

***PROCESSOS DE
RESSURGÊNCIA NA
REGIÃO COSTEIRA
BRASILEIRA***

REMOÇÃO:

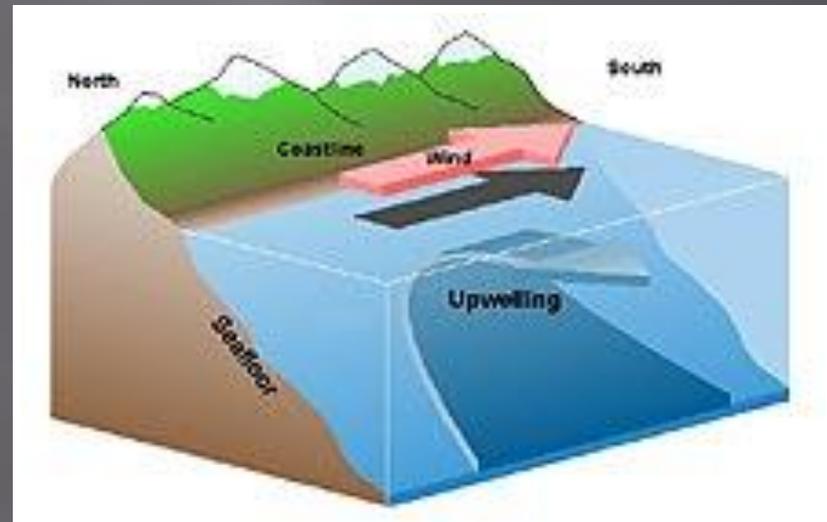
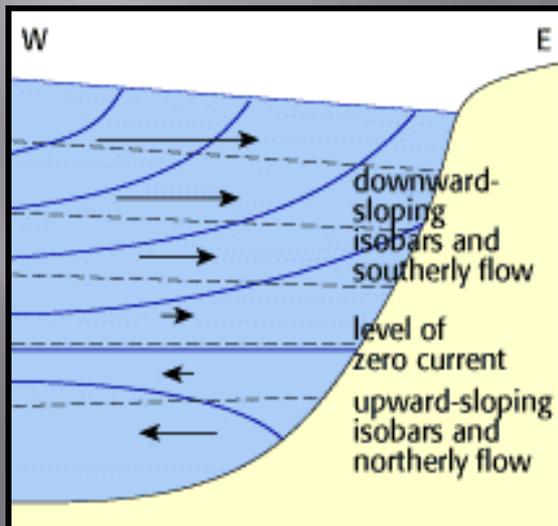
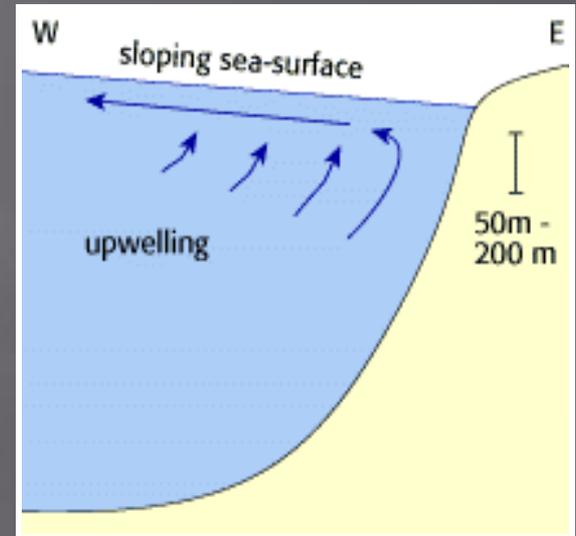
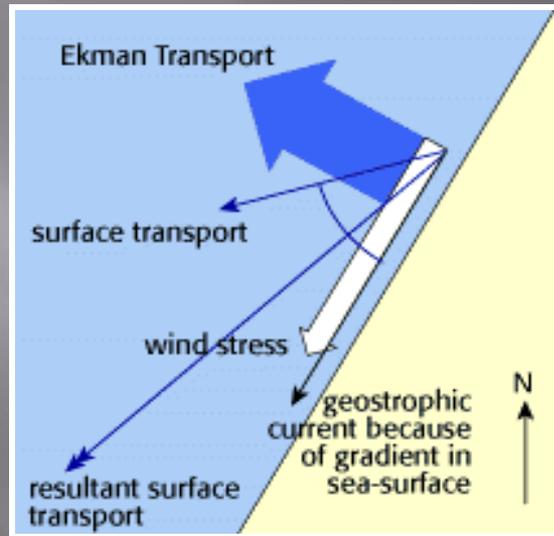
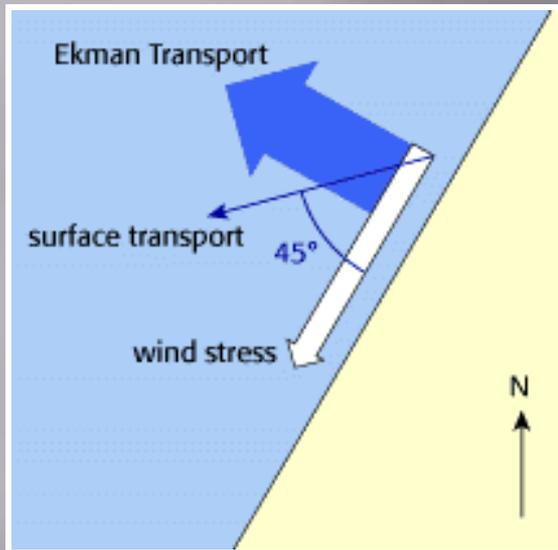
- 1) **assimilação pela biota**
- 2) **sedimentação da matéria orgânica (acumulação no sedimento)**

FONTES:

1. **Processos de mistura**
 - Nutrientes de camadas mais profundas trazidos a superfície (inverno)
 - Sem mistura, com maior estratificação (verão)
2. **Aportes continentais (naturais e antrópicos)**
3. **Regeneração interna da matéria orgânica.**
4. **Fontes atmosféricas**
5. **Processos de ressurgência**

- ▣ Ressurgência: é o movimento de ascensão de águas de subsuperfície, mais frias, até a superfície, resultante da divergência positiva de transporte horizontal induzido pelo vento na camada superior do oceano (Rodríguez, 1997)

Mecanismo que provocam ressurgência



DISTRIBUIÇÃO GLOBAL DE PRODUTIVIDADE PRIMÁRIA NOS OCEANOS (PP)

1. Oceano – áreas de não ressurgência

↓ Nutrientes ↓ taxas de PP

2. Oceano – áreas de ressurgência

Moderada à ↑ taxas de PP

3. Plataformas continentais

↑ Nutrientes (descarga continental, algumas áreas de ressurgência)

↑ Taxas de PP

4. Ressurgência Costeira

↑ Aporte de nutrientes + luminosidade (baixa profundidade)

↑ taxas de PP

5. Estuários e algumas águas costeiras rasas

Abundância de nutrientes: mistura vertical, descarga continental.

Zona fótica estendendo-se até o fundo: micro e macroalgas bentônicas

↑ ↑ taxas de PP

As áreas de ressurgência representam apenas 1% do oceano porém suportam mais de 50% da produção pesqueira mundial

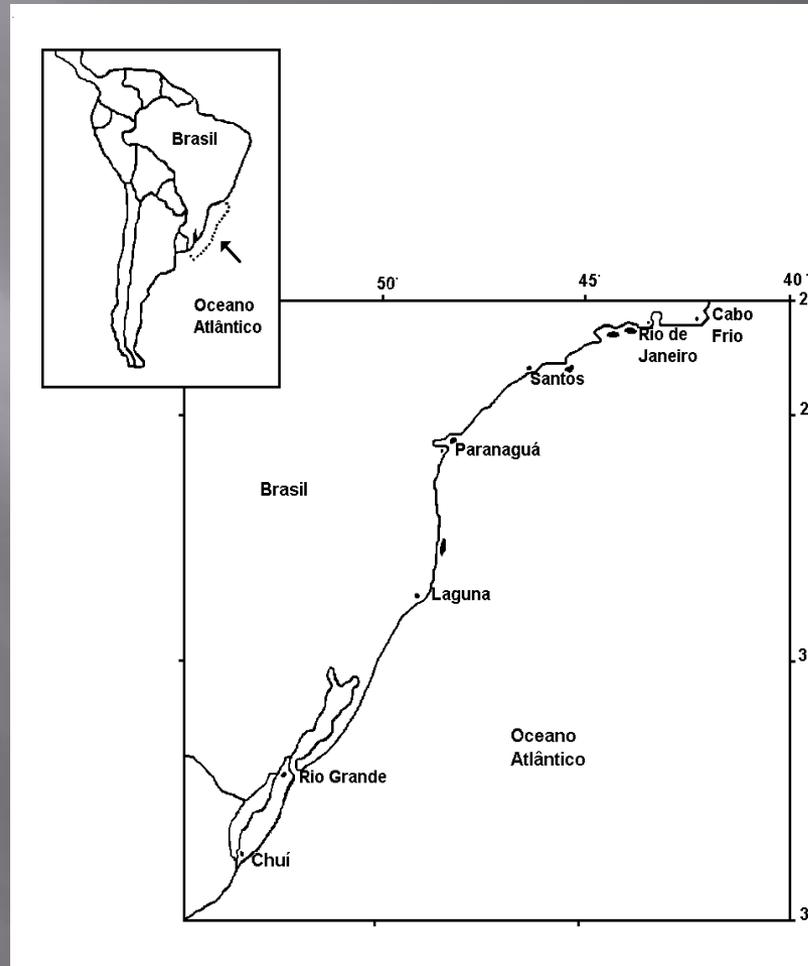


Figura 1 – Localização da área de estudo região sul-sudeste do Brasil

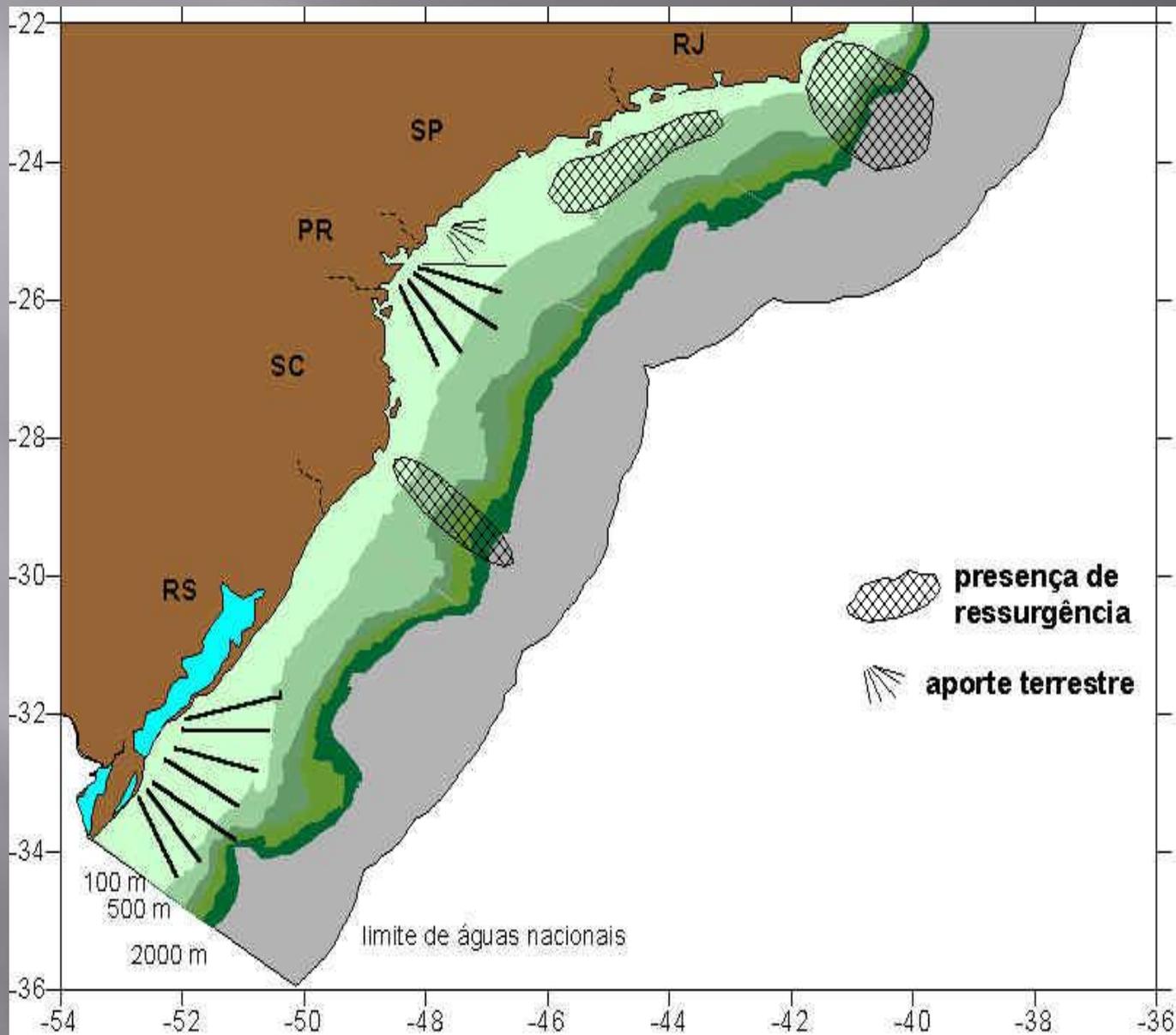
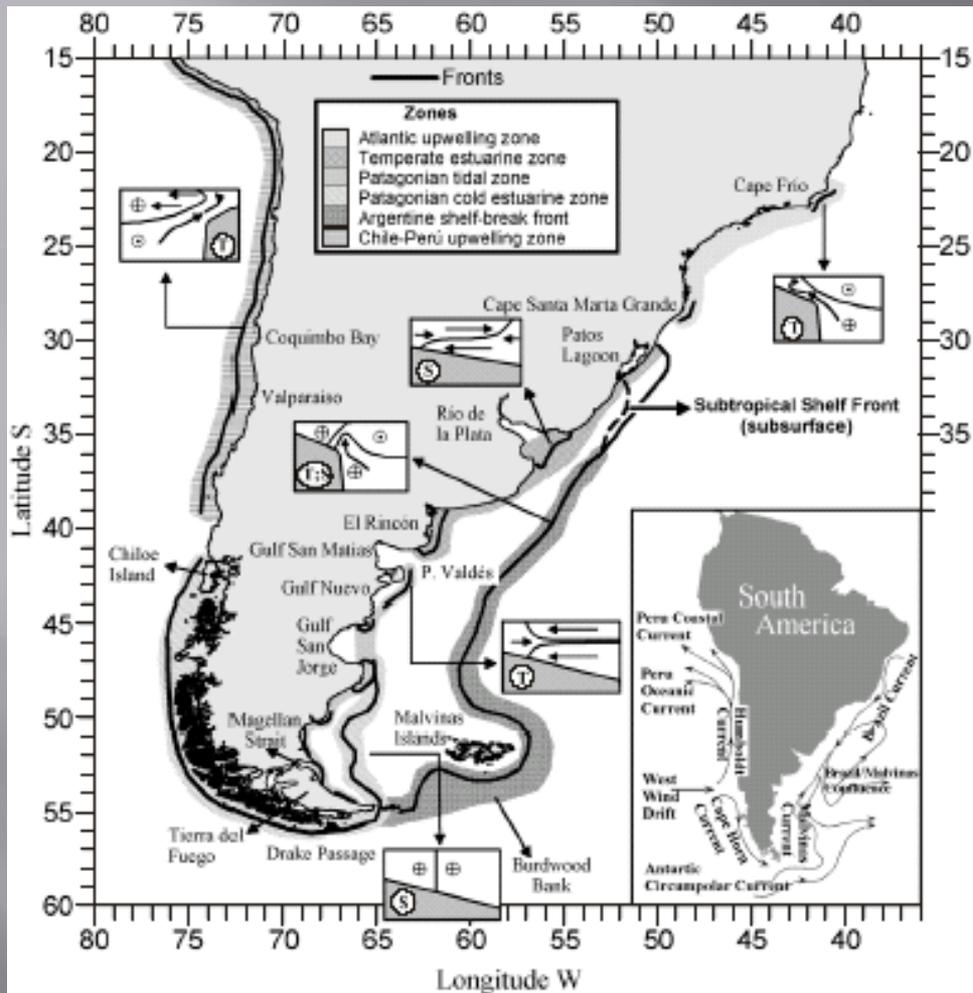


