização do Campo de Roncador (PETROBRAS, 2002a), na primeira e segunda Campanha de Monitoramento de Marlim Sul (PETROBRAS/CENPES, 2002; PETROBRAS/HABTEC, 2002b), no monitoramento de Pargo (PETROBRAS, 2001), na caracterização da área de influência dos dutos PDET/AMEG (PETROBRAS/HABTEC, 2002c), na caracterização do campo de Espadarte (PETROBRAS/CENPES, 2001) e na caracterização ambiental dos campos de Barracuda e Caratinga (PETROBRAS, 2002b).







## a. Oxigênio dissolvido e pH

O oxigênio dissolvido tem suas altas concentrações associadas às regiões de ressurgência no verão, representadas por pequenos vórtices de ocorrência do composto. Na coluna d'água, na faixa de profundidade da AIA (Água Intermediária Antártica), os valores também são altos (4,4 mL/L), o que é característica desta massa d'água. Ao norte do paralelo de 21° S, a AIA dá lugar a uma água equatorial pobre nesta variável, havendo, portanto, uma queda no seu valor.

Com o decréscimo das ressurgências no outono, os valores diminuem, reduzindo também os vórtices. A primavera é marcada pela presença de núcleos com concentrações decrescentes, com um máximo em 4,7 mL/L na costa do Espírito Santo.

Alguns estudos (Programa REVIZEE – Central III, apresentado em Cupelo, 2000 e Niencheski *et al.*, 1999) indicam valores máximos de 5,5 mL/L durante a primavera, tendendo a diminuir após a profundidade de 100m.

Em relação ao pH, a distribuição dos valores no verão é caracterizada pela convergência de núcleos de máxima concentração, em frente às costas dos Estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo, estando este fenômeno também associado à ressurgência. No outono, há um espalhamento de vórtices de máximos por toda a área, dispersando a referida alta concentração na costa do Rio de Janeiro.

Os dados de pH e oxigênio dissolvido, obtidos durante o Programa de Monitoramento Oceânico da Petrobrás, foram mais elevados no inverno do que no verão, apresentando parâmetros de comportamento similar nas diferentes condições sazonais (FUNDESPA, 1994; PETROBRAS, 1997).

No monitoramento da região do entorno da plataforma de Pargo, foi observado comportamento sazonal distinto das concentrações de oxigênio dissolvido em relação ao observado no Programa de Monitoramento Oceânico da Petrobrás (FUNDESPA *op. cit.*), com valores no verão relativamente maiores que no inverno (PETROBRAS, 2001). Os maiores valores de OD neste estudo foram encontrados na superfície (em torno de 4,9 mL/L) e os menores, no fundo (aproximadamente 4,7 mL/L), tendo sido observada estratificação (PETROBRAS, *op. cit.*).

Para o pH, não foram encontradas variações sazonais, tendo sido registrada grande variabilidade nos dados a superfície. Nesta profundidade, os dados foram significativamente maiores, com decréscimo do pH no fundo (PETROBRAS, 2001).

Em Espadarte, os valores de oxigênio dissolvido e pH apresentaram pequena variabilidade espacial e temporal, estando todos os resultados (superfície, meio e fundo) dentro dos valores relatados para a região (PETROBRAS/CENPES, 2001).

O oxigênio dissolvido apresentou marcada estratificação vertical, sendo os maiores valores encontrados na superfície. Por outro lado, observou-se uma grande homogeneidade na distribuição vertical do pH (valores entre 7,7 e 8,1), com os menores

valores a 150m, sendo esta estrutura típica de ambientes oceânicos (PETROBRAS/CENPES, 2001).

Em Barracuda e Caratinga, o oxigênio dissolvido apresentou distribuição homogênea na coluna d'água, com ligeiro aumento nas profundidades de 600 e 800m. Em contraposição, os valores de pH apresentaram estratificação vertical, com os maiores valores na superfície e diminuindo com o aumento da profundidade. Os valores de OD e pH encontrados nestes campos estiveram dentro da faixa prevista na literatura (PETROBRAS, 2002b).

Os dados de pH encontrados na Área de Influência de PDET/AMEG estiveram dentro da faixa de variação estipulada pela literatura, com distribuição homogênea, tanto em profundidade quanto entre as estações. Entretanto, os valores de OD encontrados foram superiores aos descritos na literatura, possivelmente devido ao uso do oxímetro (PETROBRAS/HABTEC, 2002c).

Os dados encontrados na Primeira Campanha de Monitoramento de P-40 apresentaram valores de oxigênio dissolvido variando entre 4,9 mL/L (estação J-100 - 500m) e 6,1 mL/L (estação J-500 - 50m), sem sinal de estratificação. Os valores obtidos estiveram de acordo com o esperado para a Bacia de Campos (PETROBRAS/CENPES, 2002). Os valores de pH encontrados nesta campanha variaram entre 7,3 e 8,3 com distribuição bem homogênea entre todas as estações. Não foi observado qualquer padrão de estratificação entre as profundidades, e os dados estiveram dentro do limite esperado para área da Bacia de Campos (PETROBRAS/CENPES, 2002).

Na Segunda Campanha de Monitoramento de P-40, observou-se uma diminuição da concentração de OD próximo, ou na profundidade, da termoclina com mínimo de 5,2 mL/L e máximo de 5,9 mL/L (PETROBRAS/HABTEC, 2002b). O pH nesta campanha variou 7,0 a 8,4, estando geralmente em torno de 8,0, valor esperado para águas marinhas (PETROBRAS/HABTEC, 2002).

A concentração de oxigênio dissolvido em Roncador variou de 3,4 mL/L (estação 5; 500m) a 6,1 mL/L (estação 14 - 1000m), com distribuição homogênea nas estações e não apresentou estratificação vertical definida. Para o pH, observou-se um padrão de estratificação vertical, com os maiores valores na superfície. No geral, os valores de pH foram bastante homogêneos, oscilando entre 7,0 (estação 9 - superfície e 200m) e 8,0 (estação 1 - superfície, acima e abaixo da termoclina; estação 3 – superfície; acima termoclina e termoclina; estação 5 – abaixo da termoclina; estação 9 – acima da termoclina; estação 10 – abaixo da termoclina; estação 12 – acima da termoclina e estação 14 – superfície e acima da termoclina). Os valores encontrados, tanto para oxigênio quanto para pH encontram-se dentro do estipulado na literatura (PETROBRAS, 2002a).

A análise dos dados pretéritos de Roncador, juntamente com os demais trabalhos realizados na Área de Influência da P-52, demonstram que os valores de pH e oxigênio dissolvido das águas no entorno do empreendimento estão de acordo com o esperado para a região da Bacia de Campos (Quadro 5.1.3-9)



Quadro 5.1.3-9. Resumo dos dados de oxigênio dissolvido (OD), em mL/L, e pH de trabalhos realizados na Área de Influência de P-52.

LOCAL	OD (mL/L)	pH	AUTOR
<b>Barracuda e Caratinga</b>	4,0 - 4,7	7,6 - 8,1	PETROBRAS, 2002b
<b>Espadarte</b>	4,3 - 4,9	7,7 - 8,1	PETROBRAS/CENPES, 2001
<b>Marlim Sul 1</b>	4,9 - 6,1	7,3 - 8,2	PETROBRAS/CENPES, 2002
<b>Marlim Sul 2</b>	5,2 - 5,9	7,0 - 7,8	PETROBRAS/HABTEC, 2002b
<b>Pargo</b>	4,3 - 5,1	7,0 - 8,5	PETROBRAS, 2001
<b>PDET</b>	5,3 - 5,6	7,1 - 7,4	PETROBRAS/HABTEC, 2002c
<b>Roncador</b>	<b>3,4 - 6,1</b>	<b>7,0 - 8,0</b>	<b>PETROBRAS, 2002a</b>

#### b. Material Particulado em Suspensão (MPS)

A concentração média de MPS na Campanha de Caracterização de Barracuda e Caratinga variou de 5,82 mg/L (isóbata mais rasa – 700m) a 7,28 mg/L (isóbatas de 900 e 1.100m) entre as isóbatas, com distribuição vertical heterogênea e com grande variação na camada superficial até a termoclina (PETROBRAS, 2002b).

Na 1ª Campanha de Monitoramento de P-40, o total de sólidos em suspensão variou de 5,10 mg/L (J1 – 500m) a 8,13 mg/L (J1 – 40m). Os valores desta variável estiveram distribuídos de forma homogênea tanto entre as profundidades quanto entre as estações (PETROBRAS/CENPES, 2002).

Em Roncador, o total de sólidos em suspensão mínimo foi de 3,28 mg/L (estação 3; acima da termoclina) e o máximo, de 7,90 mg/L (estação 5; acima da termoclina). Este parâmetro não apresentou estruturação vertical, nem distribuição horizontal (PETROBRAS, 2002A). A análise do Quadro 5.1.3-10 demonstra que a variação dos dados encontrados em Roncador estão de acordo com os dados pretéritos da Bacia de Campos.

Quadro 5.1.3-10. Resumo dos dados de MPS, em mg/L, de trabalhos realizados na Área de Influência de P-52.

