

II.5.1.3 – Qualidade de Água e Sedimentos

Com o intuito de se caracterizar o ambiente delimitado pela influência da atividade de produção e escoamento de Petróleo e Gás no Campo de Merluza, Bacias de Santos, recorreu-se a relatórios pretéritos, executados na região, pela Sampling Científica, contratada pela Petrobrás, para a caracterização Ambiental de MERLUZA e ao relatório produzido por MMA/Petrobras/AS/PEG, caracterizando a Bacia de Santos.

A) Metodologia

Nas tabelas a seguir estão expostas as metodologias para coleta e análise de amostras nos trabalhos utilizados neste relatório

A.1) Amostragem

- **ÁGUA**

Tabela II.5.1.3-1: Metodologias de Coleta de Amostras de Água

| RELATÓRIO | MÉTODO |
|---------------------|--------------|
| PEG/AS | NISKIN (10L) |
| Sampling Científica | GO-FLO (10L) |

- **SEDIMENTO**

Tabela II.5.1.3-2: Metodologias de Coleta de Amostras de Sedimento

| RELATÓRIO | MÉTODO |
|---------------------|-----------|
| PEG/AS | Box-Corer |
| Sampling Científica | Box-Corer |

A.2) Análise

A.2.1) Água

A.2.1.1) Parâmetros Físico-Químicos

a) Oxigênio Dissolvido

Tabela II.5.1.3-3: Metodologias de Análise de Oxigênio Dissolvido

| RELATÓRIO | MÉTODO | OBSERVAÇÕES |
|---------------------|-----------------------|-------------------|
| PEG/AS | Oxímetro | |
| Sampling Científica | Titulação por Winkler | Titulação a bordo |

b) pH

Tabela II.5.1.3-4: Metodologias de Análise de pH

| RELATÓRIO | MÉTODO | OBSERVAÇÕES |
|---------------------|---|--|
| PEG/AS | PH-metro digital modelo HI9622 | Tampões 7.42 e 9.00 (Grasshoff et al, 1983) |
| Sampling Científica | pH-metro digital Hanna 810 equipado com um eletrodo de vidro e de referência combinados | |

A.2.1.2) Parâmetros Químicos

a) Carbono Orgânico Total (C.O.T.)

Tabela II.5.1.3-5: Metodologias de Análise de Oxigênio Dissolvido

| RELATÓRIO | MÉTODO | OBSERVAÇÕES |
|---------------------|--|------------------------|
| PEG/AS | Combustão catalítica à alta temperatura seguida de quantificação do CO ₂ em um detector de infravermelho não disperso | Aparelho da marca LÉCO |
| Sampling Científica | – | – |

b) Análises Orgânicas

- HIDROCARBONETOS TOTAIS (HTP)**

Tabela II. 5.1.3-6: Metodologias de Análise de HTP

| RELATÓRIO | MÉTODO | OBSERVAÇÕES |
|---------------------|--|--|
| PEG/AS | Cromatografia gasosa com detector de chama CG-FID (HP modelo 6890) (EPA 8015C) | Extração com diclorometano (EPA 3510c) |
| Sampling Científica | - | |

- HIDROCARBONETOS POLIAROMÁTICOS (HPA)**

Tabela II.5.1.3-7: Metodologias de Análise de HPA

| RELATÓRIO | MÉTODO | OBSERVAÇÕES |
|---------------------|-----------|--|
| PEG/AS | EPA 8270C | Extração com diclorometano (EPA 3510c) |
| Sampling Científica | - | |

- FENÓIS**

Tabela II.5.1.3-8: Metodologias de Análise de Fenóis

| RELATÓRIO | MÉTODO | OBSERVAÇÕES |
|---------------------|-----------|--|
| PEG/AS | EPA 8270C | Extração com diclorometano (EPA 3510c) |
| Sampling Científica | - | |

c) Nutrientes

- **AMÔNIA**

Tabela II.5.1.3-9: Metodologias de Análise de Amônia

| RELATÓRIO | MÉTODO | OBSERVAÇÕES |
|---------------------|--|--|
| PEG/AS | Derivado do Método Koroleff, 1969 | Substituição de hipoclorito por TRIONE (ácido dicloroisocianico) (Grasshoff & Johannsen, 1972) Precisão = +/- 5% Limite de detecção 0,005mg/L (cubeta de 5cm) |
| Sampling Científica | Azul de indofenol, conforme a descrição de Parsons et al. (1984) | |

- **NITRITO**

Tabela II 5.1.3-10: Metodologias de Análise de Nitrito

| RELATÓRIO | MÉTODO | OBSERVAÇÕES |
|---------------------|---|--|
| PEG/AS | Baseado na reação de Griess e aplicado em águas salgadas por Bendschneider e Robinson, 1952 | Seguiu-se o protocolo recomendado por Aminot e Chaussepied, 1983 Limite de detecção = 0,0005mg/L (cubeta de 10cm) |
| Sampling Científica | Diazotação | |

- **NITRATO**

Tabela II.5.1.3-11: Metodologias de Análise de Nitrato

| RELATÓRIO | MÉTODO | OBSERVAÇÕES |
|---------------------|--|---|
| PEG/AS | Método de redução com coluna de Cd e Cu segundo Aminot e Chaussepied, 1983 | Limite de detecção= 0,0026mg/L em cubetas de 10cm |
| Sampling Científica | Redução em coluna de Cd-Cu, seguido de diazotação | |

- **FOSFATO**

Tabela II.5.1.3-12: Metodologias de Análise de Fosfato

| RELATÓRIO | MÉTODO | OBSERVAÇÕES |
|---------------------|---|---|
| PEG/AS | Aminot e Chaussepied, 1983 | Limite de detecção= 0,0019mg/L em cubetas de 10cm |
| Sampling Científica | Método do molibdênio azul, após a digestão, Grasshoff et al. (1983) | |

- **CLOROFILA**

Tabela II.5.1.3-13: Metodologias de Análise de Clorofila

| RELATÓRIO | MÉTODO | OBSERVAÇÕES |
|---------------------|---|-------------|
| PEG/AS | - | |
| Sampling Científica | Método tricromático (Aminot e Chaussepied, 1983). | |

d) Metais Pesados (Fe, Ba, Pb, Cr, Cu, Zn, Ni, Cd, Hg, V)

Tabela II.5.1.3-14: Metodologias de Análise de Metais Pesados

| RELATÓRIO | MÉTODO | | OBSERVAÇÕES |
|---------------------|--------------------------------|---|---------------------------------|
| PEG/AS | Fe, Ba, Cr, Cu, Ni, Pb, V e Ni | Espectrofotometria de emissão de plasma e Espectrofotometria de Absorção Atômica | |
| | Hg | Absorção Atômica | Geração de hidretos/ vapor frio |
| Sampling Científica | Fe, Ba, Cr, Cu, Ni, Pb, V e Ni | Espectrofotometria de massa acoplada a plasma (ICP-MS), conforme o protocolo USEPA-600/R-94/111 | |
| | Hg | espectrofotometria de massa acoplada ao plasma por fluxo de injeção FIAS Cold Vapor | |

A.2.2) Qualidade do Sedimento

A.2.2.1) Parâmetros Químicos

a) Granulometria

Tabela II.5.1.3-15: Metodologias de Análise de Granulometria

| RELATÓRIO | MÉTODO | OBSERVAÇÕES |
|---------------------|--|--|
| PEG/AS | Holme & MCinyre (1984) e Suguio (1973) | Teor de Carbonatos feito segundo Suguio (1973) |
| Sampling Científica | | |

b) Análises Orgânicas

- HIDROCARBONETOS TOTAIS (HTP)**

Tabela II.5.1.3-16: Metodologias de Análise de HTP

| RELATÓRIO | MÉTODO | OBSERVAÇÕES |
|---------------------|---|--|
| PEG/AS | Cromatografia gasosa com detector de chama CG-FID (HP modelo 6890) (EPA 8015C) | Extração com diclorometano (EPA 3510c) |
| Sampling Científica | Cromatografia gasosa acoplada ao detector de ionização por chama (GC/FID) (EPA 8015C) | |

- HIDROCARBONETOS POLIAROMÁTICOS (HPA)**

Tabela II.5.1.3-17: Metodologias de Análise de HPA

| RELATÓRIO | MÉTODO | OBSERVAÇÕES |
|---------------------|--|--|
| PEG/AS | EPA 8270C | Extração com diclorometano (EPA 3510c) |
| Sampling Científica | Cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas (GC/MS) | |

c) Metais Pesados (Fe, Ba, Pb, Cr, Cu, Zn, Ni, Cd, Hg, V)

Tabela II.5.1.3-18: Metodologias de Análise de Fenóis

| RELATÓRIO | MÉTODO | | OBSERVAÇÕES |
|---------------------|-----------------------------------|---|---------------------------------|
| PEG/AS | Fe, Ba, Cr, Cu, Ni, Pb, V e Ni | Espectrofotometria de emissão de plasma e Espectrofotometria de Absorção Atômica | |
| | Hg | Absorção Atômica | Geração de hidretos/ vapor frio |
| Sampling Científica | Fe, Ba, Cr, Cu, Ni, Pb, V e Ni | Espectrofotometria de massa acoplada a plasma (ICP-MS), conforme o protocolo USEPA- 600/R-94/111 | |
| | Hg | Espectrofotometria de massa acoplada ao plasma por fluxo de injeção FIAS Cold Vapor | |

B) Caracterização

B.1) Água

B.1.1) Oxigênio Dissolvido

Vários fatores de caráter físico e biológico devem ser considerados ao se analisar o conteúdo de oxigênio dissolvido nas massas d'água, já que por si só, as concentrações de oxigênio são insuficientes para a caracterização de um ambiente. (Niencheski *et al.*, 1999). Nas camadas de água mais próximas da superfície, o contato com o oxigênio da atmosfera é um importante fator para sua dissolução na água (Redfield., 1963).

Desvios encontrados nos valores de concentração deste parâmetro na água podem ser atribuídos à variação da pressão atmosférica, aquecimento ou resfriamento na água (Hayward & Mantyla, 1990). Um balanço dos processos biológicos de produção de oxigênio (fotossíntese) e de consumo por organismos pelágicos pode determinar a concentração de oxigênio dissolvido em determinadas lâminas d'águas (Aidar *et al.*, 1993). Outras características físicas

também devem ser levadas em consideração, tais como, velocidade do vento, movimentando e formando ondas, mistura de camadas de água, devido a intempéries e precipitação pluviométrica.

Observando-se a variação das concentrações de oxigênio dissolvido na Bacia de Santos registrados pela PEG/AS, não notou-se nenhuma tendência horizontal bem definida, em nenhuma das três lâminas d'águas registradas. No entanto, de um modo geral, os valores mais elevados, nos três estratos amostrados, foram encontrados na Plataforma continental, em frente ao estado do Rio de Janeiro. Variando na termoclina, com elevação dos valores, até um perfil clássico de diminuição com a lâmina d'água.

Os teores de Oxigênio dissolvido expostos no relatório produzido pela PEG/AS (Figura II. 5.1.3-1), variando entre 5,8 e 8,4mg/L, foram, em geral, mais elevados do que os encontrados em outros estudos realizados na costa brasileira (Andrade *et al.*, 1999; Niechenski *et al.*, 1999). As variações encontradas, por sua vez, não demonstraram padrões latitudinais expressivos e também não indicaram potenciais alterações ambientais.

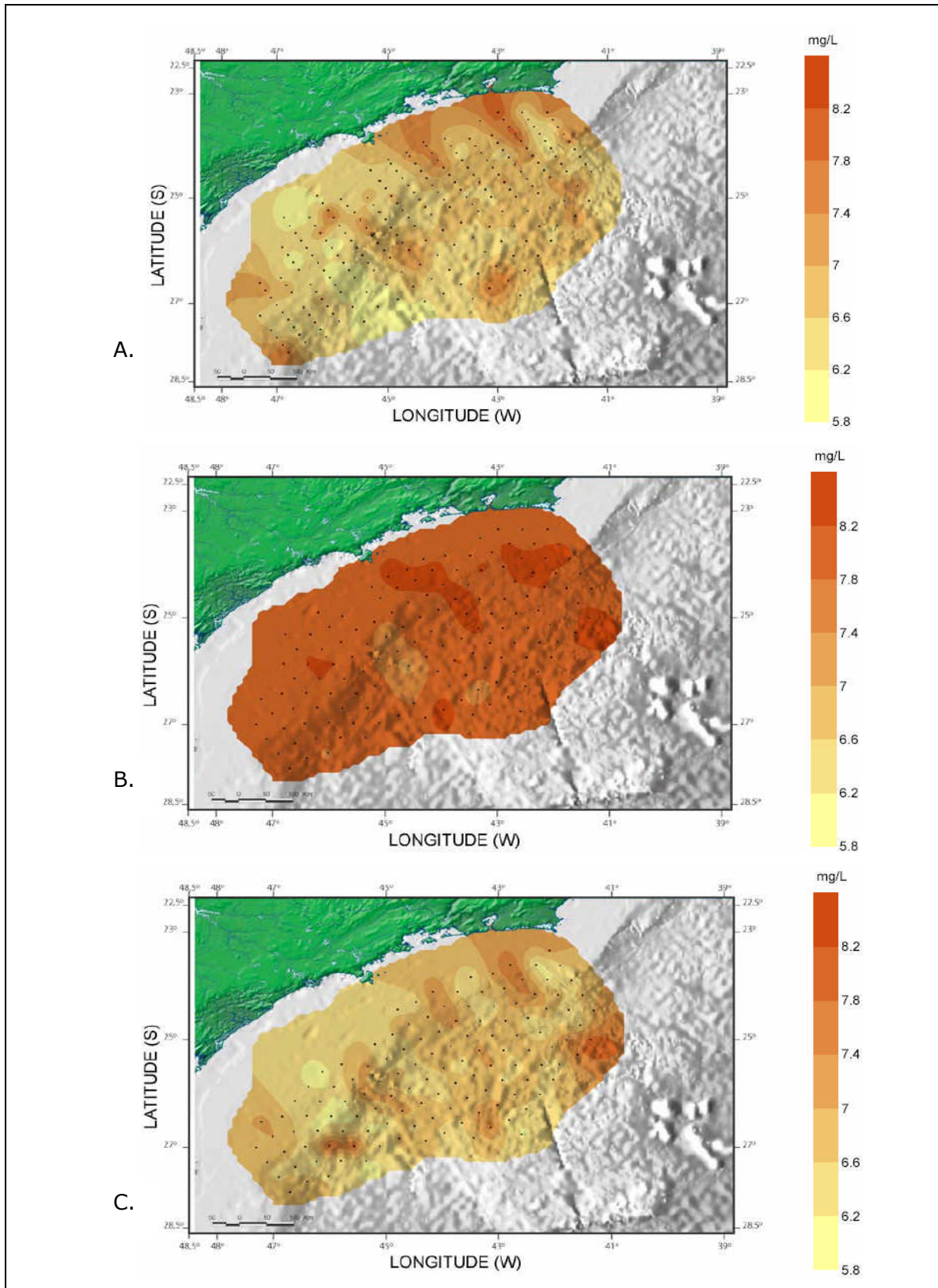


Figura II.5.1.3-1: Concentração de Oxigênio Dissolvido na Bacia de Santos

Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG 2002

Tabela II.5.1.3-19: Dados de oxigênio dissolvido, obtidas durante a campanha de MERLUZA

| ESTAÇÃO | PROF. DA COLETA | OXIGÊNIO DISSOLVIDO (mg/l) |
|----------|-----------------|----------------------------|
| | superfície | 6,50 |
| 2 | termoclina | 6,10 |
| | abaixo | 6,50 |
| | superfície | 7,07 |
| 3 | termoclina | 6,80 |
| | abaixo | 6,50 |
| | superfície | 6,18 |
| 4 | termoclina | 6,00 |
| | abaixo | 6,60 |
| | superfície | 6,30 |
| Controle | acima | 5,90 |
| | abaixo | 5,90 |

Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG 2002

Nos dados adquiridos pela Sampling Científica, o quadro supracitado pela PEG/AS repetiu-se (Tabela II. 5.1.3-19). Os valores de OD variaram entre 5,90 e 7,07mg/L

B.1.2) Potencial Hidrogeniônico – Ph

O pH da água do mar varia em torno de 8,2. Este valor se dá devido à presença dos íons CO_2 , HCO_3^- e CO_3^{2-} . Modificações nas concentrações de CO_2 , devido às precipitações, podem modificar os valores de pH (Aminot & Chaussied, 1983).

Poucas variações significativas foram observadas no relatório produzido pela PEG/AS nos valores de pH na Bacia de Santos, que variaram de 7,43 a 8,61 (Figura II.5.1.3-2) Esses valores variaram dentro da faixa considerada aceitável para as águas salinas da classe 5 (destinadas a recreação de contato primário e à proteção de comunidades aquáticas, entre 6,5 e 8,6) (CONAMA, 1986).

O mesmo resultado foi registrado pela Sampling Científica , em volta da Plataforma de Merluza, onde os valores de pH variaram de 7,78 a 8,35 (Tabela II.5.1.3-20)

Tabela II.5.1.3-20: Dados de pH, e oxigênio dissolvido, obtidas durante a campanha de MERLUZA

| ESTAÇÃO | PROF. DA COLETA | PH |
|----------|-----------------|------|
| | superfície | 8,35 |
| 2 | termoclina | 8,32 |
| | abaixo | 7,86 |
| | superfície | 8,81 |
| 3 | termoclina | 8,28 |
| | abaixo | 7,86 |
| | superfície | 8,35 |
| 4 | termoclina | 8,31 |
| | abaixo | 8,17 |
| | superfície | 7,83 |
| Controle | acima | 7,79 |
| | abaixo | 7,78 |

Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG 2002

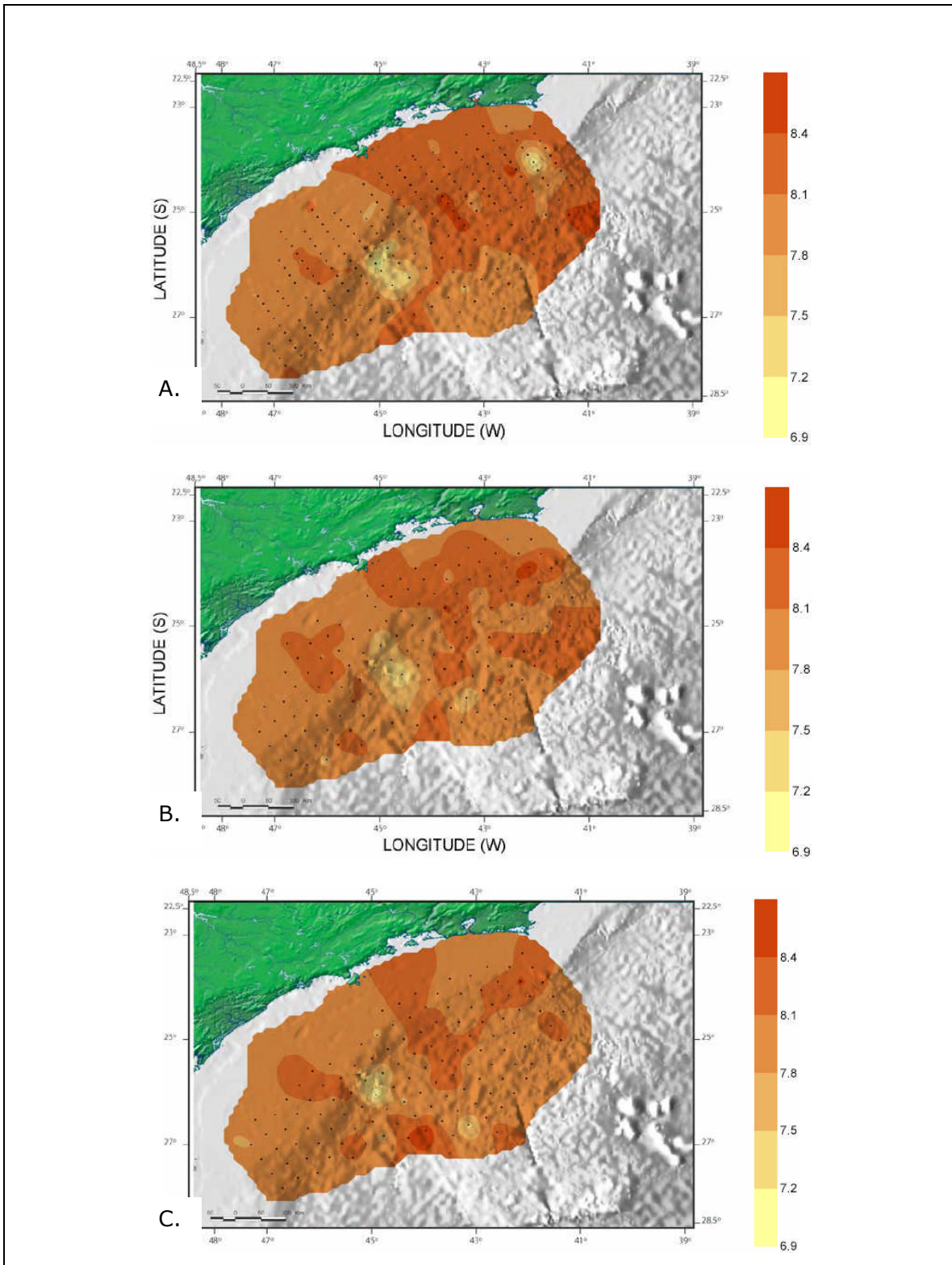


Figura II.5.1.3-2: *Varição Espacial do pH na Bacia de Santos A)Superfície B)Termoclina e C)Fundo.* Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG 2002

B.1.3) Carbono Orgânico Total

A grande maioria do Carbono Orgânico dissolvido em suspensão nos oceanos consiste de picoplâncton que subsiste metabolizando os menores fragmentos de detritos orgânicos e, principalmente, os compostos orgânicos dissolvidos. Estes compostos são originados pelo processo fotossintético realizado pelo fitoplâncton nos oceanos e sua composição é de ácidos orgânicos, vitaminas e açúcares. A concentração média de COD nos oceanos é de 0,5mg/L e nem todo o COD encontrado nos oceanos é produzido no mesmo. Os aportes continentais originados pelas atividades naturais, carreamento de matéria orgânica realizada pelos rios ou ventos e exportação de matéria orgânica realizada pelos rios e ventos e exportação de matéria orgânica realizada pelos mangues e antrópicas, esgotos e produtos industriais jogados nos rios promovem alterações no teor de COD, principalmente nas regiões mais costeiras (*BROWN et al.*, 1989)

Os valores de Carbono Orgânico Total Dissolvido encontrados nas águas da Bacia de Santos no trabalho produzido pela PEG/AS, variaram de valores inferiores a 1% (limite de detecção do método) até 33,5% de Carbono Orgânico na amostra de água analisada (Figura II. 5.1.3-3) Os maiores valores registrados, foram encontrados ao sul do Campo de Merluza.