Figura VIII A. Quadro sintético dos principais fenômenos da Costa Sudeste-Sul.



Acha *et al.*, 2004.

Cabo Frio (23°S):

- ▶ **vento**
- ▶ **meandramento e vortices da corrente do Brasil**
- ▶ **verão: divergencia de águas costeiras bombeia água sobre a plataforma**

vento e meandramento aumentam a ressurgência

- ▶ **inverno: somente o meandramento induz ao processo de ressurgência.**

Cabo Santa Marta (28°45S):

- ▶ **primavera e verão**
- ▶ **Ventos de NE induz processos de ressurgência sobre a costa**

ÁREA PESQUISADA

Região marítima sudeste do Brasil,
entre Cabo Frio (RJ) e
Cabo de Santa Marta Grande (SC)

Extraído de: O Ambiente oceanográfico da plataforma continental e do talude na região sudeste-sul do Brasil.

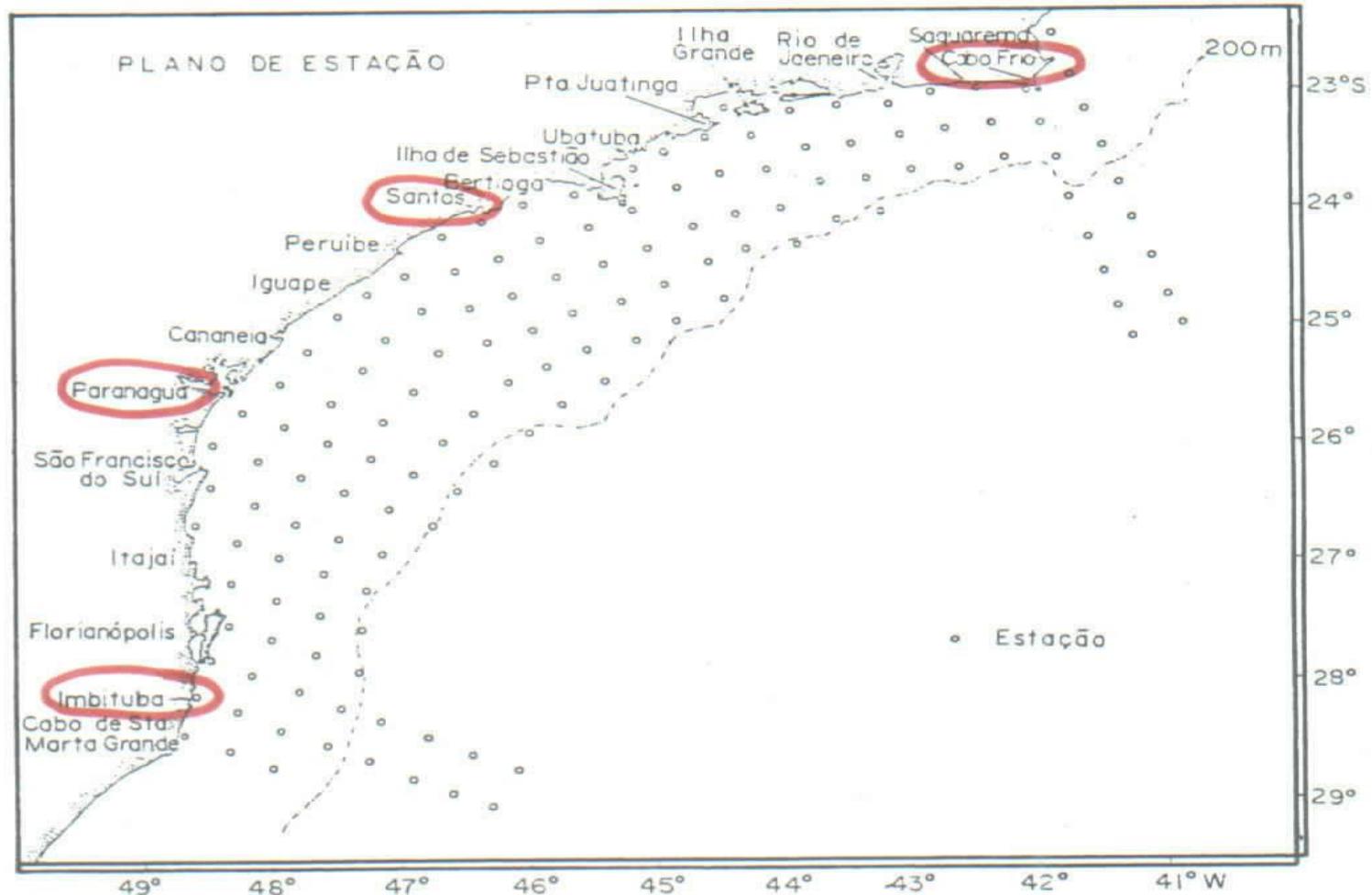
CARACTERÍSTICAS DA REGIÃO:

- ▣ Plataforma Continental extensa
- ▣ A maior parte é coberta de areias, lamas e argilas

Material e Métodos

- ▣ 10 cruzeiros foram realizados
- ▣ 140 estações hidrográficas em cada cruzeiro
- ▣ Intervalos das estações (20 milhas náuticas)
- ▣ Temperatura e Salinidade 3 profundidades
 - ▣ Garrafas de Nansen e termômetros reversão
- ▣ Perfis verticais de Temperatura foram obtidos com o Batitermógrafo

Mapa da região pesquisada



Mapa da região pesquisada, indicando as posições das estações oceanográficas realizadas nos primeiros sete cruzeiros: de Cabo Frio (RJ) a Cabo de Sta. Marta Grande (SC)

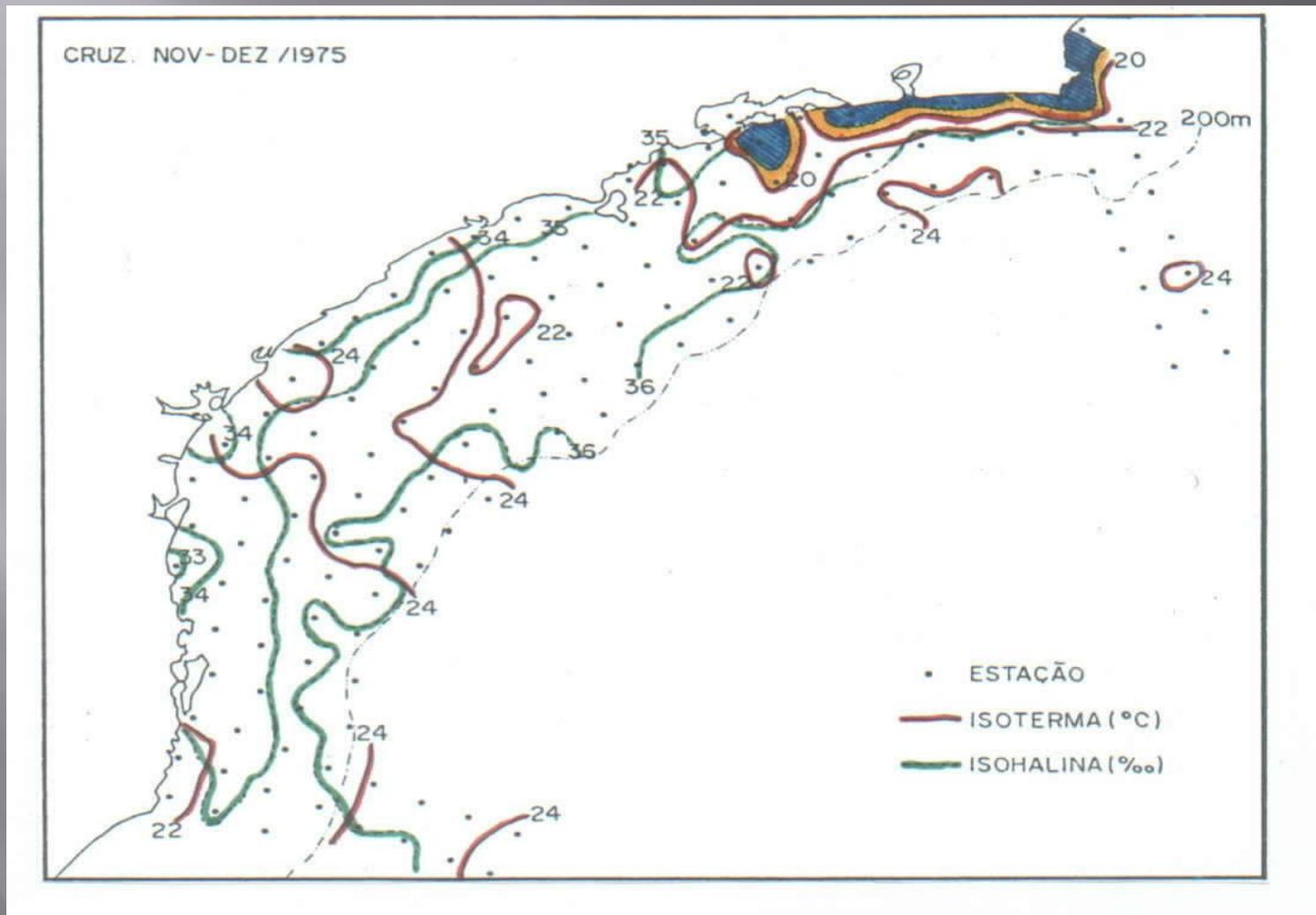
RESSURGÊNCIA

Processo de ascensão de águas profundas mais frias ($<20^{\circ}\text{C}$) e salgadas para a superfície do oceano condicionado por efeitos físicos.

Para a região estudada, considera-se água fria, águas com $T < 20^{\circ}\text{C}$.