LOCAL	MPS (mg/L)	AUTOR
<b>Barracuda e Caratinga</b>	0,96 - 8,83	PETROBRAS, 2002b
<b>Espadarte</b>	3,08 - 7,76	PETROBRAS/CENPES, 2001
<b>Marlim Sul 1</b>	5,10 - 8,13	PETROBRAS/CENPES, 2002
<b>Marlim Sul 2</b>	•	PETROBRAS/HABTEC, 2002b
<b>PDET</b>	•	PETROBRAS/HABTEC, 2002c
<b>Roncador</b>	<b>3,28 - 7,90</b>	<b>PETROBRAS, 2002a</b>

• – não detectado

### c. Carbono Orgânico Total (COT)

Os perfis verticais de distribuição do carbono orgânico Particulado na coluna d'água nos campos de Barracuda e Caratinga apresentaram valores mais elevados nas camadas superficiais, acima da termoclina, e valores menores em profundidades abaixo de 200m, em torno de 0,02-0,04 mg/L. Por sua vez, a distribuição vertical do carbono orgânico dissolvido evidencia uma tendência ao incremento nas suas concentrações na coluna d'água acima da termoclina (50m) em direção à superfície, atingindo valores de até 2,14 mg/L e 1,99 mg/L, respectivamente (PETROBRAS, 2002b).

Embora na Campanha de Caracterização da Área de Influência dos dutos PDET/AMEG tenha sido utilizada uma metodologia diferente da usada em Barracuda e Caratinga, as concentrações do carbono orgânico total obtidas foram relativamente médias e homogêneas em superfície (entre 1,20 mg/L e 1,70 mg/L), com gradiente decrescente em direção ao fundo (PETROBRAS/HABTEC, 2002c). É importante relatar que no ponto P21 observou-se aumento de concentração junto ao fundo, sugerindo ressuspensão do sedimento ou decomposição da matéria orgânica (PETROBRAS/HABTEC, 2002c).

Os dados de carbono orgânico Particulado na 1ª Campanha de Monitoramento de P-40 variaram de 0,76 mg/L (J-1) a 0,83 mg/L (Cb). A concentração média de carbono orgânico dissolvido ao longo da coluna d'água variou de 2,03 mg/L a 2,68 mg/L nas estações a jusante e montante da plataforma (PETROBRAS/CENPES, 2002).

Na 2ª Campanha de Monitoramento de P-40 as concentrações de carbono orgânico total variaram de <0,50 mg/L (P5) a 3,30 mg/L (P2), com concentrações médias dentro da faixa estimada para costa brasileira. A distribuição vertical evidenciou picos de concentração nas profundidades acima da termoclina e na termoclina, evidenciando o caráter de barreira física e química da termoclina (PETROBRAS/HABTEC, 2002b).

Embora as metodologias de análise de carbono orgânico difiram entre os estudos, em áreas oceânicas oligotróficas, onde a presença de material particulado em suspensão é pequena, pode-se estabelecer relação direta entre o COT e o COD (PETROBRAS/HABTEC, 2002b).

As concentrações de COD (carbono orgânico dissolvido) na região oceânica brasileira, entre o Cabo de São Tomé (RJ) e a Baía de Todos os Santos, variam de 0,37 mgC/L a 2,50 mgC/L (Programa REVIZEE – Central III em Cupelo, 2000). Observando o quadro abaixo, percebe-se que os valores encontrados na Bacia de Campos são ligeiramente superiores ao reportados pelo Programa REVIZEE – Central III (em Cupelo, 2002). Entretanto, a concentração de carbono orgânico não difere muito entre os campos (Quadro 5.1.3-11).

Quadro 5.1.3-11. Resumo dos dados de Carbono Orgânico Dissolvido (COD), Carbono Orgânico Total (COT) e Carbono Orgânico Particulado (COP), em mgC/L, de trabalhos realizados na Área de Influência de P-52.

LOCAL	COD (mgC/L)	COT (mgC/L)	COP (mgC/L)	AUTOR
Barracuda e Caratinga	0,66 - 2,22	○	0,02 - 0,08	PETROBRAS, 2002b
Marlim Sul 1	0,82 - 6,77	○	0,59 - 1,36	PETROBRAS/CENPES, 2002
Marlim Sul 2	○	● - 3,30	○	PETROBRAS/HABTEC, 2002b
PDET	○	● - 2,60	○	PETROBRAS/HABTEC, 2002c

● – não detectado

○ – não analisado

#### d. Nutrientes

##### • Fósforo, Ortófosfato e Fósforo Total

No verão, da Bahia ao Rio de Janeiro, são observadas formações de vórtices e ressurgências locais para os valores de fósforo. Durante o inverno, em toda a plataforma da região leste, as concentrações encontram-se relativamente mais reduzidas e homogêneas.

Os valores de fósforo em águas oligotróficas próximas ao campo de Roncador encontrados pelo Programa REVIZEE – Central III (em Cupelo 2000) variaram entre 0,10 $\mu$ M e 2,05 $\mu$ M, enquanto Niencheski *et al.* (1999) encontraram uma menor variação, entre 0,05 e 1,90 $\mu$ M (Quadro 5.1.3-1).

As concentrações de fósforo encontradas no Programa de Monitoramento Oceânico da Petrobrás foram bastante semelhantes no verão e no inverno, estando intimamente relacionadas com a ACAS (FUNDESPA, 1994).

O ortófosfato encontrado em Pargo oscilou entre < 0,02 $\mu$ M e 0,68 $\mu$ M, com média de 0,27 $\mu$ M. A distribuição vertical evidenciou um padrão de aumento das concentrações com a profundidade. Não foram encontradas variações sazonais (PETROBRAS, 2001).

Em Espadarte (PETROBRAS/CENPES, 2001), as maiores concentrações de ortófosfato foram encontradas no fundo (média de 0,36 $\mu$ M), contrastando com as concentrações em superfície (média de 0,08 $\mu$ M).

Em Barracuda e Caratinga não foram observadas variações espaciais significativas entre os pontos, entretanto a distribuição vertical apontou para maiores concentrações nas maiores profundidades, sendo significativa a diferença entre os estratos. As concentrações de ortófosfato variaram de < 0,02 $\mu$ M a 2,14 $\mu$ M (PETROBRAS, 2002b).

Em Marlim Sul, as concentrações de ortófosfato foram muito baixas nas camadas superiores da coluna d'água e aumentaram em direção às camadas mais profundas. Os valores observados para este parâmetro variaram entre 0,04 $\mu$ M e 2,18 $\mu$ M (PETROBRAS/CENPES, 2002).

Os valores de ortofosfato em Roncador variaram entre 0,04 e 2,17 $\mu$ M, apresentando estratificação típica dos nutrientes no oceano: menores valores na superfície devido a atividade fotossintética e aumento da concentração nas camadas mais profundas influenciado, entre outros fatores, pela decomposição da matéria orgânica (PETROBRAS, 2002a).

A compilação dos dados de ortofosfato encontrados na região da Área de Influência de P-52 encontra-se no Quadro 5.1.3-12.

Quadro 5.1.3-12. Resumo dos dados de ortofosfato, em  $\mu$ M, de trabalhos realizados na Área de Influência de P-52.

LOCAL	ORTOFOSFATO ( $\mu$ M)	AUTOR
<b>Barracuda e Caratinga</b>	● - 2,15	PETROBRAS, 2002b
<b>Espadarte</b>	0,02 - 0,54	PETROBRAS/CENPES, 2001
<b>Marlim Sul 1</b>	0,04 - 2,18	PETROBRAS/CENPES, 2002
<b>Pargo</b>	● - 0,68	PETROBRAS, 2001
<b>Roncador</b>	<b>0,04 - 2,17</b>	<b>PETROBRAS, 2002a</b>

● – não detectado

Na Figura 5.1.3-8, encontra-se a distribuição da concentração média de ortofosfato por cada profundidade em cada estudo. Observa-se que a distribuição vertical do ortofosfato em todos os trabalhos analisados apresenta padrão bem definido, com menores concentrações em superfície e aumento ao longo da coluna d'água.

