

### II.5.1.3 - Qualidade de Água e sedimentos

#### a) Qualidade da Água Marinha

Para caracterização da qualidade da água marinha na área de influência do Sistema de Produção e Escoamento de Gás Natural e Petróleo no Bloco BC-20, foram utilizados dados obtidos em regiões próximas ao bloco, na porção sul da Bacia de Campos.

De uma forma geral, a distribuição dos parâmetros que caracterizam a qualidade da água marinha na região é fortemente afetada pela interação da Água Tropical (AT) e da Corrente do Brasil (CB) com a Água Central do Atlântico Sul (ACAS) e com a Corrente das Malvinas.

Niencheski *et al.* (1999) analisaram os dados existentes no Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO), da Marinha do Brasil, e resumiram os valores concentração de nitrito, nitrato, fosfato e fósforo total, bem como de oxigênio dissolvido (OD) e pH, em águas brasileiras até 200 metros de profundidade, região diretamente influenciada pela interação entre a AT e a ACAS (Quadro II. 5.1.3-1).

**Quadro II.5.1.3-1 - Valores máximos e mínimos de ocorrência 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 <sup>-1</sup> )	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 (μatg.L <sup>-1</sup> )	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 (μatg.L <sup>-1</sup> )	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 (μatg.L <sup>-1</sup> )	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

(continua)

Quadro II.5.1.3-1 - (conclusão)

PROFUNDIDADE (m)		VERÃO				OUTONO				PRIMAVERA				INVERNO			
		0	50	100	200	0	50	100	200	0	50	100	200	0	50	100	200
FÓSFORO TOTAL ( $\mu\text{atg.L}^{-1}$ )	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).

\* – valores não informados

Para a realização deste diagnóstico, além dos dados acima citados, foram utilizados os resultados obtidos no Programa de Monitoramento Ambiental Oceânico da Bacia de Campos, no qual foram realizadas coletas na região compreendida entre 21°30' S e 23°30' S e 39°30' W e 42°00' W (FUNDESPA, 1994). Este programa apresentou três campanhas oceanográficas sazonais, que foram iniciadas no inverno de 1991. A malha amostral definida para a coleta de água e plâncton baseou-se em radiais a partir da costa, com amostragens entre as isóbatas de 20 e 2.000 m, tendo sido avaliados diversos parâmetros físicos, químicos, físico-químicos e biológicos na água.

Para a 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, sobre 3 isóbatas na área (700, 900 e 1.100m), correspondentes às estações 30, 31, 32, 34, 38 e 40 (PETROBRAS/CENPES, 2002).

Também foram utilizados os dados do Programa de Monitoramento da Qualidade de Água e Efluentes da plataforma SS-06 (PETROBRAS/Concremat, 2007), em que foram realizadas nove campanhas oceanográficas iniciadas no inverno de 2001 até o ano de 2007. Estas coletas foram semestrais, preferencialmente nos meses de outono e primavera, porém em alguns casos ocorreram coletas durante o verão e o inverno. As amostras foram coletadas em nove estações distribuídas no entorno da plataforma SS-06 (a cerca de 120m de profundidade) e posicionadas de acordo com as correntes mais frequentes. Duas das nove estações estão posicionadas a montante da plataforma, a 3000m e 200m de distância da SS-06, as outras sete estações foram posicionadas a jusante da plataforma, a 200, 500, 1000 e 3000m de distância da SS-06. As coletas foram realizadas coletas nas profundidades junto à superfície, acima da termoclina, na termoclina e abaixo, exceto para as estações a montante (3000m)

e jusante (500m), onde foram realizadas coletas de água nas profundidades de 10, 20, 30, 40, 50 e 60 metros.

O Monitoramento Ambiental da Unidade de Produção FPSO Espadarte (PETROBRAS/BIORIO, 2006), localizada no campo de Espadarte, contou com a realização de três campanhas, nos meses de abril do ano de 2004, maio de 2005 e agosto de 2006. As amostras foram coletadas em onze estações distribuídas próximas a Unidade de Produção FPSO Espadarte (à cerca de 880m de profundidade), posicionadas de acordo com as correntes mais freqüentes. Duas estações de controle foram localizadas a montante, distantes 3000m da FPSO, e as outras nove, a jusante da mesma, com distâncias em torno de 100m, 500m e 1000m. As amostras foram coletadas na profundidade de superfície, 25, 50, 75, 100 e 150m.

O Monitoramento Ambiental da Unidade Estacionária de Produção PCE-1 (PETROBRAS/AS, 2006), foi realizado durante o mês de maio de 2006, antes do início das atividades da UEP-PCE-1. Esta unidade está localizada em uma área com de isóbata de aproximadamente 116m. Foram utilizadas quatro estações de coleta posicionadas no entorno da UEP PCE-1. Cada estação dista 100, 200, 500 e 1000m da PCE-1. As amostras foram coletadas nas profundidades de 1, 10, 20, 30, 40 e 50m.

No Mapa II.5.1.3-1 apresenta um mapa integrado, com a indicação das estações de coleta dos estudos acima mencionados.

No Quadro II.5.1.3-2 encontram-se resumidas as metodologias de coleta, preparo e análises utilizadas em todas as campanhas acima citadas.

**Mapa II.5.1.3-1 - Mapa Integrado das estações de coleta de água nos estudos utilizados neste diagnóstico (A3).**

---

**Mapa II.5.1.3-1 - Mapa Integrado das estações de coleta de água nos estudos utilizados neste diagnóstico (A3).**

**Quadro II.5.1.3-2 - Resumo das metodologias de coleta, preparo e análises utilizadas nos estudos realizados em Barracuda e Caratinga, SS-06, Espadarte e PCE-1. Folha 1/1 (A3)**

---

**Quadro II.5.1.3-2 - Resumo das metodologias de coleta, preparo e análises utilizadas nos estudos realizados em Barracuda e Caratinga, SS-06, Espadarte e PCE-1. Folha 1/1 (A3)**

- *Oxigênio Dissolvido*

As altas concentrações de Oxigênio Dissolvido (OD) são associadas a regiões de ressurgência no verão, representadas por pequenos vórtices de ocorrência do composto (Niencheski *et al.*, 1999). Na coluna d'água, na faixa de profundidade da AIA (Água Intermediária Antártica), à cerca de 800 m, os valores também são altos (4,40 mL.L<sup>-1</sup>), o que é uma das características desta massa d'água (Coutis, 1996).

Com o decréscimo das ressurgências no outono, os vórtices e os valores de OD diminuem. A primavera é marcada pela presença de núcleos com concentrações decrescentes, atingindo um máximo de 4,70 mL.L<sup>-1</sup> na costa do Espírito Santo (Niencheski *et al.*, 1999). Alguns estudos (Programa REVIZEE – Central III, apresentado em Cupelo, 2000 e Niencheski *et al.*, 1999) indicam valores máximos de 5,50 mL.L<sup>-1</sup> durante a primavera, ao largo do Cabo de São Tomé, tendendo a diminuir após a profundidade de 100 m.

Em estudos realizados na área de exploração de petróleo, Barracuda e Caratinga, as concentrações de OD apresentaram distribuição homogênea na coluna d'água, com ligeiro aumento nas profundidades de 600 e 800 m. Os valores encontrados nestes campos estiveram dentro da faixa prevista na literatura (PETROBRAS/CENPES, 2002).

Conforme os resultados obtidos ao longo das campanhas do Programa de Monitoramento Ambiental da Unidade de Produção SS-06, a distribuição do OD apresentou pequena variação espacial e temporal, com um comportamento bem homogêneo. O valor máximo de OD foi de 5,43 mL.L<sup>-1</sup>, registrado durante a campanha FIIC8 em uma amostra coletada a 10m de profundidade e o valor mínimo, de 3,43 mL.L<sup>-1</sup>, obtido durante a campanha FIIC9, em uma amostra coletada a 50 m de profundidade. De acordo com Niencheski *et al.* (1999), os valores de oxigênio dissolvido variam entre mínimos de 3,00 a 4,40 mL.L<sup>-1</sup> e máximos de 6,00 a 6,40 mL.L<sup>-1</sup>, entre a superfície até 200 m de profundidade.

No Monitoramento Ambiental da Unidade de Produção Estacionária PCE-1, a variação do oxigênio dissolvido foi gradativa ao longo da coluna d'água, com maiores valores encontrados próximo a superfície e tendência de diminuição da

concentração ao longo da coluna d'água, o menor valor foi de  $4,30 \text{ mL.L}^{-1}$  e o maior valor encontrado foi de  $8,20 \text{ mL.L}^{-1}$ , entre a superfície até 50m de profundidade.