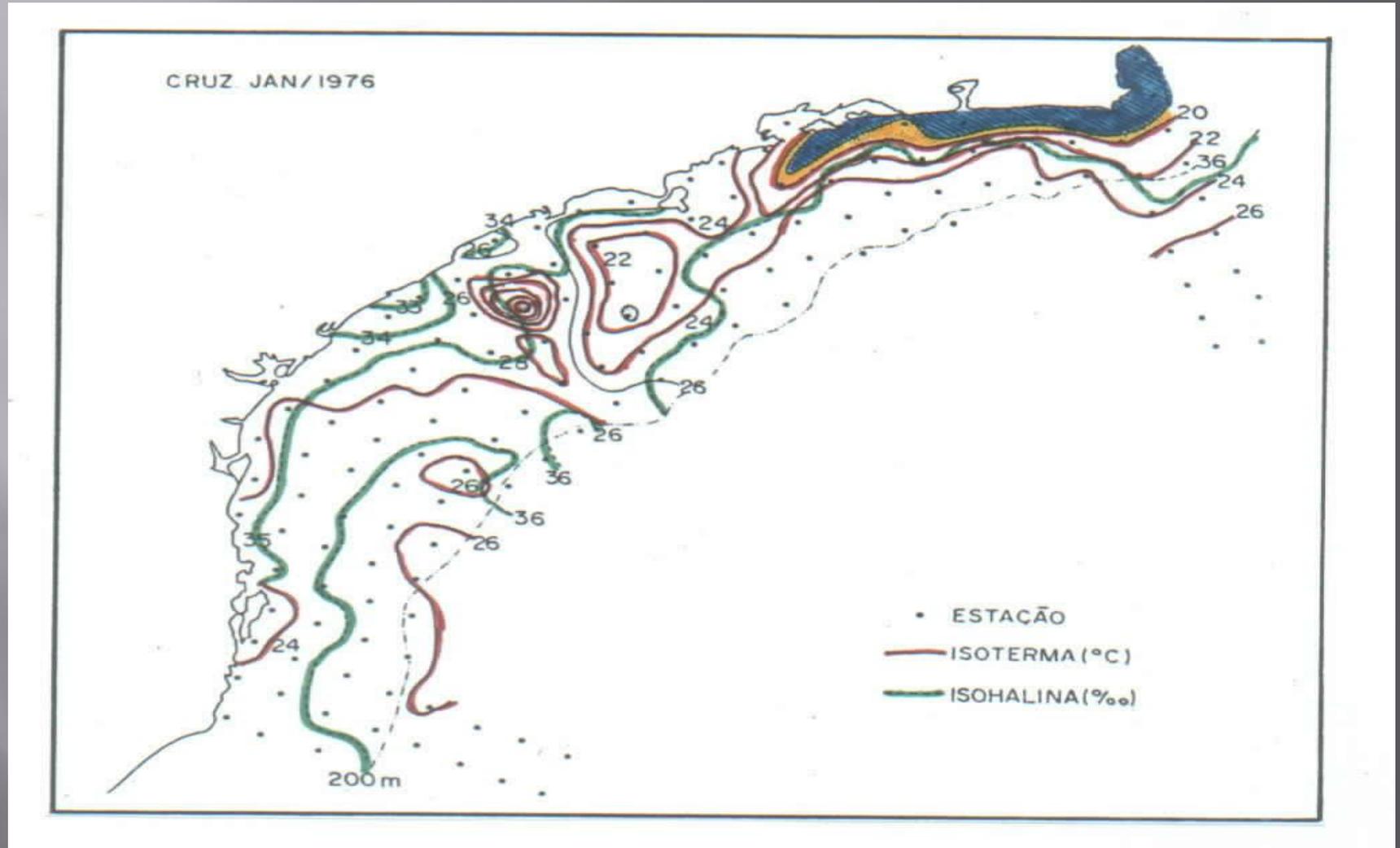
“ No Brasil a ressurgência na região de Cabo Frio (RJ) e Cabo de Santa Marta (SC), é do tipo costeira, ou seja, causada principalmente por ventos e assim chamada pela proximidade com a costa”.

CRUZ NOV-DEZ/1975



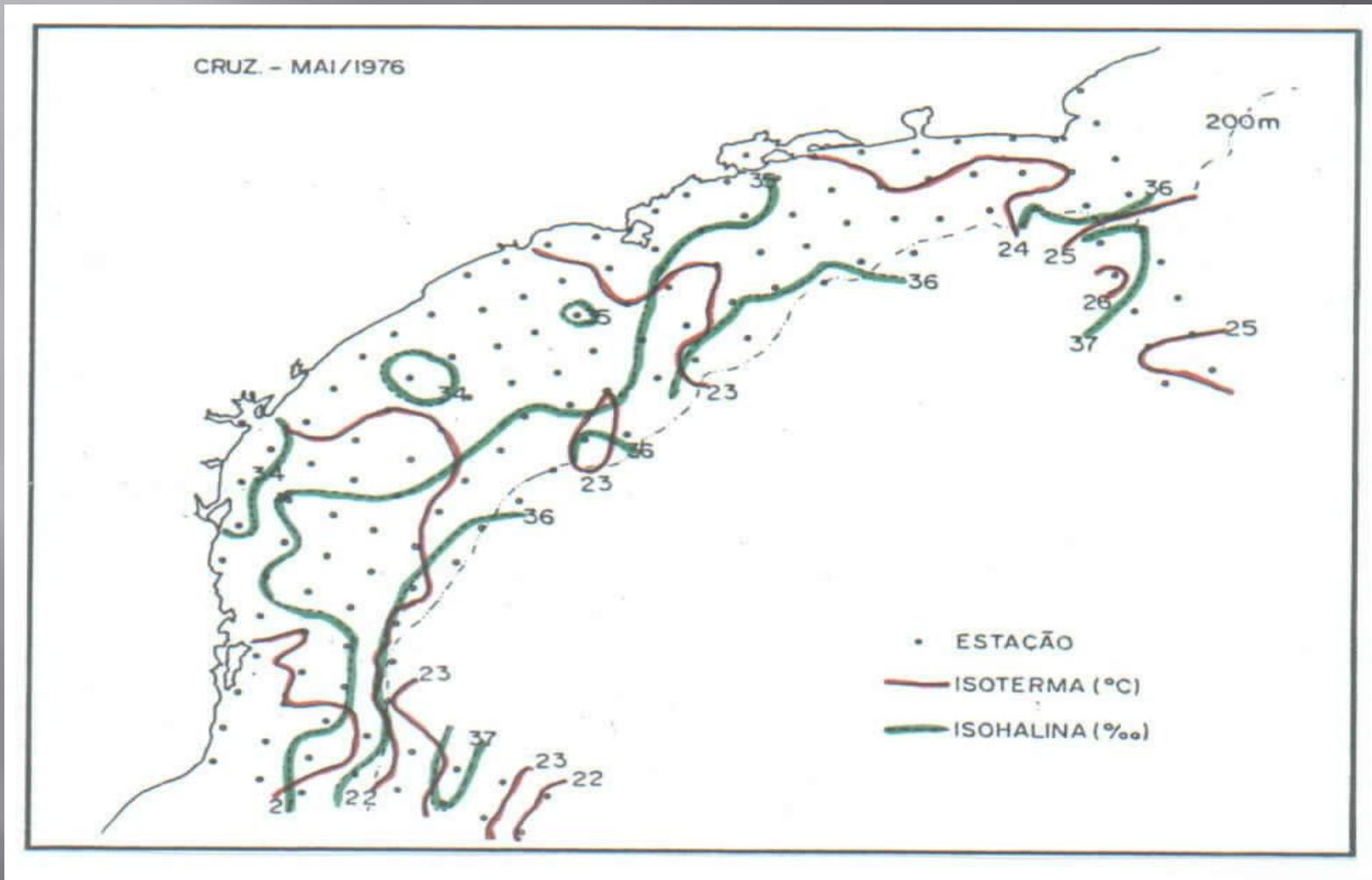
Distribuições horizontais de temperatura e salinidade da água a profundidade de 10 m

CRUZ JAN/1976



Distribuições horizontais de temperatura e salinidade da água a profundidade de 10 m

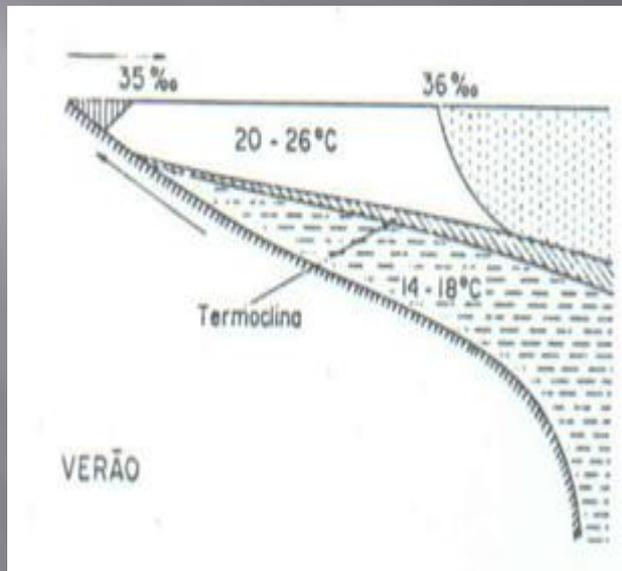
CRUZ MAI/1976



Distribuições horizontais de temperatura e salinidade da água a profundidade de 10 m



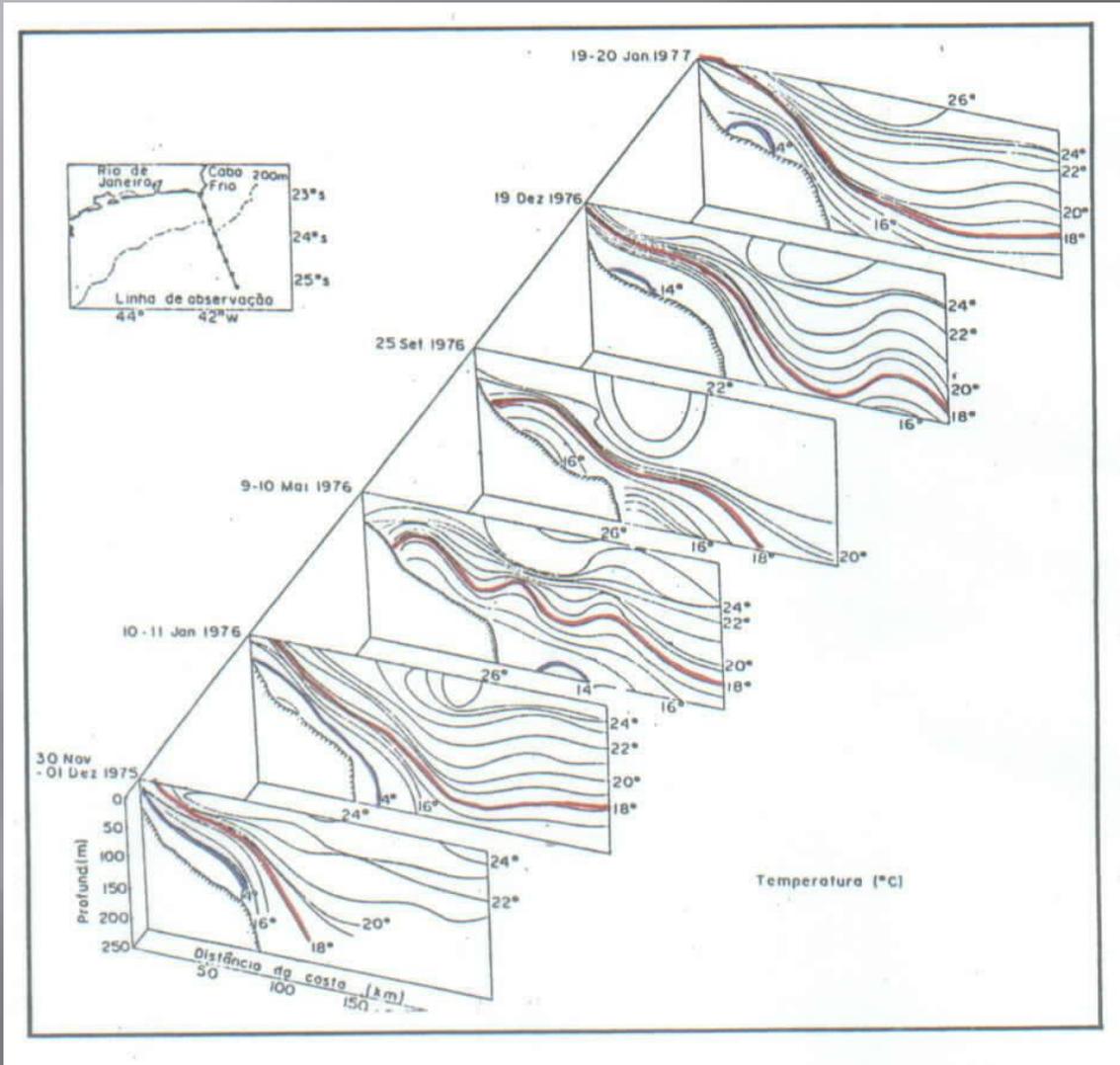
A **Corrente do Brasil** ruma durante o ano todo paralela à costa no sentido sul-sudoeste, e acompanhando o contorno da plataforma continental.