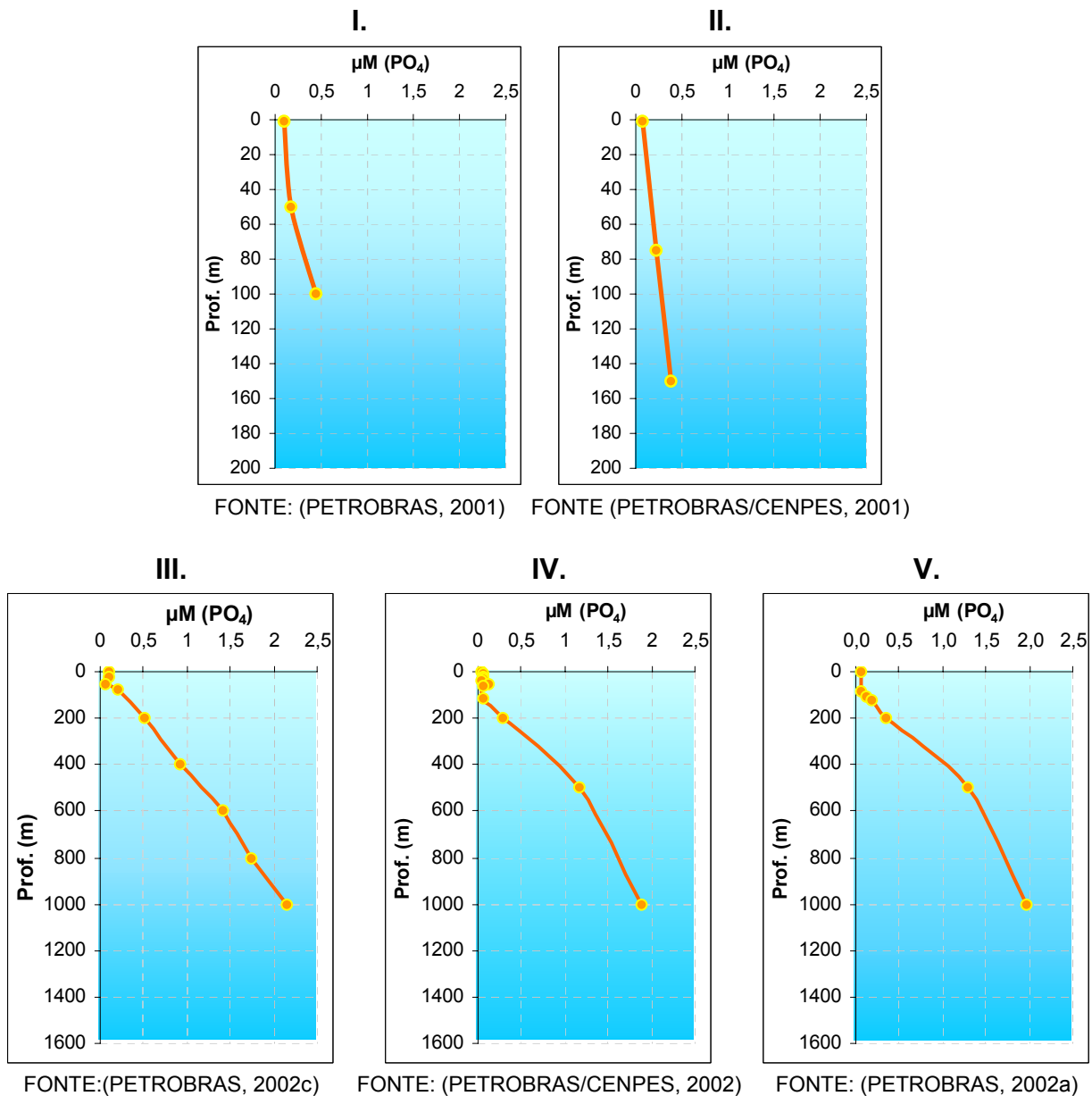


Figura 5.1.3-8. Distribuição vertical da concentração média de ortofosfato em Pargo (I), Espadarte (II), Barracuda e Caratinga (III), Marlim Sul (IV) e Roncador (V).

A metodologia adotada nas análises realizadas na Caracterização da Área de Influência dos dutos PDET/AMEG difere da adotada nos trabalhos feitos em águas costeiras e oceânicas, apresentando limite de detecção acima das concentrações normalmente encontradas nessas águas (PETROBRAS/HABTEC, 2002c). No entanto, foi encontrado o mesmo padrão de aumento de concentrações de fósforo total com o aumento da profundidade, conforme o esperado para áreas oceânicas (PETROBRAS/HABTEC, 2002c).

Na 1ª Campanha de Monitoramento de P-40, valores inferiores de fósforo total foram encontrados em superfície, enquanto que nas camadas mais profundas, especialmente 500 e 1000m (médias 1,38 e 1,97µM, respectivamente), foram encontradas as maiores

concentrações, apresentando um padrão estratificado típico dos nutrientes nos oceanos (PETROBRAS/CENPES, 2002). Na 2ª Campanha, o conteúdo de fósforo total na coluna d' água da região amostrada variou de  $< 0,97\mu\text{M}$  a  $2,26\mu\text{M}$  (PETROBRAS/HABTEC, 2002b).

Como reportado para o ortofosfato, o fósforo total em Roncador apresentou um típico padrão dos nutrientes no oceano, com menores valores na superfície e altas concentrações nas camadas mais profundas. O menor valor de fósforo total encontrado foi  $0,08\mu\text{M}$  e o maior,  $2,76\mu\text{M}$  (PETROBRAS, 2001).

Comparando as concentrações de fósforo total encontradas nos trabalhos apresentados com as obtidas por Niencheski *et al.* (1999) (Quadro 5.1.3-1), observa-se que os valores encontrados na área adjacente a Roncador estiveram de acordo com o esperado para a costa brasileira. Ainda, os dados de Roncador, quando confrontados com os dados pretéritos levantados neste diagnóstico para a Bacia de Campos estão na mesma faixa de variação (Quadro 5.1.3-13).

Quadro 5.1.3-13. Resumo dos dados de fósforo total, em  $\mu\text{M}$ , de trabalhos realizados na Área de Influência de P-52.

LOCAL	FÓSFORO TOTAL ( $\mu\text{M}$ )	AUTOR
<b>Barracuda e Caratinga</b>	0,18 - 2,43	PETROBRAS, 2002
<b>Espadarte</b>	0,05 - 1,33	PETROBRAS/CENPES, 2001
<b>Marlim Sul 1</b>	0,20 - 2,36	PETROBRAS, 2002
<b>Marlim Sul 2</b>	0,97 - 2,26	PETROBRAS/HABTEC, 2002
<b>Pargo</b>	0,06 - 1,31	PETROBRAS, 2001
<b>PDET</b>	0,97 - 2,26	PETROBRAS/HABTEC, 2002
<b>Roncador</b>	0,08 - 2,76	<b>PETROBRAS, 2001</b>

● – não detectado

O padrão de distribuição das concentrações de fósforo total está disposto na Figura 5.1.3-9. Nesta figura observa-se a média da concentração de fósforo em cada profundidade nos diversos estudos apresentados anteriormente. Somente os dados referentes a caracterização da Área de Influência do PDET e de Marlim Sul – 2ª Campanha de Monitoramento não serão apresentados nos perfis devido a reduzida informação nestes dois estudos.



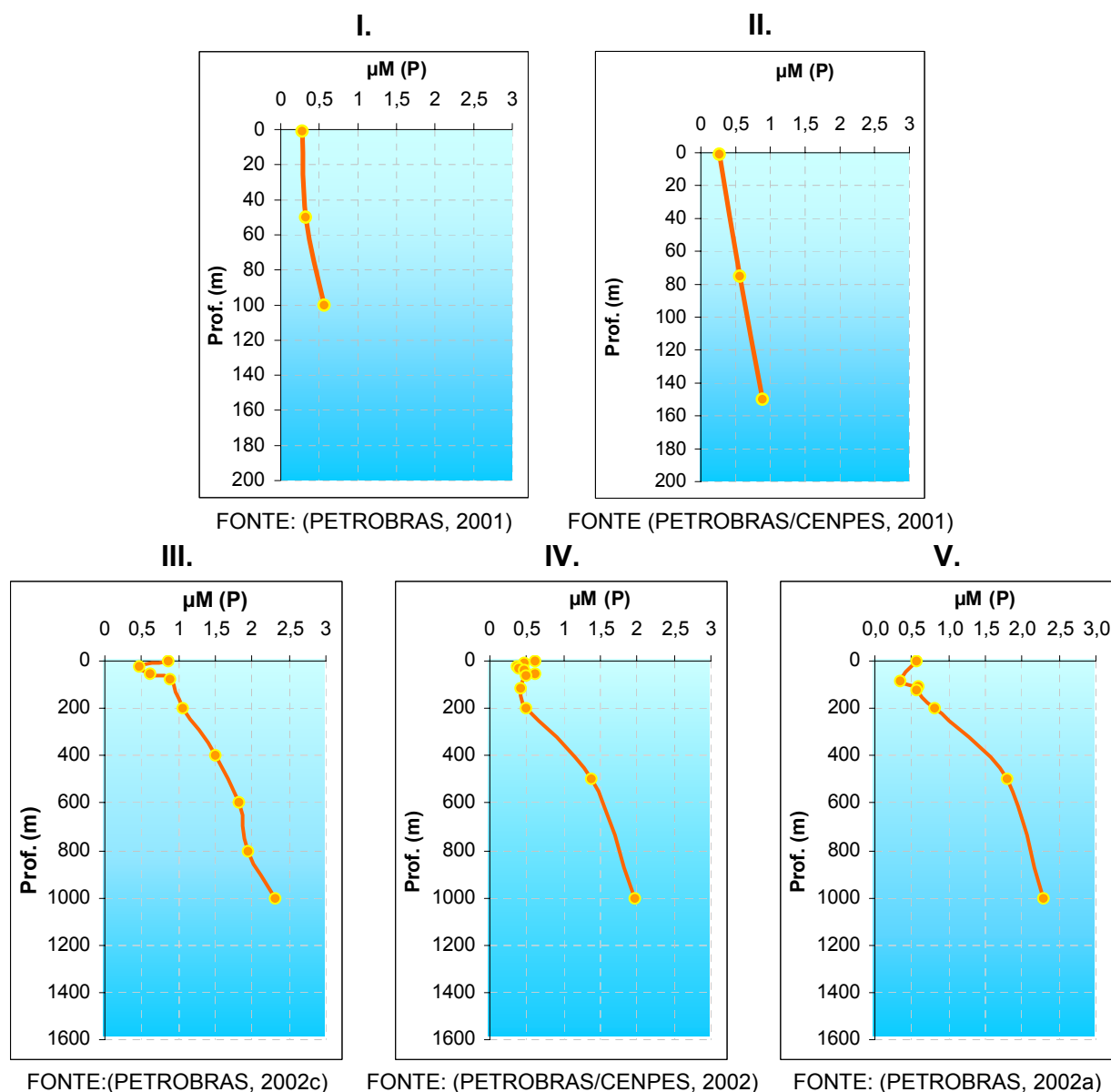


Figura 5.1.3-9. Distribuição vertical da concentração média de Fósforo Total em Pargo (I), Espadarte (II), Barracuda e Caratinga (III), Marlim Sul (IV) e Roncador (V).