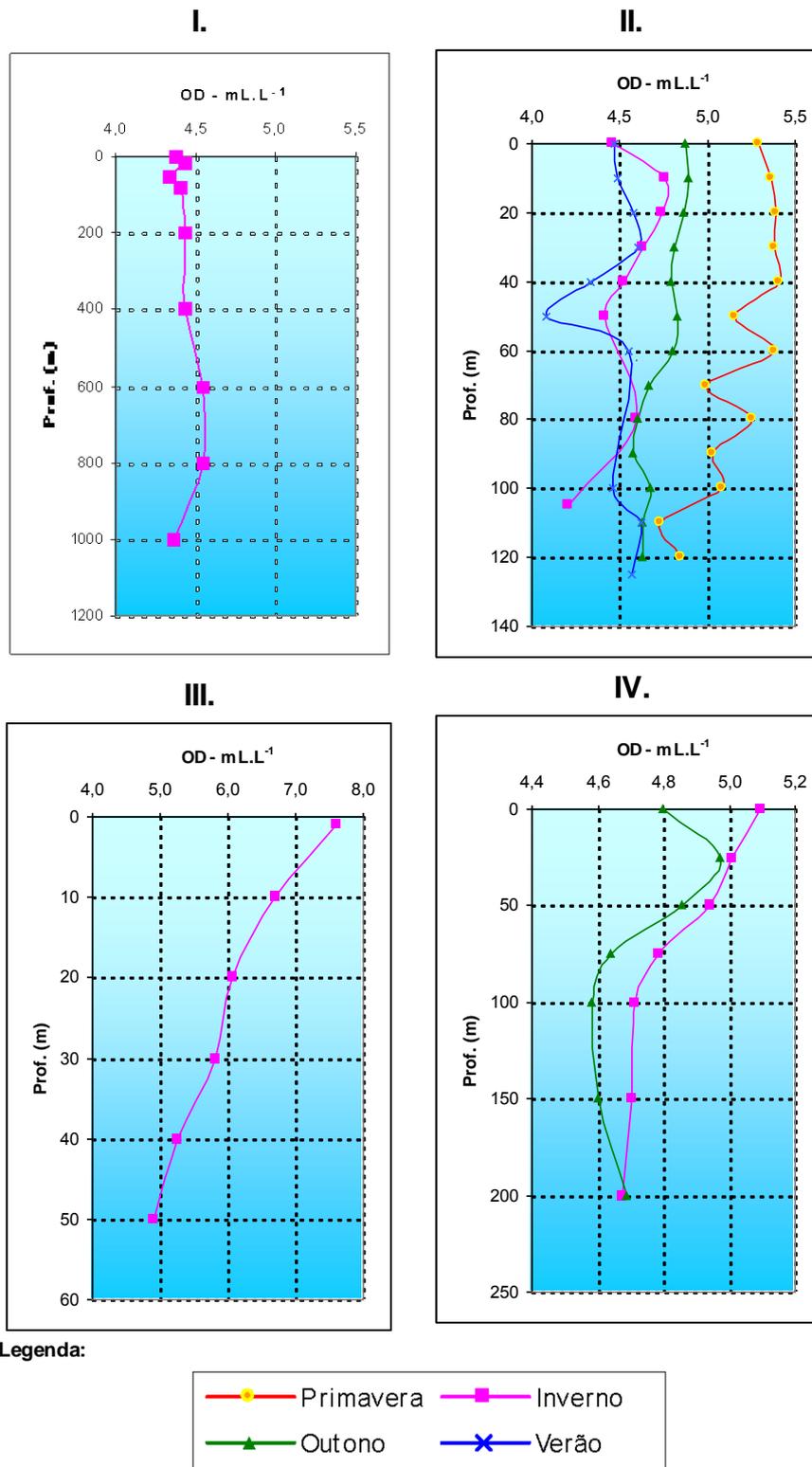
Durante o Monitoramento Ambiental da Unidade de Produção Estacionária FPSO-Espadarte, os valores de OD encontrados foram bastante homogêneos, sem um padrão de distribuição em função da profundidade. A concentração máxima foi de  $5,61 \text{ mL.L}^{-1}$  (na superfície), enquanto a mínima,  $4,00 \text{ mL.L}^{-1}$  (a 75 m de profundidade). Os resultados encontram-se dentro da faixa de variação registrada previamente para a região (PETROBRAS/BIORIO, 2006).

Através da comparação do Quadro II.5.1.3-3, que mostra um resumo dos valores de OD registrados nos levantamentos listados acima, com os valores reportados por Niencheski *et al.*, 1999 (Quadro II.5.1.3-1), verifica-se que o nível de OD na porção sul da Bacia de Campos está dentro do observado para outros estudos na costa brasileira.

**Quadro II.5.1.3-3 - Resumo dos dados de oxigênio dissolvido (OD), em  $\text{mL.L}^{-1}$ , de trabalhos realizados na porção sul da Bacia de Campos.**

LOCAL	OD ( $\text{mL.L}^{-1}$ )	AUTOR
Barracuda e Caratinga	4,0 - 4,7	PETROBRAS/ CENPES, 2002.
Enchov a - SS-06 (Verão)	3,4 - 4,7	PETROBRAS/ CONCREMAT, 2007.
Enchov a - SS-06 (Outono)	4,3 - 5,4	PETROBRAS/ CONCREMAT, 2007.
Enchov a - SS-06 (Inverno)	4,2 - 4,8	PETROBRAS/ CONCREMAT, 2007.
Enchov a - SS-06 (Primavera)	4,7 - 5,4	PETROBRAS/ CONCREMAT, 2007.
Enchov a - PCE-1 (Inverno)	4,3 - 8,2	PETROBRAS/AS, 2006.
Espadarte (Outono)	4,4 - 5,2	PETROBRAS/ BIORIO, 2006.
Espadarte (Inverno)	4,4 - 5,6	PETROBRAS/BIORIO, 2006.

Na Figura II.5.1.3-1, é possível visualizar a distribuição da concentração média de OD por profundidade para alguns dos campos mencionados.



**Figura II.5.1.3-1 - Distribuição vertical do OD em Barracuda e Caratinga (I), SS-06 (II), PCE-1 (III) Espadarte, (IV).**

Fonte: I – PETROBRAS/CENPES (2002); II – PETROBRAS/ Concremat (2007); III – PETROBRAS/AS (2006);; IV - PETROBRAS/BIORIO (2006)

- *pH*

A distribuição dos valores de pH no verão é caracterizada pela convergência de núcleos de máxima concentração, em frente à costa dos Estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo. Este fenômeno também está associado à ocorrência de ressurgência na região. No outono, há um espalhamento de vórtices de máximos por toda a área, dispersando a referida alta concentração na costa do Rio de Janeiro (FUNDESPA, 1994).

Em Barracuda e Caratinga os valores de pH apresentaram estratificação vertical, com maiores valores na superfície e diminuição dos valores com o aumento da profundidade. Os valores encontrados nesses campos estiveram dentro da faixa prevista na literatura (PETROBRAS/CENPES, 2002).

No monitoramento da plataforma SS-66, no campo de Enchova, em áreas oceânicas, afastadas da costa, conforme exposto para as concentrações de OD, os valores de pH se comportaram de forma homogênea ao longo coluna d'água, com pequena redução de valores em direção ao fundo. Este comportamento foi comprovado no decorrer das campanhas de monitoramento (PETROBRAS/Concremat, 2007).

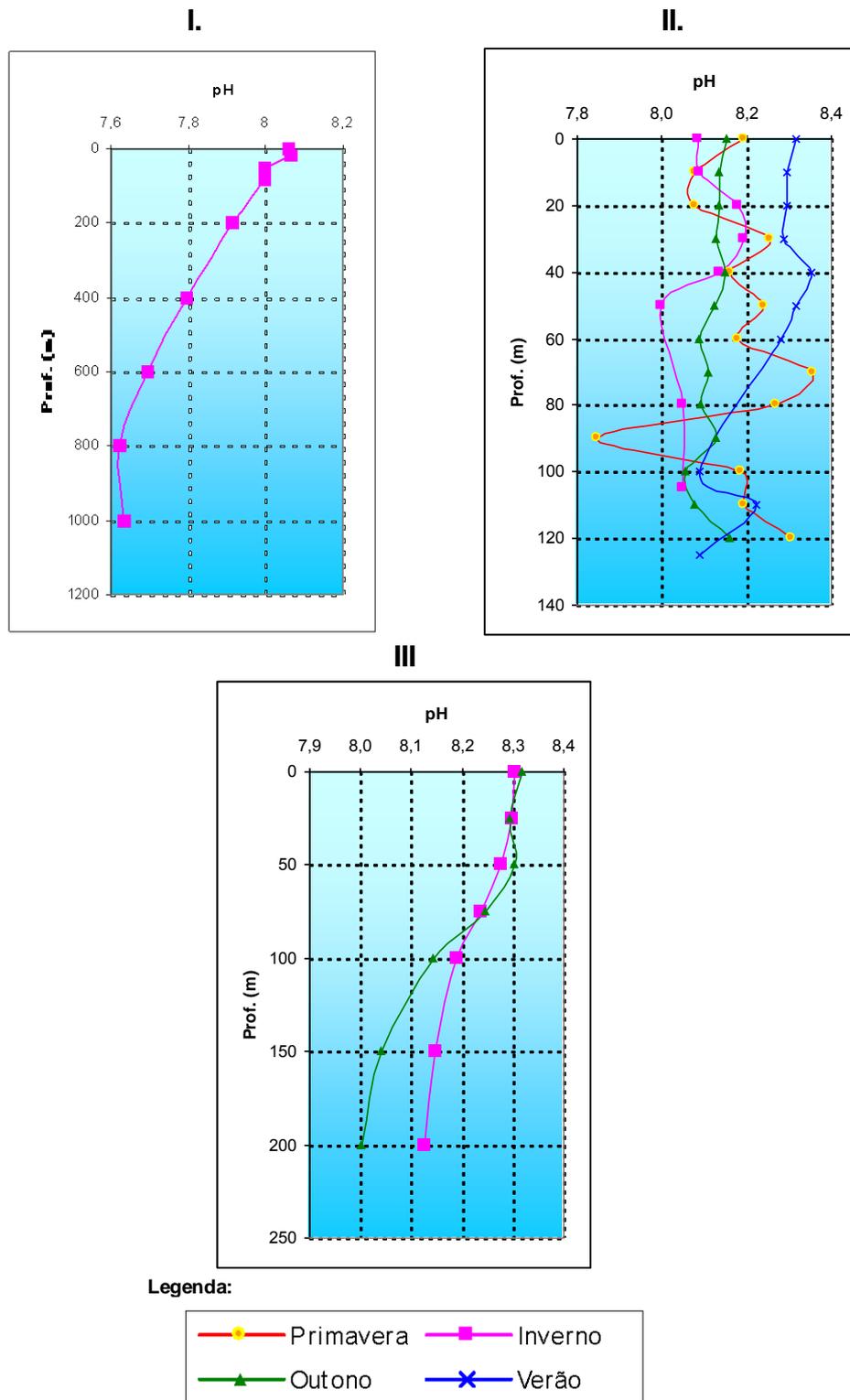
Em Espadarte, os valores de pH apresentaram pequena variabilidade espacial e temporal entre as estações de coleta, com todos os resultados (superfície, meio e fundo) permanecendo dentro da faixa de variação relatada para a região. Os valores de pH obtidos variaram de 7,50 a 8,50, com os menores valores registrados na profundidade de 200 m - estrutura típica de ambientes oceânicos (PETROBRAS/BIORIO, 2006).

Através da comparação do Quadro II.5.1.3-4, que mostra um resumo dos valores de pH registrados nos levantamentos listados acima, com os valores reportados por Niencheski *et al.*, 1999 (Quadro II.5.1.3-1), verifica-se que o nível do pH na porção sul da Bacia de Campos está dentro do observado para outros estudos na costa brasileira.