No levantamento feito ao redor da Plataforma de Merluza, os valores registrados variaram entre 1,04 e 2,96mg/L, não apresentando qualquer variação significativa nas concentrações (Tabela II. 5.1.3-21).

A rápida assimilação destes produtos pelas bactérias, nas águas oceânicas, pode ser evidenciada pelas baixas concentrações encontradas, que não variaram expressivamente entre estações de coleta. Não foi possível observar nenhum gradiente latitudinal ou batimétrico. Metzler *et al.* (1996) demonstraram que em alguns casos as bactérias podem competir diretamente com fitoplâncton por certos compostos, no caso do estudo, os nitrogenados.

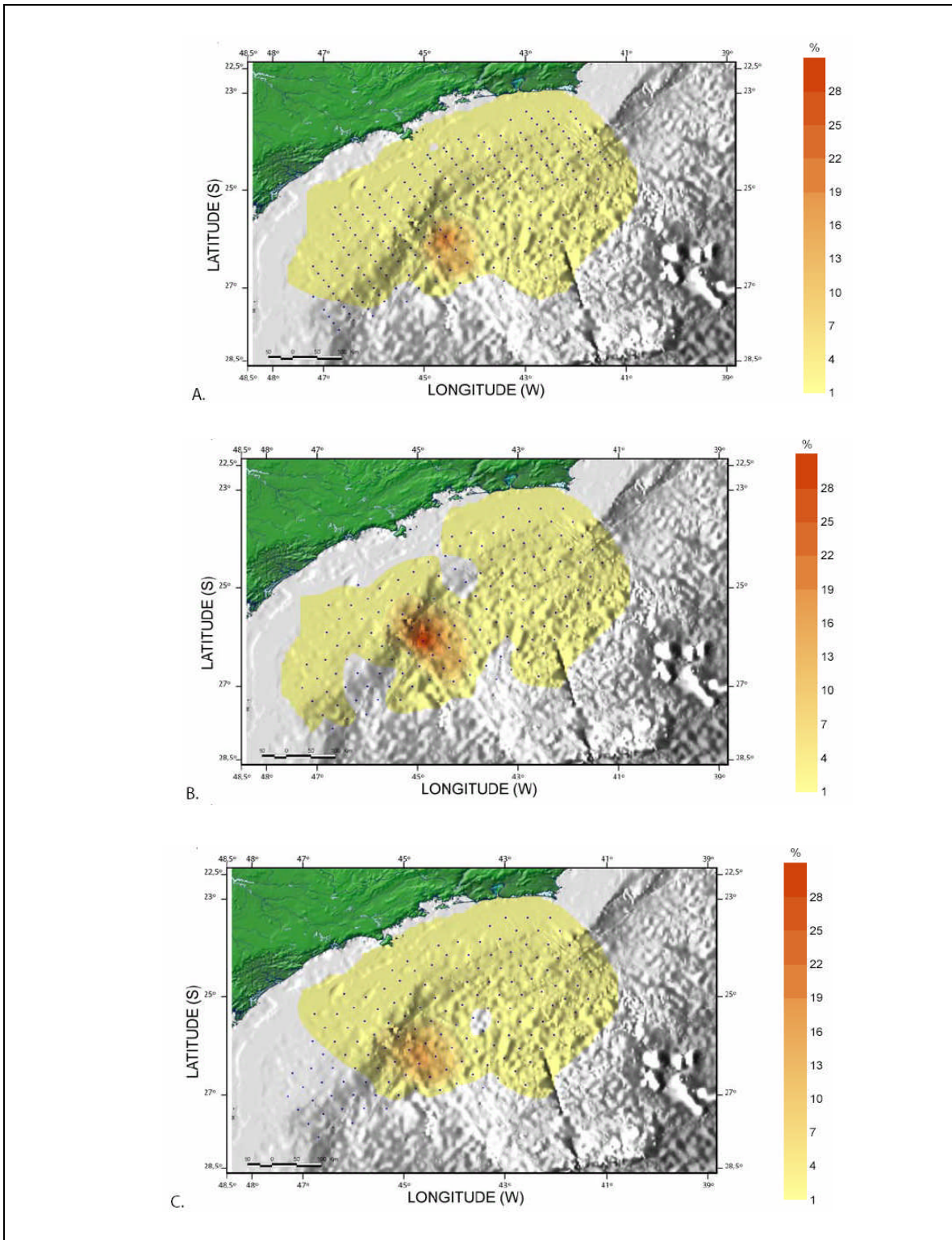


Figura II.5.1.3-3: Variação Espacial das Concentrações de Carbono Orgânico Total na Bacia de Santos A) Superfície B) Termoclina e C) Fundo.

Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG 2002

Tabela II.5.1.3-21: Teor de carbono orgânico total, encontrados nas amostras do Campo de MERLUZA.

| ESTAÇÃO | PROF. DA COLETA | COT MG/L |
|----------|-----------------|----------|
| | superfície | 1,16 |
| 2 | termoclina | 2,39 |
| | abaixo | 1,19 |
| | superfície | 1,23 |
| 3 | termoclina | 2,96 |
| | abaixo | 1,28 |
| | superfície | 1,32 |
| 4 | termoclina | 2,01 |
| | abaixo | 1,41 |
| | superfície | 1,23 |
| Controle | termoclina | 1,04 |
| | abaixo | 1,34 |

Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG 2002

B.1.4) Fenóis

Os fenóis são compostos químicos tóxicos aos organismos aquáticos, mesmo quando presentes em níveis bastante baixos. Os compostos naturais estão relacionados à lignina dos vegetais. Sua presença em corpos d'água se deve principalmente aos despejos de origem industrial. Esses compostos são polares e muito solúveis na água.

Os teores de fenóis observados nas amostradas de água de superfície, termoclina e fundo foram bastante similares e apresentaram tendências similares. Em geral, as maiores concentrações foram observadas ao norte da Bacia de Santos (Figura II.5.1.3-4), em águas que recebem influência da Bacia de Campos. A distribuição espacial dos teores de fenóis mostra uma homogeneidade nas águas de superfície para toda bacia com uma leve tendência de maiores concentrações ao norte da bacia.

As concentrações na água de superfície variaram até 0,47µg/L com uma média de 0,03µg/L e desvio padrão de 0,07µg/L (Figura II. 5.1.3-4). Na termoclina foram observados teores de fenóis de até 0,63µg/L com uma média

de 0,04µg/L e desvio padrão de 0,11µg/L (Figura II.5.1.3-5). Os maiores teores foram detectados nas amostras de fundo, onde as concentrações de fenóis variaram até 0,97µg/L com média de 0,03 e desvio padrão de 0,11µg/L(Figura II.5.1.3-6).

A distribuição espacial total de fenol na superfície da água se mostrou bastante homogênea sem anomalias significativas. No entanto, a distribuição espacial das amostras de meia água termoclina (Figura II.5.1.3-5) e de fundo (Figura II.5.1.3-6) mostrou uma tendência de valores mais elevados ao norte da bacia em água sob influência da Bacia de Campos.

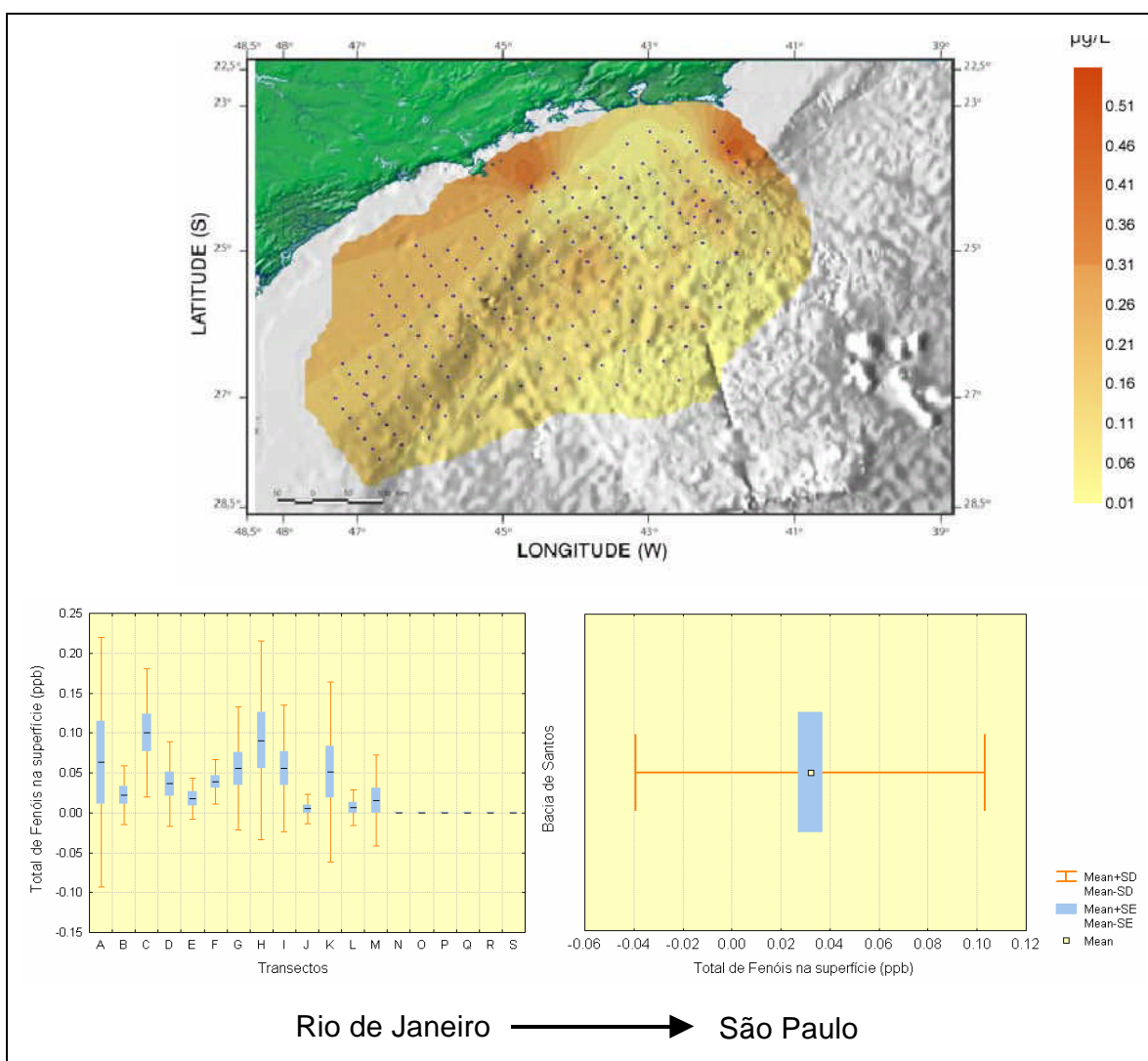


Figura II.5.1.3-4: Variação Espacial dos Fenóis na Bacia de Santos (Superfície).

Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG 2002

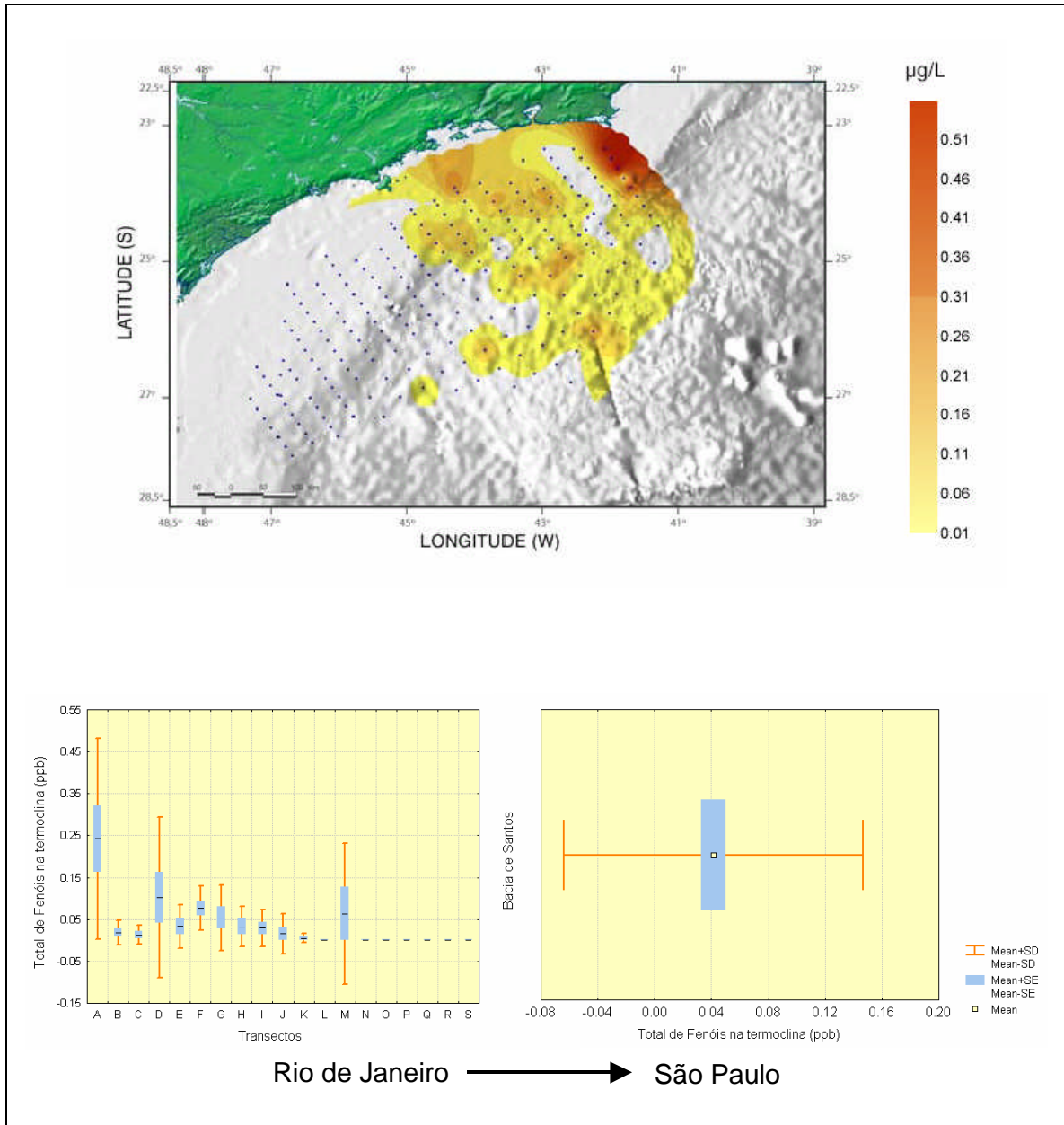


Figura II.5.1.3-5: Variação Espacial dos Fenóis na Bacia de Santos (Termocline).

Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG 2002

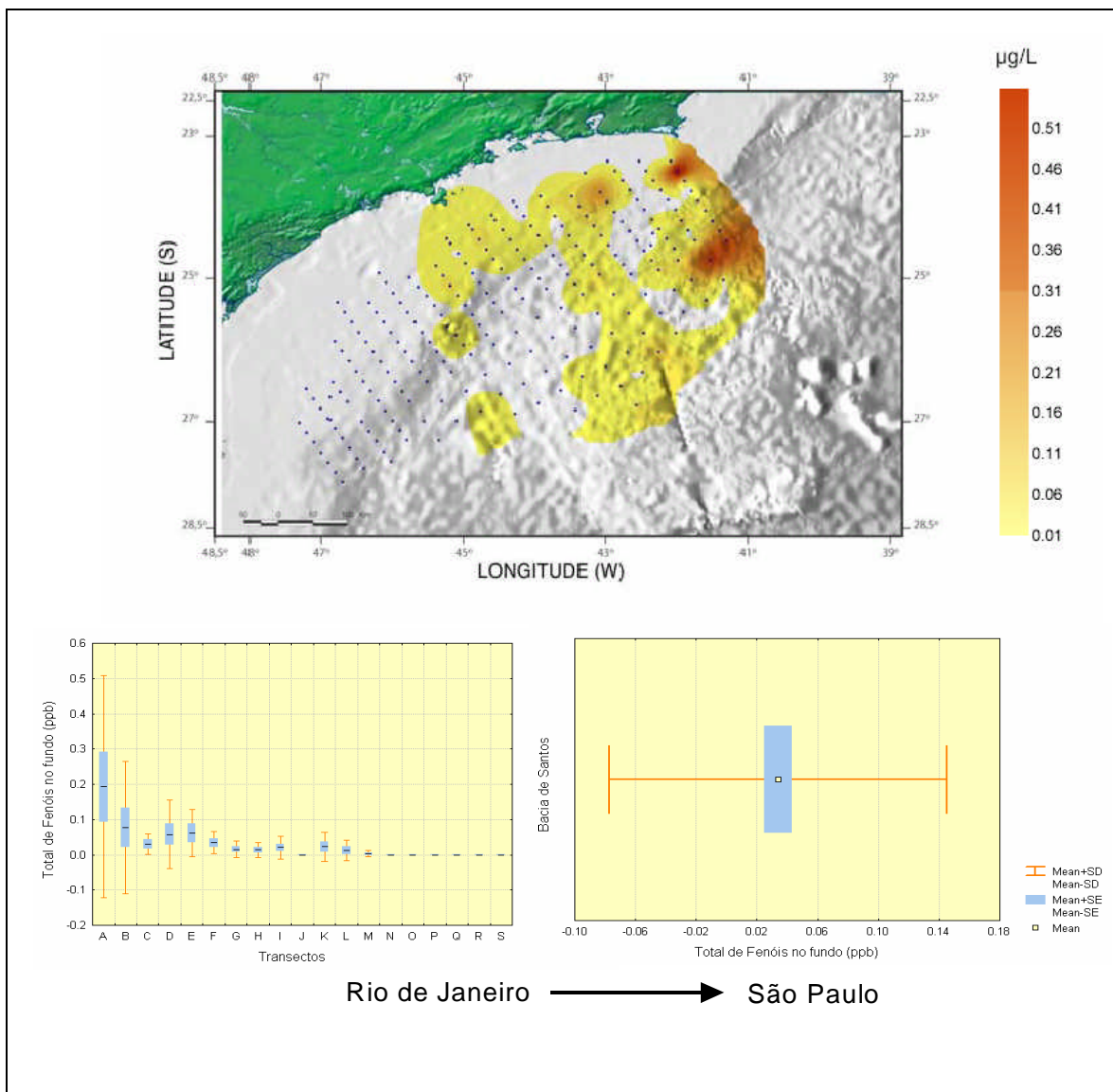


Figura II.5.1.3-6: *Varição Espacial dos Fenóis na Bacia de Santos (Fundo).*

Fonte:MMA/PETROBRAS/AS/PEG 2002

Quanto ao estudo executado pela Sampling Científica, todos os valores de Fenóis, em todas as lâminas d'água se mostraram abaixo dos limites de detecção do método.