- Nitrito, Nitrato e Amônia.**

Os compostos nitrogenados são elementos importantes para o desenvolvimento fitoplanctônico, sendo limitantes da atividade fotossintética. Entretanto, sua velocidade de regeneração através de reações bioquímicas é inferior à taxa de utilização por organismos fotossintéticos, constituindo-se um fator limitante da atividade fotossintética do fitoplâncton.

O nitrito é um dos nutrientes mais bem representados no universo dos dados. No verão, nos 100 primeiros metros de profundidade, podem ser distinguidos vórtices na região leste, possivelmente ressurgidos da ACAS, que flui em profundidades abaixo da Corrente

do Brasil. No outono, este registro fica muito tênue, associado ao enfraquecimento do fenômeno dinâmico. No inverno, as concentrações são pequenas, atingindo valores de  $0,30 \mu\text{M}$ . Com a chegada da primavera e o reinício da ressurgência, ao longo da região leste, aparecem em todas as profundidades vórtices de concentrações crescentes, chegando a um máximo de  $0,90 \mu\text{M}$  (Weber *et al.*, 1994).

Durante o fenômeno de ressurgência em Cabo Frio, as concentrações de nitrito atingiram  $1,50 \mu\text{M}$  (Valentin, 1983), enquanto que em Arraial do Cabo, em um evento de ressurgência mais suave, a concentração de nitrito atingiu  $0,56 \mu\text{M}$  (Cupelo, 1997).

De uma forma geral, os dados obtidos na Bacia de Campos (FUNDESPA, 1994; PETROBRAS, 1997) demonstraram que a dinâmica e distribuição dos nutrientes na coluna d'água são fortemente influenciadas pelo regime hidrológico e, em especial, pela presença da ACAS na camada fótica, o gera um enriquecimento nas condições oligotróficas típicas do oceano aberto.

Os valores observados em Espadarte para o nitrito estiveram entre não detectável ( $< 0,02 \mu\text{M}$ ) e  $0,15 \mu\text{M}$ , estando na mesma faixa dos valores relatados por Niencheski *et al.* (1999) e Andrade *et al.* (1999) para a região. O nitrito pode ser uma exceção ao padrão típico da distribuição oceânica dos nutrientes, sendo os maiores valores registrados em superfície (PETROBRAS/CENPES, 2001).

Em Pargo, os menores valores de nitrito foram identificados nas camadas superficiais, ocorrendo um grande aumento nas camadas intermediárias, chegando ao triplo do valor encontrado nas demais profundidades (PETROBRAS, 2001).

Assim como o relatado em outras regiões do país, os valores de nitrito encontrados em Barracuda e Caratinga apresentaram picos de concentração na profundidade abaixo da termoclina seguido de uma brusca diminuição em direção a 200 m (PETROBRAS, 2002c).

De um modo geral, as concentrações dos compostos nitrogenados na Área de Influência dos dutos PDET/AMEG foram muito baixas, contrariamente ao esperado para uma área próxima à costa e sob influência de aportes continentais (PETROBRAS/HABTEC, 2002c).

Em Marlim Sul, os dados da 1ª Campanha de Monitoramento indicaram que o padrão de distribuição vertical do nitrito seque o já relatado para a Bacia de Campos (FUNDESPA, 1994; PETROBRAS, 1997; PETROBRAS/CENPES, 2002; PETROBRAS, 2002c): valores bastante altos em profundidades intermediárias, sem, entretanto, apresentar sinais de estratificação (PETROBRAS/CENPES, 2002).

As concentrações de nitrito encontradas no campo de Roncador estão na mesma faixa encontrada em FUNDESPA (1994) e Niencheski *et al.* (1999), variando de não detectável ( $0,02 \mu\text{M}$ ) a  $0,30 \mu\text{M}$  (PETROBRAS, 2002d). O padrão de distribuição vertical encontrado para o nitrito coincide com o já reportado em outras áreas do litoral brasileiro, com maiores concentrações nas camadas superficiais (PETROBRAS, *op. cit.*).

As concentrações de nitrito reportadas para a costa brasileira por diversos estudos (Weber *et al.*, 1994 e Niencheski, *et al.*, 1999) reportam oscilações na concentração de nitrito entre  $0,00 \mu\text{M}$  e  $0,95 \mu\text{M}$ , podendo atingir  $1,50 \mu\text{M}$  em áreas de ressurgência

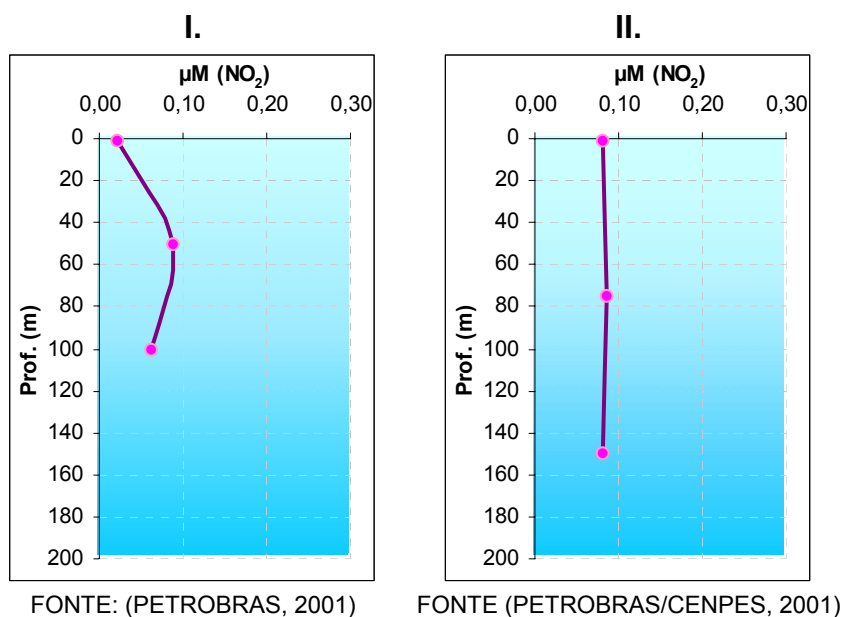
(Valentin, 1984). Os valores obtidos para a Bacia de Campos apresentados neste diagnóstico estão de acordo com os valores reportados na literatura (Quadro 5.1.3-14).

Quadro 5.1.3-14. Resumo dos dados de nitrito, em  $\mu\text{M}$ , de trabalhos realizados na Área de Influência de P-52.

LOCAL	NITRITO ( $\mu\text{M}$ )	AUTOR
Barracuda e Caratinga	0,02 - 0,21	PETROBRAS, 2002b
Espadarte	0,02 - 0,15	PETROBRAS/CENPES, 2001
Marlim Sul 1	0,02 - 0,15	PETROBRAS/CENPES, 2002
Marlim Sul 2	●	PETROBRAS/HABTEC, 2002b
Pargo	● - 0,10	PETROBRAS, 2001
PDET	● - 0,50	PETROBRAS/HABTEC, 2002c
Roncador	0,02 - 0,30	<b>PETROBRAS, 2002a</b>

● – não detectado

A presença de um padrão vertical nas concentrações de nitrito nos diversos estudos realizados na Bacia de Campos pode ser observada na Figura 5.1.3-10, onde estão plotadas as médias das concentrações de nitrito em cada profundidade amostrada de cada estudo. Percebe-se que na maioria dos estudos, as maiores concentrações de nitrito são encontradas na superfície, com decréscimo ao longo da coluna d'água.



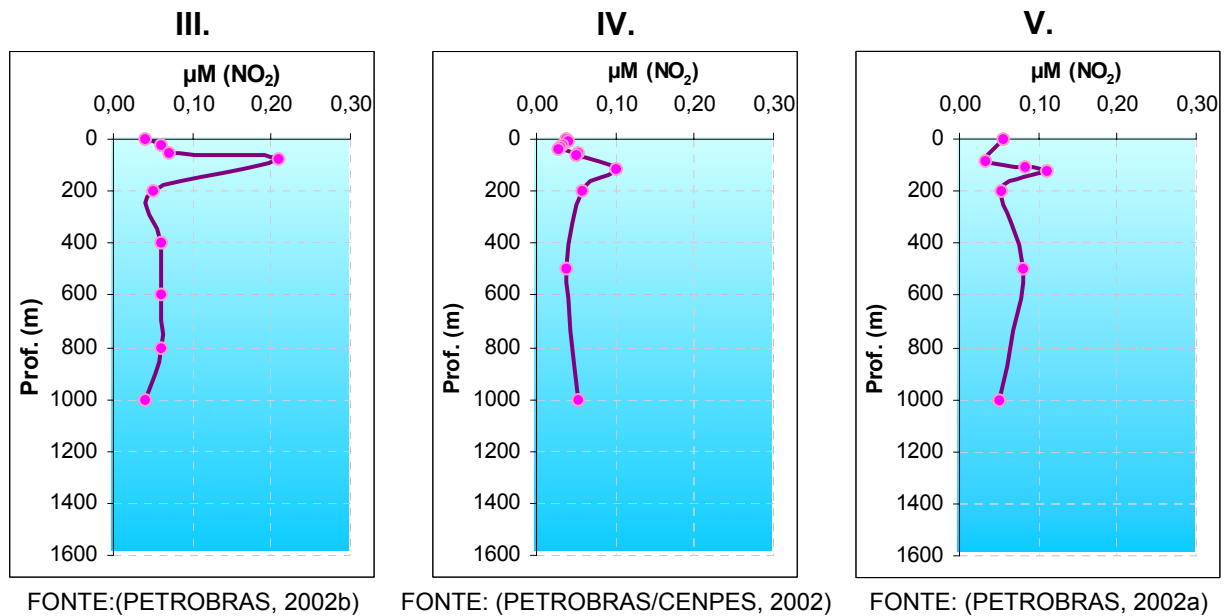


Figura 5.1.3-10. Distribuição vertical da concentração média de nitrito ( $\mu\text{M}$ ) em Pargo (I), Espadarte (II), Barracuda e Caratinga (III), Marlim Sul (IV) e Roncador (V).