**Quadro II.5.1.3-4 - Resumo dos dados de pH de trabalhos realizados na porção sul da Bacia de Campos.**

LOCAL	pH	AUTOR
Barracuda e Caratinga	7,6 - 8,1	PETROBRAS/CENPES, 2002
Enchov a - SS-06 (Verão)	7,9 – 8,4	PETROBRAS/CONCREMAT, 2007.
Enchov a - SS-06 (Outono)	7,9 – 8,3	PETROBRAS/CONCREMAT, 2007.
Enchov a - SS-06 (Inverno)	8,0 – 8,2	PETROBRAS/CONCREMAT, 2007.
Enchov a - SS-06 (Primavera)	7,8 – 8,3	PETROBRAS/CONCREMAT, 2007.
Espadarte (Outono)	7,5 – 8,5	PETROBRAS/BIORIO, 2006.
Espadarte (Inverno)	7,9 – 8,4	PETROBRAS/BIORIO, 2006.

Na Figura II.5.1.3-2, é possível visualizar a distribuição da concentração média de pH por profundidade para alguns dos campos mencionados.



**Figura II.5.1.3-2 - Distribuição vertical do pH em Barracuda e Caratinga (I), SS-06 (II), Espadarte (III).**

Fonte: I – PETROBRAS/CENPES (2002); II – PETROBRAS/Concremat (2007); III – PETROBRAS/Biorio (2006).

- *Material Particulado em Suspensão (MPS)*

A quantificação do material particulado em suspensão (MPS) presente nos oceanos é de grande importância para a melhor compreensão da dinâmica e funcionamento de tais ambientes. O MPS pode ser composto por matéria orgânica, inorgânica ou por um misto das duas, configurando-se como uma superfície de contato importante para a ocorrência de reações físico-químicas, químicas ou biológicas. Elevadas concentrações destas partículas reduzem a transparência da água, afetando, portanto, a produtividade primária da região. Adicionalmente, estas partículas ainda constituem uma fonte nutritiva que não deve ser negligenciada (Libes, 1992; Grasshoff *et al.*, 1983).

No trabalho realizado por FUNDESPA (1994) verificou-se uma associação direta entre o fenômeno de ressurgência (em Cabo Frio e na quebra da plataforma) e as diferenças existentes nos dados de MPS obtidos para o verão e inverno, com picos de concentração acima de 25,0 mg.L<sup>-1</sup>.

Durante o programa REVIZEE também foram adquiridos dados de MPS próximo à região da Bacia de Campos, na proximidade do cabo de São Tomé. Foram observados valores entre não detectável e 10,0 mg.L<sup>-1</sup>, na área próxima ao Cabo de São Tomé (Andrade *et al.*, 1999).

A concentração média de MPS na campanha de caracterização de Barracuda e Caratinga variou de 5,82 mg.L<sup>-1</sup> (isóbata mais rasa – 700m) a 7,28 mg.L<sup>-1</sup> (isóbatas de 900 e 1.100m), com distribuição vertical heterogênea e grande variação na camada superficial até a termoclina (PETROBRAS/CENPES, 2002). Abaixo da termoclina os valores apresentam uma certa homogeneidade, seguido de uma diminuição em aproximadamente 800 m de profundidade (núcleo da AIA). Próximo ao fundo, os valores apresentam um aumento relativo, provavelmente associado à ressuspensão do sedimento (PETROBRAS/CENPES, 2002).

De acordo com o monitoramento da plataforma SS-06, no campo de Enchova (PETROBRAS/Concremat, 2007), para o parâmetro MPS, foram observados picos de concentração junto ao fundo nas estações à montante (3000m de distância da plataforma) e jusante (500m de distância da plataforma). Porém de acordo com o autor não é possível, atribuir estas variações à localização espacial,

e deste modo seria um erro sugerir a ocorrência de ressuspensão do sedimento nestes dois pontos.

Os valores de MPS encontrados nas estações próximas à unidade de produção de Espadarte apresentaram variação entre o mínimo de 3,08 e o máximo de 7,76 mg.L<sup>-1</sup>.

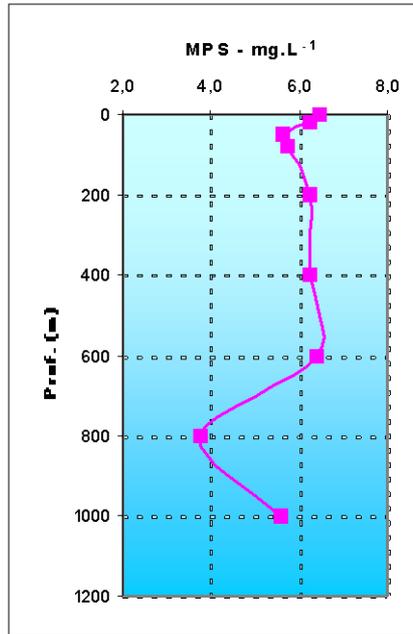
A análise do Quadro II.5.1.3-5 demonstra que a variação dos dados encontrados nos estudos apresentados estão de acordo com o esperado para região (Andrade *et al.*, 1999).

**Quadro II.5.1.3-5 - Resumo dos dados de MPS, em mg.L<sup>-1</sup>, encontrados em trabalhos realizados na porção sul da Bacia de Campos.**

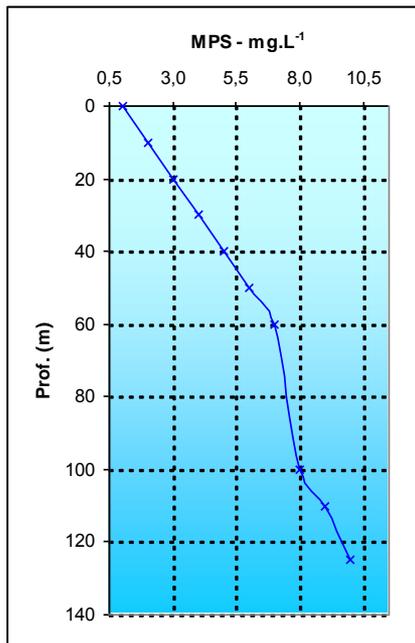
LOCAL	MPS (mg.L <sup>-1</sup> )	AUTOR
Barracuda e Caratinga	3,08 - 7,76	PETROBRAS/CENPES, 2002
SS-06 (Verão)	0,71 - 1,29	PETROBRAS/ CONCREMAT, 2007.
Espadarte (Outono)	1,05 - 8,55	PETROBRAS/BIORIO, 2006.
Espadarte (Inverno)	0,67 - 186	PETROBRAS/BIORIO, 2006.

Na Figura II.5.1.3-3, é possível visualizar a distribuição da concentração média de MPS por profundidade para alguns dos campos mencionados.

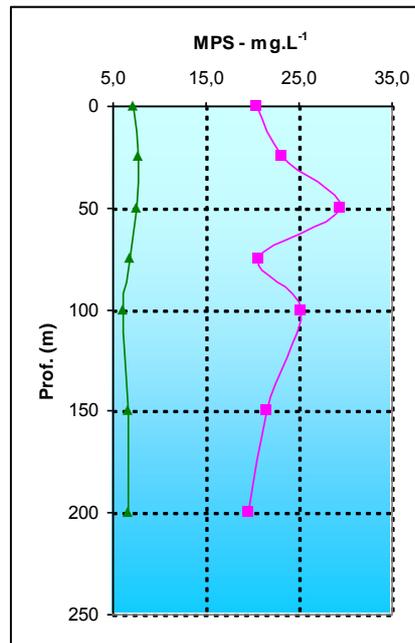
**I.**



**II.**



**III.**



Legenda:



**Figura II.5.1.3-3 - Distribuição vertical do MPS em Barracuda e Caratinga (I), SS-06 (II), Espadarte (III).**

Fonte: I – PETROBRAS/CENPES (2002); II – PETROBRAS/Concremat (2007); III – PETROBRAS/Biorio (2006).

- *Carbono orgânico total (COT), particulado (COP) e dissolvido (COD)*

Dados coletados através do Programa REVIZEE – Central III demonstraram que as concentrações de COD na região oceânica brasileira, entre o Cabo de São Tomé (RJ) e a Baía de Todos os Santos, variam de 0,37 mg.L<sup>-1</sup> a 2,50 mg.L<sup>-1</sup> (Cupelo, 2000).

Os perfis verticais de distribuição do Carbono Orgânico Particulado (COP) na coluna d'água dos campos de Barracuda e Caratinga mostraram padrão decrescente, das camadas superficiais, acima da termoclina, até profundidades inferiores a 200 metros, apresentando valores em torno de 0,02 a 0,08 mg.L<sup>-1</sup> (PETROBRAS/CENPES, 2002).

De forma semelhante, a distribuição vertical do Carbono Orgânico Dissolvido (COD) evidenciou valores mais altos na coluna d'água acima da termoclina (50 m), em direção à superfície, atingindo valores de até 0,66 mg.L<sup>-1</sup> e 2,22 mg.L<sup>-1</sup>, respectivamente (PETROBRAS/CENPES, 2002).

No monitoramento águas do entorno da plataforma SS-06, os valores reportados para o COP, não houve qualquer tipo de padrão para distribuição nas diversas profundidades e estações do ano. Para o COD, há uma pequena tendência de diminuição dos valores de concentração da superfície até águas com maior profundidade (PETROBRAS/Concremat, 2007)

Os valores de COP oscilaram entre 0,03 mg.L<sup>-1</sup> e 0,94 mg.L<sup>-1</sup> e de Carbono COD entre 0,76 mg.L<sup>-1</sup> e 2,04 mg.L<sup>-1</sup>, valores típicos de ambientes oligotróficos (PETROBRAS/AS, 2006)

Os valores de COT em águas do entorno da unidade de produção Espadarte oscilaram entre o mínimo de 0,54 e o máximo de 166 mg. L<sup>-1</sup>. Os perfis verticais possuem uma tendência geral de redução das concentrações de COT da superfície até a profundidade de 200 m (PETROBRAS/BIORIO, 2006).

Os resultados do monitoramento da Unidade de Produção Espadarte apresentaram concentrações de COP oscilando entre o mínimo de 11,0 e o máximo de 335 µg.L<sup>-1</sup>. Os perfis verticais apresentaram, assim como para COT, tendência à diminuição dos valores de COP da superfície até 200 m. o COD, que

oscilou entre o valor mínimo de  $0,98 \text{ mg.L}^{-1}$  e o valor máximo de  $2,44 \text{ mg.L}^{-1}$  (PETROBRAS/BIORIO, 2006).