No inverno a Corrente do Brasil se encontra com a Corrente das Malvinas, formando a massa de água chamada **Água Central do Atlântico Sul (ACAS)** (baixa temperatura)

A **ACAS** no:
Inverno: fica restrita a profundidades maiores
No fim da primavera e durante o verão: invade a camada de fundo sobre a plataforma continental

CABO FRIO

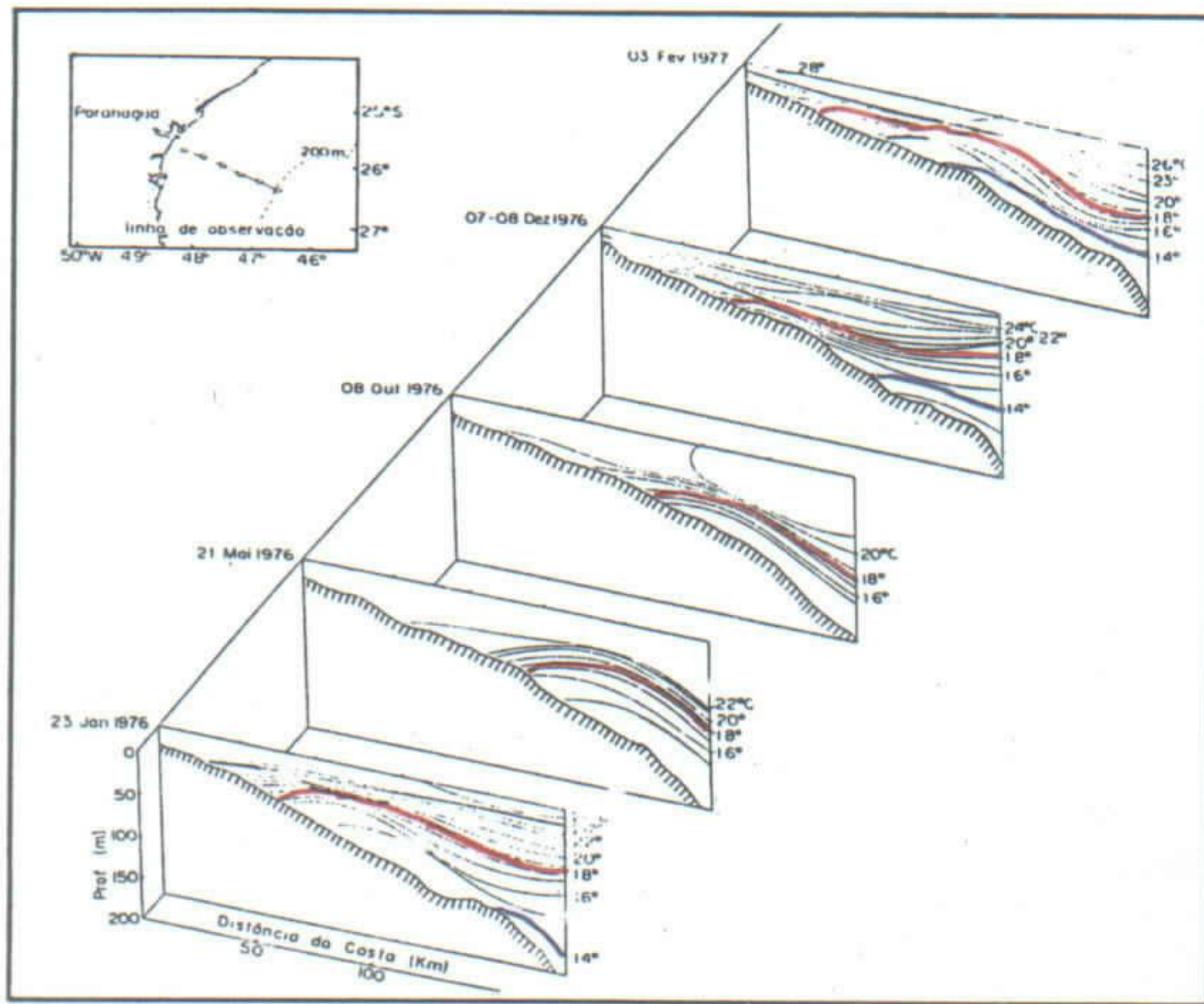


Forte penetração da massa de água fria, nas épocas de fim de primavera nov-dez/75 e dez/76 e verão jan/76 e jan/77

- **Épocas quentes:** predominância da água fria da ACAS sobre a plataforma Continental
- **Épocas frias:** há um recuo desta massa fria

Perfis verticais de temperatura observados no 6 cruzeiros realizados no período de nov/75 a jan/77

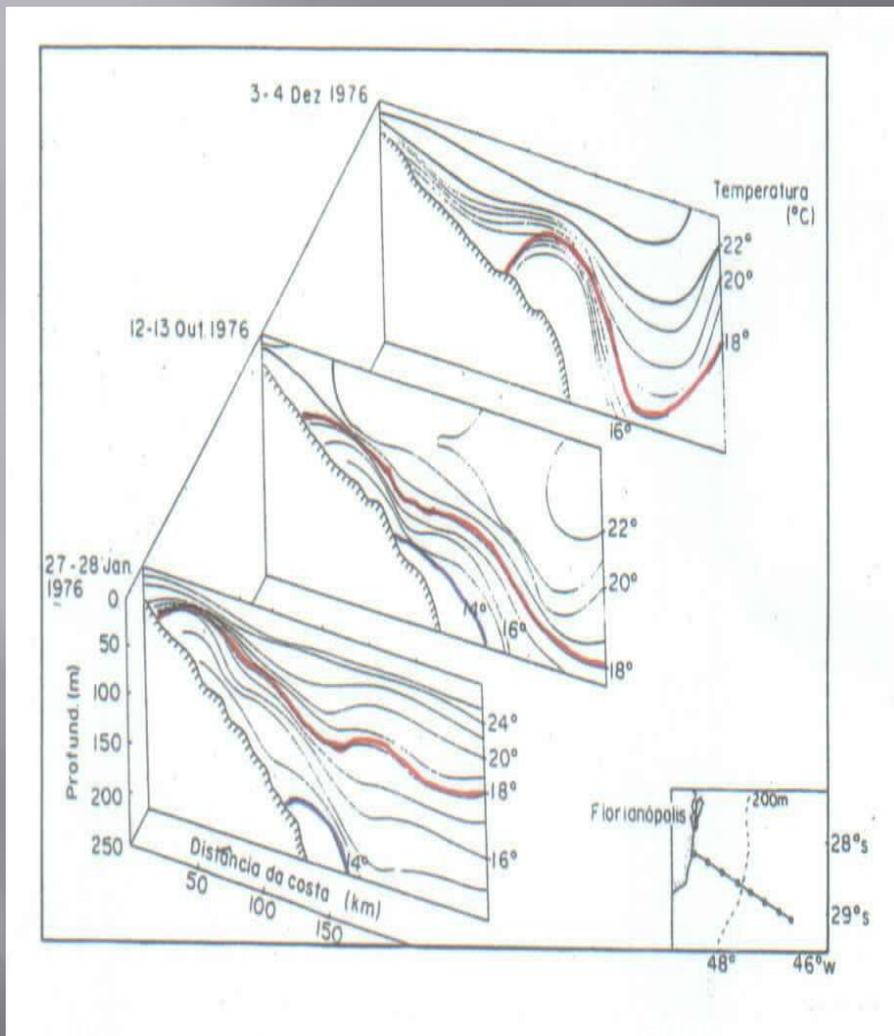
PARANAGUÁ



Frente a Paranaguá, forte penetração da água fria no fim da primavera e verão e recuo em maio e set-out/76

Perfis verticais de temperatura observados no 6 cruzeiros realizados no período de jan/76 a fev/77

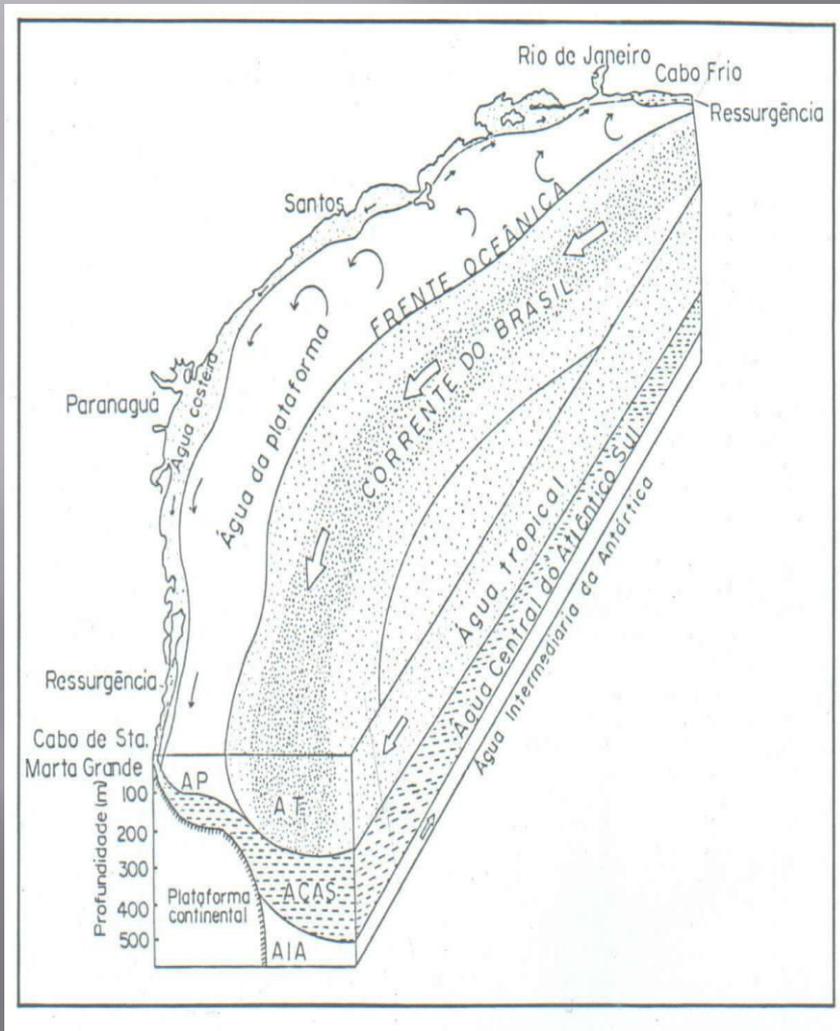
IMBITUBA



penetração da água fria no final da primavera e verão foi observada novamente nessa área

cruzeiros realizados no período de jan/76 a dez/76

Modelo 1986



Modelo 2005

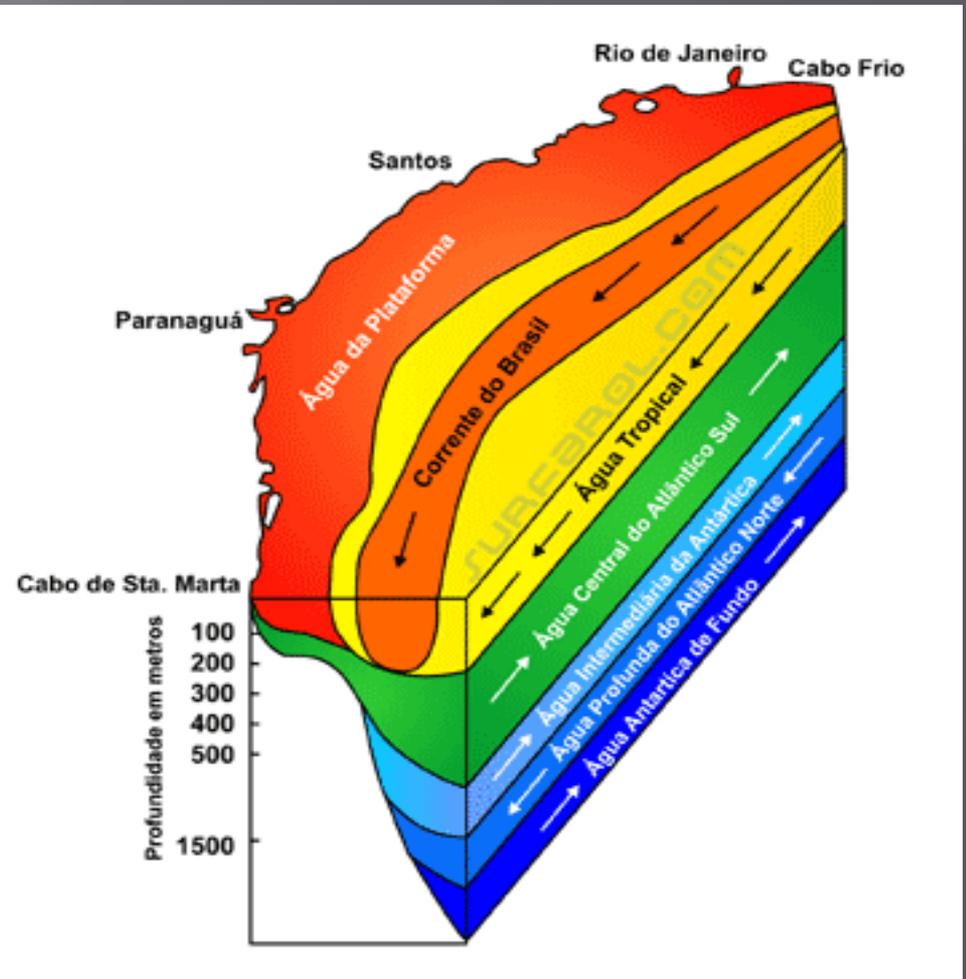


Diagrama da estrutura oceanográfica da região sudeste-sul na época de verão

CONCLUSÕES

ESTAÇÕES	RESSURGÊNCIA	COMPORTAMENTO DA ACAS
FIM DE PRIMAVERA E VERÃO	foi observada na região de Cabo Frio (RJ) e Ilha Grande (RJ)	Penetra na camada inferior da plataforma continental em direção a costa
OUTONO E INÍCIO DE PRIMAVERA	NÃO FOI OBSERVADA	Recua, afastando-se da costa

Foi constatado mais uma área de possível ressurgência: ao sul da ilha de Santa Catarina.