O nitrato apresenta baixos valores de 0 a 100 metros no verão, nas regiões de domínio da Corrente do Brasil (áreas costeiras e oceânicas). Confirmando a relação direta com o fenômeno da ressurgência, no outono o nitrato é encontrado em maiores valores nas profundidades de 200 metros, relacionadas à posição da ACAS na coluna d' água. Na primavera, as isolinhas alinham-se em ordem crescente paralelas à costa, com registro de altas concentrações nas proximidades de áreas de água ressurgida (Weber *et al.*, 1994).

Na região de Cabo Frio e Arraial do Cabo, a ressurgência da ACAS pode ser comprovada pelo aumento das concentrações de nitrato, podendo atingir até 15,00  $\mu\text{M}$  em Cabo Frio (Valentin, 1983) e 4,70  $\mu\text{M}$  em Arraial do Cabo (Cupelo, 1997).

As concentrações de nitrato em Espadarte seguiram um padrão típico de distribuição, com a estratificação definida pela distribuição vertical das massas d' água. Os valores estiveram entre 0,41  $\mu\text{M}$  e 3,61  $\mu\text{M}$ , e a média observada na superfície foi de 1,01  $\mu\text{M}$  enquanto a média registrada para 150 m (fundo) foi de 1,84  $\mu\text{M}$  (PETROBRAS/CENPES, 2001).

Os valores de nitrato em Pargo variaram de 2,18  $\mu\text{M}$  a 9,43  $\mu\text{M}$ , com um padrão de estratificação vertical bem definido onde os menores valores se encontraram na superfície, crescendo com a profundidade. Não foram observadas grandes diferenças sazonais, apesar de a média dos valores no inverno ter sido menor que a média do verão (PETROBRAS, 2001).

Em Barracuda e Caratinga, o nitrato foi o nutriente mais abundante, oscilando entre 0,27  $\mu\text{M}$  e 37,76  $\mu\text{M}$ . Os menores valores foram detectados na camada mais superficial (entre a superfície e 90 m de profundidade) e foram aumentando progressivamente em direção ao fundo, definindo um padrão de estratificação bem marcado (PETROBRAS, 2002c).

Na 1ª Campanha de Monitoramento de P-40 os valores de nitrato variaram entre 0,07 µM e 25,30 µM. O padrão de distribuição do nitrato encontrado corrobora com as observações já obtidas em outros estudos na Bacia de Campos (PETROBRAS/CENPES, 2002).

As concentrações de nitrato na região de Roncador oscilaram entre 0,17 µM e 48,35 µM, apresentando padrão de distribuição vertical típico dos nutrientes: maiores concentrações em maiores profundidades. As amostras das diferentes profundidades foram significativamente diferentes entre si ( $p \sim 0,00$ ), sendo as amostras de maiores profundidades (500 e 1000m) as grandes responsáveis por essa diferença (PETROBRAS, 2002a).

Todos os valores de nitrato encontrados em Roncador estão dentro dos níveis relatados anteriormente para a Bacia de Campos. Assim como reportado em outras regiões, o nitrato foi a forma inorgânica do nitrogênio predominante (PETROBRAS, *op. cit.*).

Dados pretéritos de nitrato na costa brasileira apontam variações entre 0,20 µM e 20,00 µM (Niencheski *et al.*, 1999). O Quadro 5.1.3-15 apresenta um resumo dos dados de nitrato reportados neste diagnóstico para a região da Bacia de Campos. Observa-se que as concentrações de nitrato nestes estudos estão na mesma ordem de grandeza dos reportados na literatura, embora em alguns trabalhos os valores encontrados sejam ligeiramente superiores.

Quadro 5.1.3-15. Resumo dos dados de nitrato, em µM, de trabalhos realizados na Área de Influência de P-52.

LOCAL	NITRATO (µM)	AUTOR
<b>Barracuda e Caratinga</b>	0,27 - 37,76	PETROBRAS, 2002b
<b>Espadarte</b>	0,41 - 3,61	PETROBRAS/CENPES, 2001
<b>Marlim Sul 1</b>	0,20 - 25,25	PETROBRAS/CENPES, 2002
<b>Marlim Sul 2</b>	•	PETROBRAS/HABTEC, 2002b
<b>Pargo</b>	2,18 - 9,43	PETROBRAS, 2001
<b>PDET</b>	•	PETROBRAS/HABTEC, 2002c
<b>Roncador</b>	<b>0,17 - 48,55</b>	<b>PETROBRAS, 2002a</b>

• – não detectado

O padrão de distribuição vertical do nitrato em Roncador corrobora com o encontrado em outros locais da Bacia de Campos (PETROBRAS, 2002a). O perfil vertical com as médias das concentrações de nitrato em cada profundidade amostrada nos diferentes trabalhos abordados pode ser observado na Figura 5.1.3-11. Desta figura pode-se inferir que a distribuição do nitrato na Bacia de Campos tem um padrão de estratificação constante e bem definido, conforme mencionado em diversos estudos (PETROBRAS, 2002a; PETROBRAS, 2001; PETROBRAS/CENPES, 2002; PETROBRAS, 2002b; PETROBRAS/CENPES, 2001).

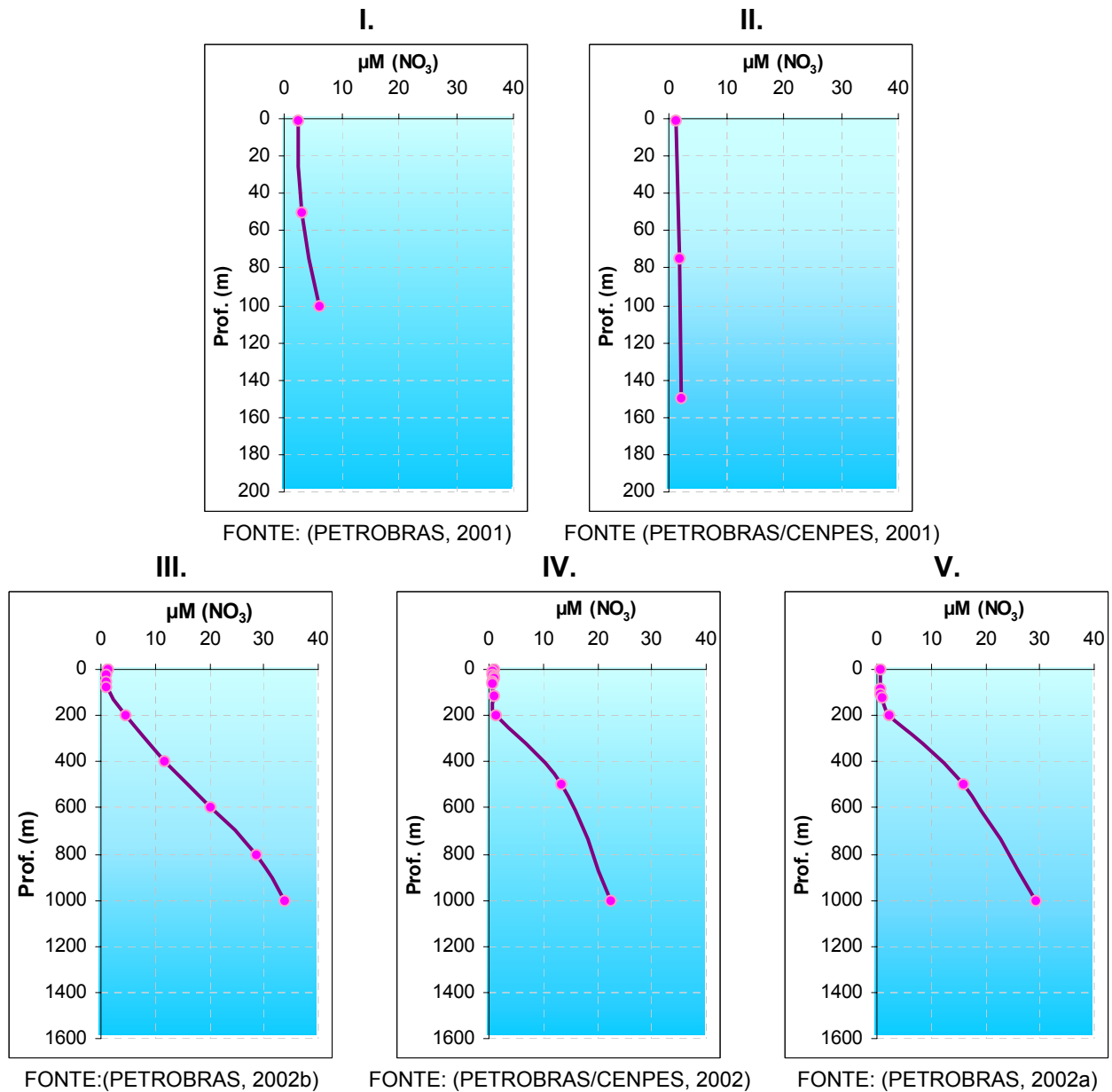


Figura 5.1.3-11. Distribuição vertical da concentração média de nitrato (µM) em Pargo (I), Espadarte (II), Barracuda e Caratinga (III), Marlim Sul (IV) e Roncador (V).