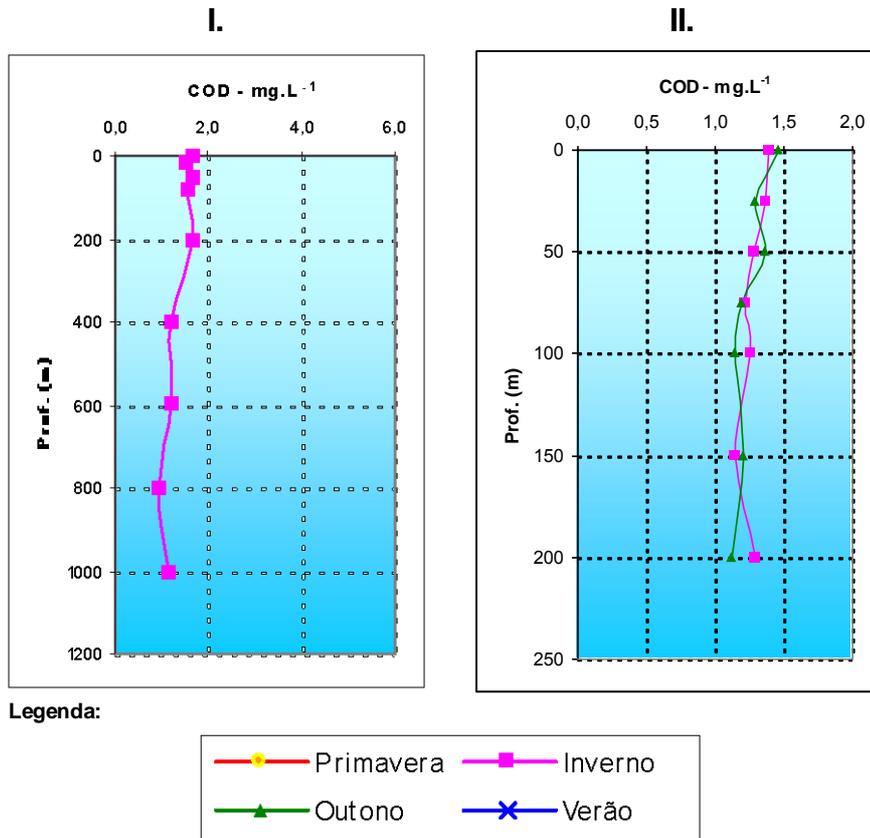
Assim, observando o Quadro II.5.1.3-6 (abaixo) percebe-se que os valores encontrados na área de estudo são ligeiramente superiores ao reportados para aquela faixa do litoral brasileiro.

**Quadro II.5.1.3-6 - Resumo dos dados de Carbono Orgânico Dissolvido (COD), Carbono Orgânico Total (COT) e Carbono Orgânico Particulado (COP), em  $\text{mgC.L}^{-1}$ , encontrados em trabalhos realizados na porção sul da Bacia de Campos.**

LOCAL	COD ( $\text{mgC.L}^{-1}$ )	COT ( $\text{mgC.L}^{-1}$ )	COP ( $\text{mgC.L}^{-1}$ )	AUTOR
Barracuda e Caratinga	0,66 - 2,22	*	0,02 - 0,08	PETROBRAS/CENPES, 2002
Enchov a - SS-06 (Verão)	0,06 - 0,08	*	0,003 - 0,004	PETROBRAS/CONCREMAT, 2007
Espadarte (Outono)	0,53 - 1,99	44,2 - 166	11,0 - 81,8	PETROBRAS/BIORIO, 2006
Espadarte (Inverno)	0,51 - 6,81	0,54 - 46,7	13,3 - 345	PETROBRAS/BIORIO, 2006
Enchov a - PCE-1 (Inverno)	0,76 - 2,04	*	0,03 - 0,09	PETROBRAS/AS, 2006

\*- não analisado

Na Figura II.5.1.3-4, é possível visualizar a distribuição da concentração média de COD por profundidade para alguns dos campos mencionados.



**Figura II.5.1.3-4 - Distribuição vertical do COD em Barracuda e Caratinga (I), Espadarte (II).**

Fonte: I – PETROBRAS/CENPES(2002); II – PETROBRAS/Biorio (2006).

- *Nutrientes*

- ✓ *Fósforo total e Fosfato*

No verão, da Bahia ao Rio de Janeiro, são observadas formações de vórtices e ressurgências locais. Estas últimas podem ocasionar um aumento nos valores de fosfato, que se traduzem em um aumento na produtividade biológica no local (Gaeta *et al.*, 1994 *apud* Mahiques *et al.*, 2002). Durante o inverno, em toda a plataforma da região leste do Brasil, as concentrações encontram-se relativamente mais reduzidas e homogêneas (Niencheski *et al.*, 1999). É importante observar que, de uma forma geral, os valores de fosfato estão

diretamente relacionados ao aporte continental, apresentando, portanto, um decréscimo com o afastamento da costa (PETROBRAS/Habtec, 2002e).

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

Os valores de fosfato encontrados pelo Programa REVIZEE – Central III (em Cupelo, 2000) em águas oligotróficas da Bacia de Campos variaram entre 0,10  $\mu\text{M}$  e 2,05  $\mu\text{M}$ , enquanto Niencheski *et al.* (1999) reportam valores entre 0,05 e 1,90  $\mu\text{M}$  para a costa brasileira (Quadro II.5.1.3-7).

Em Barracuda e Caratinga, não foram observadas variações espaciais significativas entre os pontos de coleta. Entretanto, a distribuição vertical apontou para maiores concentrações nas maiores profundidades, sendo significativa a diferença entre todos os estratos amostrados. As concentrações de fosfato variaram de < 0,02  $\mu\text{M}$  a 2,14  $\mu\text{M}$  (PETROBRAS/CENPES, 2002).

No monitoramento da plataforma SS-06 (Campo de Enchova), as concentrações de fosfato apresentaram um comportamento homogêneo, com valores que oscilaram entre mínimo 0,01  $\mu\text{M}$  e 2,30  $\mu\text{M}$ , apresentando um aumento de valores de acordo com a profundidade (PETROBRAS/ Concremat, 2007).

Em Espadarte foi observada variação relacionada com a profundidade. As maiores concentrações de fosfato foram encontradas no fundo (cerca de 0,01  $\mu\text{M}$ ), contrastando com as concentrações em superfície (cerca de 0,71  $\mu\text{M}$ ) (PETROBRAS/BIORIO, 2006).

A compilação dos dados de fosfato e fósforo total encontrados na Bacia de Campos é apresentada no Quadro II.5.1.3-7, a seguir. Observa-se que os valores encontrados na porção sul da Bacia de Campos estiveram de acordo com o esperado para a costa brasileira (Niencheski *et al.*, 1999).

**Quadro II.5.1.3-7 - Resumo dos dados de fosfato, em  $\mu\text{M}$ , encontrados em trabalhos realizados na porção sul da Bacia de Campos.**

LOCAL	ORTOFOSFATO ( $\mu\text{M}$ )	FÓSFORO TOTAL ( $\mu\text{M}$ )	AUTOR
Barracuda e Caratinga	< 0,02* - 2,15	0,18 - 2,43	PETROBRAS/CENPES, 2002
Enchova - SS-06 (Verão)	0,01 – 0,52	0,05 – 0,60	PETROBRAS/CONCREMAT, 2007

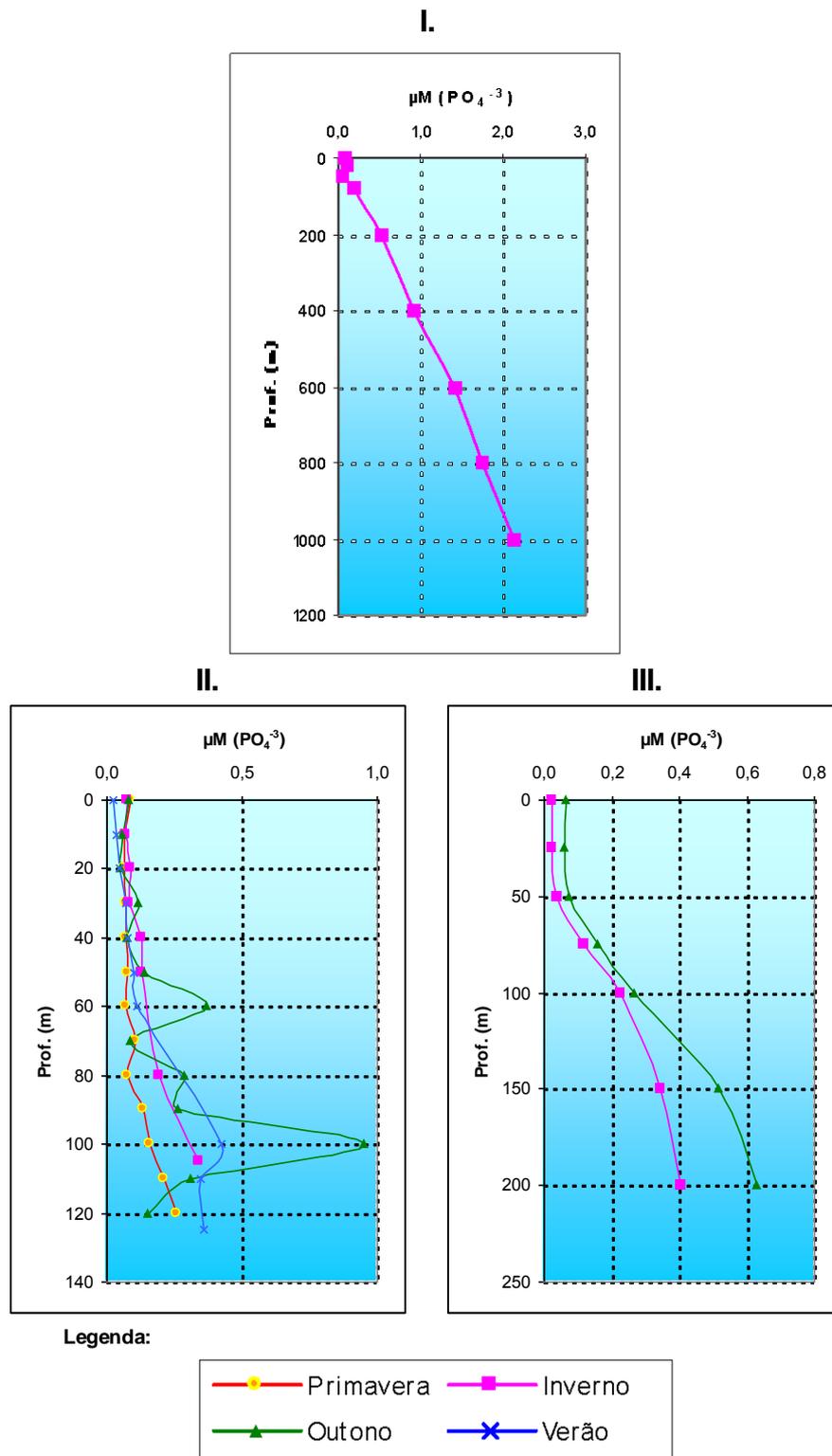
(continua)