B.1.5) Hidrocarbonetos Totais

Em geral foram observadas concentrações muito baixas de hidrocarbonetos totais na área em estudo. A concentração máxima de HTP registrada foi de

2706µg/L, com média de 64µg/L (desvio padrão de 284µg/L). As amostras de termoclina apresentaram valor máximo de 2959µg/L com média de 52µg/L (desvio padrão de 285µg/L). Já as amostras de fundo apresentaram valor máximo de 2836µg/L com média de 91µg/L (desvio padrão de 410µg/L).

As Figuras II.5.1.3-7, II.5.1.3-8 e II.5.1.3-9 apresentam as distribuições espaciais dos teores de HTP nas amostras de superfície, termoclina e fundo, das águas da Bacia de Santos.

As figuras a seguir mostram que a região do Campo de Merluza possui as menores concentrações registradas na Bacia de Santos.

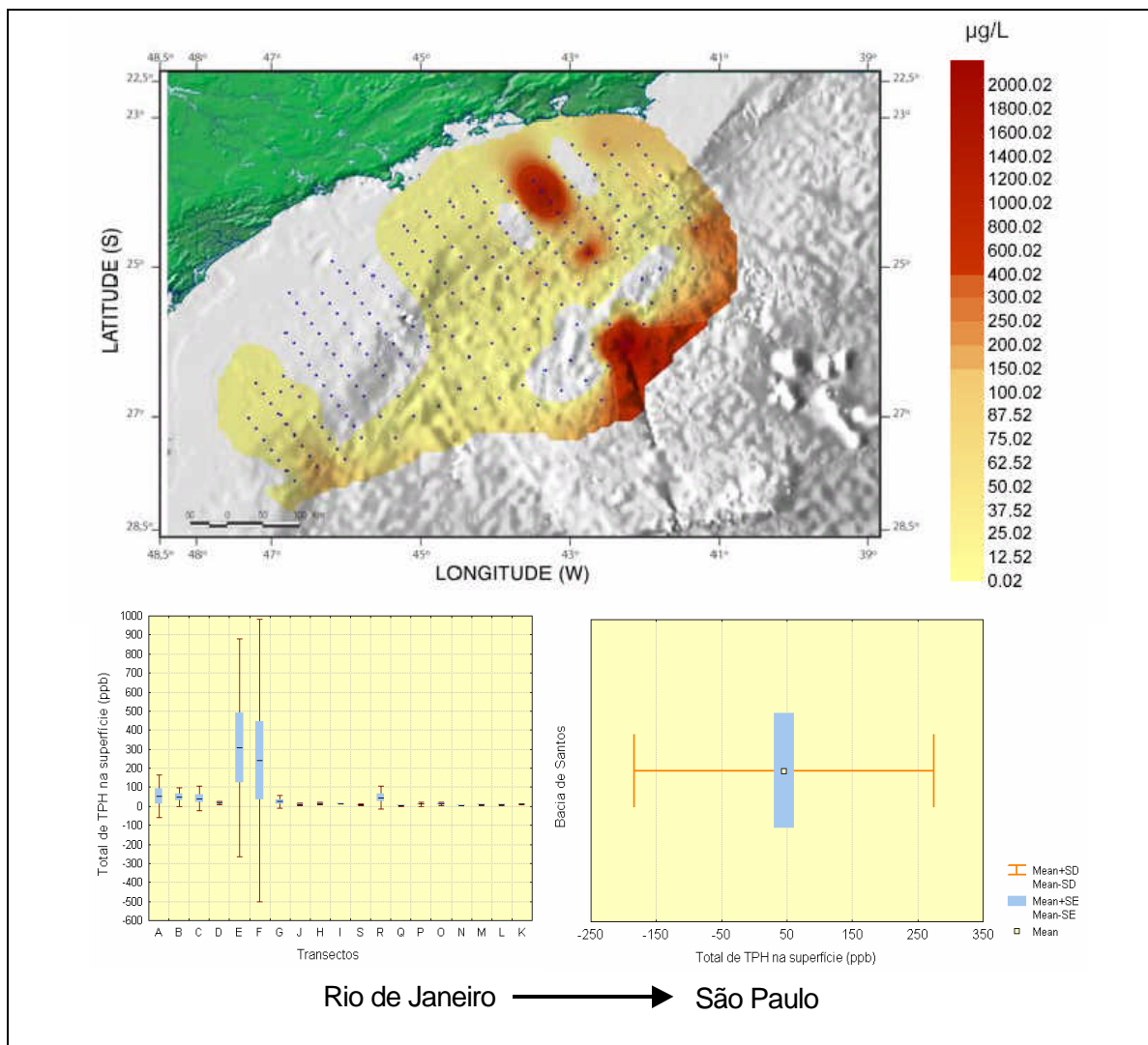


Figura II.5.1.3-7: Variação Espacial do HTP na Bacia de Santos (Superfície).

Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG 2002

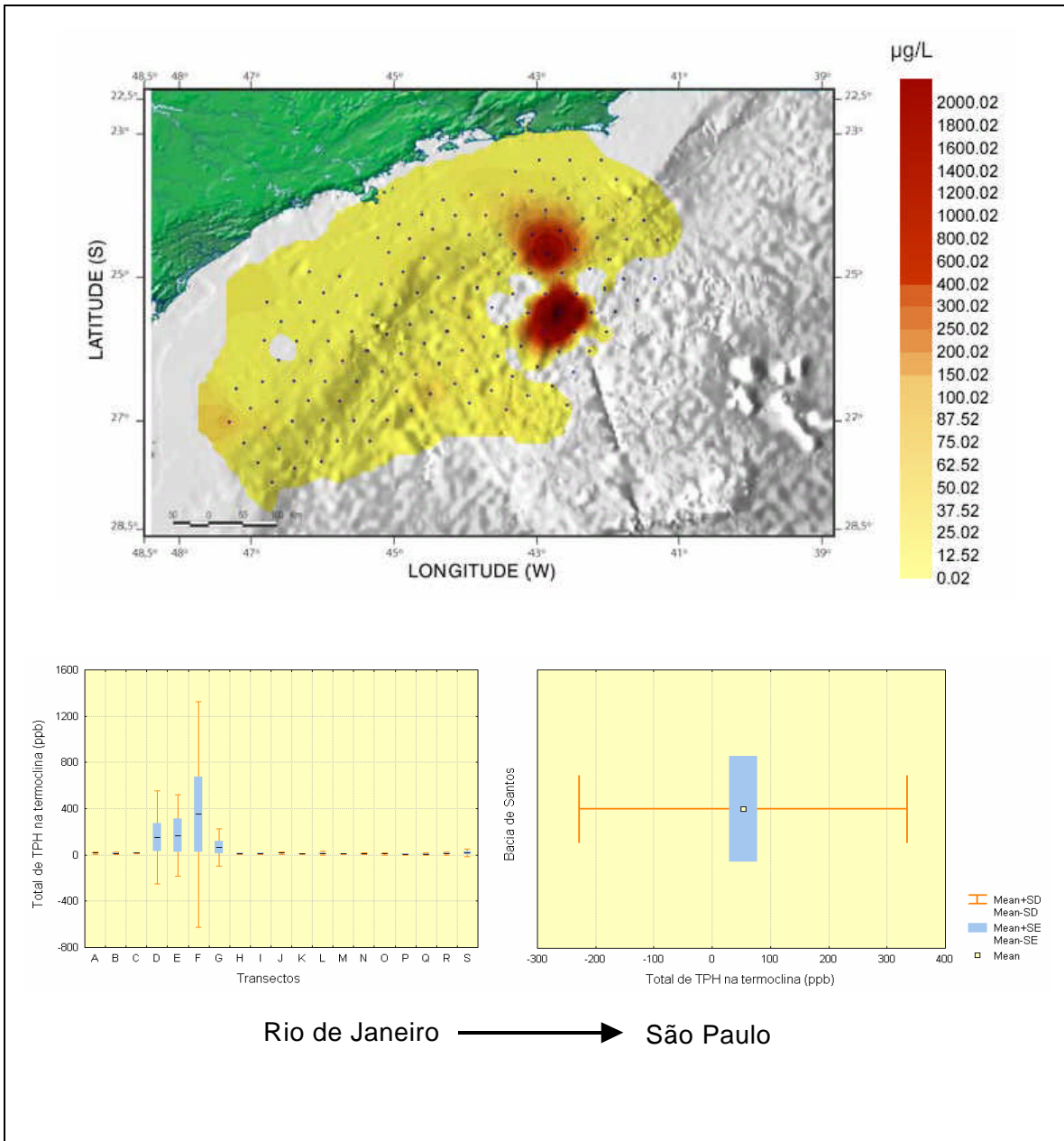


Figura II.5.1.3-8: Variação Espacial do HTP na Bacia de Santos (Termoclina).

Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG 2002

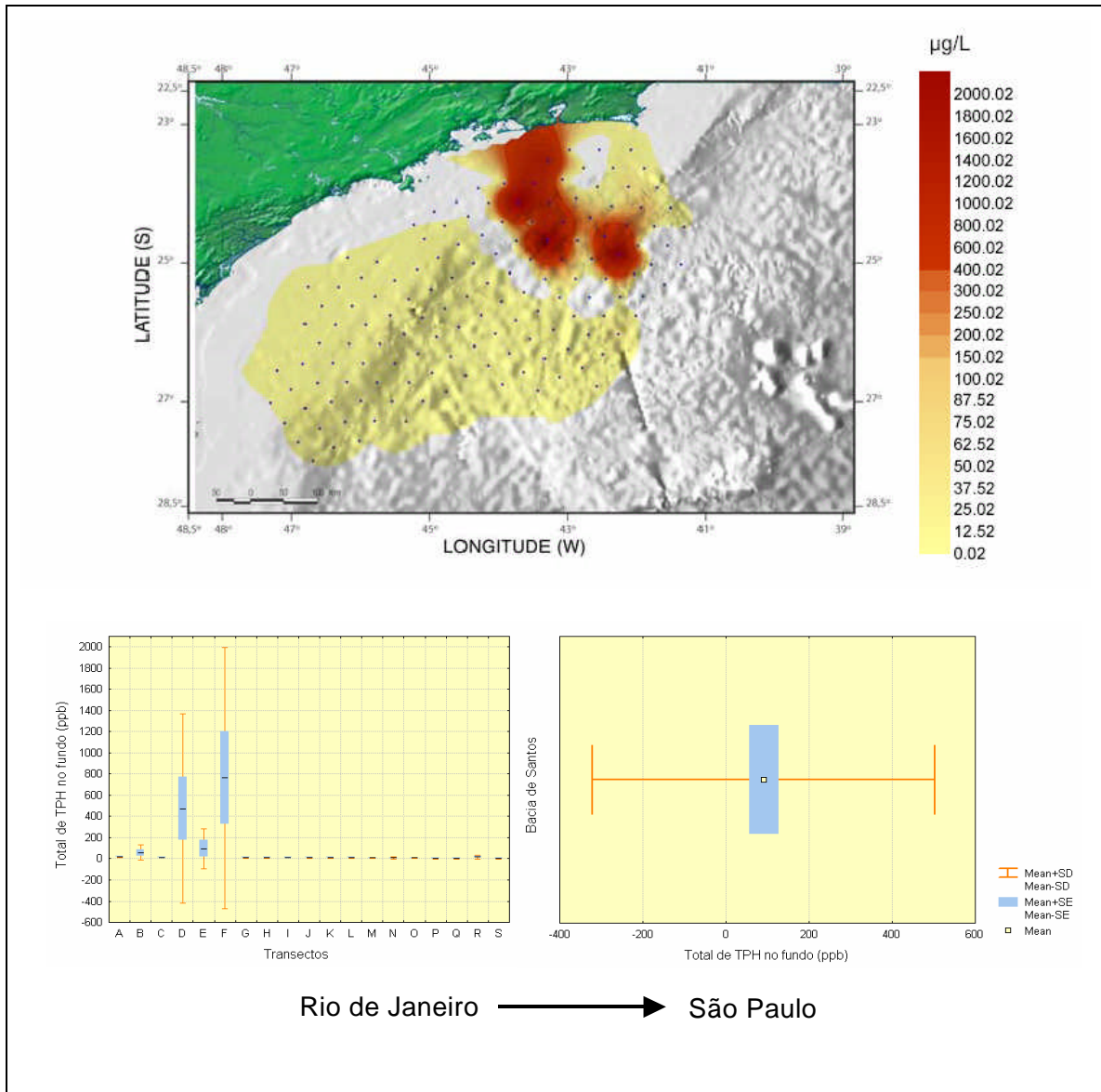


Figura II.5.1.3-9: Variação Espacial do HTP na Bacia de Santos (Fundo).

Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG 2002

B.1.6) HPA

Em geral, foram observadas concentrações relativamente baixas, na caracterização da Bacia de Santos feita pela PEG/AS. A concentração máxima do total de HPA foi de 21,30µg/L, com média de 0,41µg/L (desvio padrão = 2,22) (Figuras II.5.1.3-10, II.5.1.3-11 e II.5.1.3-12).

Apesar de pequena a variação dos teores de HPA na água do mar de áreas remotas do nosso planeta, consideradas como não impactadas, os teores detectados, nessas áreas, podem ajudar a estimar um nível de background que se pode esperar de outras regiões, com grau semelhante de preservação ambiental. Nesse sentido, os estudos do total de HPA em águas da Antártica e Mar do Norte são particularmente importantes, uma vez que servem de parâmetros para a comparação.

Naturalmente, é importante estimar valores médios, representativos de cada área em particular, que podem ser considerados como valor mínimo de background que se deveria encontrar em regiões com grau de preservação ambiental semelhante.

Os valores encontrados na Bacia de Santos apresentam dados semelhantes e condizentes com valores que se espera encontrar em águas de oceanos abertos não impactados. Esse fato é perfeitamente compreensível se considerarmos que a Bacia de Santos é uma área ainda preservada com relação à produção petrolífera. Cabe ressaltar que valores maiores foram encontrados nas proximidades do continente, onde uma parte significativa da malha amostral está localizada na região da Plataforma continental.

Apesar da escassez de trabalhos científicos sobre HPA na área do mar aberto da Bacia de Santos, é interessante notar que valores observados no presente estudo estão próximos aos valores reportados em trabalhos científicos de estudos de áreas costeiras da Bacia de Santos. Por exemplo, Bicego (1988) encontrou HPAs na Plataforma Continental de São Paulo variando de 0,46 até 14,34µg/L na área do Canal de São Sebastião na faixa de 0,18 a 8,52µg/L e no estuário de Santos de <0,18 a 52,43µg/L. Nesse sentido, os valores de 0,01 até 21,3µg/L (média=0,41µg/L) de HPA observados no relatório da PEG/AS são coerentes com os estudos pretéritos.

Mais uma vez, a região do Campo de Merluza aparece como uma das regiões menos impactadas da Bacia de Santos, com valores mínimos registrados.

No entanto é importante salientar que valores ligeiramente superiores nos estudos anteriores podem ser explicados pela diferença técnica e analítica empregada.

Quando comparados aos valores de HPAs observados em estudos costeiros realizados no litoral brasileiro e outras áreas do globo, os valores observados na Bacia de Santos estão dentro da faixa de concentração observada em outros locais (MMA/PETROBRAS/AS/PEG, 2002).

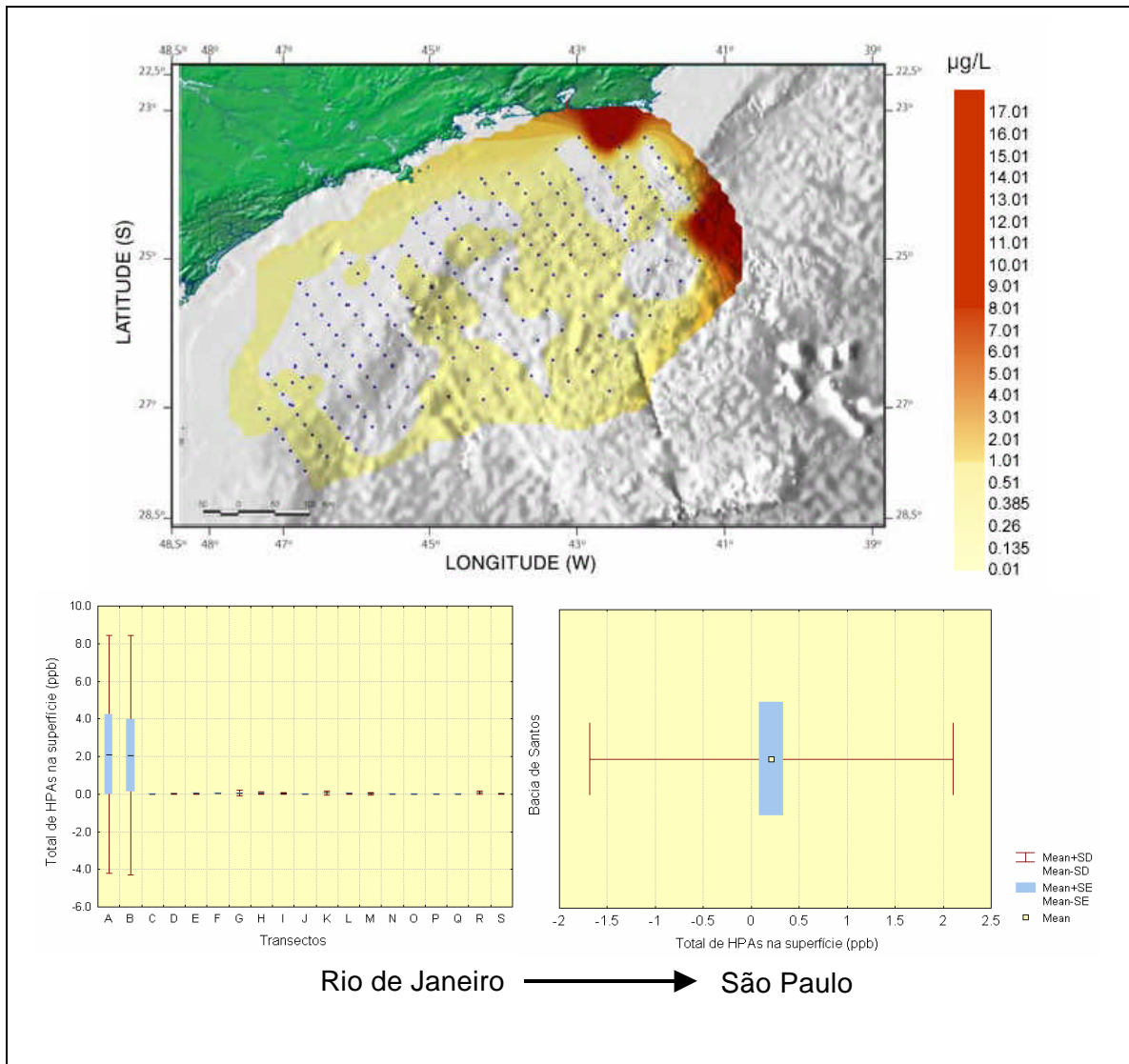


Figura II.5.1.3-10: Variação Espacial do HPA na Bacia de Santos (superfície).

Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG 2002

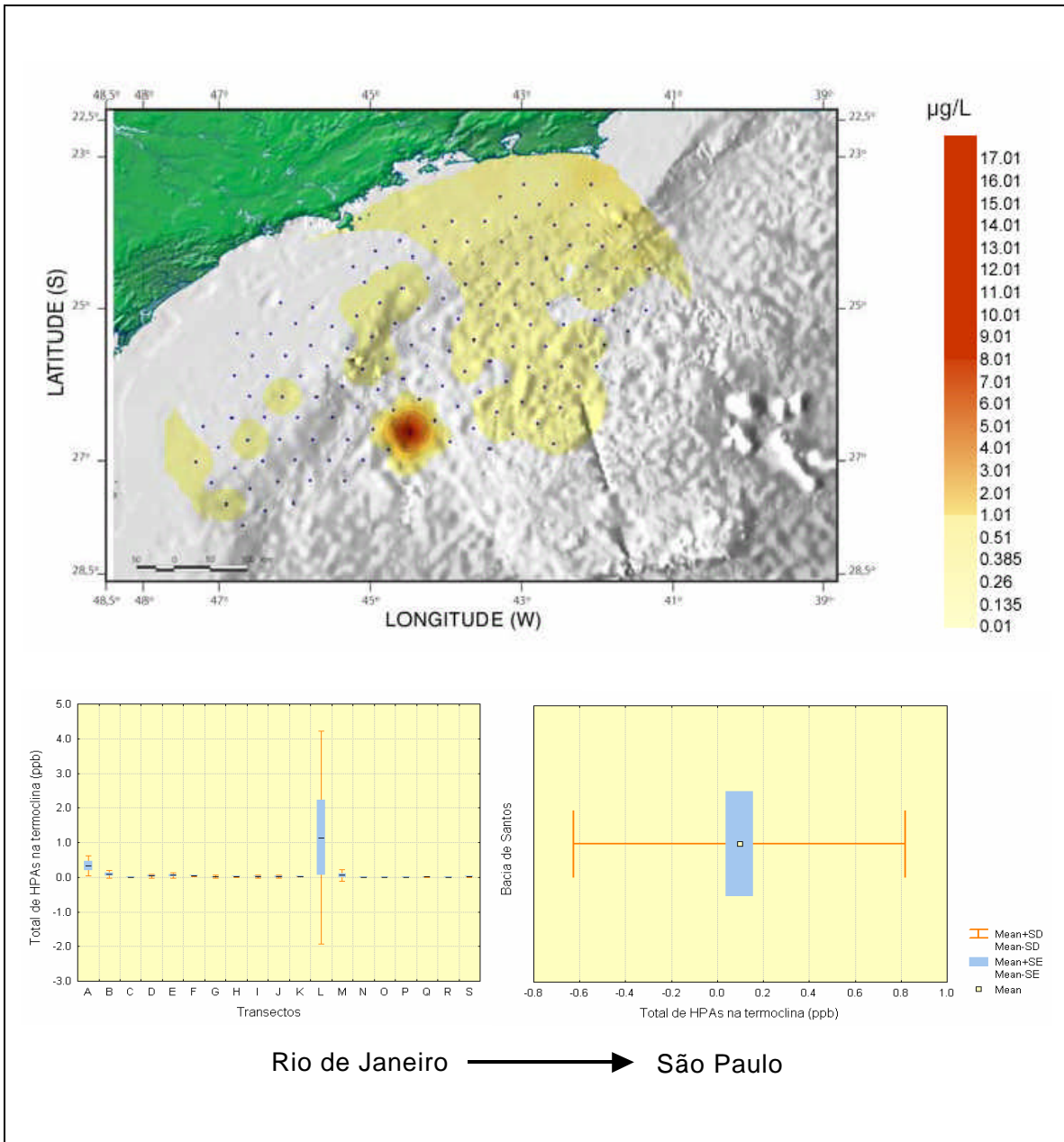


Figura II.5.1.3-11: Variação Espacial do HPA na Bacia de Santos (Termoclina).

Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG 2002

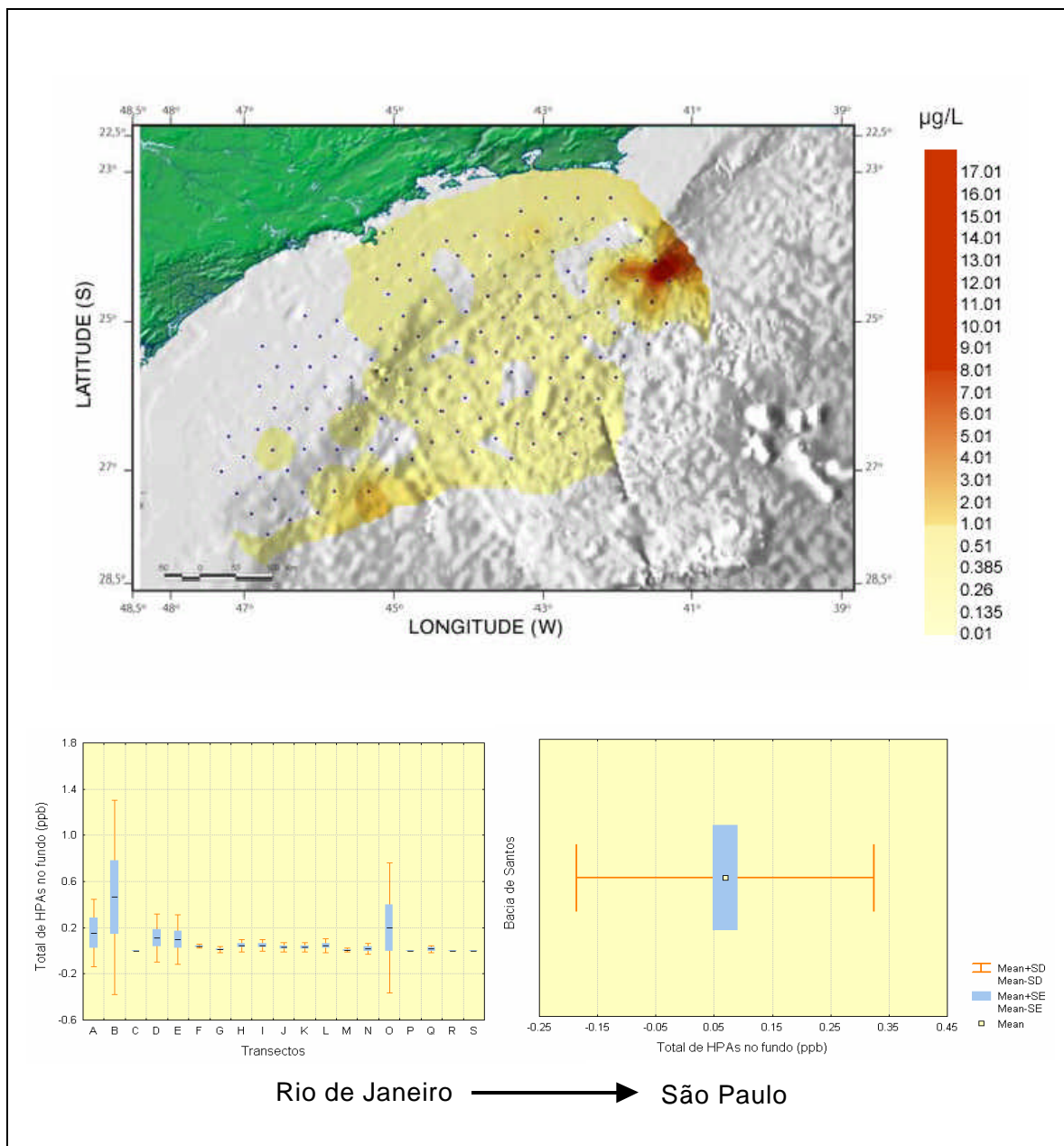


Figura II.5.1.3-12: Variação Espacial do HPA na Bacia de Santos (Fundo).

Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG 2002

B.1.7) Nutrientes

O Fitoplâncton é o consumidor mais importante de substâncias inorgânicas dos oceanos e, por sua vez, se constitui na base da teia alimentar pelágica dos oceanos. As mudanças na comunidade fitoplanctônica são influenciadas por fatores ambientais químicos e físicos, aos quais o fitoplâncton pode responder de maneiras diferentes, ocasionando assim, mudanças espaciais e temporais em diferentes escalas (FOGG,1975; VALIELA, 1995).

Uma classificação da abundância do plâncton baseada na disponibilidade dos nutrientes pode ser utilizada para descrever diversos tipos de águas oceânicas. Assim, as águas oceânicas podem ser classificadas como eutróficas, mesotóficas e oligotróficas, em ordem decrescente de abundância fitoplanctônica (HUTCHINSON,1969).

O nitrogênio, o fósforo e a sílica compõem os micronutrientes necessários para as funções metabólicas realizadas pelo fitoplâncton. Comportam-se, portanto, de forma não conservativa, na dependência direta dos processos de demanda biológica pela biomassa fitoplanctônica na zona eufótica e dos aportes devidos a processos físicos (advecção, intrusão de águas mais ricas), biológicas (regeneração), climáticas (chuvas e ventos) e drenagem continental (AIDAR *et al.*, 1993)

O fitoplâncton tende a produzir densas populações onde os nutrientes são mais abundantes. Tanto as águas do litoral quanto as neríticas, são ricas em nutrientes, devido ao aporte de nutrientes inorgânicos de origem continental e também devido ao crescimento dos vegetais fotossintéticos sobre o fundo de águas rasas. Estas algas bentônicas morrem e se decompõem, fornecendo alimento tanto para o plâncton como para os animais do fundo. Além disso, as forças eólicas em mar aberto e áreas costeiras geram afloramentos de água, os quais transportam nutrientes inorgânicos, das águas mais profundas para a superfície e para a zona nerítica. Inversamente, onde existe água descendente devido aos ventos terrais, à alta evaporação ou à convergência, os nutrientes são escassos e a produtividade planctônica é baixa.

Os nutrientes mais comumente originados pelos aportes continentais são o silício, os nitratos e os fosfatos. Destes, o fosfato, é sem dúvida, o mais

importante, como, aliás sugere a correlação existente entre o conteúdo total de fosfato e a densidade das populações fitoplanctônicas.

Contrastando com o que ocorre nas altas e médias latitudes, as camadas superficiais dos mares tropicais e subtropicais são quase sempre deficientes em fósforo, devido ao consumo contínuo deste elemento durante o ano todo, pelas populações permanentes de fitoplâncton. O nitrogênio inorgânico está disponível sob três formas: como nitrato, nitrito e como íon amônio a forma mais abundante e mais utilizada pelo fitoplâncton é o nitrato. Em geral, as variações de nitrato nos oceanos ocorrem paralelamente às do fosfato e flutuam sazonalmente como resposta às flutuações da população fitoplanctônica.

Nos mares tropicais a superfície da água está normalmente sempre quente e bem iluminada, ocorrendo à presença de uma termoclina que impede a mistura vertical da coluna d'água. Isto fará com que a concentração de nutrientes inorgânicos na superfície seja baixa, e conseqüentemente a produção primária também. Porém a produção ocorre durante todo o ano até uma certa lâmina d'água (camada eufótica profunda) e com uma taxa de renovação de estoques muito grande.

O fitoplâncton necessita de nitrogênio e fósforo na razão atômica de 16:1 (REDFIELD, 1958). Valores menores indicam limitação por nitrogênio e, inversamente, valores maiores, limitação por fósforo. Entretanto, apesar da razão 16:1 ser comum em muitas massas d'água (SPENCER 1975), grandes variações dessa razão podem ocorrer em diferentes regiões, desde regiões estuarinas até regiões oceânicas.

A) Amônia

As concentrações de amônia, relatadas na caracterização feita pela PEG/AS (Figura II. 5.1.3-13), foram relativamente baixas na maior parte das estações analisadas, variando de 0,003mg/L a 0,060mg/L. Este resultado é esperado, pois nitrogênio amoniacal é uma forma reduzida em sistemas aeróbicos tende a se oxidar em nitrito e em seguida em nitrato, através do ciclo do nitrogênio, principalmente nas camadas superiores. Concentrações mais elevadas podem ser observadas na camada mais profunda, em pontos mais próximos do

continente, porém de uma forma geral, não parece haver uma tendência de aumento ou diminuição das concentrações espacialmente.

Nos resultados obtidos no relatório produzido pela Sampling Científica ao redor da Plataforma de Merluza, o quadro não foi diferente, variando os resultados entre os limites de 0,010 e 0,027mg/L (Tabela II. 5.1.3-22).

B) Nitrito

O nitrito foi encontrado em baixas concentrações, variando de 0,002mg/L a 0,07mg/L como pode ser observado na Figura II. 5.1.3-14. O nitrito é uma forma intermediária entre a amônia e o nitrato no ciclo do nitrogênio, e em ambientes aeróbicos, tende a se oxidar como nitrato. Desta forma, podemos observar uma tendência na variação de nitrito semelhante ao nitrato. Valores baixos também foram registrados ao redor da Plataforma de Merluza, onde os valores variaram desde abaixo do limite de detecção até 0,009mg/L (Tabela II. 5.1.3-22)

No oceano aberto, as concentrações de nitrito geralmente são muito baixas, havendo um pequeno aumento nas águas mais próximas da costa (AMINOT e CHAUSSEPIED, 1983)

Os valores encontrados para a região estão de acordo com os encontrados por outros autores para a região sul-sudeste do Brasil (BRANDINI, 1990; AIDAR *et al.*, 1993, Metzler *et al.*, 1997, MOSER, 1997). Estes autores também encontraram valores baixos de nitrito (Tabela II. 5.1.3-22).

C) Nitrato

Comumente aos valores de amônia e nitrito são somados os valores de nitrato, dando origem ao nitrogênio inorgânico dissolvido (NID). Como as concentrações de amônia e nitrito são relativamente baixas em regiões oceânicas, os valores de NID são relacionados diretamente ao nitrato dissolvido.

Foram encontrados pela PEG/AS valores de nitrato variando de 0,066mg/L a 0,835 mg/L (Figura II.5.1.3-15). Verificou-se que as concentrações de nitrato na superfície e na termoclina tendem a ser semelhantes, o que deve estar relacionado a uma termoclina bem definida. As concentrações mais elevadas

encontram-se em regiões mais próximas da costa, principalmente na região de São Paulo. AIDAR *et al.*,(1993) encontraram valores de NID tanto próximos de zero quanto acima de 0,7mg/L na região de Ubatuba e em região equivalente no estudo da PEG/AS encontrou-se valores de 0,01mg/L a 0,8mg/L.

Ao redor da Plataforma de Merluza os valores variaram entre 0,007 e 0,029mg/L (Tabela II. 5.1.3-22).

D) Fosfato

As concentrações de Fosfato, como as concentrações de nitrito e amônia, se mostraram relativamente baixas, variando de não detectado a 0,165mg/L, apresentando geralmente valores em torno de 0,02mg/L (Figura II.5.1.3-16). As principais fontes de fosfato são de origem continental e sua rápida absorção pelos produtores primários quase sempre resulta em baixas concentrações deste íon em águas superficiais. No sedimento, o processo de regeneração do íon fosfato é muito intenso e, dependendo da lâmina d'água, movimentos advectivos poderiam disponibilizar este fosfato para a coluna d'água.

Os valores encontrados estão dentro do esperado para esta região como pode ser observado nos trabalhos de AIDAR *et al.*, (1993) na costa de Ubatuba e Metzler *et al.*,(1997) em um trabalho mais amplo que abrangeu a costa sudoeste do Brasil.

Tabela II.5.1.3-22: Resultados das concentrações de nutrientes obtidos durante a campanha de MERLUZA.

| ESTAÇÃO | PROF. DA COLETA | N-AMÔNIA (MG/L) | N-NITRITO (MG/L) | N-NITRATO (MG/L) | FÓSFORO (MG/L) |
|----------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|----------------|
| 2 | superfície | 0,027 | 0,012 | 0,029 | 0,053 |
| 2 | acima | | | | |
| 2 | termoclina | 0,020 | 0,002 | 0,015 | 0,048 |
| 2 | abaixo | 0,010 | 0,003 | 0,007 | 0,038 |
| 3 | superfície | 0,011 | 0,002 | 0,018 | 0,053 |
| 3 | acima | | | | |
| 3 | termoclina | 0,012 | 0,009 | 0,015 | 0,047 |
| 3 | abaixo | 0,013 | ND | 0,016 | 0,047 |
| 4 | superfície | 0,010 | 0,004 | 0,013 | 0,037 |
| 4 | acima | | | | |
| 4 | termoclina | 0,013 | ND | 0,016 | 0,038 |
| 4 | abaixo | 0,011 | 0,001 | ND | 0,044 |
| Controle | superfície | 0,010 | 0,005 | 0,007 | 0,053 |
| Controle | acima | | | | |
| Controle | termoclina | 0,020 | 0,007 | 0,013 | 0,048 |
| Controle | abaixo | 0,011 | 0,001 | 0,007 | 0,046 |

Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG 2002

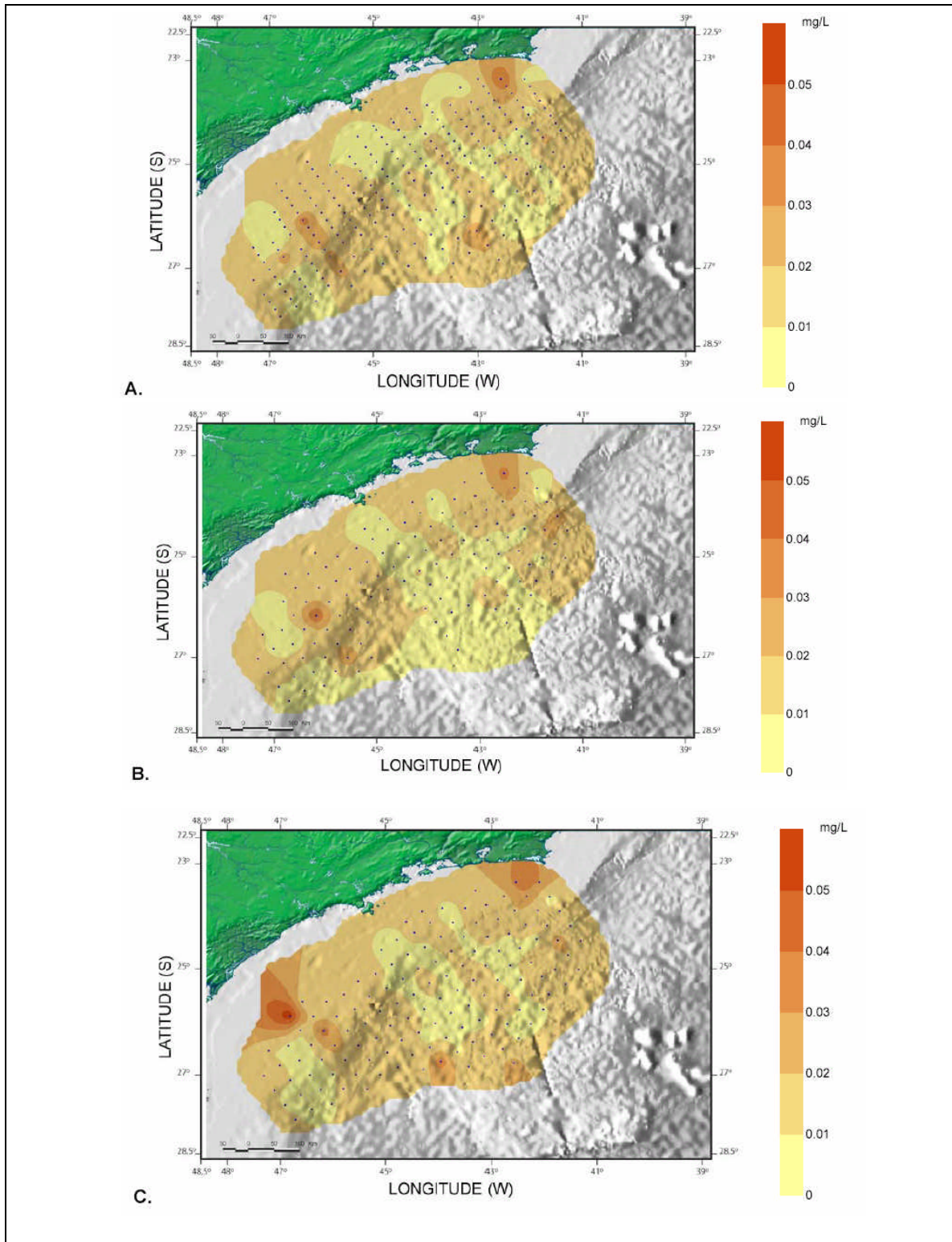


Figura II.5.1.3-13: *Variação Espacial de Amônia na Bacia de Santos A) Superfície B) Termoclina e C) Fundo.* Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG 2002