A amônia é normalmente encontrada em baixas concentrações na região da Bacia de Campos, principalmente devido a sua rápida mineralização e consumo pelos produtores primários (FUNDESPA, 1994). A presença de amônia e nitrito em águas oceânicas pode indicar ressurgências e alta produtividade primária (Grashoff *et al.*, 1983).

De fato, Cupelo (1997) reportou concentrações de amônia entre 0,34 µM e 2,76 µM durante um fenômeno de ressurgência em Arraial do Cabo. Valentin (1984) também registrou altos valores de amônia (até 1,50 µM) na ressurgência de Cabo Frio.



Em Espadarte, foi registrada amônia em apenas algumas estações (<0,06  $\mu\text{M}$ ), refletindo a rápida mineralização do nitrogênio na região oceânica, de forma a subsidiar a produção primária local (PETROBRAS/CENPES, 2001).

As concentrações de amônia encontradas em Pargo não apresentaram padrão de distribuição vertical nem horizontal. Os valores de amônia encontrados variaram de < 0,03  $\mu\text{M}$  a 1,01  $\mu\text{M}$ . Embora não tenha sido encontrada diferença significativa entre as estações, a distribuição espacial sugeriu uma influência da plataforma nas concentrações de amônia (PETROBRAS, 2001).

Os valores de amônia encontrados em Barracuda e Caratinga foram, na maioria das estações, iguais ao limite de detecção (0,03  $\mu\text{M}$ ), conforme o já observado em outros campos da Bacia de Campos (PETROBRAS, 2002b).

Os dados obtidos para o campo de Marlim Sul, tanto na 1ª Campanha de Monitoramento quanto na 2ª, indicam o mesmo padrão encontrado na literatura para a amônia nesta região: valores baixos e bem próximos ao limite de detecção dos métodos utilizados (PETROBRAS/CENPES, 2002; PETROBRAS/HABTEC, 2002b).

Nas amostras coletadas em Roncador somente a estação 14 na profundidade de superfície apresentou valor detectável (0,16  $\mu\text{M}$ ). Este é o padrão encontrado na região e apontado pela literatura (Quadro 5.1.3-16), possivelmente indicando a rápida mineralização e o consumo do nitrogênio (PETROBRAS, 2002a).

Quadro 5.1.3-16. Resumo dos dados de amônia, em  $\mu\text{M}$ , de trabalhos realizados na Área de Influência de P-52.

LOCAL	AMÔNIA ( $\mu\text{M}$ )	AUTOR
Barracuda e Caratinga	● - 0,26	PETROBRAS, 2002b
Espadarte	● - 0,06	PETROBRAS/CENPES, 2001
Marlim Sul 1	● - 0,80	PETROBRAS/CENPES, 2002
Marlim Sul 2	● - 0,02	PETROBRAS/HABTEC, 2002b
Pargo	● - 1,01	PETROBRAS, 2001
PDET	● - 1,43	PETROBRAS/HABTEC, 2002c
Roncador	● - 0,16	<b>PETROBRAS, 2002a</b>

● – não detectado

## • Silicato

Embora o silicato não seja considerado como nutriente limitante na fotossíntese fitoplanctônica, baixas concentrações ou a ausência de silicato podem comprometer a presença de microalgas como as diatomáceas, que têm parede celular composta por sílica (Laws, 1993). As altas concentrações de silicato (sílica) são associadas ao aporte de águas continentais e a ressurgências (FUNDESPA, 1994).

Em Espadarte, os valores de silicato superficiais foram muito baixos, principalmente devido ao consumo pelo fitoplâncton, aumentando com a profundidade. Em superfície, a

concentração de silicato variou de 1,18  $\mu\text{M}$  a 6,20  $\mu\text{M}$ , enquanto no fundo os valores estiveram entre 3,02  $\mu\text{M}$  e 9,87  $\mu\text{M}$  (PETROBRAS/CENPES, 2001).

As concentrações de silicato em Pargo variaram de 2,20  $\mu\text{M}$  a 9,82  $\mu\text{M}$ , com padrão de estratificação bem definido e típico de nutrientes na costa brasileira (PETROBRAS, 2001). Em Barracuda e Caratinga, a estratificação vertical das concentrações de silicato também foi evidente, com valores entre 0,38  $\mu\text{M}$  e 33,87  $\mu\text{M}$  (PETROBRAS, 2002b).

Durante a Campanha de Caracterização da Área de Influência dos dutos PDET/AMEG, as concentrações de silicato apresentaram distribuição bastante homogênea, com valores próximos ao limite de detecção do método utilizado (PETROBRAS/HABTEC, 2002c).

A distribuição vertical encontrada para as concentrações de silicato da 1ª e 2ª campanhas de monitoramento da P-40 aponta para uma estratificação típica dos nutrientes, com menores valores na superfície, aumentando com a profundidade (PETROBRAS/CENPES, 2002; PETROBRAS/HABTEC, 2002b).

A distribuição vertical encontrada para o silicato em Roncador é típica dos nutrientes em oceano, com maiores valores nas maiores profundidades. As concentrações de silicato variaram de 0,40  $\mu\text{M}$  a 29,22  $\mu\text{M}$  e encontram-se de acordo com o reportado na literatura e na Bacia de Campos (Quadro 5.1.3-17), que indica baixas concentrações deste nutriente nas camadas superficiais devido ao consumo pelo fitoplâncton (PETROBRAS, 2002a).

Quadro 5.1.3-17. Resumo dos dados de silicato, em  $\mu\text{M}$ , de trabalhos realizados na Área de Influência de P-52.

LOCAL	SILICATO ( $\mu\text{M}$ )	AUTOR
<b>Barracuda e Caratinga</b>	0,38 - 33,87	PETROBRAS, 2002b
<b>Espadarte</b>	1,18 - 8,85	PETROBRAS/CENPES, 2001
<b>Marlim Sul 1</b>	0,14 - 33,70	PETROBRAS/CENPES, 2002
<b>Marlim Sul 2</b>	● - 10,68	PETROBRAS/HABTEC, 2002b
<b>Pargo</b>	2,20 - 9,82	PETROBRAS, 2001
<b>PDET</b>	● - 7,12	PETROBRAS/HABTEC, 2002c
<b>Roncador</b>	<b>0,40 - 29,22</b>	<b>PETROBRAS, 2002a</b>

● – não detectado

Na Figura 5.1.3-12, observa-se a distribuição vertical das concentrações médias de silicato em cada profundidade por estudo realizado na Bacia de Campos. A análise desta figura permite constatar que o silicato tem comportamento típico dos nutrientes no oceano: menores valores a superfície e com aumento de concentração com a profundidade; conforme já mencionado anteriormente.