Quadro II.5.1.3-7 - (conclusão)

LOCAL	ORTOFOSFATO ( $\mu\text{M}$ )	FÓSFORO TOTAL ( $\mu\text{M}$ )	AUTOR
Enchov a - SS-06 (Outono)	0,01 – 2,30	0,13 – 2,52	PETROBRAS/CONCREMAT, 2007
Enchov a - SS-06 (Inverno)	0,07 – 0,34	0,30 – 0,70	PETROBRAS/CONCREMAT, 2007
Enchov a - SS-06 (Primav era)	0,07 – 0,26	0,24 – 0,39	PETROBRAS/CONCREMAT, 2007
Espadarte (Outono)	0,02 – 0,71	0,25 – 1,13	PETROBRAS/BIORIO, 2006
Espadarte (Inv erno)	0,01 – 0,48	0,09 – 0,54	PETROBRAS/BIORIO, 2006

\* – abaixo do limite de detecção

Na Figura II.5.1.3-5, é possível visualizar a distribuição da concentração média de fosfato por profundidade para alguns dos campos mencionados. Observa-se que, em todos os trabalhos analisados, a distribuição vertical deste composto apresenta um padrão bem definido, com menores concentrações em superfície e aumento ao longo da coluna d'água.



**Figura II.5.1.3-5 - Distribuição vertical da concentração média de fosfato em Barracuda e Caratinga (I), SS-06 (II), Espadarte (III).**

Fonte: I – PETROBRAS/CENPES (2001);  
 II – PETROBRAS/Concremat(2007);  
 III – PETROBRAS/Biorio (2006).

Para o fósforo total, no verão, as concentrações são relativamente menores que na primavera. Em toda a costa brasileira, as maiores concentrações localizam-se sempre junto ao fundo (Niencheski *et al.*, 1999).

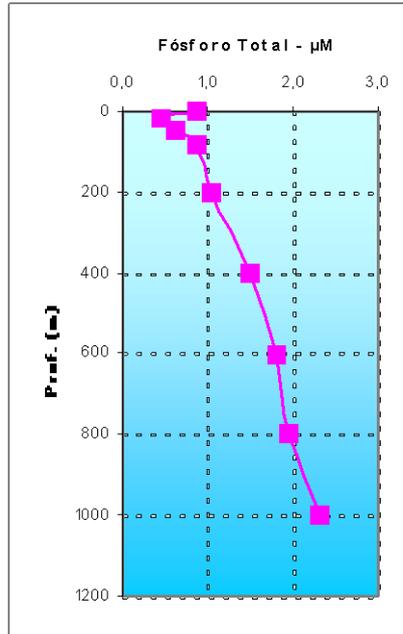
Em Barracuda e Caratinga, o menor valor de fósforo total encontrado foi de 0,18  $\mu\text{M}$ , registrado a 20 m de profundidade, e o maior (2,43  $\mu\text{M}$ ) a 1000 m de profundidade (PETROBRAS/CENPES, 2002).

No monitoramento da plataforma SS-06 (Campo de Enchova), os valores de fósforo total apresentaram um comportamento semelhante ao verificado para o fosfato, com aumento dos valores da concentração, conforme aumentam as profundidades de coleta das amostras, os valores mais extremos encontrados foram de 0,04  $\mu\text{M}$  e 2,51  $\mu\text{M}$  (PETROBRAS/Concremat, 2007).

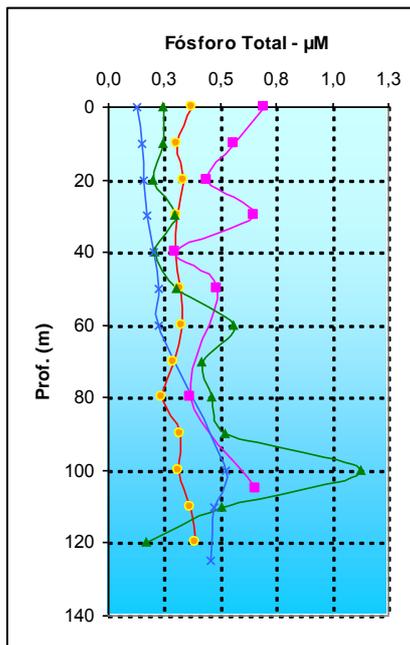
O mesmo padrão foi encontrado em Espadarte, com concentrações de fósforo total aumentando da superfície para o fundo, com valor máximo de 0,01  $\mu\text{M}$ , em direção ao fundo, com média 0,71  $\mu\text{M}$  (PETROBRAS/BIORIO, 2006).

O padrão de distribuição das concentrações de fósforo total em alguns dos estudos realizados na porção sul da Bacia de Campos está disposto na Figura II. 5.1.3-6.

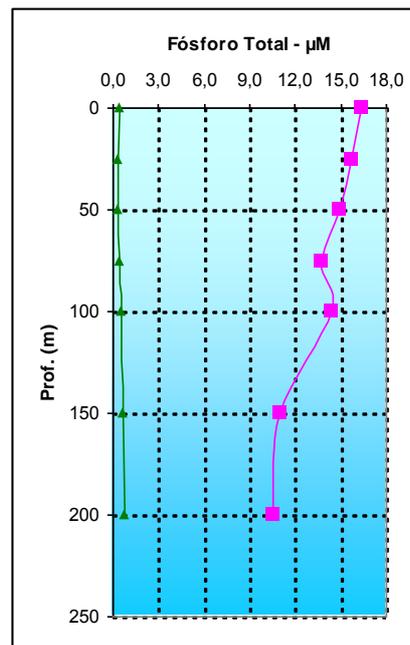
I.



II.



III.



Legenda:



**Figura II.5.1.3-6 - Distribuição vertical da concentração média de fósforo total em, Barracuda e Caratinga (I), SS-06 (II), Espadarte (III).**

Fonte: I – PETROBRAS/CENPES (2002);  
 II – PETROBRAS/Concremat (2007);  
 III – PETROBRAS/Biorio (2006).

- *Nitrito, nitrato e amônia*

Os compostos nitrogenados são elementos importantes para o desenvolvimento fitoplanctônico, sendo limitantes da atividade fotossintética, pelo fato de sua velocidade de regeneração, através de reações bioquímicas, ser inferior à taxa de utilização pelos organismos fotossintéticos (Sverdrup, 1942).

No verão, nos 100 primeiros metros de profundidade, podem ser distinguidos vórtices na região leste da costa brasileira, possivelmente ressurgidos da ACAS, que flui em profundidades abaixo da Corrente do Brasil. No outono, com o enfraquecimento do fenômeno de formação de vórtices, o registro de nitrito fica muito tênue. No inverno, suas concentrações são pequenas, atingindo valores de 0,30  $\mu\text{M}$ . Com a chegada da primavera e o reinício da ressurgência, voltam os vórtices, fazendo com que as concentrações de nitrito, ao longo da região leste, cheguem a um máximo de 0,90  $\mu\text{M}$  (Weber *et al.*, 1994).

Em observações realizadas durante dois eventos de ressurgência, um em Cabo Frio e outro em Arraial do Cabo, as concentrações de nitrito atingiram 1,50  $\mu\text{M}$  (Valentin, 1983) e 0,56  $\mu\text{M}$ , respectivamente (Cupelo, 1997).

De uma forma geral, os valores registrados na Bacia de Campos durante o estudo da FUNDESPA (1994), 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 que gera um enriquecimento nas condições oligotróficas típicas do oceano aberto.

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

No monitoramento da plataforma SS-06, no campo de Enchova, não foi encontrada influência marcante da termoclina na distribuição do nitrito na coluna d' água. Os valores ligeiramente mais elevados encontrados não indicam contaminação do meio. O menor valor encontrado foi 0,01  $\mu\text{M}$  e o maior, 0,60  $\mu\text{M}$ .

Os valores de nitrito observados em Espadarte variaram entre não detectável ( $< 0,015 \mu\text{M}$ ) a  $7,57 \mu\text{M}$ , se apresentando na mesma faixa dos valores relatados por Niencheski *et al.* (1999) e Andrade *et al.* (1999), para a região.

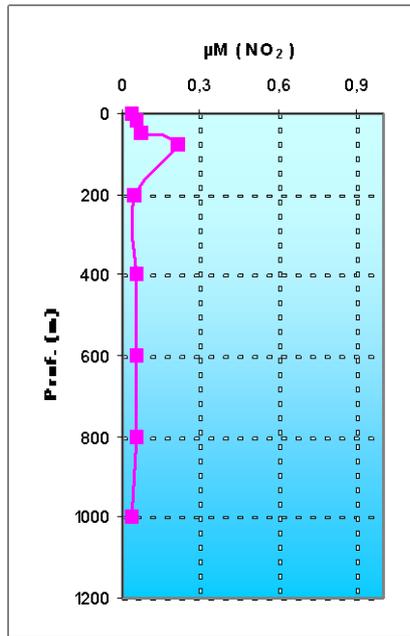
As concentrações de nitrito reportadas para a costa brasileira em diversos estudos (Weber *et al.*, 1994; Niencheski *et al.*, 1999) reportam oscilações na concentração de nitrito entre  $0,01 \mu\text{M}$  e  $0,95 \mu\text{M}$ , podendo atingir  $1,50 \mu\text{M}$  em áreas de ressurgência (Valentin, 1984). Os valores obtidos para a porção sul da Bacia de Campos apresentados neste diagnóstico estão de acordo com esses valores reportados na literatura (Quadro II.5.1.3-8).