Ainda não se conhece seu mecanismo (Projeto PRONEX)

NUTRIENTES E PROCESSOS DE RESSURGÊNCIA

Valores altos indicam dois processos: deságüe continental e ressurgência

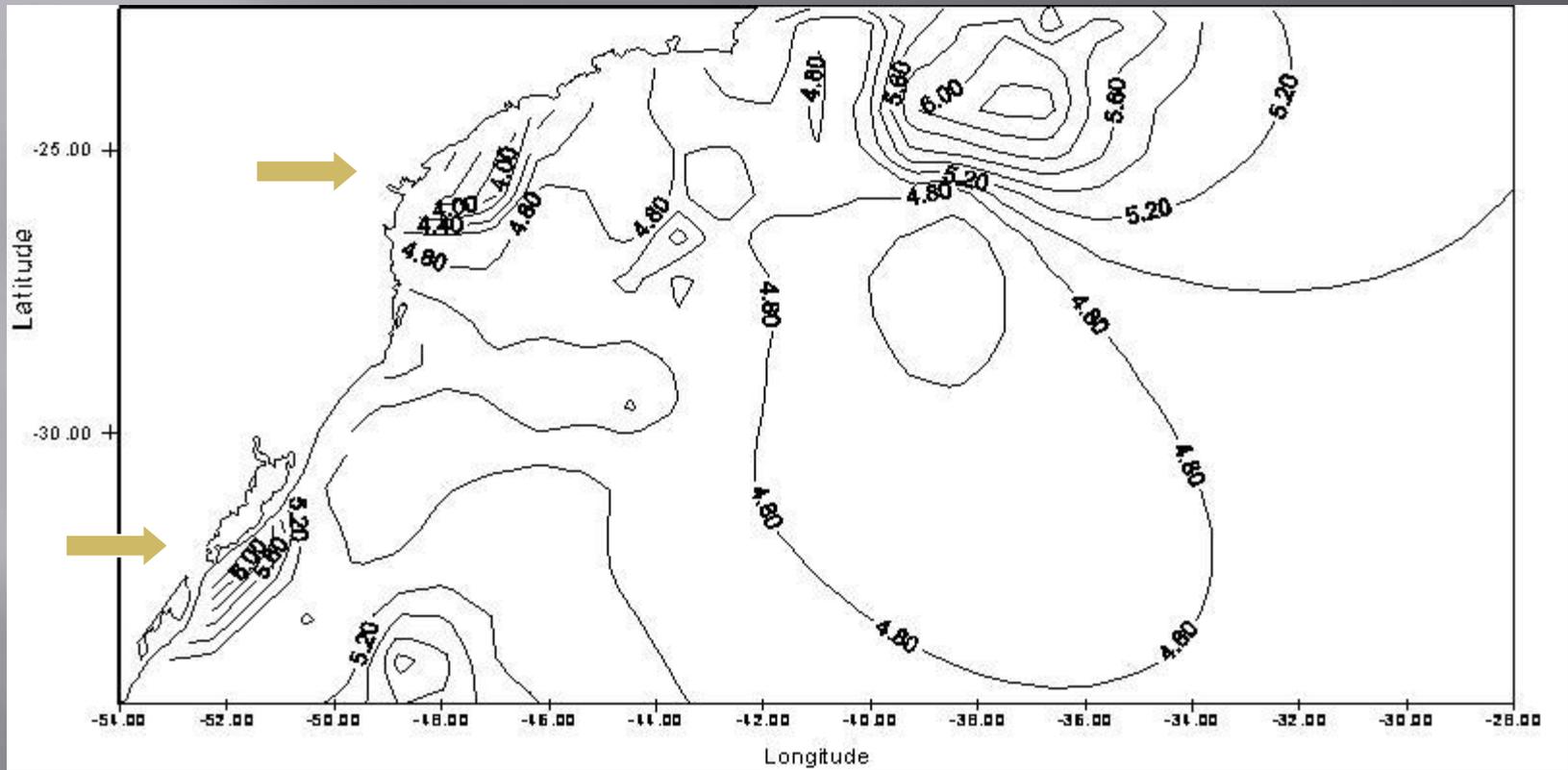


Fig 2. Distribuição horizontal das concentrações de oxigênio dissolvido (mL/L) na superfície, no verão.

Valores próximos, difícil distinguir ressurgência

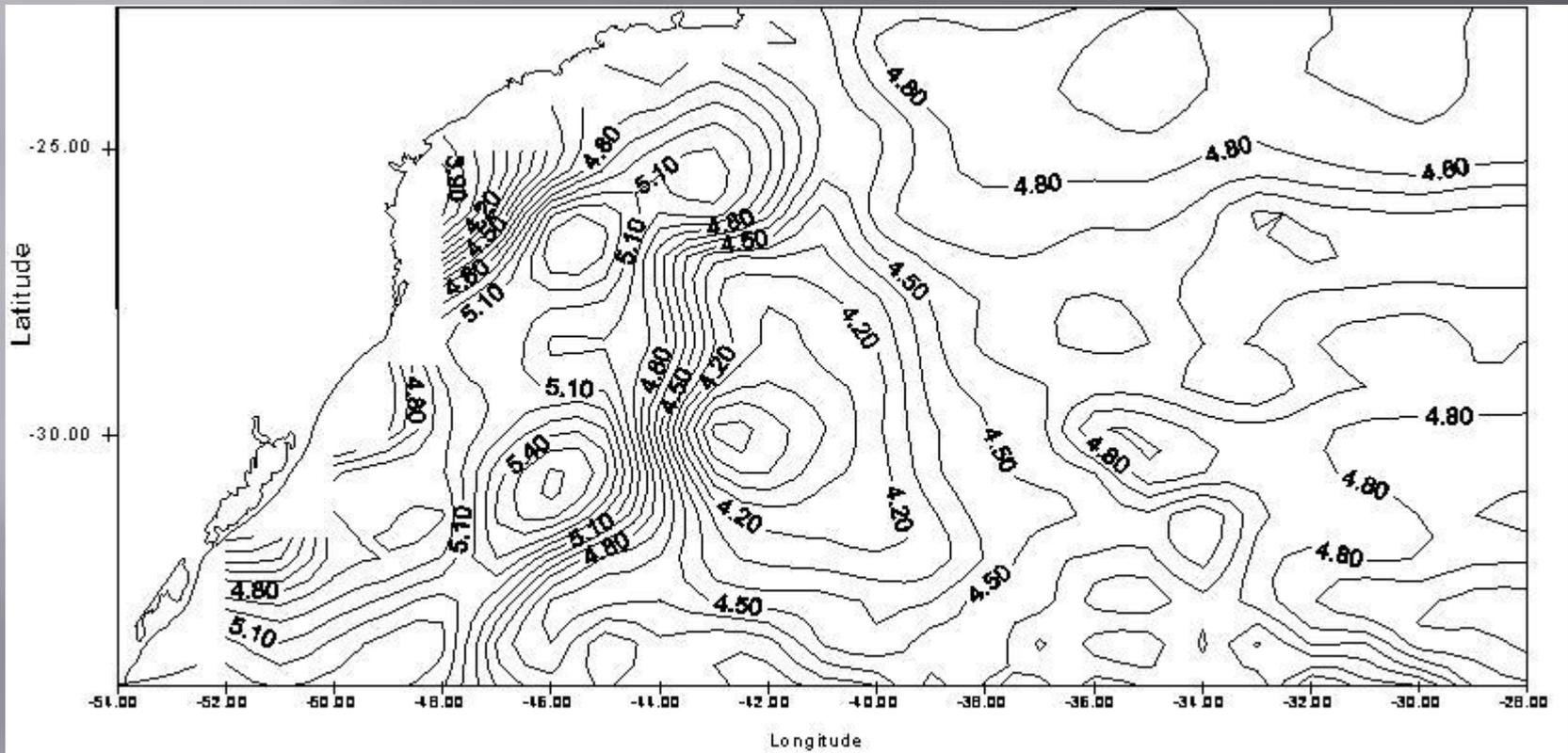


Fig 3. Distribuição horizontal das concentrações de oxigênio dissolvido (mL/L) a 50 m de profundidade, no outono.

Presença de núcleos, pode indicar processos de ressurgência

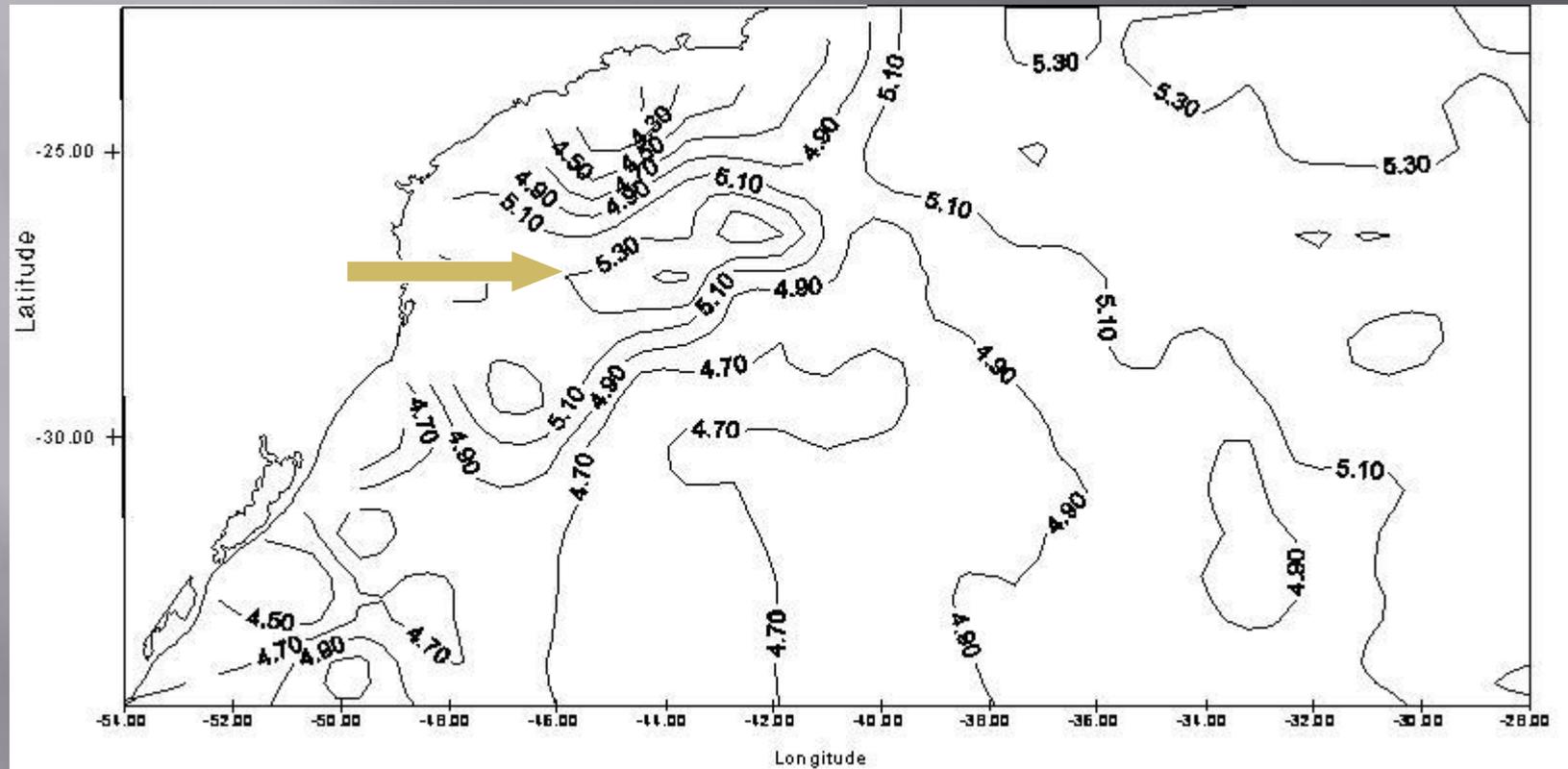


Fig 4. Distribuição horizontal das concentrações de oxigênio dissolvido (mL/L) a 50 m de profundidade, no inverno.

Sem processos de ressurgência aparente
Maiores valores devido a produção biológica

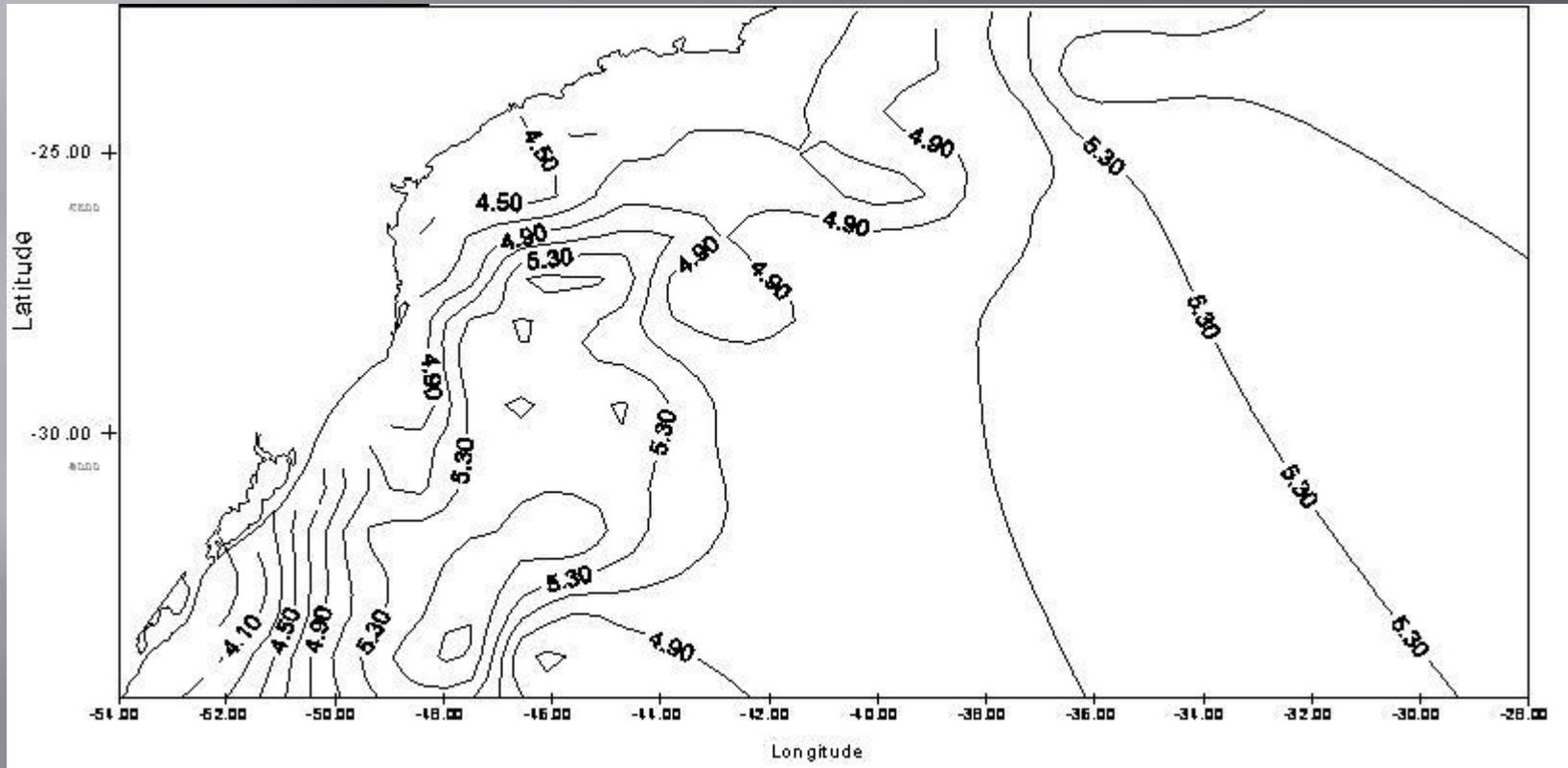


Fig 5. Distribuição horizontal das concentrações de oxigênio dissolvido (mL/L) a 50 m de profundidade, na primavera.