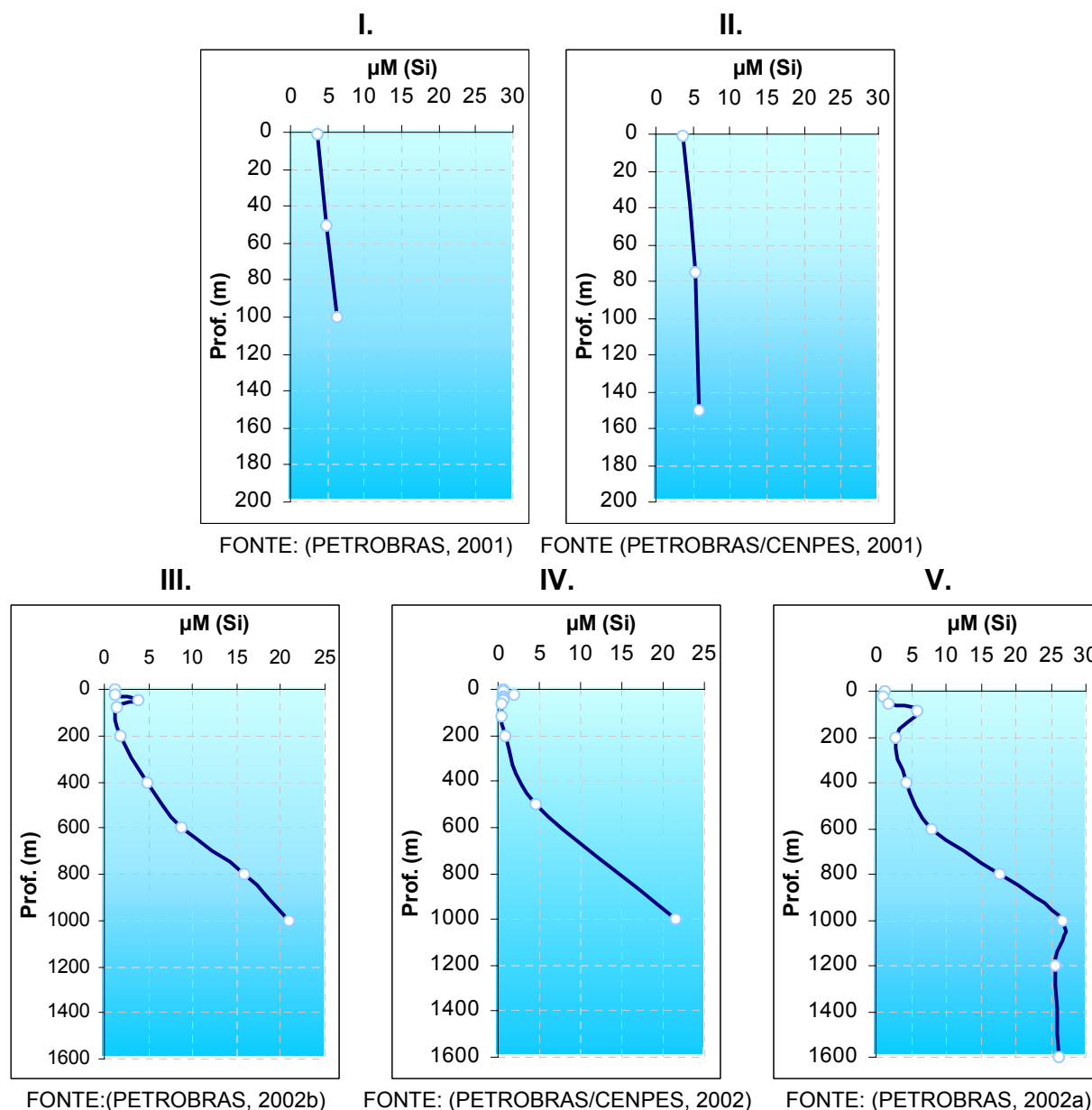


Figura 5.1.3-12. Distribuição vertical da concentração média de silicato ( $\mu\text{M}$ ) em Pargo (I), Espadarte (II), Barracuda e Caratinga (III), Marlim Sul (IV) e Roncador (V).

#### e. Clorofila a

A análise do teor de clorofila na água é um importante indicativo da biomassa fitoplanctônica. Sua maior concentração na profundidade relativa à termoclina corrobora a hipótese desta feição oceanográfica representar uma barreira física à sedimentação dos organismos fitoplanctônicos. Ressalta-se que esta região é considerada a mais produtiva da zona fótica dos oceanos tropicais estratificados (Mann & Lazier, 1991; Cupelo, 2000).

O Programa REVIZEE – Central III (em Cupelo 2000) encontrou na região da costa central valores entre  $0,04 \mu\text{g/L}$  e  $1,63 \mu\text{g/L}$ , característicos de regiões oligotróficas, sustentadas pela produção primária regenerada.

Os valores de clorofila encontrados no Programa de Monitoramento Ambiental Oceânico (FUNDESPA, 1994; PETROBRAS, 1997) também refletiram a oligotrofia das condições ambientais do oceano aberto, estando as maiores concentrações restritas a águas rasas (< 20 m), próximas à região costeira.

Em Espadarte (PETROBRAS/CENPES, 2001), os valores de clorofila obtidos na campanha de inverno corroboraram a oligotrofia da região oceânica da Bacia de Campos. Os valores observados estiveram na faixa entre não detectável (< 0,02 µg/L) até 1,14µg/L. Os maiores valores foram encontrados na superfície, enquanto na profundidade de 150 m os valores foram menores ou não detectáveis, pois a pouca ou nenhuma disponibilidade de luz limita o crescimento das populações fitoplanctônicas.

Os valores de clorofila *a* encontrados em Pargo variaram de < 0,01 µg/L a 0,79 µg/L, sendo os valores de inverno maiores que os de verão. A distribuição vertical evidenciou um padrão significativo ( $p < 0,0003$ ), com os maiores valores na profundidade de superfície (PETROBRAS, 2001).

Em Barracuda e Caratinga, a distribuição da clorofila *a* em profundidade mostrou um máximo na profundidade de 80 m, com diminuição até 200 m, onde não era mais detectável. Os valores, no geral, oscilaram entre < 0,02 µg/L e 2,29 µg/L (PETROBRAS, 2002b).

Na 1ª Campanha de Monitoramento da P-40 os valores de clorofila *a* estiveram entre <0,02 µg/L e 0,27 µg/L, com máximo na profundidade da termoclina (PETROBRAS/CENPES, 2002). As concentrações de clorofila *a* na 2ª Campanha foram relativamente maiores, variando de < 0,01 µg/L a 2,17 µg/L. Nesta campanha não foi observada estratificação da clorofila (PETROBRAS/HABTEC, 2002b).

Em Roncador, os valores de clorofila *a* variaram entre não detectável (<0,02 µg/L) e 0,27 µg/L. Os maiores valores nas camadas de sub-superfície, conforme esperado para a região oceânica. Embora tenham sido realizadas coletas em profundidade superior a 200m a clorofila não foi detectada, o que era esperado devido à ausência de luz para os processos fotossintetizantes (PETROBRAS, 2002a).

Os dados de clorofila *a* encontrados na área de influência da P-52 encontram-se sumarizados no quadro abaixo. Percebe-se que, excetuando-se o alto valor encontrado na área dos dutos PDET/AMEG (PETROBRAS/HABTEC, 2002c), os valores de clorofila encontram-se na mesma ordem de grandeza.

Quadro 5.1.3-18 Resumo dos dados de clorofila *a*, em µg/L, de trabalhos realizados na Área de Influência de P-52.

LOCAL	CLOROFILA (µg/L)	AUTOR
Barracuda e Caratinga	0,02 - 2,29	PETROBRAS, 2002b
Espadarte	0,06 - 1,14	PETROBRAS/CENPES, 2001
Marlim Sul 1	0,27 - 0,01	PETROBRAS/CENPES, 2002
Marlim Sul 2	● - 2,17	PETROBRAS/HABTEC, 2002b
Pargo	● - 0,79	PETROBRAS, 2001
PDET	0,17 - 13,74	PETROBRAS/HABTEC, 2002c
Roncador	● - 0,27	<b>PETROBRAS, 2002a</b>

● - não detectado

#### f. Hidrocarbonetos Totais de Petróleo (THP)

Na campanha de caracterização do campo de Roncador não foram feitas análises de hidrocarbonetos, fenóis ou sulfetos, por isso não serão apresentados dados do próprio campo. A caracterização da área com relação a esses parâmetros será feita com outros dados da região da Bacia de Campos, já que a maioria dos estudos identifica a área como livre de contaminação. Ressalta-se que esses parâmetros serão contemplados no programa de monitoramento.

Durante o Programa de Monitoramento Ambiental da Bacia de Campos (PETROBRAS, 1997; FUNDESPA, 1994), o total de hidrocarbonetos foi identificado usando o método de fluorescência descrito em UNESCO (1984). O óleo de Enchova intemperizado e previamente destilado foi utilizado como padrão (FUNDESPA, 1994).

As três campanhas realizadas (inverno-verão-inverno) demonstraram que a região levantada não apresentava características de águas marinhas significativamente impactadas por óleo.

Entretanto, foram encontradas concentrações de até 26,3 µg/L na superfície e 31,2 µg/L no fundo de Hidrocarbonetos Totais de Petróleo (HTP's dispersos e/ou dissolvidos), na região próxima a Macaé durante a campanha de verão (PETROBRAS, 1994), o que sugere uma contaminação gerada pelo transporte de águas costeiras contaminadas para a plataforma continental pelas chuvas de verão. O quadro a seguir sintetiza as informações obtidas nas três campanhas:

Quadro 5.1.3-19. Síntese dos resultados de hidrocarbonetos nas amostras de água das 3 campanhas de monitoramento da Bacia de Campos.

CAMPANHA	Nº DE AMOSTRAS	EVIDÊNCIAS
Inverno 91	33 de água	0,2 – 1,9 µg/L típicas de águas não contaminadas
Verão 92	265 de água	121 amostras > 2,0µg/L; 23 amostras > 10,0µg/L
Inverno 92	222 de água	193 amostras < 2 µg/L 26 amostras > 2,0 µg/L e 3 amostras > 10,0 µg/L

Fonte: FUNDESPA (1994).

Desta forma, os resultados de HTP's acima de 10,0 µg/L são relativos a ambientes efetivamente afetados por introdução antropogênica de hidrocarbonetos de petróleo, tendo sido encontrados em áreas costeiras próximas a terminais petrolíferos (FUNDESPA, 1994).

Em Barracuda e Caratinga, a avaliação dos hidrocarbonetos totais de petróleo foi feita por cromatografia gasosa com detector de ionização por chama, com quantificação baseada em uma mistura de padrões autênticos de hidrocarbonetos alifáticos (PETROBRAS, 2002b). A concentração HTP média encontrada em Barracuda e Caratinga foi de 3,3 ± 0,7µg/L.