**Quadro II.5.1.3-8 - Resumo dos dados de nitrito, em  $\mu\text{M}$ , de trabalhos realizados na porção sul da Bacia de Campos.**

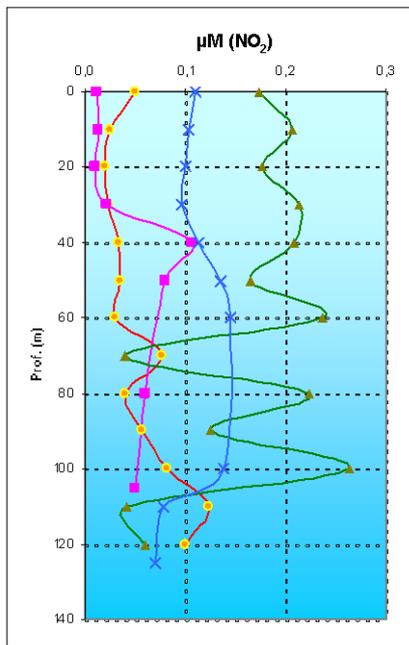
LOCAL	NITRITO ( $\mu\text{M}$ )	AUTOR
Barracuda e Caratinga	0,02 - 0,21	PETROBRAS/CENPES, 2002
Enchova - SS-06 (Verão)	0,02 - 0,24	PETROBRAS/CONCREMAT, 2007
Enchova - SS-06 (Outono)	0,01 - 0,60	PETROBRAS/CONCREMAT, 2007
Enchova - SS-06 (Inverno)	0,01 - 0,10	PETROBRAS/CONCREMAT, 2007
Enchova - SS-06 (Primavera)	0,02 - 0,12	PETROBRAS/CONCREMAT, 2007
Espadarte (Outono)	0,01 - 0,34	PETROBRAS/AS, 2006
Espadarte (Inverno)	0,01 - 7,57	PETROBRAS/AS, 2006

A presença de um padrão vertical nas concentrações de nitrito nos diversos estudos realizados na porção sul da Bacia de Campos pode ser observada na Figura II.5.1.3-7, onde estão plotadas as médias das concentrações deste nutriente em cada profundidade amostrada, por estudo. Percebe-se que, na maioria dos estudos, as maiores concentrações de nitrito são encontradas nas camadas intermediárias da coluna d'água.

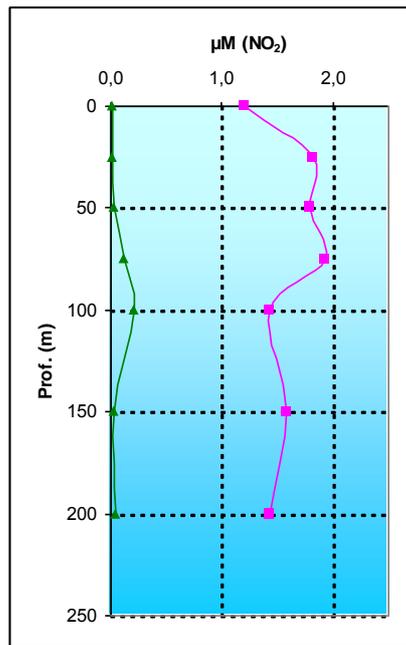
I.



II.



III.



Legenda:



**Figura II.5.1.3-7 - Distribuição vertical da concentração média de nitrito ( $\mu\text{M}$ ) em, Barracuda e Caratinga (I), SS-06 (II), Espadarte (III).**

Fonte: I – PETROBRAS/CENPES (2002);  
II – PETROBRAS/Concremat (2007);  
III – PETROBRAS/Biorio (2006).

Niencheski *et al.* (1999) reportam baixos valores de nitrato no verão, nas regiões de domínio da Corrente do Brasil (áreas costeiras e oceânicas, até 100 metros de profundidade). No outono, a ocorrência de maiores valores de nitrato no ponto de localização da ACAS na coluna d'água (geralmente por volta dos 200 m de profundidade) sugere uma relação direta com o fenômeno da ressurgência, enquanto que na primavera, suas 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 na coluna d'água, que podem atingir até 15,0  $\mu\text{M}$  em Cabo Frio (Valentin, 1983) e 4,70  $\mu\text{M}$  em Arraial do Cabo (Cupelo, 1997).

Em Barracuda e Caratinga, o nitrato foi o nutriente mais abundante, oscilando entre 0,27  $\mu\text{M}$  e 37,8  $\mu\text{M}$ . 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/CENPES, 2002).

No monitoramento da plataforma SS-06 (Campo de Enchova), as concentrações de nitrato encontradas apresentaram distribuição homogênea. Considerando-se todas as campanhas de monitoramento é possível observar nítida recuperação do estoque de nitrato durante o inverno, quando foram obtidos valores expressivamente maiores que nas demais estações do ano (PETROBRAS/ Concremat, 2007).

Os valores de Nitrato encontrados no monitoramento da PCE-1, também em Enchova, oscilaram entre 0,50  $\mu\text{M}$  e 8,74  $\mu\text{M}$ , apresentando um comportamento de decréscimo na sua concentração a medida que a profundidade aumenta (PETROBRAS/AS, 2006).

As concentrações de nitrato em Espadarte seguiram um padrão típico de estratificação, definido pela distribuição vertical das massas d'água. Os valores estiveram entre 0,01  $\mu\text{M}$  e 55,7  $\mu\text{M}$  (PETROBRAS/BIORIO, 2006).

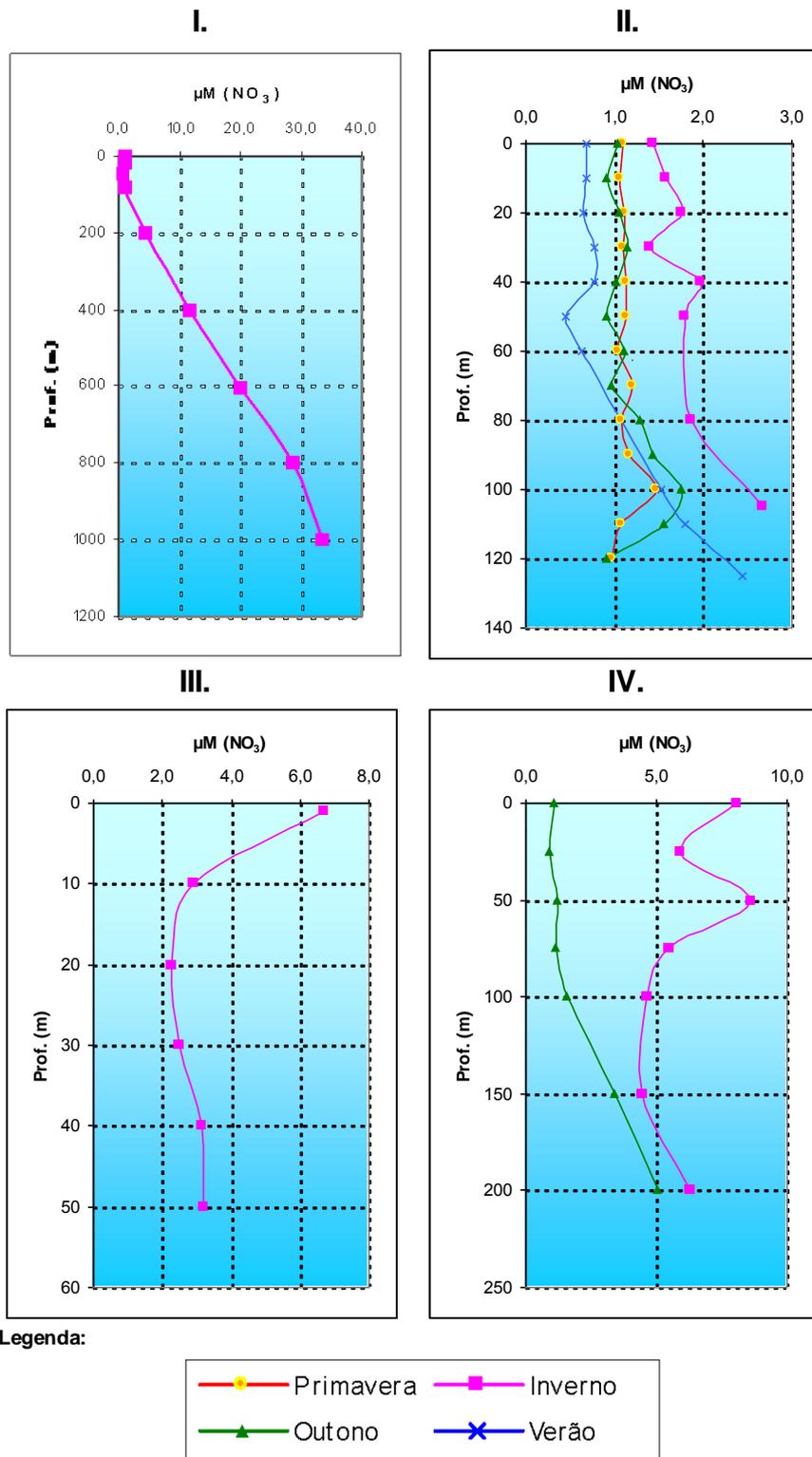
Dados pretéritos de nitrato na costa brasileira apontam variações entre 0,20  $\mu\text{M}$  e 20,0  $\mu\text{M}$  (Niencheski *et al.*, 1999). O Quadro II.5.1.3-9 apresenta o

resumo dos dados de nitrato reportados neste diagnóstico para a porção sul da Bacia de Campos. Observa-se que as concentrações de nitrato nestes estudos estão na mesma ordem de grandeza dos dados reportados na literatura.

**Quadro II.5.1.3-9 - Resumo dos dados de nitrato, em  $\mu\text{M}$ , em trabalhos realizados na porção sul da Bacia de Campos.**

LOCAL	NITRATO ( $\mu\text{M}$ )	AUTOR
Barracuda e Caratinga	0,27 - 37,8	PETROBRAS/CENPES, 2002
Enchov a - SS-06 (Verão)	0,30 - 2,45	PETROBRAS/CONCREMAT, 2007,
Enchov a - SS-06 (Outono)	0,57 - 2,20	PETROBRAS/CONCREMAT, 2007
Enchov a - SS-06 (Inverno)	1,40 - 2,68	PETROBRAS/CONCREMAT, 2007
Enchov a - SS-06 (Primavera)	0,97 - 1,47	PETROBRAS/CONCREMAT, 2007
Enchov a - PCE-1 (Inverno)	0,50 - 8,75	PETROBRAS/AS, 2006
Espadarte (Outono)	0,15 - 6,27	PETROBRAS/BIORIO, 2006
Espadarte (Inverno)	0,01 - 55,7	PETROBRAS/BIORIO, 2006

Na Figura II.5.1.3-8 são apresentados os perfis verticais de nitrato registrados para os diferentes trabalhos acima citados. Através desta figura pode-se inferir que a distribuição deste nutriente na área sul da Bacia de Campos tem um padrão de estratificação constante e bem definido.