Um núcleo de baixos valores no litoral de SP e RJ

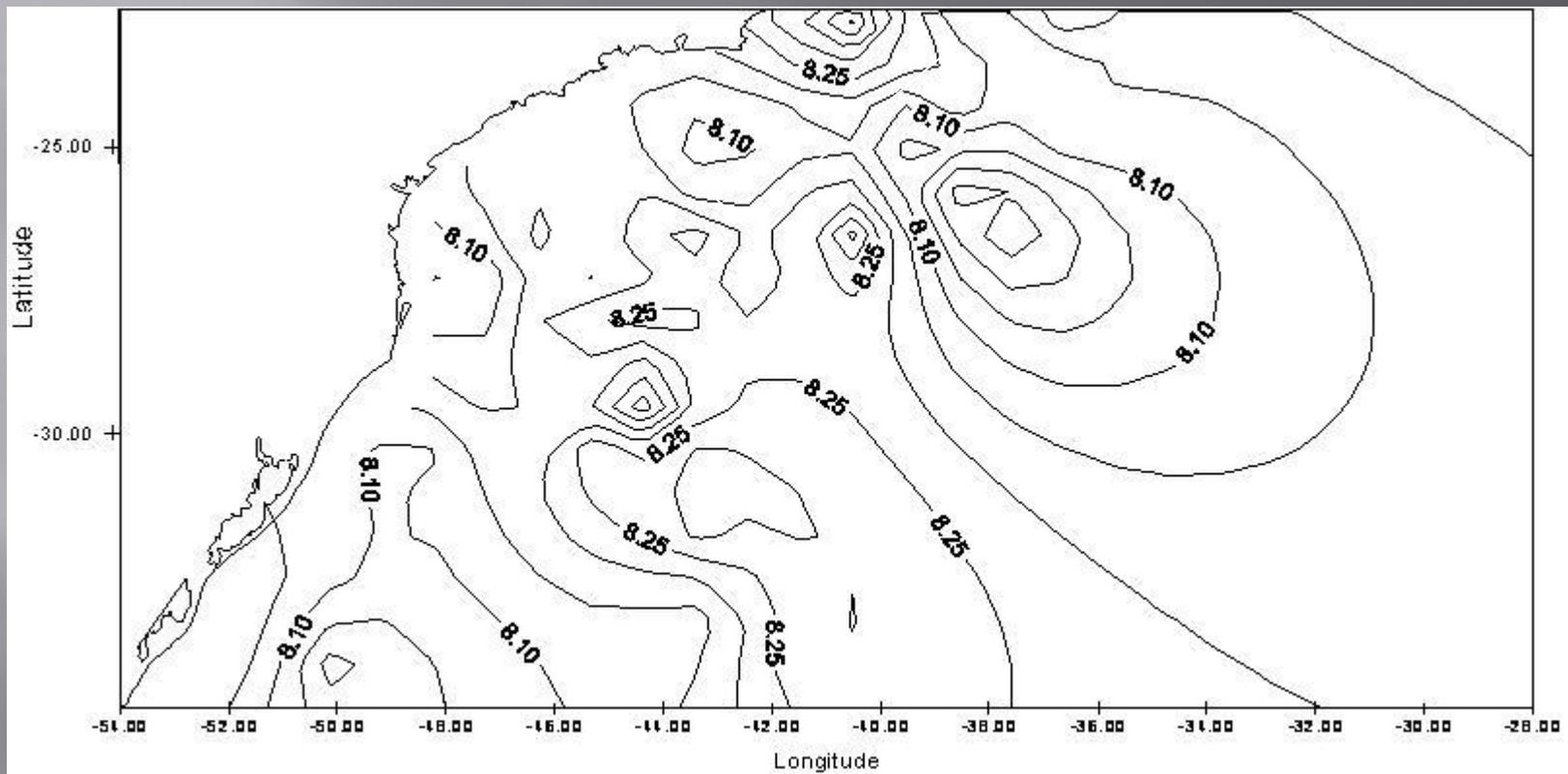


Fig 6. Distribuição horizontal de pH a 100 m de profundidade, no verão.

Baixos valores devido ao consumo da MO
Núcleos presente entre SP-SC e na LP

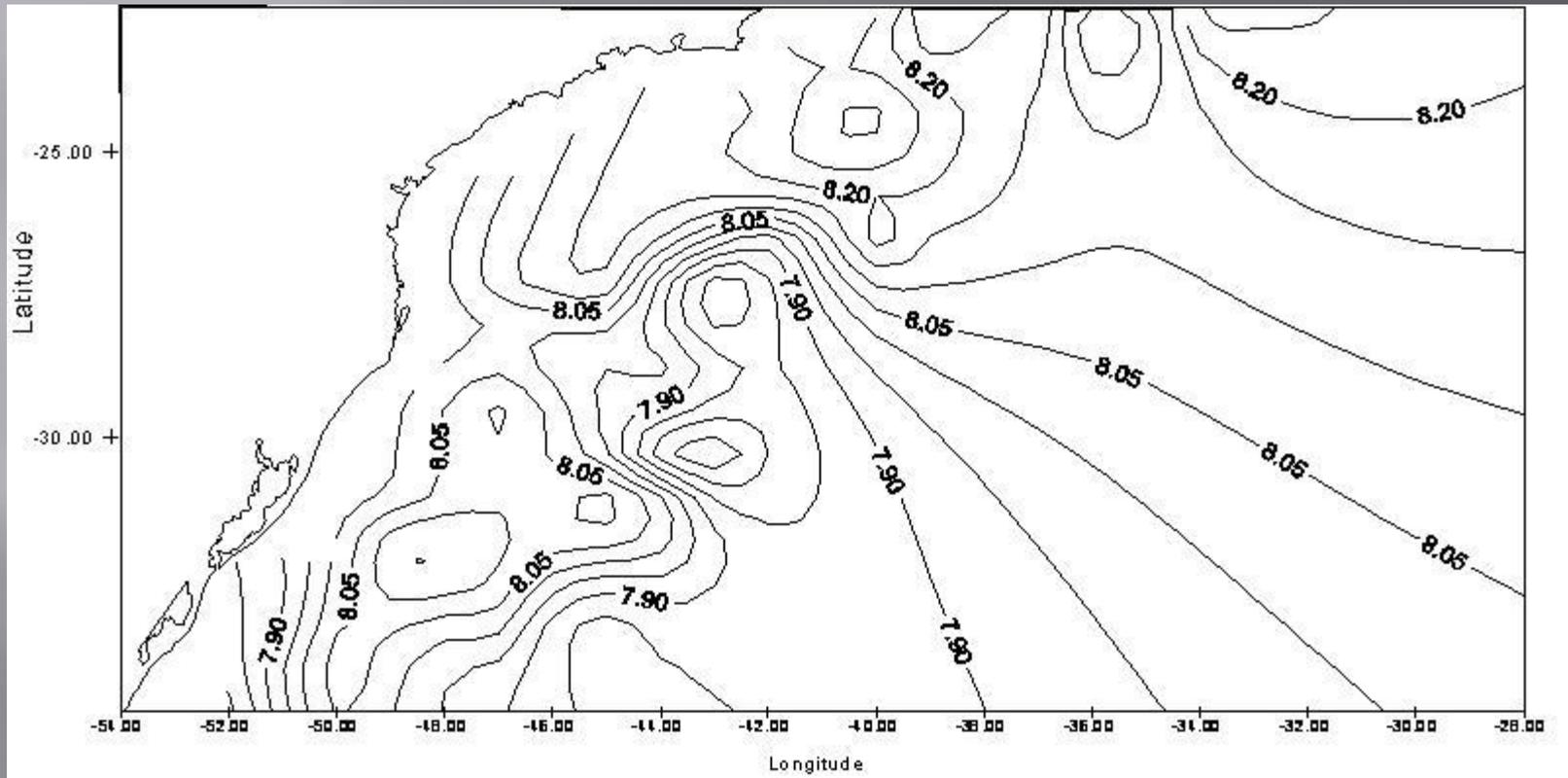


Fig 7. Distribuição horizontal de pH a 200 m de profundidade, no outono.

Entre os estados do RJ, SP e PR presença de núcleos
Demais valores encontram-se próximos

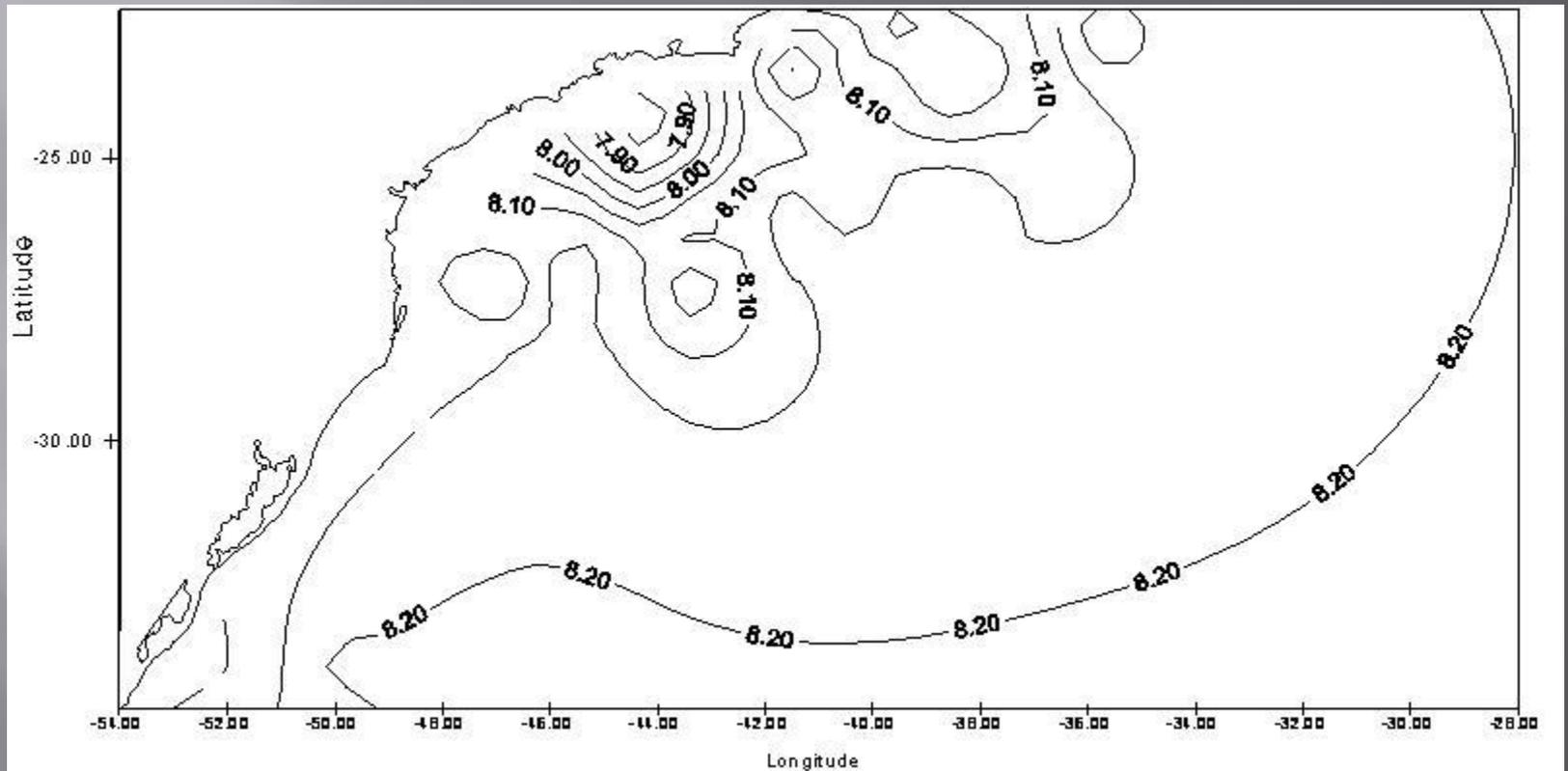


Fig 8. Distribuição horizontal de pH a 50 m de profundidade, no inverno.