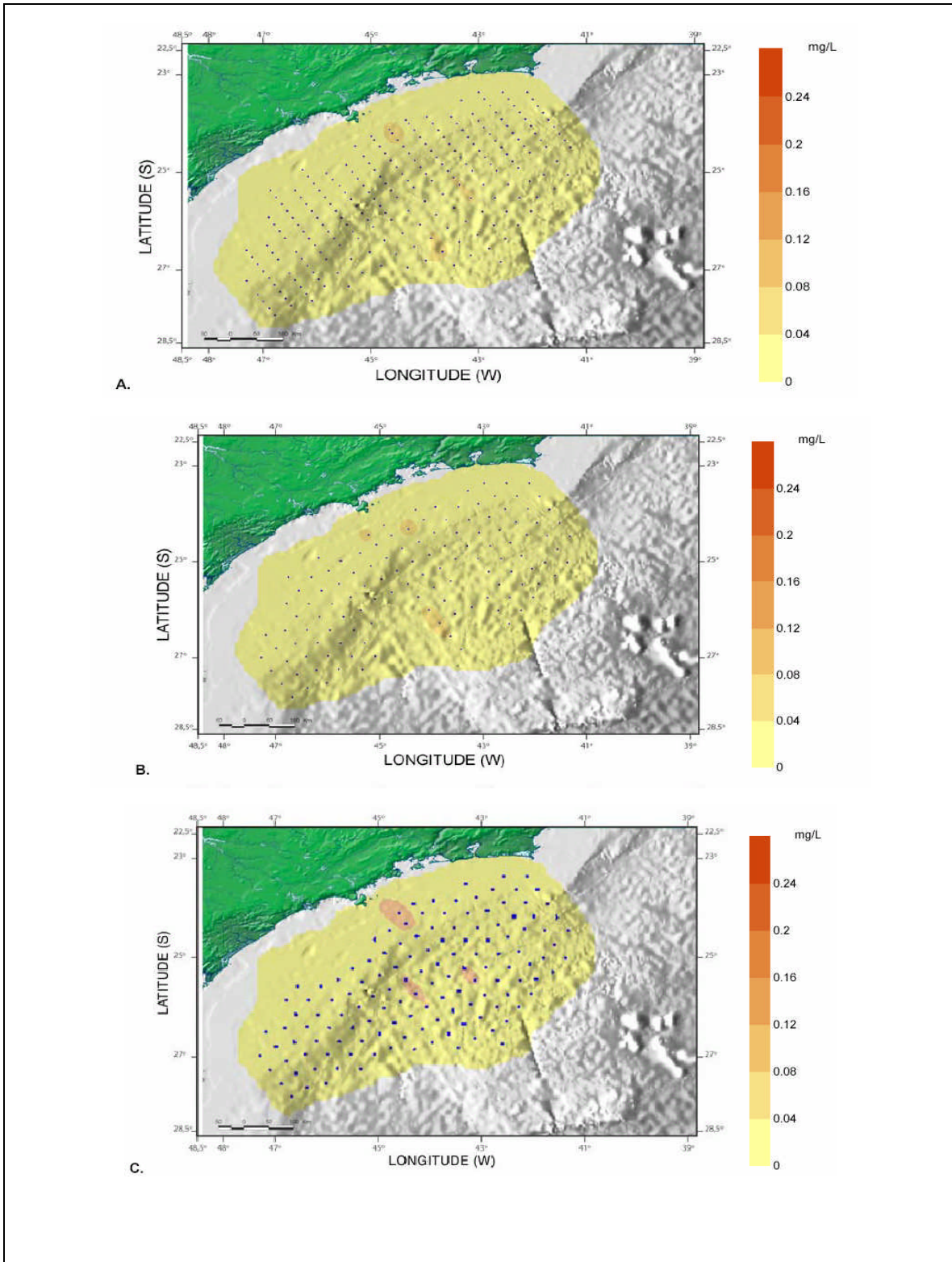


Figura II.5.1.3-14: Variação Espacial do Nitrito na Bacia de Santos A) Superfície B) Termocline e C) Fundo. Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG 2002

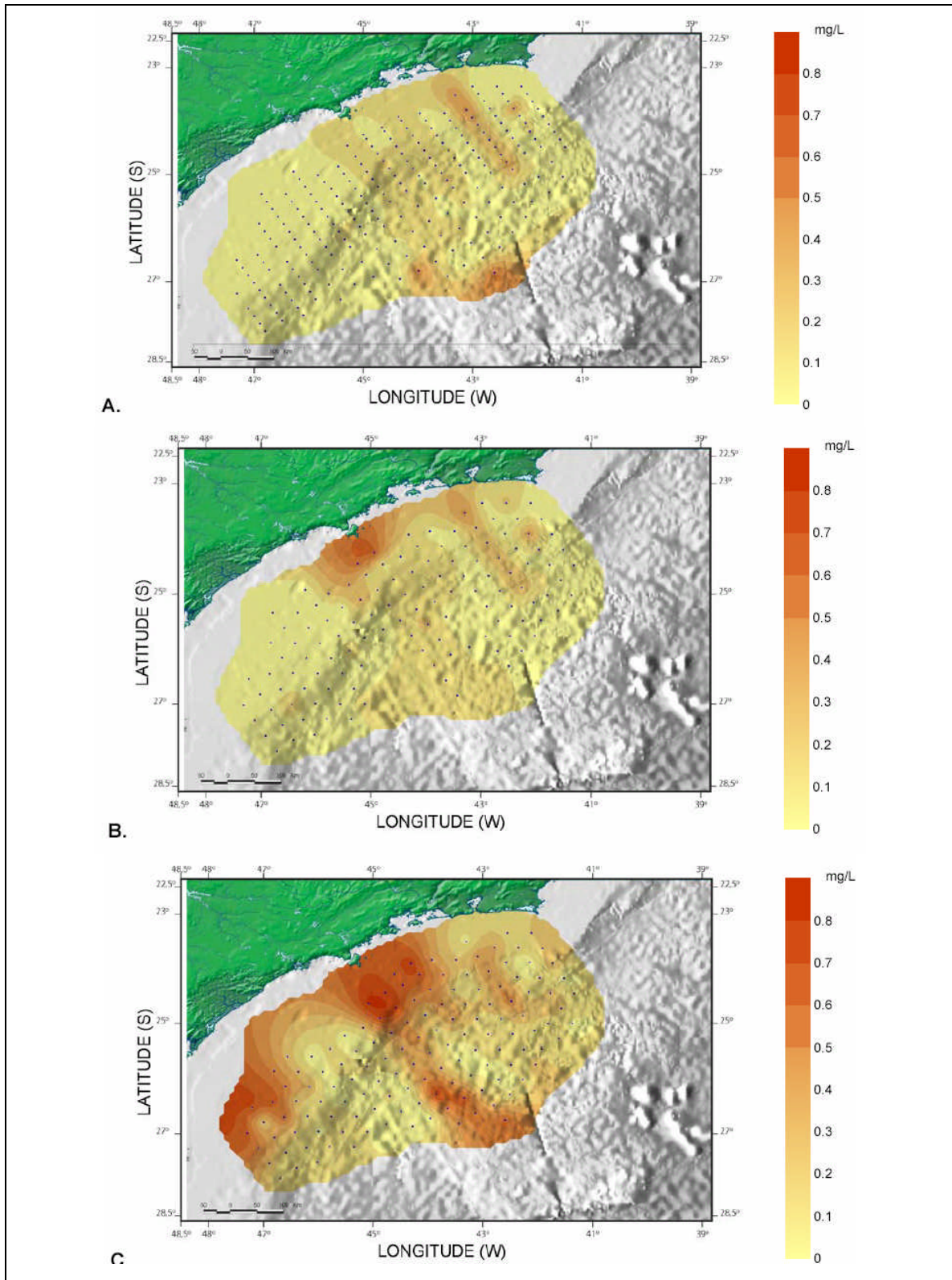


Figura II.5.1.3-15: *Varição Espacial Nitrato na Bacia de Santos A) Superfície B) Termoclina e C) Fundo.* Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG 2002

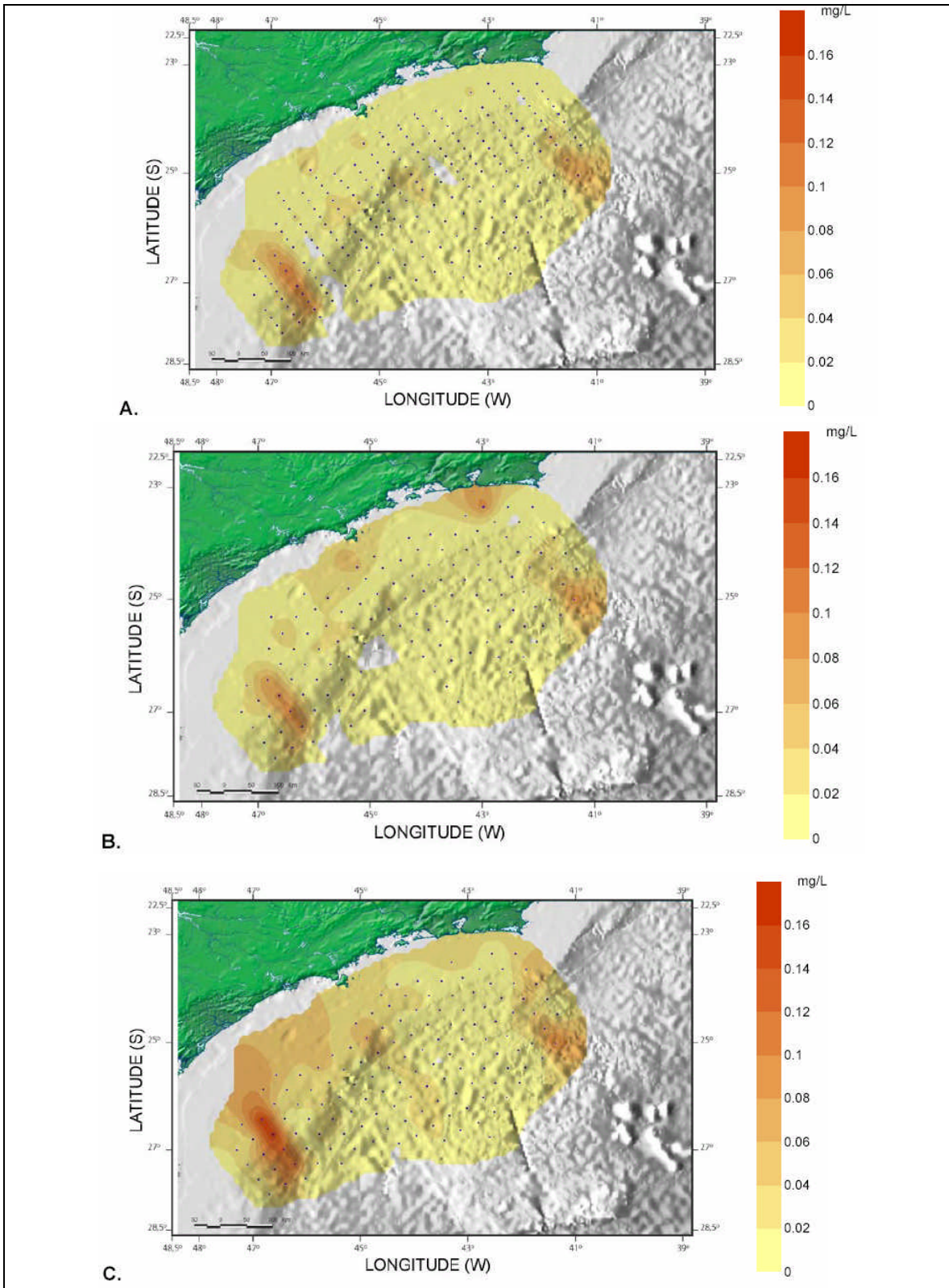


Figura II.5.1.3-16: Variação Espacial de Fosfato na Bacia de Santos A) Superfície B) Termoclina e C) Fundo. Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG 2002

B.2) Sedimento

B.2.1) Granulometria

As variações sedimentares que compõem o fundo marinho são resultantes de processos primários geológicos e físicos secundários, químicos e biológicos. Estas variações acontecem de forma espacial e temporal, em diferentes escalas. Desta forma, os tipos de grãos encontrados, seu selecionamento, teor de carbonato, diâmetro médio e outras características sedimentares são resultantes desses vários processos que agem de forma sinérgica positivamente ou não.

A região de Cabo Frio (RJ) a São Sebastião (SP) apresenta plataforma caracterizada por uma topografia relativamente mais profunda, chegando até 200m de lâmina d'água, com linhas batimétricas paralelas ao litoral adjacente (Alves&Ponzi, 1984). Este trecho da plataforma apresenta um relevo suave, em dois níveis, separados por uma ilha arenosa na isóbata de 100m. Ao sul da Ilha de São Sebastião (SP), a plataforma apresenta uma suavização na sua declividade que se prolonga até a Ilha de Santa Catarina (ZEMBRUSCKI, 1979)

De um modo geral, a Bacia de Santos apresenta sedimentos mais finos, estando a fração lamosa associada a variações batimétricas, como pode se observar na Figura II.5.1.3-17.

A caracterização da Bacia de Santos, produzida pela PEG/AS, mostra um predomínio de silte e argila (90,1% das amostras, sendo que o predomínio de silte, de 89,2%, foi consideravelmente maior do que o de argila, de 0,9%). O cascalho ocorreu em 3,3% das estações, e areia muito grossa em 7,5%, a areia grossa em 11,7%, a areia média em 14,9%, a areia fina em 18,2% e a areia muito fina em 5,6%. As areias predominam em apenas 9,9% das estações. A maior contribuição é da areia muito fina (5,6%), seguida da areia fina (3,3%). Areia fina e areia muito fina ocorrem em quase toda plataforma interna.

A existência, na plataforma externa, de uma faixa recoberta por sedimentos carbonáticos biogênicos se estendendo até o talude, foi notada por FURTADO & MAHIQUES (1990) e MAHIQUES e FURTADO (1989).

São comuns os restos de conchas e carapaças de organismos bentônicos e planctônicos. Entre a plataforma externa e a média existe uma zona transicional

estreita com baixos teores de carbonatos. Esta zona de carbonatos também foi evidenciada por GONÇALVES & LANA (1991). Ainda sobre os mapas de composição de sedimento de FIGUEIREDO e MADUREIRA (1999), as plataformas interna e média ao sul da Ilha de São Sebastião, onde se encontra o Campo de Merluza, são compostos por sedimentos litoclásticos, mais internamente, biolitolásticos, próximo à quebra da plataforma.

O trabalho executado pela Sampling Científica foi mais específico quanto à área estudada. O mesmo consistiu na análise granulométrica em 5 pontos distribuídos ao redor da Plataforma de Merluza.

O sedimento analisado não demonstrou diferenças significativas nos tamanhos dos grãos nas estações analisadas (Tabela II.s 5.1.3-23 a 5.1.3-28).

Houve uma predominância alternada entre areias finas e muito finas nestes pontos (Tabelas II.5.1.3-23 a 5.1.3-28), ausentando-se frações mais grosseiras como areia grossa, muito grossa e cascalho.

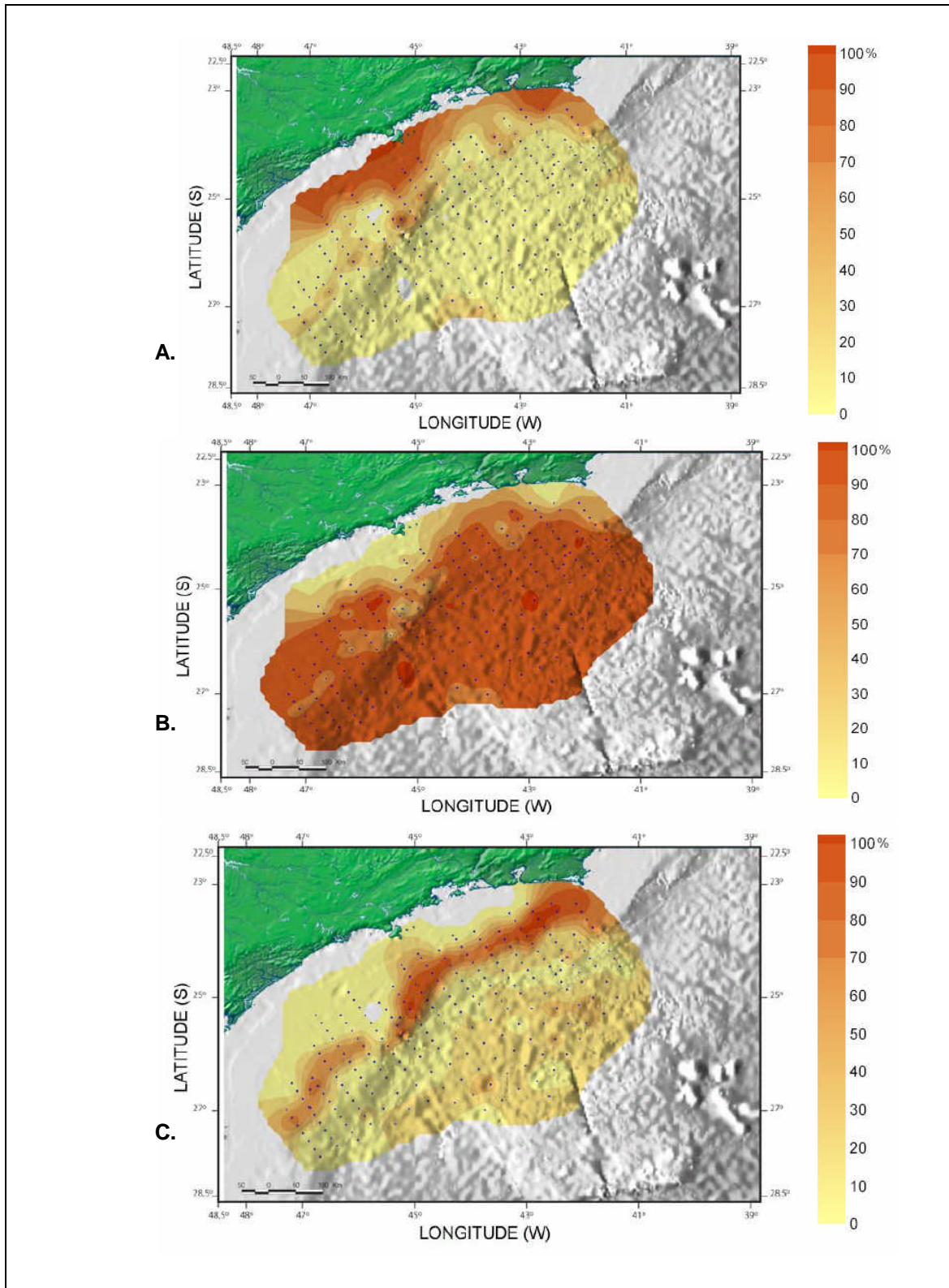


Figura II.5.1.3-17: *Varição Espacial da granulometria na Bacia de Santos A) Fração Arenosa B) Fração Lamosa e C) Fração Carbonática.*

Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG 2002

Tabela II.5.1.3-23: *Frequência Normal da granulometria na camada de 0-2 cm na estação 1 na PMLZ.*

| DIÂMETRO (MM) | TIPO DE GRÃO | FREQ. NORMAL (%) | FREQ. ACUMULADA (%) |
|--------------------------------|--------------------|------------------|---------------------|
| 2,0000 | Cascalho | 0,00 | 0,00 |
| 1,0000 | Areia Muito Grossa | 0,00 | 0,00 |
| 0,5000 | Areia Grossa | 0,00 | 0,00 |
| 0,2500 | Areia Média | 8,26 | 8,26 |
| 0,1250 | Areia Fina | 59,55 | 67,81 |
| 0,0625 | Areia Muito Fina | 12,94 | 80,75 |
| 0,0313 | Silte | 16,36 | 97,11 |
| 0,0020 | Argila | 2,89 | 100,00 |
| Parâmetros Estatísticos | | ϕ | |
| Mediana | | 2,701 | |
| Média | | 3,010 | |
| Desvio Padrão | | 0,960 | |
| Assimetria | | 0,466 | |
| Curtose | | 0,941 | |
| Curtose (norm) | | 0,485 | |
| CLASSIFICAÇÃO PELA MÉDIA | | | |
| Areia muito fina | | | |
| CLASSIFICAÇÃO TEXTURAL DE FOLK | | | |
| Areia siltosa | | | |
| Muito selecionada | | | |
| Mesocúrtica | | | |
| Assimetria muito positiva | | | |
| Matéria Orgânica | | 2,28 % | |
| Carbonatos | | 22,14 % | |

Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG 2002

Tabela II.5.1.3-24: *Frequência Normal da granulometria na camada de 0-2 cm na estação 4 na PMLZ.*

| DIÂMETRO (MM) | TIPO DE GRÃO | FREQ. NORMAL (%) | FREQ. ACUMULADA (%) |
|--------------------------------|--------------------|------------------|---------------------|
| 2,0000 | Cascalho | 0,00 | 0,00 |
| 1,0000 | Areia Muito Grossa | 0,00 | 0,00 |
| 0,5000 | Areia Grossa | 0,00 | 0,00 |
| 0,2500 | Areia Média | 2,89 | 2,89 |
| 0,1250 | Areia Fina | 15,61 | 18,50 |
| 0,0625 | Areia Muito Fina | 58,54 | 77,04 |
| 0,0313 | Silte | 20,83 | 97,88 |
| 0,0020 | Argila | 2,12 | 100,00 |
| Parâmetros Estatísticos | | ϕ | |
| Mediana | | 3,538 | |
| Média | | 3,570 | |
| Desvio Padrão | | 0,787 | |
| Assimetria | | 0,018 | |
| Curtose | | 1,308 | |
| Curtose (norm) | | 0,567 | |
| Classificação pela Média | | | |
| Areia muito fina | | | |
| Classificação Textural de Folk | | | |
| Areia siltosa | | | |
| Muito selecionada | | | |
| Leptocúrtica | | | |
| Aproximadamente simétrica | | | |
| Matéria Orgânica | | 2,42 % | |
| Carbonatos | | 28,33 % | |

Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG 2002

Tabela II.5.1.3-25: *Frequência normal da granulometria na camada de 0-2 cm na estação controle na PMLZ.*

| DIÂMETRO (MM) | TIPO DE GRÃO | FREQ. NORMAL (%) | FREQ. ACUMULADA (%) |
|--------------------------------|--------------------|------------------|---------------------|
| 2,0000 | Cascalho | 0,00 | 0,00 |
| 1,0000 | Areia Muito Grossa | 0,00 | 0,00 |
| 0,5000 | Areia Grossa | 0,00 | 0,00 |
| 0,2500 | Areia Média | 9,94 | 9,94 |
| 0,1250 | Areia Fina | 59,35 | 69,29 |
| 0,0625 | Areia Muito Fina | 12,51 | 81,80 |
| 0,0313 | Silte | 15,63 | 97,43 |
| 0,0020 | Argila | 2,57 | 100,00 |
| Parâmetros Estatísticos | | ϕ | |
| Mediana | | 2,675 | |
| Média | | 2,972 | |
| Desvio Padrão | | 0,953 | |
| Assimetria | | 0,460 | |
| Curtose | | 0,998 | |
| Curtose (norm) | | 0,499 | |
| Classificação pela Média | | | |
| Areia fina | | | |
| Classificação Textural de Folk | | | |
| Areia siltosa | | | |
| Moderadamente selecionada | | | |
| Mesocúrtica | | | |
| Assimetria muito positiva | | | |
| Matéria Orgânica | | 2,72 % | |
| Carbonatos | | 26,51 % | |

Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG 2002

Tabela II.5.1.3-26: *Frequência Normal da granulometria na camada de 2-5 cm na estação 1 na PMLZ.*

| DIÂMETRO (MM) | TIPO DE GRÃO | FREQ. NORMAL (%) | FREQ. ACUMULADA (%) |
|--------------------------------|--------------------|------------------|---------------------|
| 2,0000 | Cascalho | 0,00 | 0,00 |
| 1,0000 | Areia Muito Grossa | 0,00 | 0,00 |
| 0,5000 | Areia Grossa | 0,00 | 0,00 |
| 0,2500 | Areia Média | 8,26 | 8,26 |
| 0,1250 | Areia Fina | 59,55 | 67,81 |
| 0,0625 | Areia Muito Fina | 12,94 | 80,75 |
| 0,0313 | Silte | 16,36 | 97,11 |
| 0,0020 | Argila | 2,89 | 100,00 |
| Parâmetros Estatísticos | | ϕ | |
| Mediana | | 2,698 | |
| Média | | 3,009 | |
| Desvio Padrão | | 0,964 | |
| Assimetria | | 0,463 | |
| Curtose | | 0,939 | |
| Curtose (norm) | | 0,487 | |
| Classificação pela Média | | | |
| Areia muito fina | | | |
| Classificação Textural de Folk | | | |
| Areia siltosa | | | |
| Muito selecionada | | | |
| Mesocúrtica | | | |
| Assimetria muito positiva | | | |
| Matéria Orgânica | | 1,36 % | |
| Carbonatos | | 25,17 % | |

Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG 2002

Tabela II.5.1.3-27: *Frequência Normal da granulometria na camada de 2-5 cm na estação 4 na PMLZ.*

| DIÂMETRO (MM) | TIPO DE GRÃO | FREQ. NORMAL (%) | FREQ. ACUMULADA (%) |
|--------------------------------|--------------------|------------------|---------------------|
| 2,0000 | Cascalho | 0,00 | 0,00 |
| 1,0000 | Areia Muito Grossa | 0,00 | 0,00 |
| 0,5000 | Areia Grossa | 0,73 | 0,730 |
| 0,2500 | Areia Média | 2,90 | 3,63 |
| 0,1250 | Areia Fina | 18,32 | 21,95 |
| 0,0625 | Areia Muito Fina | 57,88 | 79,83 |
| 0,0313 | Silte | 18,36 | 98,20 |
| 0,0020 | Argila | 1,80 | 100,00 |
| Parâmetros Estatísticos | | ϕ | |
| Mediana | | 3,485 | |
| Média | | 3,462 | |
| Desvio Padrão | | 0,805 | |
| Assimetria | | -0,034 | |
| Curtose | | 1,305 | |
| Curtose (norm) | | 0,566 | |
| Classificação pela Média | | | |
| Areia muito fina | | | |
| Classificação Textural de Folk | | | |
| Areia siltosa | | | |
| Moderadamente selecionada | | | |
| Leptocúrtica | | | |
| Aproximadamente simétrica | | | |
| Matéria Orgânica | | 1,27 % | |
| Carbonatos | | 26,44 % | |

Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG 2002

Tabela II.5.1.3-28: *Frequência Normal da granulometria na camada de 2-5 cm na estação Controle na PMLZ.*

| DIÂMETRO (MM) | TIPO DE GRÃO | FREQ. NORMAL (%) | FREQ. ACUMULADA (%) |
|--------------------------------|--------------------|------------------|---------------------|
| 2,0000 | Cascalho | 0,00 | 0,00 |
| 1,0000 | Areia Muito Grossa | 0,00 | 0,00 |
| 0,5000 | Areia Grossa | 0,00 | 0,00 |
| 0,2500 | Areia Média | 7,65 | 7,65 |
| 0,1250 | Areia Fina | 57,34 | 64,99 |
| 0,0625 | Areia Muito Fina | 14,29 | 79,28 |
| 0,0313 | Silte | 18,01 | 97,29 |
| 0,0020 | Argila | 2,71 | 100,00 |
| Parâmetros Estatísticos | | ϕ | |
| Mediana | | 2,739 | |
| Média | | 3,048 | |
| Desvio Padrão | | 0,971 | |
| Assimetria | | 0,451 | |
| Curtose | | 0,856 | |
| Curtose (norm) | | 0,461 | |
| Classificação pela Média | | | |
| Areia muito fina | | | |
| Classificação Textural de Folk | | | |
| Areia siltosa | | | |
| Moderadamente selecionada | | | |
| Platicúrtica | | | |
| Assimetria muito positiva | | | |
| Matéria Orgânica | | 0,98 % | |
| Carbonatos | | 21,77 % | |

Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG 2002

B.2.2) Hidrocarbonetos

a) Hidrocarbonetos Totais

Os resultados registrados na caracterização da Bacia de Santos produzida pela PEG/AS revelaram um aumento nos níveis de HTP nos sedimentos mais próximos à costa. As concentrações variaram de 403 a até 127598 $\mu\text{g}/\text{kg}$ com uma média de 6760 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (desvio padrão = 14162 $\mu\text{g}/\text{kg}$), conforme a Figura II.5.1.3-18, que indica a distribuição geográfica dos HTP nos sedimentos da Bacia de Santos.

Os níveis mais elevados foram encontrados ao norte da Bacia, na região compreendida entre a desembocadura das Baías de Sepetiba e de Guanabara.

Em geral, os teores de HTP encontrados são muito baixos e inferiores aos teores observados em sedimentos de áreas de exploração de petróleo. No entanto estes valores estão acima dos valores observados em sedimentos do litoral brasileiro sob pouca influência como no caso dos sedimentos da Plataforma Continental Amazônica, que apresentam valores máximos na ordem de 2000 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (ELIAS, 2000).

Os resultados apresentados pela Sampling Científica, nos pontos ao redor da Plataforma de Merluza variaram entre 16205,54 e 36651,85 $\mu\text{g}/\text{kg}$.

É oportuno ressaltar que os teores de HTP representam todo material orgânico extraído do sedimento, seja ele hidrocarboneto ou não. Esse teor não considera apenas os hidrocarbonetos, pois o método analítico utilizado (EPA 8015C) não envolve etapas de *clean-up* ou fracionamento que removeria os compostos polares comuns (produtos naturais) em sedimentos marinhos (p.ex. os esteróis). Nesse sentido, as análises de HPA representam uma ferramenta mais precisa de avaliação de contribuição de hidrocarbonetos em sedimentos marinhos.

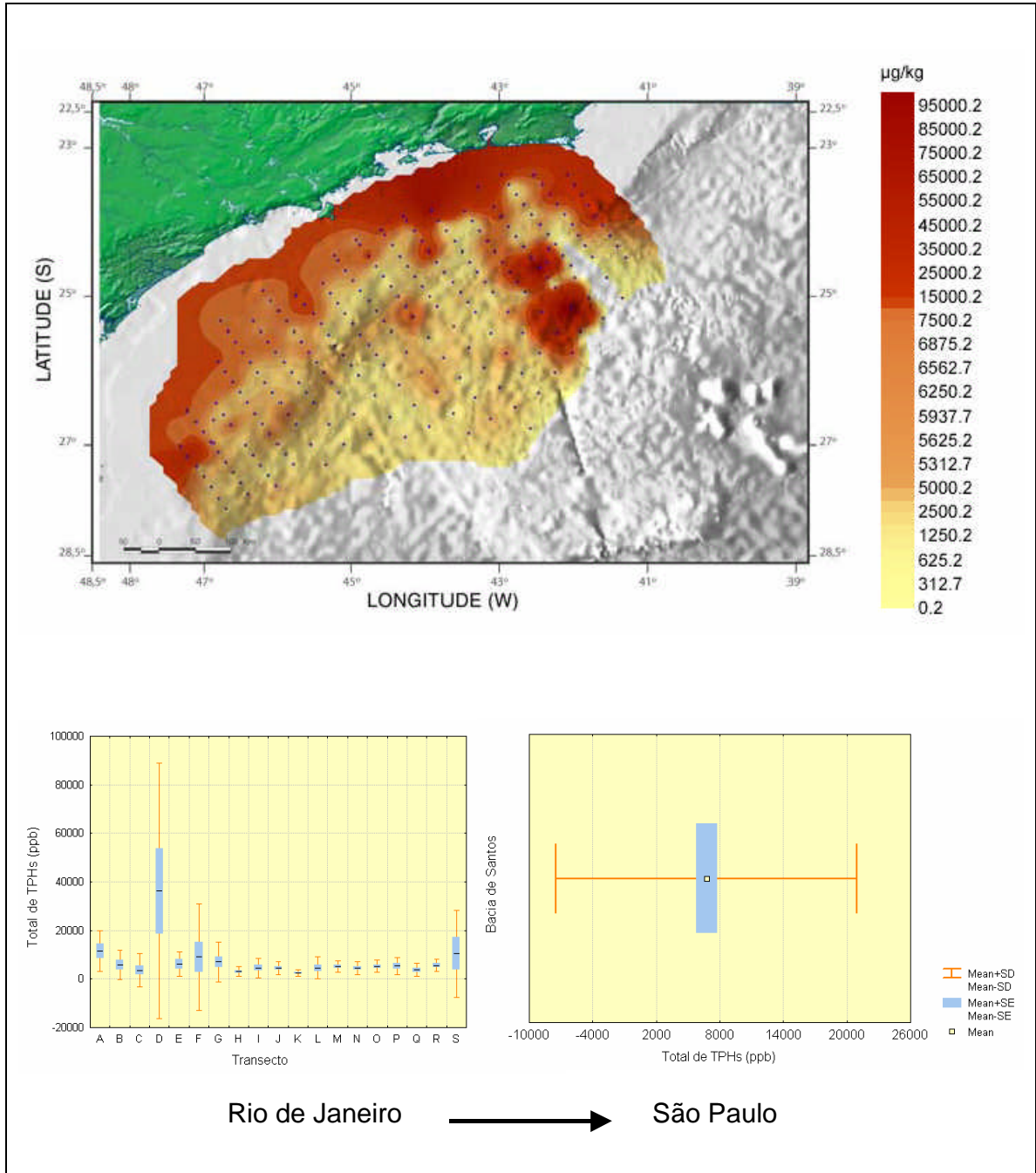


Figura II.5.1.3-18: Variação Espacial das concentrações de HTP no sedimento na Bacia de Santos. Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG 2002

B.2.3) HPA

A concentração total de HPAs, registrado no relatório produzido pela PEG/AS variou de <math><0,1</math> até $130,6\mu\text{g}/\text{Kg}$ (ppb) com média $12,1\mu\text{g}/\text{Kg}$ (ppb) e desvio padrão de $11,2\mu\text{g}/\text{Kg}$. Os teores detectados na área podem ajudar a estimar um nível mínimo de background da Bacia de Santos. Nesse sentido, o teor médio de $12,1\mu\text{g}/\text{Kg}$ (ppb), e desvio padrão de $11,7\mu\text{g}/\text{Kg}$, pode ser considerado como o background local. É interessante notar que esse valor está muito abaixo dos valores reportados na literatura para as regiões do Brasil e áreas de exploração de óleo. A área ao redor da Plataforma de Merluza apresentou valores variando de 2,95 a $21,36\mu\text{g}/\text{Kg}$, estando estes valores bem próximos das média da Bacia de Santos.

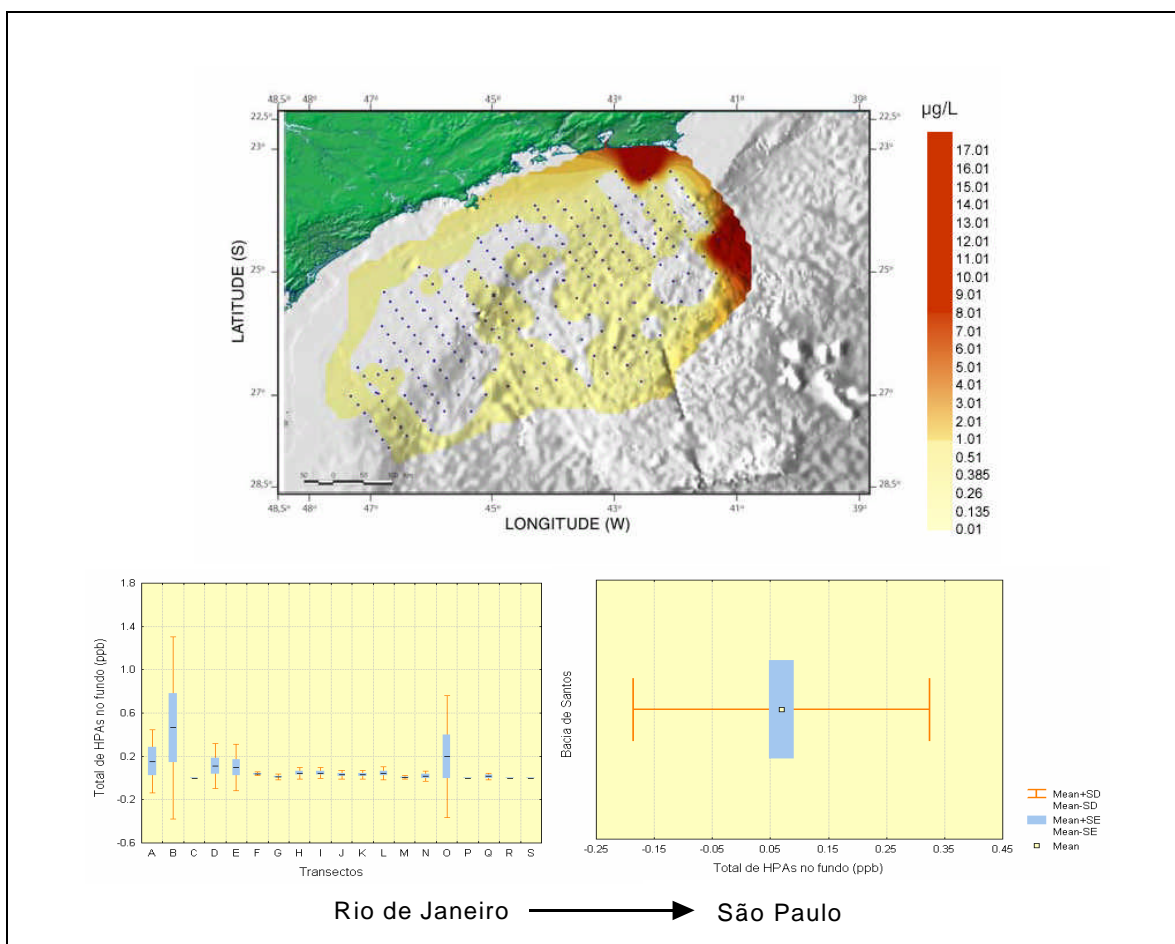


Figura II.5.1.3-19: Variação Espacial das concentrações de HTP no sedimento na Bacia de Santos. Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG 2002

B.2.4) Metais Pesados

A análise química da composição mineral contida nos sedimentos marinhos é importante uma vez que a contribuição de alguns metais no sedimento, por exemplo Fe e Mn. Podem ser indicativos de tipo de rocha originária do sedimento. Assim torna-se fundamental realizar um levantamento desses metais, e de outros, para melhor compreensão de como os mesmos estão presentes no ambiente e se são oriundos de processos naturais ou antrópicos.

a) Ferro– Fe

Nos estudos executados pela PEG/AS, os teores de metais se mostraram altos em toda Bacia de Santos, com variações não sistemáticas por toda área amostrada. O teor médio obtido desse elemento no conjunto amostrado foi de 16427,02mg/Kg (1,64%), com desvio padrão $sd=25902,77$.