Os métodos analíticos utilizados para quantificar a concentração de HTP, tanto na água quanto no sedimento não permitem a distinção entre a fração resolvida e a não resolvida, o que impossibilita a identificação da mistura complexa não resolvida (MCRN). A MCNR é apontada como boa indicadora tanto da contribuição petrogênica de hidrocarbonetos em processo de degradação como da degradação microbiana da matéria orgânica, especialmente quando presente em baixas concentrações (PETROBRAS, 2002b).

Ainda, Irwin *et al.* (1998) apontam que alguns métodos de HTP utilizados são bem genéricos, podendo ser facilmente influenciados por lipídeos biológicos. Além disso, alguns dos métodos da USEPA, incluindo o de HTP, são deficientes em seletividade e sensibilidade (limite de detecção), o que dificulta a interpretação ambiental do dado.

Na 1ª Campanha de Monitoramento da P-40, foram analisados os n-alcanos na água, e os resultados obtidos mostram teores de n-alcanos bem próximos ao limite de detecção do método (50 ppb). Estes níveis de n-alcanos caracterizam a área como livre de influência da atividade petrolífera (PETROBRAS/CENPES, 2002). Na 2ª Campanha de Monitoramento não foram detectadas concentrações de HTP na água (PETROBRAS/HABTEC, 2002b).

#### g. Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA)

Para caracterizar os hidrocarbonetos presentes na coluna d'água no campo de Espadarte, foram coletadas amostras de água com garrafas de 1,0L em superfície e extraídos os valores de HPA's totais (Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos) em equivalentes de criseno, de acordo com o método EPA – 3510/3540 através de Espectrofotometria de Fluxo.



Quadro 5.1.3-20. Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs) em amostras de água do campo de Espadarte ( $\mu\text{g/L}$ ).

ESTAÇÕES	HPAS TOTAIS EM EQUIVALENTES DE CRISENO ( $\mu\text{g/L}$ )
1	0,90
2	0,40
3	0,13
4	0,34
5	0,07
6	0,12
7	1,56
8	0,13
9	0,08
10	0,76
11	0,12
12	0,49

Fonte: PETROBRAS/CENPES (2001).

Os valores obtidos demonstram que, com exceção de uma estação, a região apresenta valores inferiores a  $1,00 \mu\text{g/L}$ . Desta forma, os resultados de HPA's totais encontrados em Espadarte demonstram que a coluna d'água apresenta níveis típicos de regiões não impactadas por hidrocarbonetos (PETROBRAS/CENPES, 2001).

Em Pargo, os HPA's totais foram analisados pelo método de fluorescência ultra-violeta descrito em UNESCO (1984) e UNESCO (1992). A quantificação dos HPA's totais foi feita com base em um padrão de crisenos (PETROBRAS, 2001).

Foram verificados resultados de HPA totais em equivalentes de crisenos na faixa de  $0,08 \mu\text{g/L}$  a  $1,21 \mu\text{g/L}$ , caracterizando os valores encontrados como de níveis de base, ou seja, inferiores a  $2,00 \mu\text{g/L}$  (PETROBRAS, 2001). Neste estudo os valores foram considerados inferiores aos reportados por FUNDESPA (1994), apesar do diferente padrão de quantificação utilizado.

Em Barracuda e Caratinga, os HPA's totais foram analisados seguindo a metodologia previamente citada para Pargo. Os valores de HPA's totais variaram de  $0,02 \mu\text{g/L}$  a  $0,92 \mu\text{g/L}$ . A distribuição do total de HPA na coluna d'água evidenciou relativa variabilidade nas camadas superficiais, principalmente próximo à termoclina, e concentrações elevadas em maiores profundidades (PETROBRAS, 2002b).

O método usado na determinação de HPA's totais nesse trabalho (UV-fluorescência) é reconhecidamente não-específico e pode sofrer influência de outras substâncias orgânicas além dos hidrocarbonetos aromáticos, tais como os pigmentos fotossintetizantes, o que poderia explicar os picos obtidos em profundidades intermediárias (PETROBRAS, 2002b).

Na 1ª Campanha de Monitoramento da P-40, os HPA's totais foram analisados for fluorescência UV, não tendo sido detectado HPA total em nenhuma amostra desta campanha (PETROBRAS/CENPES, 2002).

É importante ressaltar que a análise de hidrocarbonetos for fluorescência UV não corresponde somente a HPA's, podendo apresentar vestígios de outros compostos, além de ser uma técnica meramente qualitativa. A análise utilizando a cromatografia gasosa de alta resolução (HPLC) juntamente com a identificação em espectrofotômetro de massa é a ferramenta analítica mais recomendada para hidrocarbonetos aromáticos, uma vez que permite a quantificação e a caracterização dos hidrocarbonetos existentes na água (GESAMP, 1993).

Na 2ª Campanha de Monitoramento de P-40, a metodologia adotada seguiu o determinado em USEPA 8270. Os hidrocarbonetos poliaromáticos detectados neste trabalho resumem-se em dois compostos, naftaleno e fenantreno, cujas concentrações variaram  $< 0,03 \mu\text{g/L}$  a  $0,20 \mu\text{g/L}$  e  $< 0,03 \mu\text{g/L}$  a  $0,05 \mu\text{g/L}$ , respectivamente. Como esses hidrocarbonetos apresentam baixo peso molecular e as concentrações encontradas são bem próximas ao limite de detecção, pode ter ocorrido contaminação ou no processo de coleta ou no processo analítico (PETROBRAS/HABTEC, 2002b).

A título de comparação, podem ser citados os níveis de HPA's (somatório de 15 ou 16 compostos individuais), para águas oceânicas, sem a presença de contaminação por petróleo. Geralmente eles ficam abaixo do nível de detecção dos métodos usados (entre  $0,02 \mu\text{g/L}$  e  $0,03 \mu\text{g/L}$ ) (Laws, 1993; NRC, 1995), embora possam chegar a  $0,06 \mu\text{g/L}$  (Utvik, 1999). Esta variabilidade encontrada para o que seriam valores de referência (*background*) está associada às dificuldades analíticas de trabalho em baixas concentrações, aos métodos de coleta e de análise usados e a variáveis ambientais, como o teor de material particulado em suspensão, que podem interferir nos resultados devido à tendência dos HPA's estarem associados à fase sólida.

#### h. Fenóis

Os fenóis são compostos derivados dos hidrocarbonetos aromáticos, pela substituição de um ou mais átomos de hidrogênio por hidroxilas (OH). Geralmente não ocorrem naturalmente nos corpos de água, podendo ser introduzidos no ambiente marinho de diferentes formas, estando muitas vezes associados a produtos químicos utilizados em atividades de produção, bem como em resíduos oriundos de refinarias.

A análise de fenóis no Campo de Pargo seguiu o método da USEPA 604, com identificação de fenol e alquifenóis, apresentando nível inferior a  $0,01 \text{ mg/L}$ . Esta concentração, segundo o reportado por PETROBRAS (2001), é considerada tolerável em águas marinhas, de acordo com o índice estabelecido pelo Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear, que é de  $< 0,03 \text{ mg/L}$ .

A maioria das amostras analisadas para quantificação de fenóis em Barracuda e Caratinga apresentou valores abaixo do limite de detecção do método, que foi de  $0,05 \mu\text{g/L}$  (PETROBRAS, 2002b).

Na Campanha de Caracterização da Área de Influência dos dutos PDET/AMEG, tal qual o registrado na maioria dos trabalhos na Bacia de Campos, as concentrações de fenóis estiveram abaixo do limite de detecção do método, que é de 0,01 mg/L (PETROBRAS/HABTEC, 2002c).

Não foi constatada a presença de fenóis na água durante a 1ª Campanha de Monitoramento da P-40 (PETROBRAS/CENPES, 2002). Durante a 2ª Campanha de Monitoramento da P-40, as concentrações de fenóis foram iguais ou muito próximas ao limite de detecção de 0,02 mg/L (PETROBRAS/HABTEC, 2002b).

#### i. Sulfetos

A presença de sulfetos em águas marinhas está correlacionada a condições anóxicas, ao aporte de matéria orgânica e/ou renovação ineficaz de água. Nestas condições, o sulfato dissolvido, naturalmente disponível em águas marinhas, é utilizado como fonte de oxigênio pelas bactérias sulfato-redutoras na oxidação da matéria orgânica (Grasshoff *et al.*, 1983).

As concentrações de sulfetos nas amostras coletadas em Pargo na campanha de inverno encontram-se em concentrações inferiores a 0,002 mg/L, enquanto as de verão foram inferiores a 0,500 mg/L (PETROBRAS, 2001). Em Barracuda e Caratinga, todas as amostras apresentaram valores de sulfetos inferiores a 0,200 mg/L (PETROBRAS, 2002b). Na Área de Influência dos dutos PDET/AMEG, as concentrações nas isóbatas mais profundas foram muito baixas, com alguma concentração (em torno de 0,004 mg/L) nas camadas superficiais (PETROBRAS/HABTEC, 2002c).

Os teores de sulfetos observados nas amostras de água variaram de valores inferiores ao limite de detecção (< 0,200 mg/L) até 1,600 mg/L (ppm), no entorno da P 40 durante a 1ª Campanha de Monitoramento (PETROBRAS/CENPES, 2002). Na 2ª Campanha de Monitoramento da P-40, as concentrações de sulfeto foram encontradas em quase todas as profundidades e pontos amostrados, variando de < 0,002 mg/L a 0,028 mg/L (PETROBRAS/HABTEC, 2002b).