Núcleos desde CF até o norte do RS
Evidência de processos de ressurgência

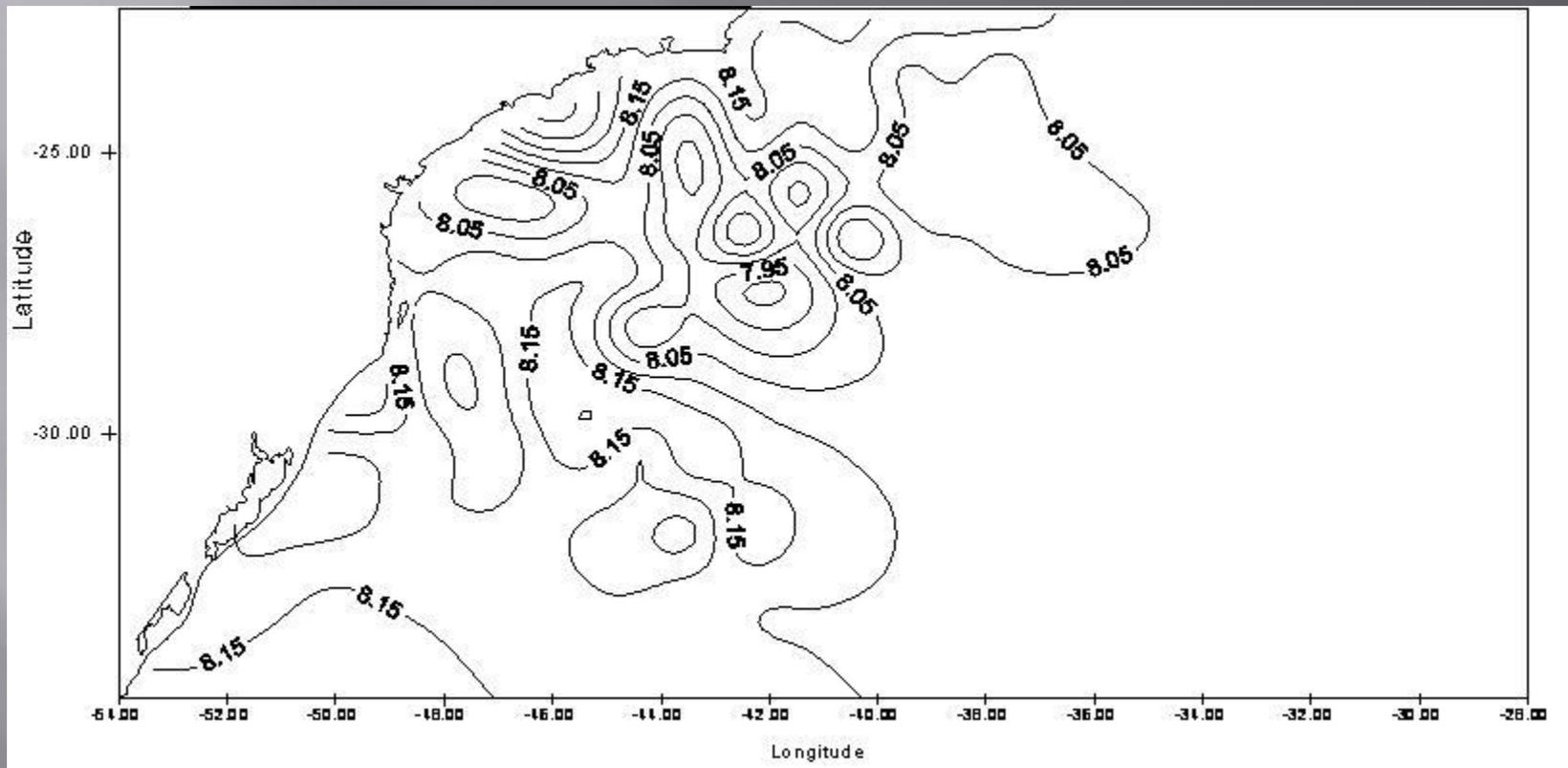


Fig 9. Distribuição horizontal de pH na superfície, na primavera.

Dois altos valores na costa de CB e na proximidade da LP

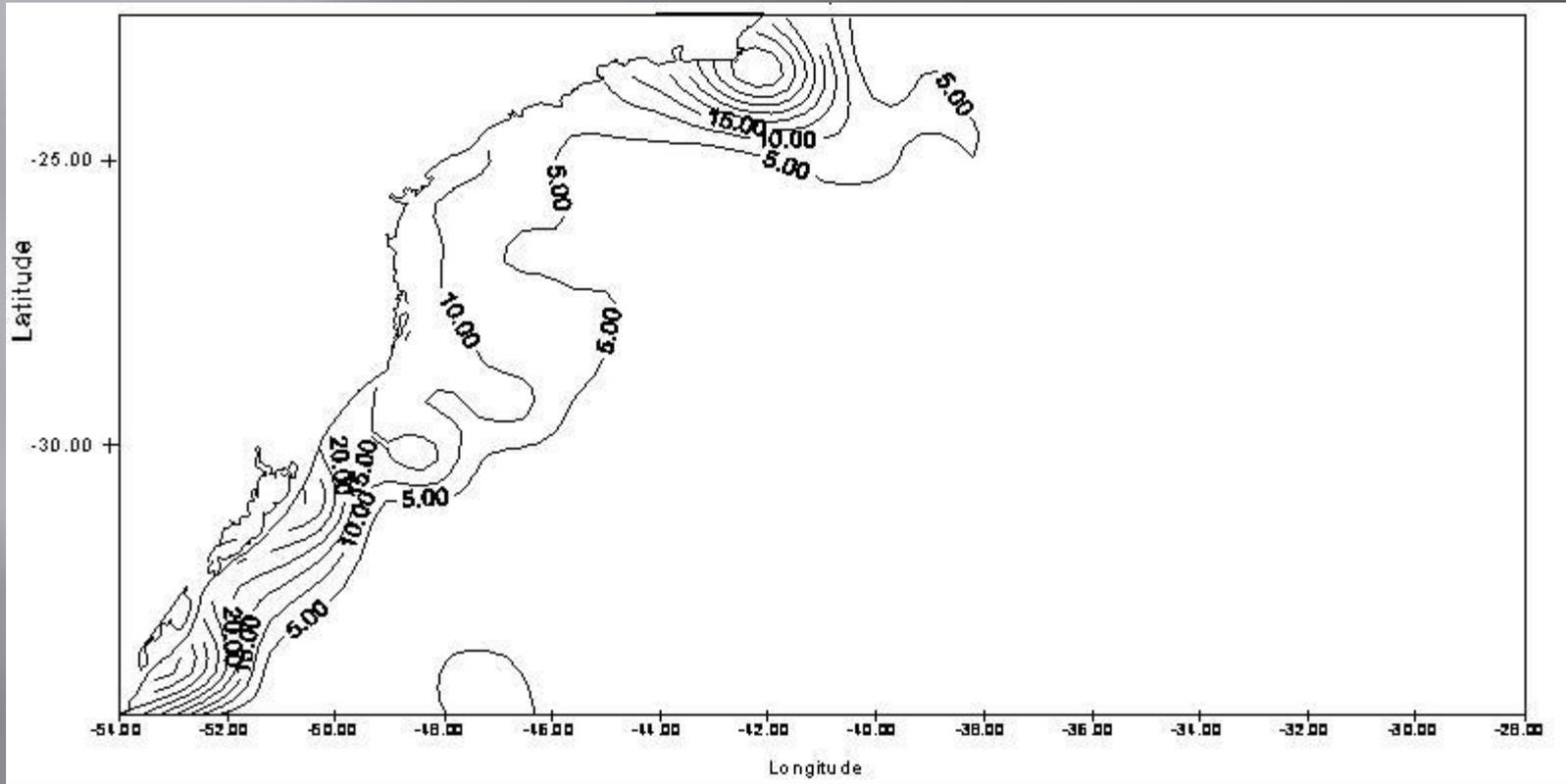


Fig 11. Distribuição horizontal das concentrações de sílica reativa (uM) na superfície, no outono.

Ocorrência de decréscimo tanto ao largo de CF quanto próximo a LP

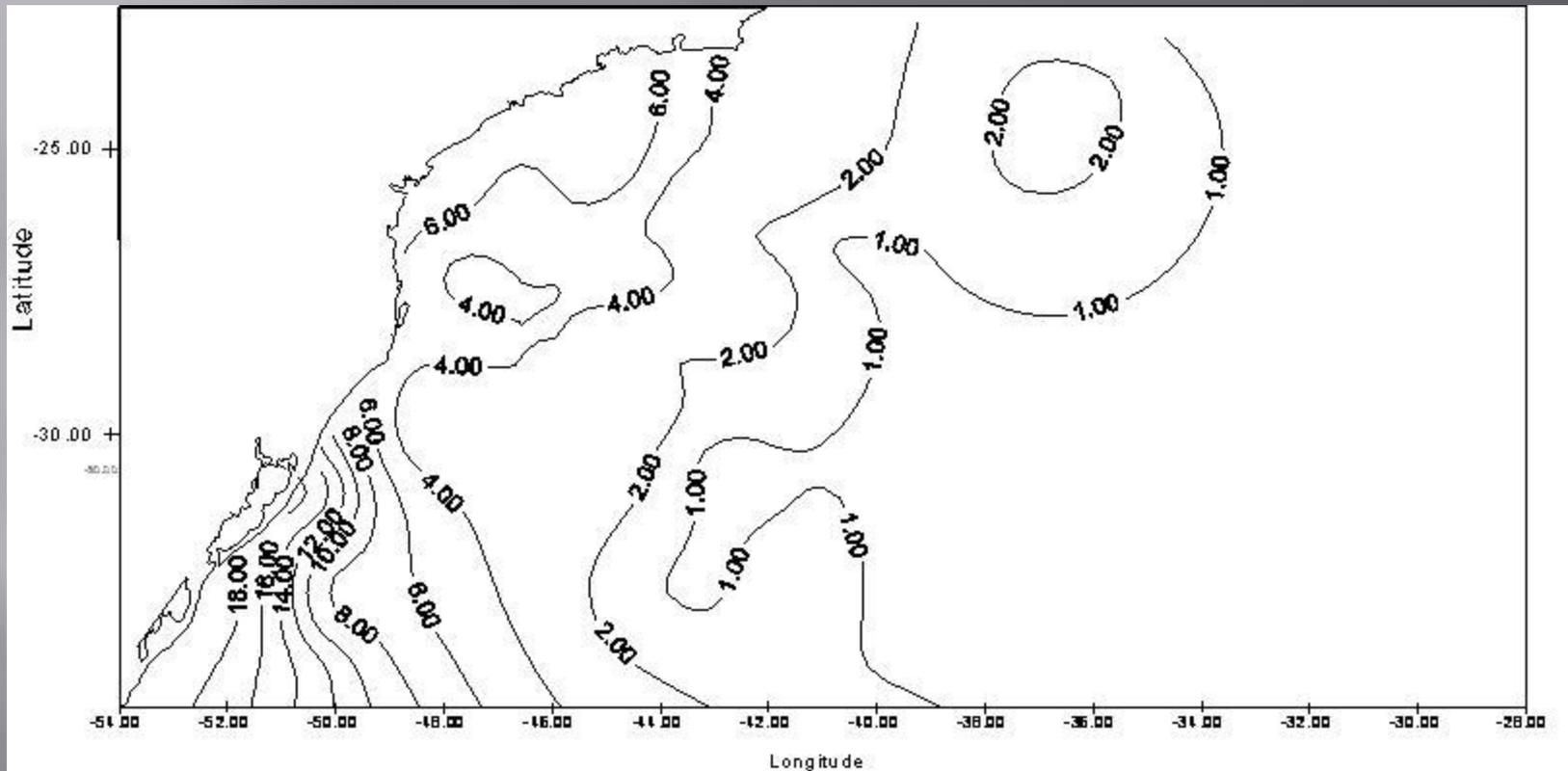


Fig 13. Distribuição horizontal das concentrações de sílica reativa (uM) na superfície, na primavera.

Concentrações maiores ao largo de CF

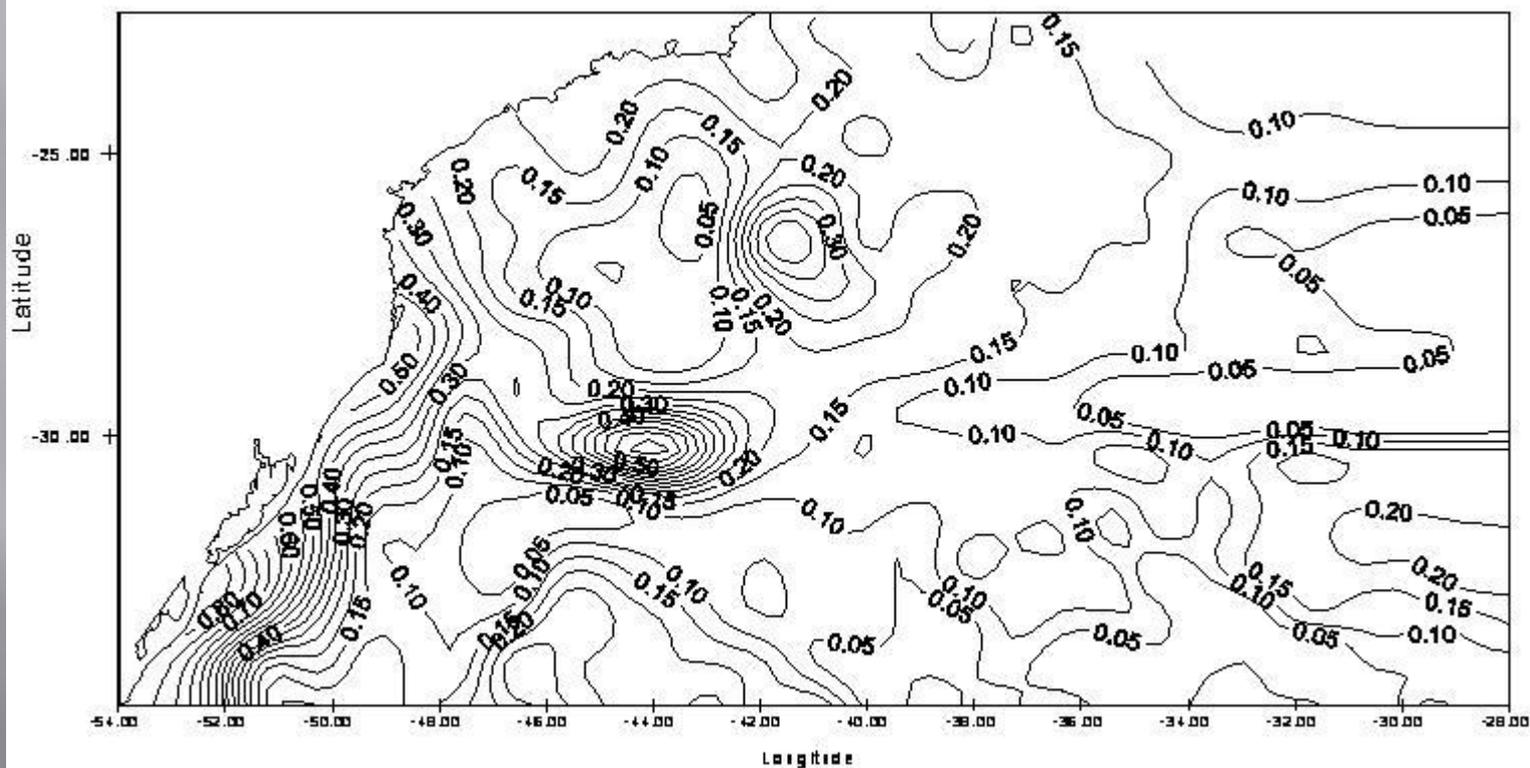


Fig 15. Distribuição horizontal das concentrações de fosfato (μM) na superfície, no outono.