As amostragens realizadas nos poços de petróleo situam-se dentro da média, podendo-se concluir que a presença de Fe no sedimento, deve-se ao tipo de rochas e à quantidade de carbonatos e argilas presentes.

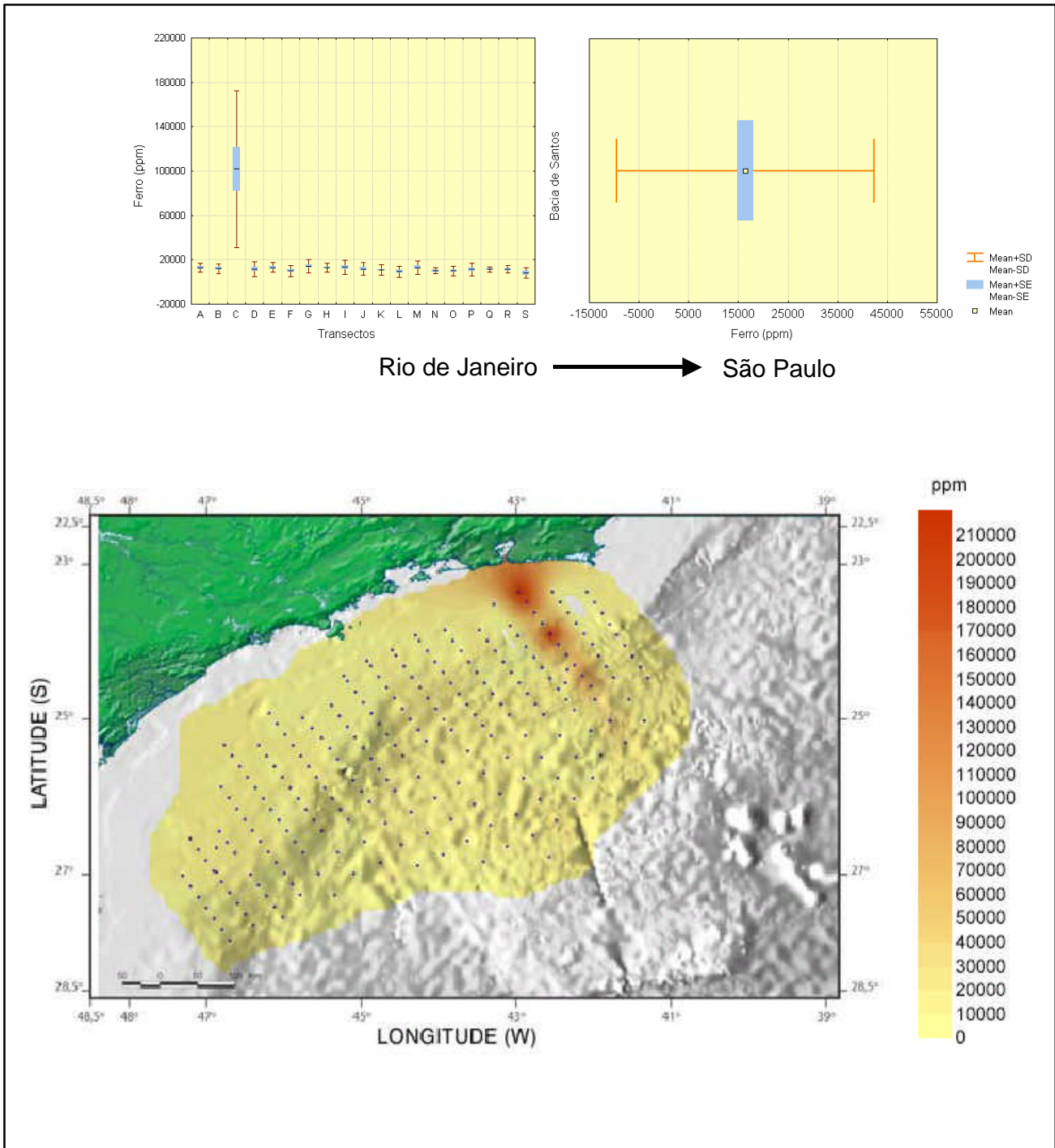


Figura II.5.1.3-20: Variação Espacial do Ferro na Bacia de Santos.

Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG 2002

b) Mercúrio – Hg

O Canadian Water Quality Guidelines/1995 cita um valor de referência para o elemento de 0,17mg Mg/Kg e PEL (Limite de Exposição Permitida, do inglês) igual a 0,486. O teor médio obtido desse elemento no conjunto amostrado foi de 0,27mg/Kg, com desvio-padrão ($dp=0,67$).

A partir dos dados obtidos pela PEG/AS, pode-se inferir há uma tendência à contaminação ambiental nas áreas centrais da Bacia de Santos, provavelmente oriundas de despejos industriais. Houve uma grande variação de ausência de teores na faixa de 4,0mg/Kg. De acordo com os limites canadenses a média obtida nesse estudo está um pouco alta, porém abaixo do limite crítico (PEL). As referências da CETESB no relatório supracitado relatam teores de mercúrio ao longo da Baía de Santos variando na faixa de até 0,22mg/Kg, tendo sido encontrada uma concentração de 0,63mg/Kg em uma margem onde ocorre dragagem.

Os dados registrados no relatório da Sampling Científica, registraram valores abaixo do limite de detecção.

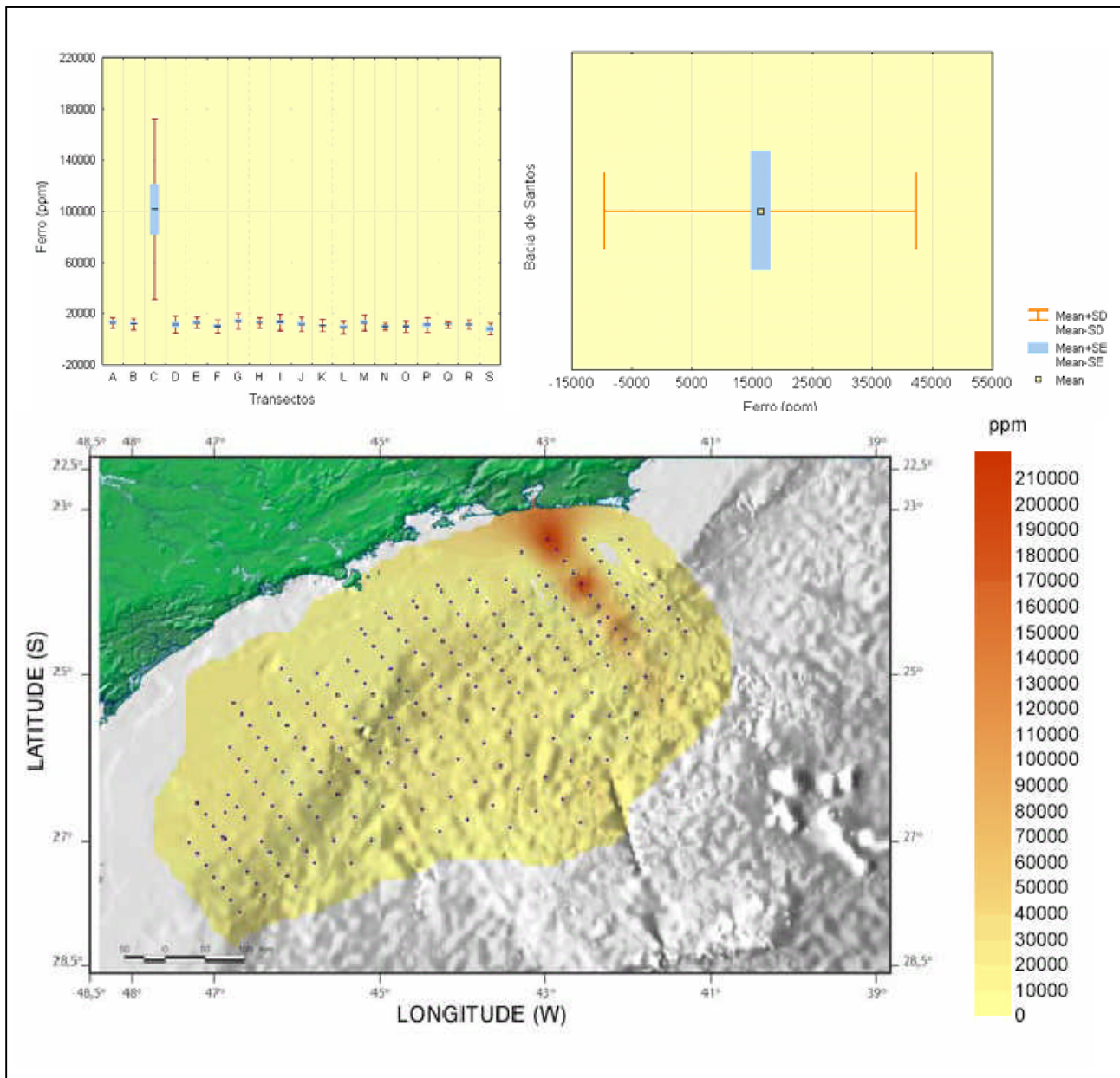


Figura II.5.1.3-21: *Varição Espacial do Mercúrio na Bacia de Santos.*

Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG 2002

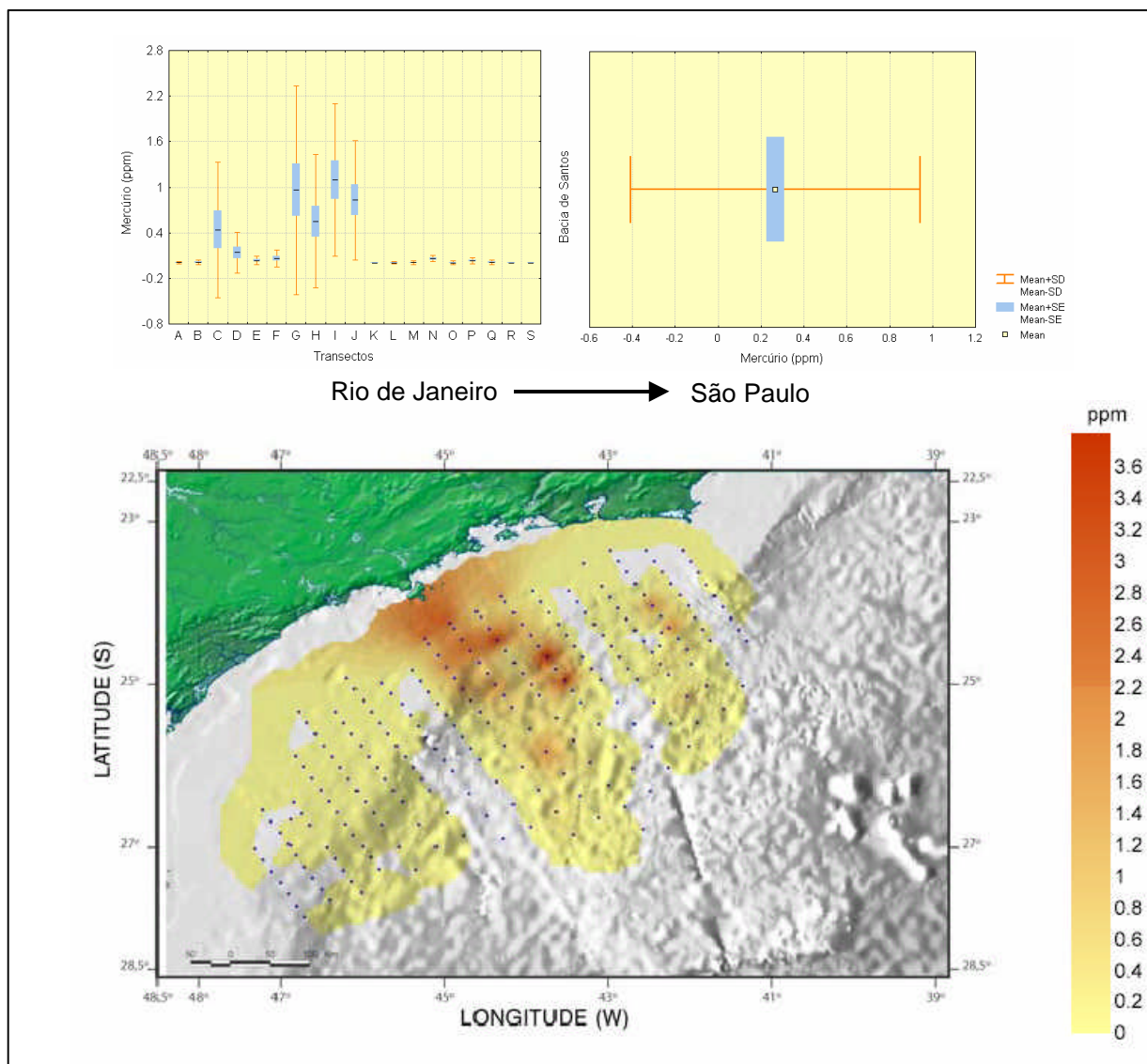


Figura II.5.1.3-22: *Varição Espacial do Ferro na Bacia de Santos.*

Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG 2002

c) Níquel – Ni

Em toda Bacia de Santos registrou-se um valor médio de 13,30mg/Kg com desvio padrão de 8,32.

O níquel apresentou tendência de diminuição ao sul, na Bacia de Santos. Tendo-se como comparativo o estudo da CETESB, os teores médios encontrados na Baía e Estuário de Santos estavam na faixa de 33,0mg/kg, com alguns picos chegando a valores de 100mg/kg. A referência canadense não apresenta números para esse metal em sedimento marinho.

O níquel, assim como o vanádio, é utilizado como indicador de descartes de óleos em ambiente marinho, sendo assim, há a possibilidade de contribuição de descartes principalmente nas áreas ao norte da Bacia de Santos. Teores mais baixos do metal estão ligados ao arenito presente no sedimento de fundo.

Com relação aos dados da Sampling Científica, dois dos três pontos analisados mostraram valores abaixo do limite de detecção, sendo a concentração encontrada no terceiro ponto de 0,016(µg/kg).

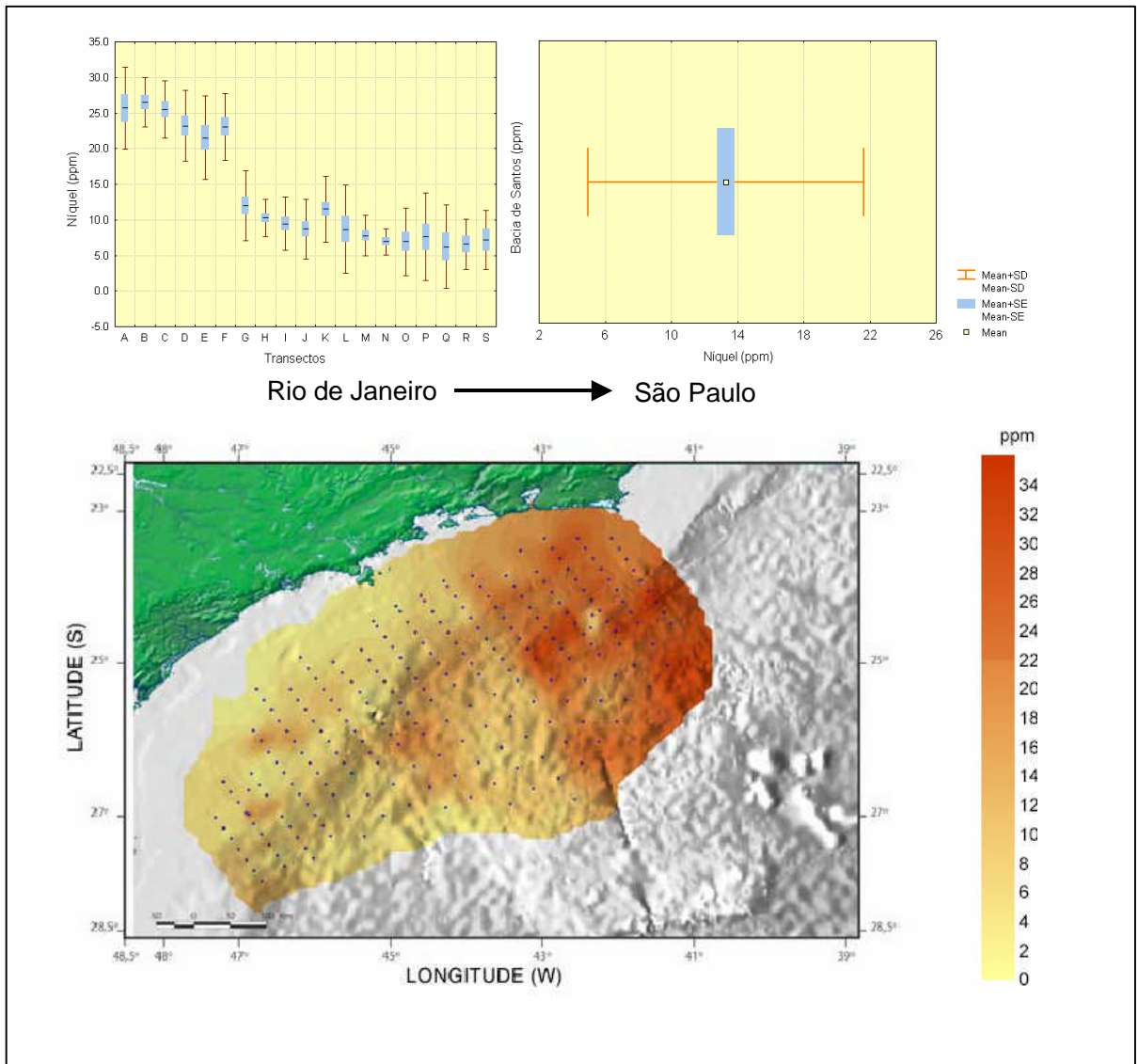


Figura II.5.1.3-23: *Variação Espacial do Níquel na Bacia de Santos.*

Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG 2002

d) Chumbo – Pb

A concentração basal relatada pela CETESB é de 28,5mg/Kg, e segundo a referência canadense é de 35,0mg/Kg e PEL de 91,3mg/Kg.

O teor médio obtido pela PEG/AS desse elemento no conjunto amostrado foi de 14,26mg/Kg, com desvio padrão $dp=21,90$, observando-se um decréscimo nas concentrações em direção sul.

As concentrações registradas pela Sampling Científica registraram valores que variaram entre 0,01 e 0,02mg/g em volta da Plataforma de Merluza.