**Figura II.5.1.3-8 - Distribuição vertical da concentração média de nitrato (µM) em, Barracuda e Caratinga (I), SS-06 (II), PCE-1 (III), Espadarte (IV).**

Fonte: I – PETROBRAS/CENPES (2002);  
 II – PETROBRAS/Concremat (2007);  
 III – PETROBRAS/BIORIO (2006), IV – PETROBRAS/AS (2006).

A amônia é normalmente encontrada em baixas quantidades na região da Bacia de Campos, principalmente devido a sua rápida mineralização e consumo pelos produtores primários (FUNDESPA, 1994). O registro de altas concentrações de amônia, assim como de nitrito, em águas oceânicas pode indicar a ocorrência de ressurgências (Grasshoff *et al.*, 1983), o que é evidenciado pelos máximos registrados por Valentin (1983), de 1,50  $\mu\text{M}$ , e Cupelo (1997), 2,76  $\mu\text{M}$ , durante eventos de ressurgência em Arraial do Cabo.

Os valores de amônia encontrados em Barracuda e Caratinga foram, na maioria das estações, iguais ao limite de detecção de método empregado (0,03  $\mu\text{M}$ ), conforme observado em outros estudos da mesma região (PETROBRAS/CENPES, 2002).

No monitoramento da plataforma SS-06 (Campo de Enchova), foi possível identificar uma homogeneidade na distribuição dos valores tanto nas estações a montante quanto a jusante da plataforma, com valores entre 0,03  $\mu\text{M}$  e 1,61  $\mu\text{M}$ . (PETROBRAS/Concremat, 2007)

Em Espadarte, os valores de amônia foram encontrados 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).

O Quadro II.5.1.3-10 apresenta o resumo dos dados de amônia reportados neste diagnóstico para a porção sul da Bacia de Campos.

**Quadro II.5.1.3-10 - Resumo dos dados de amônia, em  $\mu\text{M}$ , em trabalhos realizados na porção sul da Bacia de Campos.**

LOCAL	AMÔNIA ( $\mu\text{M}$ )	AUTOR
Barracuda e Caratinga	0,03* - 0,26	PETROBRAS/CENPES, 2002
Enchova - SS-06 (Verão)	0,06 – 0,24	PETROBRAS/ CONCREMAT, 2007
Enchova - SS-06 (Outono)	0,07 – 1,61	PETROBRAS/ CONCREMAT, 2007
Enchova - SS-06 (Inverno)	0,05 – 1,08	PETROBRAS/ CONCREMAT, 2007
Enchova - SS-06 (Primavera)	0,03 – 1,09	PETROBRAS/CONCREMAT, 2007
Espadarte (Outono)	0,05 – 0,14	PETROBRAS/BIORIO, 2006
Espadarte (Inverno)	0,03 – 5,46	PETROBRAS/BIORIO, 2006
* – abaixo do limite de detecção		

- *Silicato*

Embora o silicato não seja considerado como nutriente limitante na fotossíntese fitoplanctônica, baixas concentrações deste composto ou a sua ausência podem comprometer a existência de microalgas, como as diatomáceas, que têm esqueleto composto por sílica (Laws, 1997). As altas concentrações de silicato (sílica) são associadas ao aporte de águas continentais e a ressurgências (FUNDESPA, 1994).

Em Barracuda e Caratinga, a estratificação vertical das concentrações de silicato também foi evidente, com valores entre 0,38  $\mu\text{M}$  e 33,9  $\mu\text{M}$  (PETROBRAS/CENPES, 2002).

Em Enchova, nos dados obtidos no monitoramento da plataforma SS-66,, é possível observar valores mais elevados deste elemento no período do inverno, o que corrobora ao padrão descrito para os nutrientes em geral. Na primavera, no entanto, foram observados de um modo geral os valores mais baixos, com mínimo de: 0,75  $\mu\text{M}$  e máximo de 1,70  $\mu\text{M}$  (PETROBRAS/Concremat, 2007).

No monitoramento da plataforma PCE-1, também em Enchova, as concentrações de silicato foram reduzidas, onde os valores de silicato variam entre 0,05 $\mu\text{M}$  e 0,27 $\mu\text{M}$  (PETROBRAS/AS, 2006).

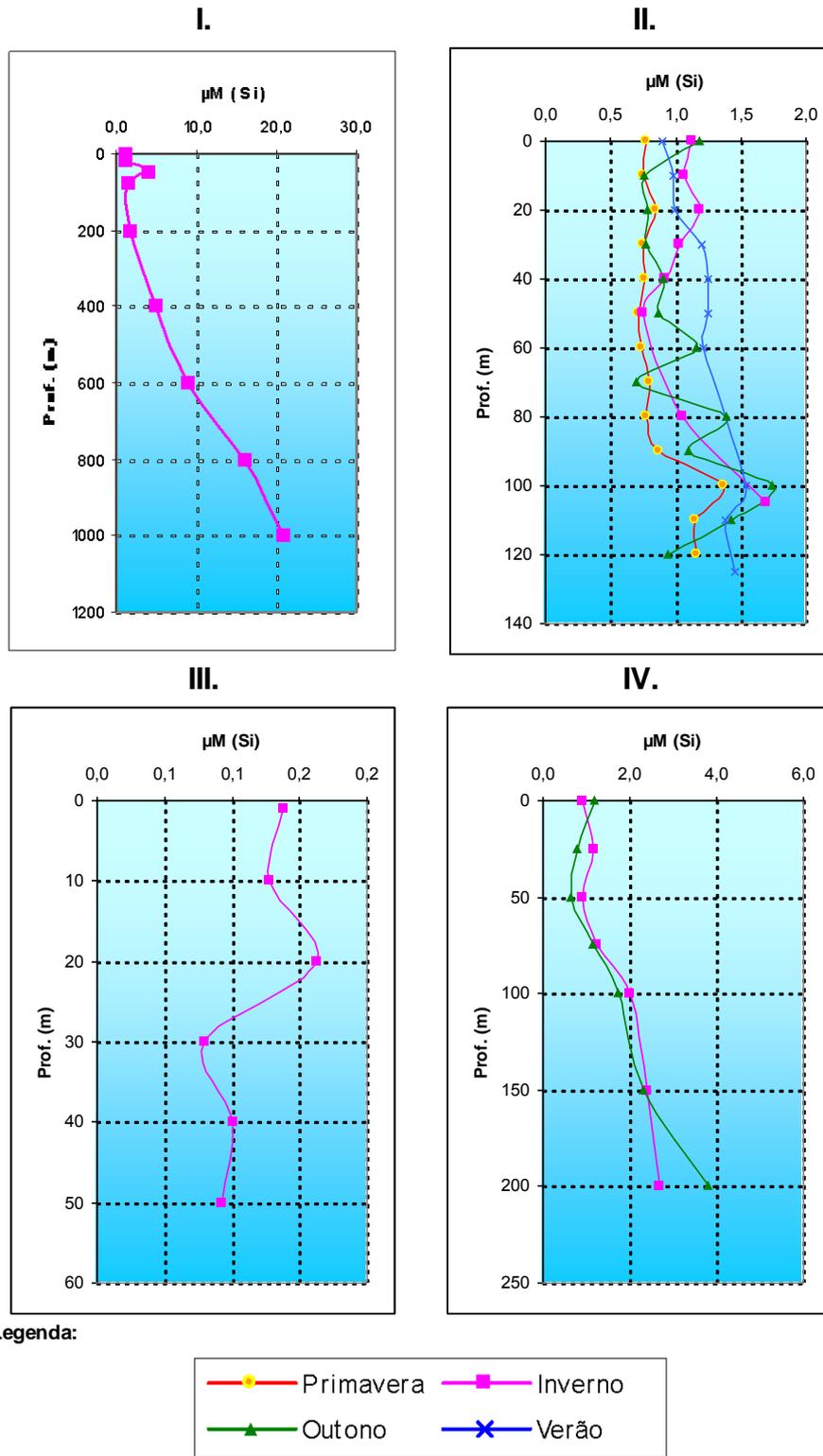
Em Espadarte, os valores superficiais de silicato foram muito baixos na superfície, provavelmente devido ao consumo pelo fitoplâncton, aumentando com a profundidade. Em superfície, a concentração de silicato variou de 1,18  $\mu\text{M}$  a 6,20  $\mu\text{M}$ , enquanto no fundo os valores estiveram entre 3,02  $\mu\text{M}$  e 9,87  $\mu\text{M}$  (PETROBRAS/BIORIO, 2006).

O Quadro II.5.1.3-11 apresenta os valores de silicato registrados para diversos campos da porção sul da Bacia de Campos.

**Quadro II.5.1.3-11 - Resumo dos valores de Silicato, em  $\mu\text{M}$ , registrados em trabalhos realizados na porção sul da Bacia de Campos.**

LOCAL	SILICATO ( $\mu\text{M}$ )	AUTOR
Barracuda e Caratinga	0,38 - 33,9	PETROBRAS/CENPES, 2002
Enchov a - SS-06 (Verão)	0,75 - 1,60	PETROBRAS/CENPES, 2002
Enchov a - SS-06 (Outono)	0,49 - 2,07	PETROBRAS/CENPES, 2007
Enchov a - SS-06 (Inverno)	0,75 - 1,70	PETROBRAS/CENPES, 2007
Enchov a - SS-06 (Primavera)	0,71 - 1,37	PETROBRAS/CENPES, 2007
Enchov a - PCE-1 (Inverno)	0,05 - 0,27	PETROBRAS/AS, 2006
Espadarte (Outono)	0,30 - 7,27	PETROBRAS/BIORIO, 2006
Espadarte (Inverno)	0,42 - 3,41	PETROBRAS/BIORIO, 2006

Na Figura II.5.1.3-9, observa-se a distribuição vertical das concentrações médias de silicato para alguns dos estudos acima citados, onde pode-se constatar, também, um aumento de concentração com a profundidade.



**Figura II.5.1.3-9 - Distribuição vertical da concentração média de silicato ( $\mu\text{M}$ ) em Barracuda e Caratinga (I), SS-06 (II PCE-1) (III), Espadarte (IV).**

Fonte: I – PETROBRAS/CENPES (2002);  
 II – PETROBRAS/Concremat (2007);  
 III – PETROBRAS/Biorio (2006), IV - PETROBRAS/AS (2006).

- *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).