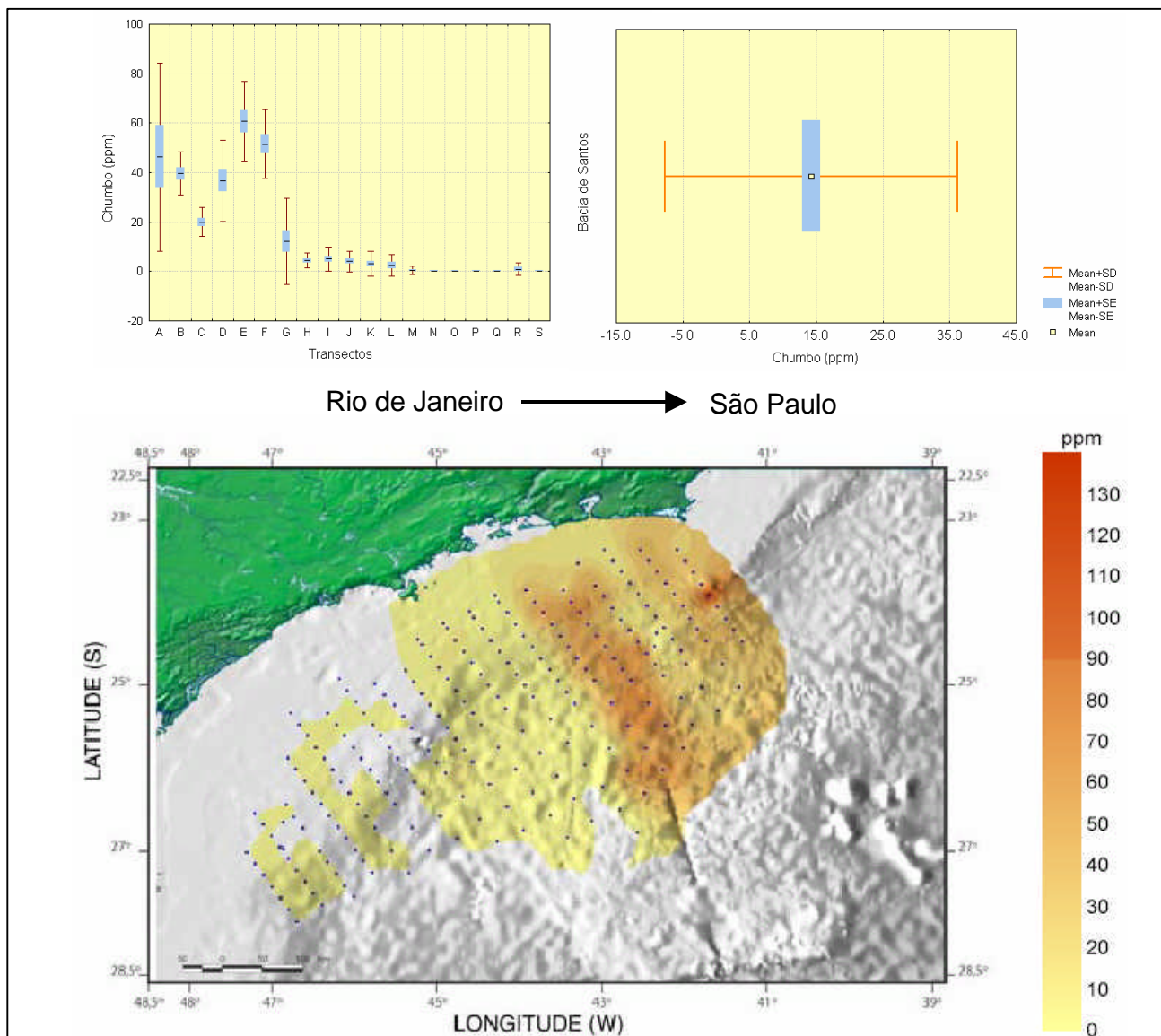


Figura II.5.1.3-24: Variação Espacial do Chumbo na Bacia de Santos.

Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG 2002.

e) Cromo – Cr

A média dos valores registrados no relatório produzido pela PEG/AS foi de 15,41mg/Kg (sd=6,84), estando, segundo a Figura II. 5.1.3-24, os valores encontrados em Merluza entre os mais baixos.

No estudo ao redor da Plataforma de Merluza, as concentrações registradas estiveram abaixo dos níveis de detecção.

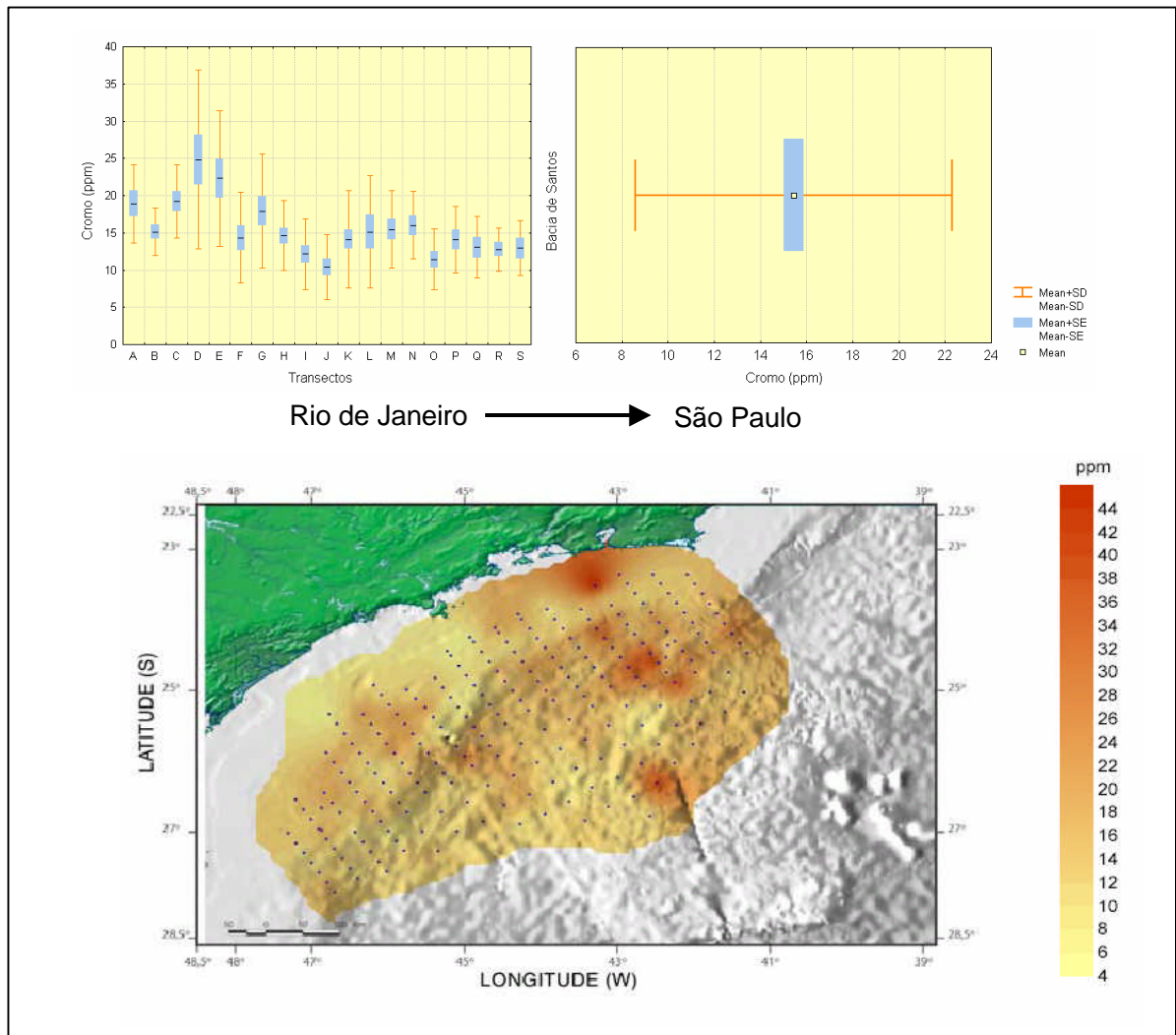


Figura II.5.1.3-25: *Varição Espacial do cromo na Bacia de Santos.*
Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG 2002.

f) Cobre – Cu

O teor médio de Cu, encontrado pela PEG/As na Bacia de Santos (5,7mg/kg, dp=6,90), está em conformidade com os valores apresentados pela referência canadense – concentrações normais em média de 35,7mg/Kg e PEL igual a 197mg/Kg.

Conforme a Figura II.5.1.3-25, os valores registrados para o Campo de Merluza estão entre os mais baixos de toda a Bacia.

As concentrações registradas pela Sampling Científica registraram valores que variaram ente 0,002 e 0,004mg/g em volta da Plataforma de Merluza.

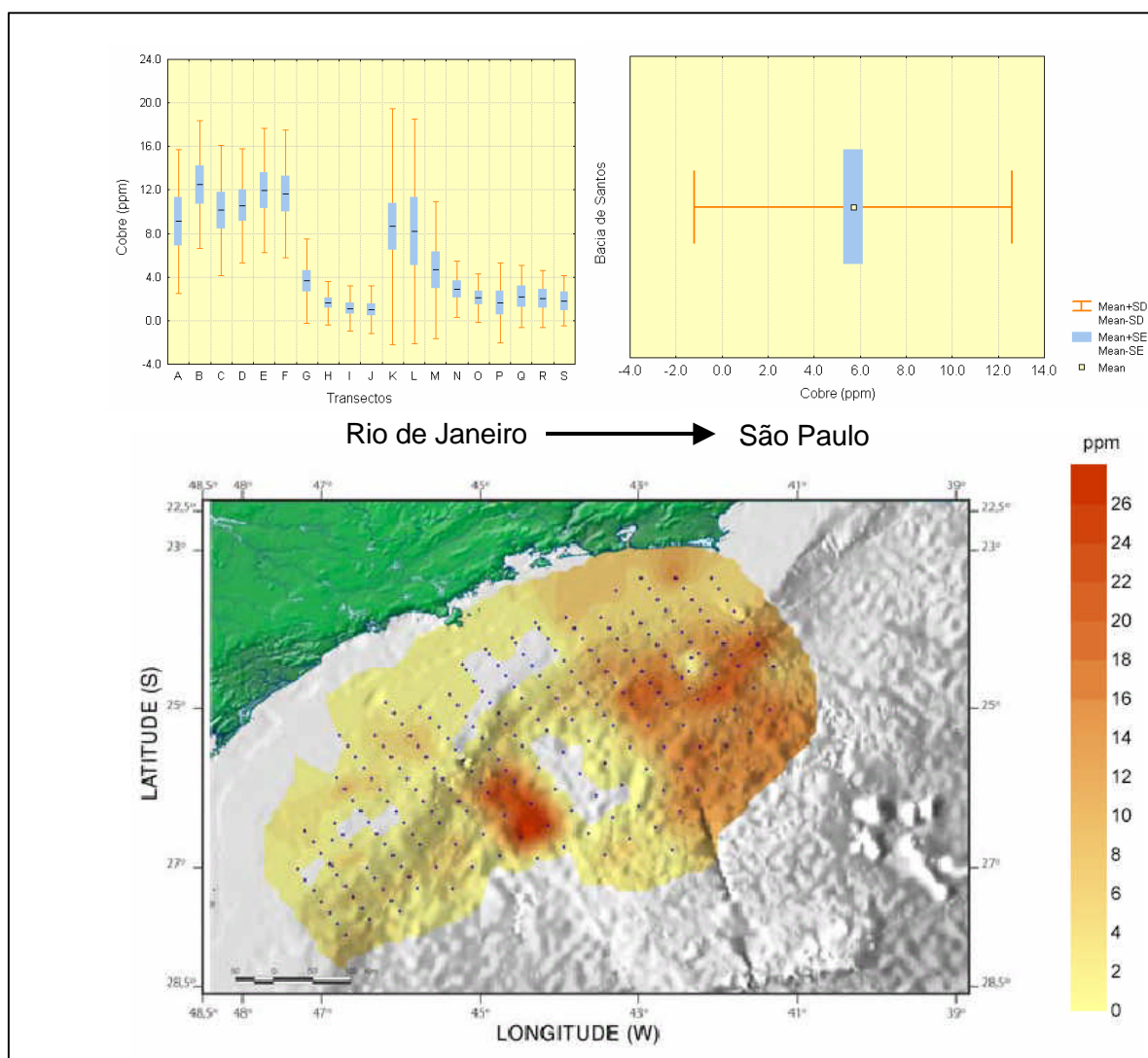


Figura II.5.1.3-26: Variação Espacial do Cobre na Bacia de Santos.

Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG 2002

g) Vanádio – V

O trabalho produzido pela PEG/AS relata valor médio de suas amostras de 26,01mg/Kg, com desvio padrão (dp=28,76). Os valores encontrados apresentam variações ao longo da Bacia de Santos, sendo as concentrações registradas para a região centro sul, da bacia de Santos os mais baixos.

O Vanádio em águas do mar é um bom indicador de impactos ambientais decorrentes de descartes de óleo, assim como o Níquel.

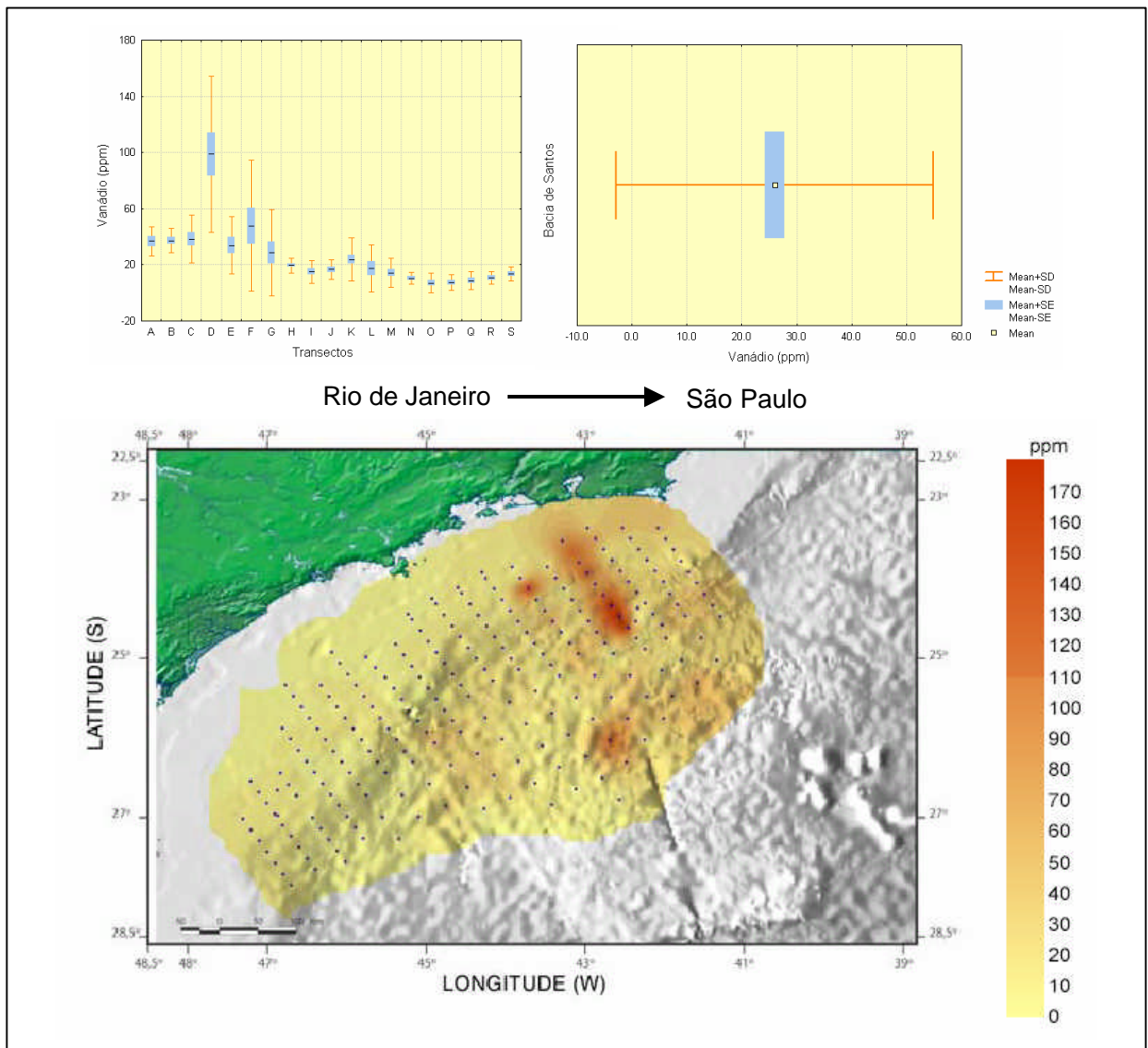


Figura II.5.1.3-27: Variação Espacial da concentração de Vanádio na Bacia de Santos.

Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG 2002

h) Zinco – Zn

O Guideline canadense cita como valor normal 123mg/kg e PEL igual a 315mg/Kg. O teor médio obtido desse elemento no relatório produzido pela PEG/AS foi de 19,13mg/Kg, com desvio padrão (dp=30,60). Com relação ao zinco, as concentrações registradas, as mesmas não apresentaram maiores variações na porção sul da Bacia de Santos.

As concentrações registradas pela Sampling Científica registraram valores que variaram ente 0,025 e 0,030mg/g em volta da Plataforma de Merluza.

A concentração basal relatada no relatório CETESB é de 83mg/Kg, onde cita que a concentração de 200mg/Kg foi o maior valor detectado pelo estudo. O Guideline canadense cita como valor normal 123mg/Kg e PEL igual a 315mg/Kg, o que sugere que até maiores valores encontrados estão em conformidade com as referências consultadas.

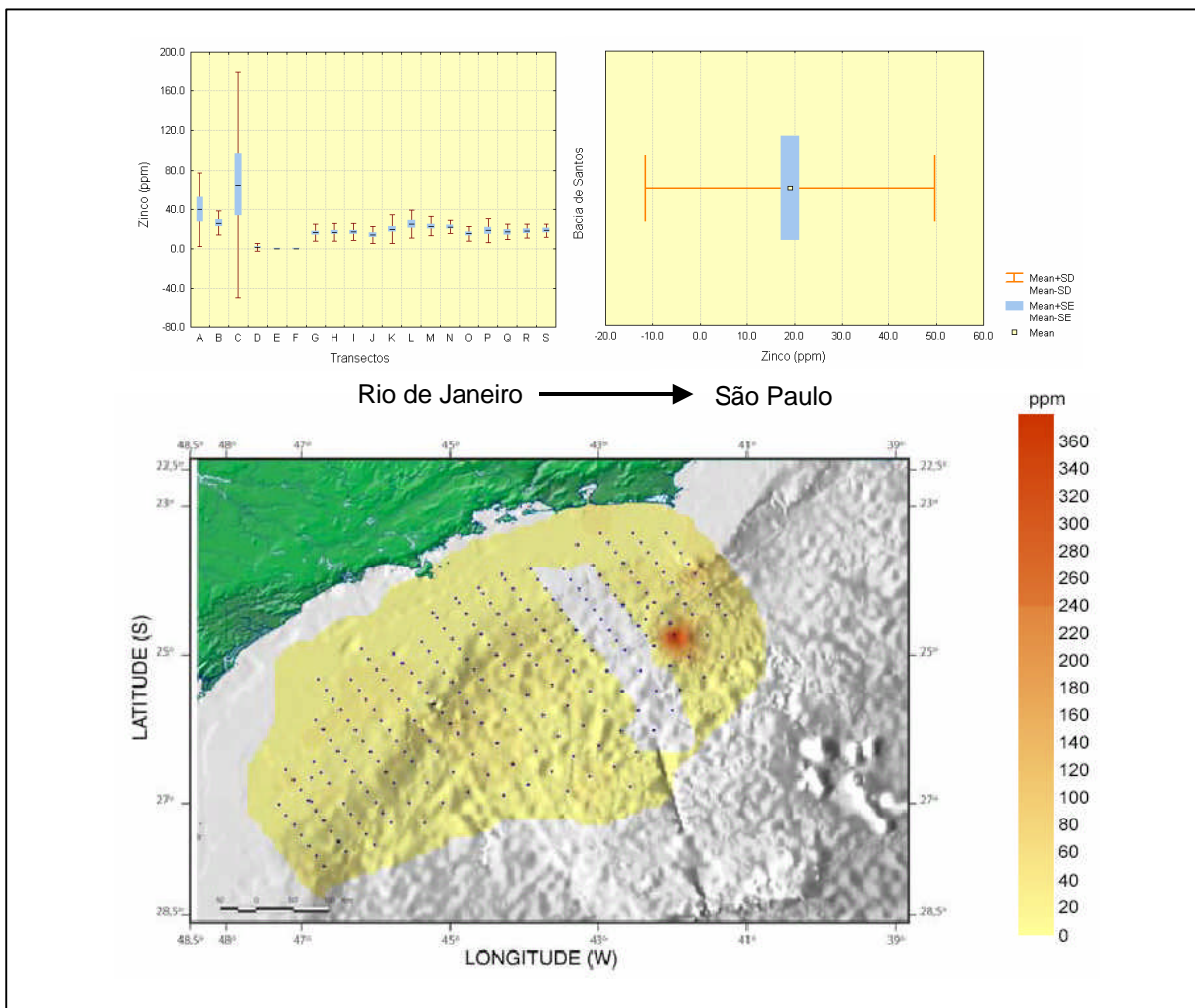


Figura II.5.1.3-28: *Varição Espacial do Zinco na Bacia de Santos.*
Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG 2002

i) Cádmio – Cd

Este metal não foi analisado na caracterização da Bacia de Santos, porém os valores apresentados pela Sampling Científica registraram valores abaixo do limite de detecção em volta da Plataforma de Merluza.