Dados do Programa REVIZEE – Central III (apresentado em Cupelo, 2000) apontaram valores de clorofila entre  $0,04 \mu\text{g.L}^{-1}$  e  $1,63 \mu\text{g.L}^{-1}$  para a região da costa central, valores estes característicos de regiões oligotróficas, sustentadas pela produção primária regenerada.

Os valores de clorofila encontrados no Programa de Monitoramento Ambiental Oceânico (FUNDESPA, 1994) também refletem a oligotrofia das condições ambientais do oceano aberto, estando as maiores concentrações restritas a águas rasas ( $< 20 \text{ m}$ ), próximas à região costeira.

Em Barracuda e Caratinga, a distribuição vertical da clorofila *a* mostrou um máximo na profundidade de 80 m, com diminuição até 200 m, onde não era mais detectável. Os valores, no geral, oscilaram entre  $< 0,02 \mu\text{g.L}^{-1}$  e  $2,29 \mu\text{g.L}^{-1}$  (PETROBRAS/CENPES, 2002).

No monitoramento da plataforma SS-06 (Campo de Enchova), não foram detectadas diferenças importantes nos valores de clorofila *a* encontrados a montante e jusante da plataforma, além disso, as concentrações de clorofila *a* encontradas em todas as campanhas foram semelhantes (PETROBRAS/ Concremat, 2007).

No monitoramento da plataforma PCE-1 (Campo de Enchova), a maior concentração de clorofila *a* foi de  $1,48 \mu\text{g.L}^{-1}$  na estação 1 e a menor concentração, foi de  $0,22 \mu\text{g.L}^{-1}$  (PETROBRAS/AS, 2006).

Em Espadarte, os valores de clorofila *a* obtidos na campanha de inverno confirmam a oligotrofia da região oceânica da Bacia de Campos. Os valores observados estiveram na faixa entre não detectável ( $< 0,02 \mu\text{g.L}^{-1}$ ) até  $1,70 \mu\text{g.L}^{-1}$ . Os maiores valores foram encontrados na superfície, enquanto que a 150 m de

profundidade, os valores foram menores ou não detectáveis, o que é esperado, considerando a pouca ou nenhuma disponibilidade de luz, que limita o crescimento das populações fitoplanctônicas (PETROBRAS/BIORIO, 2006).

Os valores de clorofila *a* encontrados na porção sul da Bacia de Campos encontram-se sumarizados no quadro abaixo. Analisando-se esta tabela, verifica-se que, os valores de clorofila *a* de todos os campos estudados encontram-se na mesma ordem de grandeza registrada na literatura.

**Quadro II.5.1.3-12 - Resumo dos dados de clorofila *a*, em  $\mu\text{g.L}^{-1}$ , registrados em trabalhos realizados na porção sul da Bacia de Campos.**

LOCAL	CLOROFILA ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	AUTOR
Barracuda e Caratinga	0,02 – 2,29	PETROBRAS/CENPES, 2002
Enchov a - SS-06 (Verão)	0,25 – 0,29	PETROBRAS/CONCREMAT, 2007
Enchov a - SS-06 (Outono)	0,03 – 0,56	PETROBRAS/CONCREMAT, 2007
Enchov a - SS-06 (Inverno)	0,04 – 0,49	PETROBRAS/CONCREMAT, 2007
Enchov a - SS-06 (Primavera)	0,05 – 0,53	PETROBRAS/CONCREMAT, 2007
Enchov a - PCE-1 (Inverno)	0,15 – 1,48	PETROBRAS/AS, 2006
Espadarte (Outono)	0,01 – 1,70	PETROBRAS/BIORIO, 2006
Espadarte (Inverno)	0,01 – 0,43	PETROBRAS/BIORIO, 2006

- *Hidrocarbonetos Totais de Petróleo (HTP)*

Durante o Programa de Monitoramento Ambiental da Bacia de Campos (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 (FUNDESPA, 1994).

Entretanto, durante a campanha de verão, foram encontradas concentrações de até  $26,3 \mu\text{g.L}^{-1}$  (superfície) e  $31,2 \mu\text{g.L}^{-1}$  (fundo) de Hidrocarbonetos Totais de Petróleo (HTPs dispersos e/ou dissolvidos), na região próxima a Macaé (FUNDESPA, 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 II.5.1.3-13 - Síntese dos resultados de hidrocarbonetos nas amostras de água das 3 campanhas de monitoramento realizadas por FUNDESPA (1994).**

CAMPANHA	Nº DE AMOSTRAS	EVIDÊNCIAS
Inv erno 91	33 de água	0,16 – 1,88 $\mu\text{g.L}^{-1}$ típicas de águas não contaminadas
Verão 92	265 de água	121 amostras > 2,00 $\mu\text{g.L}^{-1}$ ; 23 amostras > 10,0 $\mu\text{g.L}^{-1}$
Inv erno 92	222 de água	193 amostras < 2,00 $\mu\text{g.L}^{-1}$ 26 amostras > 2,00 $\mu\text{g.L}^{-1}$ e 3 amostras > 10,0 $\mu\text{g.L}^{-1}$

Fonte: FUNDESPA (1994).

Os resultados de HTPs acima de 10  $\mu\text{g.L}^{-1}$  são típicos de ambientes influenciados 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. A concentração média de HTP encontrada em Barracuda e Caratinga foi de  $3,32 \pm 0,71 \mu\text{g.L}^{-1}$  (PETROBRAS/CENPES, 2002).

- *Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA)*

A título de comparação, podem ser citados os níveis de HPAs (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 0,01  $\mu\text{g.L}^{-1}$  e 0,03  $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) (Laws, 1997; NRC, 1995), embora possam chegar a 0,05  $\mu\text{g.L}^{-1}$  (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, tal como o teor de material particulado em suspensão, que podem interferir nos resultados devido à tendência dos HPAs estarem associados a fases sólidas (Karickhoff *et al*, 1979 *apud* Ko & Baker, 2004).

A literatura cita que concentrações de HPA de até  $2,00 \mu\text{g.L}^{-1}$  são típicas de ambientes não contaminados por hidrocarbonetos de petróleo (Law, 1981; Weber e Bicego, 1991; FUNDESPA, 1994). Outros autores são mais restritivos e citam como limite para a indicação de contaminação por HPA em água, os níveis superiores a  $1,00 \mu\text{g.L}^{-1}$  (Knap *et al.*, 1986). Resultados de HPA totais acima de  $10 \mu\text{g.L}^{-1}$  são relativos a ambientes efetivamente afetados por introdução antrópica de hidrocarbonetos de petróleo (FUNDESPA, 1994), enquanto que níveis de 10 a  $30 \mu\text{g.L}^{-1}$  foram encontrados próximos a plataformas de produção (UNEP, 1991).

É importante ressaltar que a análise de hidrocarbonetos por fluorescência UV não corresponde somente a HPAs, 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 análise de hidrocarbonetos aromáticos, uma vez que permite a quantificação e a caracterização dos hidrocarbonetos existentes na água (GESAMP, 1993).

Considerando o que se conhece sobre a distribuição de HPAs em águas oceânicas e em águas próximas a campos de produção de petróleo, são poucos os dados disponibilizados sobre a distribuição de HPAs individuais para águas brasileiras.

Em Enchova, durante o monitoramento da plataforma SS-06, poucas amostras analisadas em todas as campanhas realizadas, apresentaram valores detectáveis para algum dos HPA. Com valor muito reduzido próximo ao limite de detecção analítico empregado. De acordo com os valores dos dados encontrados no ambiente pelágico próximo da plataforma SS-06 apresentam-se em níveis inferiores aos sugeridos como naturais para áreas não contaminadas do oceano Atlântico (PETROBRAS/Concremat, 2007). Em outro monitoramento no Campo de Enchova, não foram detectados teores de HPAs na água da área da UEP PCE-1 (PETROBRAS/AS, 2006).

No monitoramento da FPSO-Espadarte, a maioria das amostras analisadas estiveram abaixo do limite de detecção do método, e somente cinco amostras apresentaram valores acima do LD, porém os valores foram considerados dentro

da faixa de concentração natural para regiões oceânicas (PETROBRAS/BIORIO, 2006).

- *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. Estão muitas vezes associados a produtos químicos utilizados em atividades de produção, bem como em resíduos oriundos de refinarias.

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  $0,050 \mu\text{g.L}^{-1}$  (PETROBRAS/CENPES, 2002).

Nas campanhas de monitoramento da plataforma SS-06, no campo de Enchova, o teor de fenóis variou de níveis abaixo do menor limite de detecção analítico empregado ( $0,001 \text{ mg.L}^{-1}$ ) até  $0,008 \text{ mg.L}^{-1}$  em boa parte das amostras os valores foram inferiores a  $0,005 \text{ mg.L}^{-1}$  (PETROBRAS/ Concremat, 2007). Em outro monitoramento no Campo de Enchova, não foram detectados teores de fenóis na água da área da UEP PCE-1 (PETROBRAS/AS, 2006).

No monitoramento da FPSO-Espadarte, das 77 amostras analisadas apenas 10 apresentaram valores acima do limite de detecção, e para estas amostras os valores encontrados estiveram entre  $0,001$  e  $0,006 \text{ mg.L}^{-1}$ , sendo considerados teores naturais para a região (PETROBRAS/BIORIO, 2006)

- *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). Já em condições oxidantes e de alta

renovação de águas, como é o caso da Bacia de Campos, os sulfetos presentes no ambiente são rapidamente convertidos para sulfato.

Em Barracuda e Caratinga, todas as amostras apresentaram valores de sulfeto inferiores a  $0,2 \text{ mg.L}^{-1}$  (PETROBRAS/CENPES, 2002). Da mesma forma nos estudos do monitoramento da plataforma SS-06, em Enchova, os valores de sulfeto estiveram sempre baixos, e em boa parte do estudo, abaixo do limite de detecção, variando de abaixo do limite de detecção até  $2,8 \text{ mg.L}^{-1}$  (PETROBRAS/ Concremat, 2007).

No monitoramento da plataforma PCE-1 (Campo de Enchova), as concentrações de sulfeto também foram baixas, com valores variando entre abaixo do limite de detecção a  $0,008 \text{ mg.L}^{-1}$ , (PETROBRAS/AS, 2006).

Em Espadarte (PETROBRAS/BIORIO, 2006) de um conjunto de 77 amostras, foram detectados sulfetos em somente 24 das 77 amostras coletadas. De acordo com os dados obtidos, a maioria apresentou resultado idêntico ao limite de detecção. Nas demais amostras os valores variaram entre  $0,002$  e  $0,004 \text{ mg.L}^{-1}$ .