Núcleos maiores próximo ao CSM

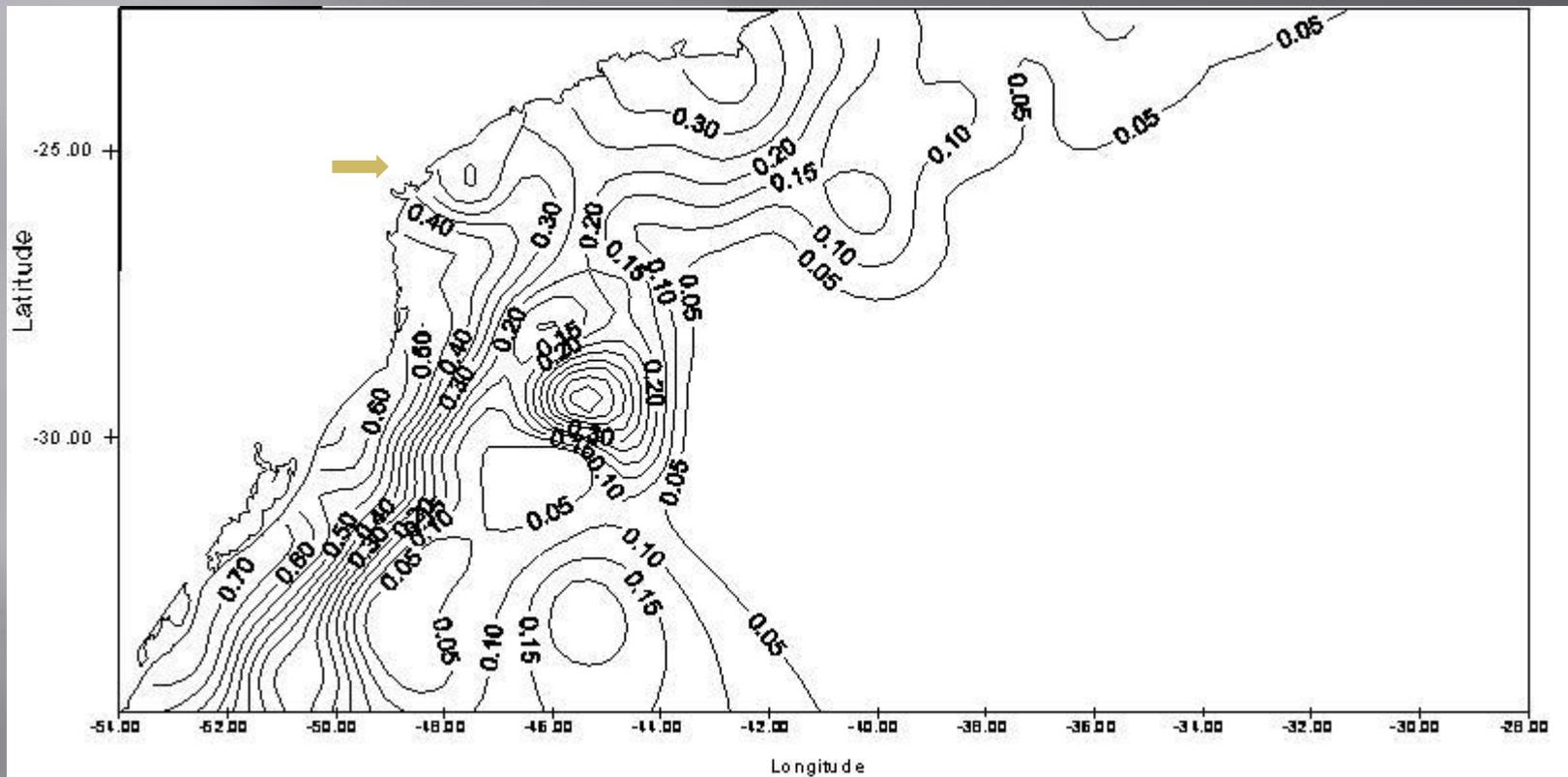


Fig 16. Distribuição horizontal das concentrações de fosfato (μM) na superfície, no inverno.

Ressurgência: CSM e Paranaguá

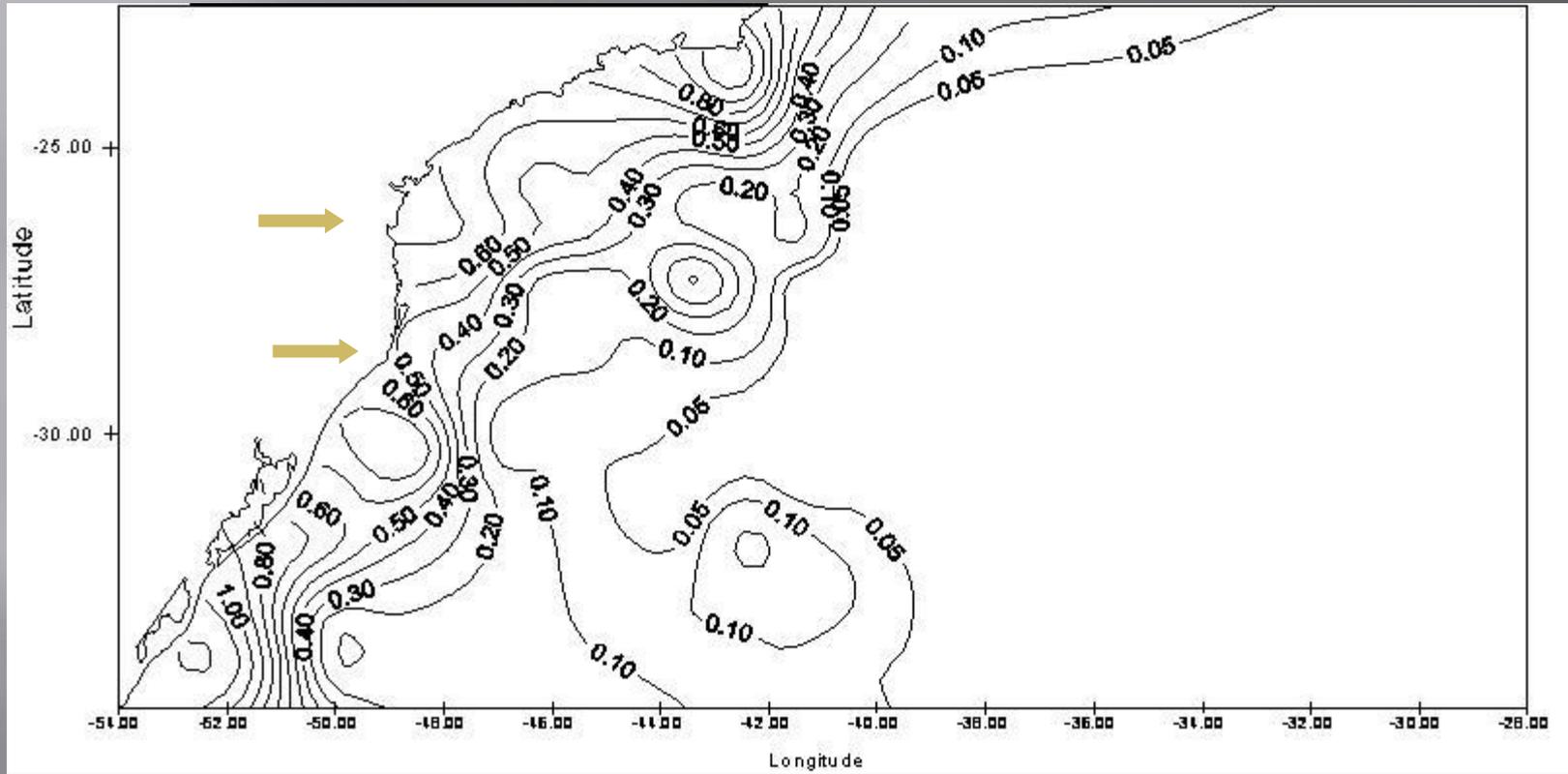


Fig 17. Distribuição horizontal das concentrações de fosfato (uM) a 50 m de profundidade, na primavera.

Maiores valores próximos a:
Paranaguá - CSM - Costa do RS

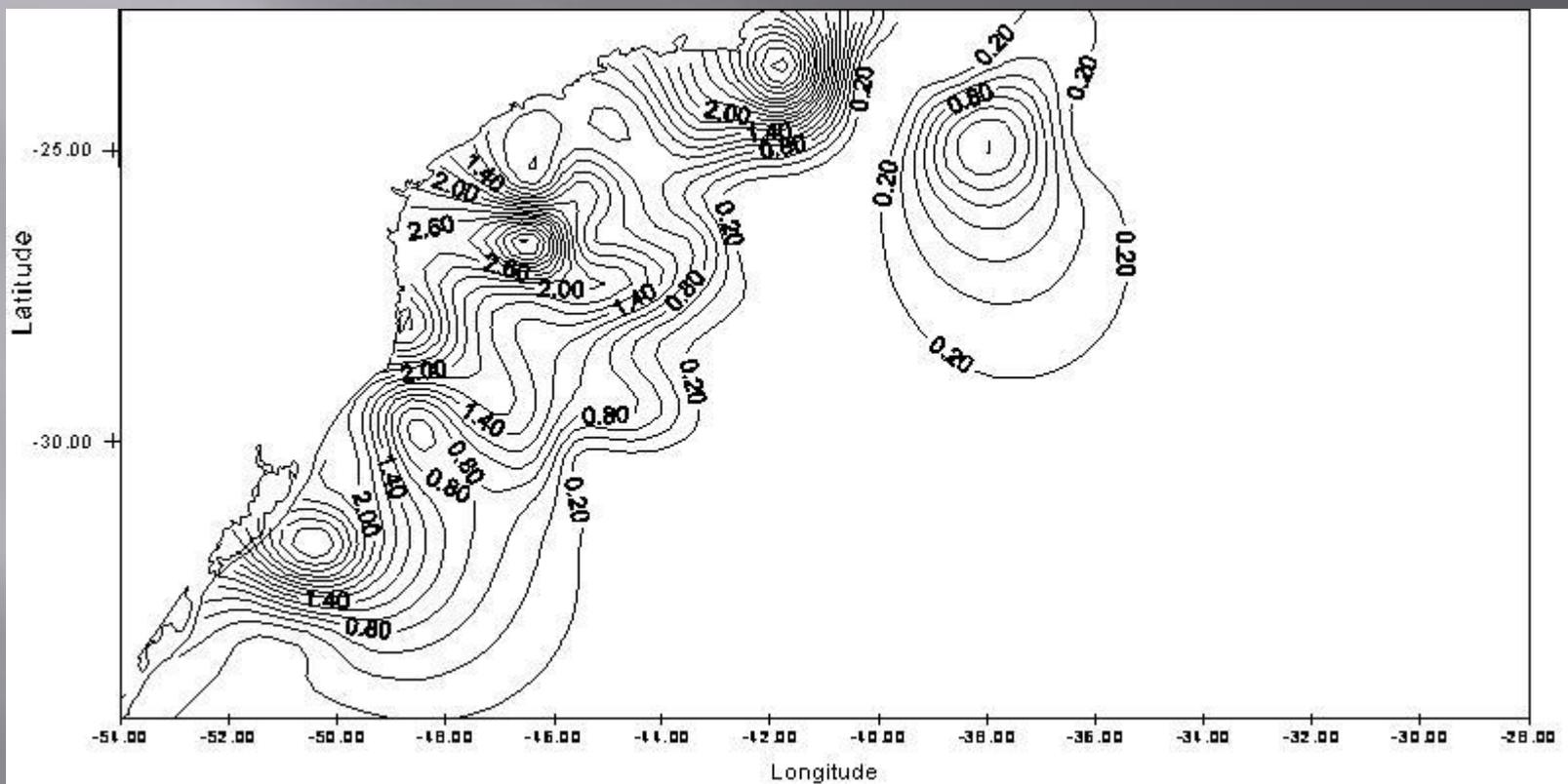


Fig 18. Distribuição horizontal das concentrações de nitrato (μM) a 50 m de profundidade, no verão.

Um núcleo de maiores concentrações presente ao longo do RJ e SP
Maiores concentrações próximo ao CSM

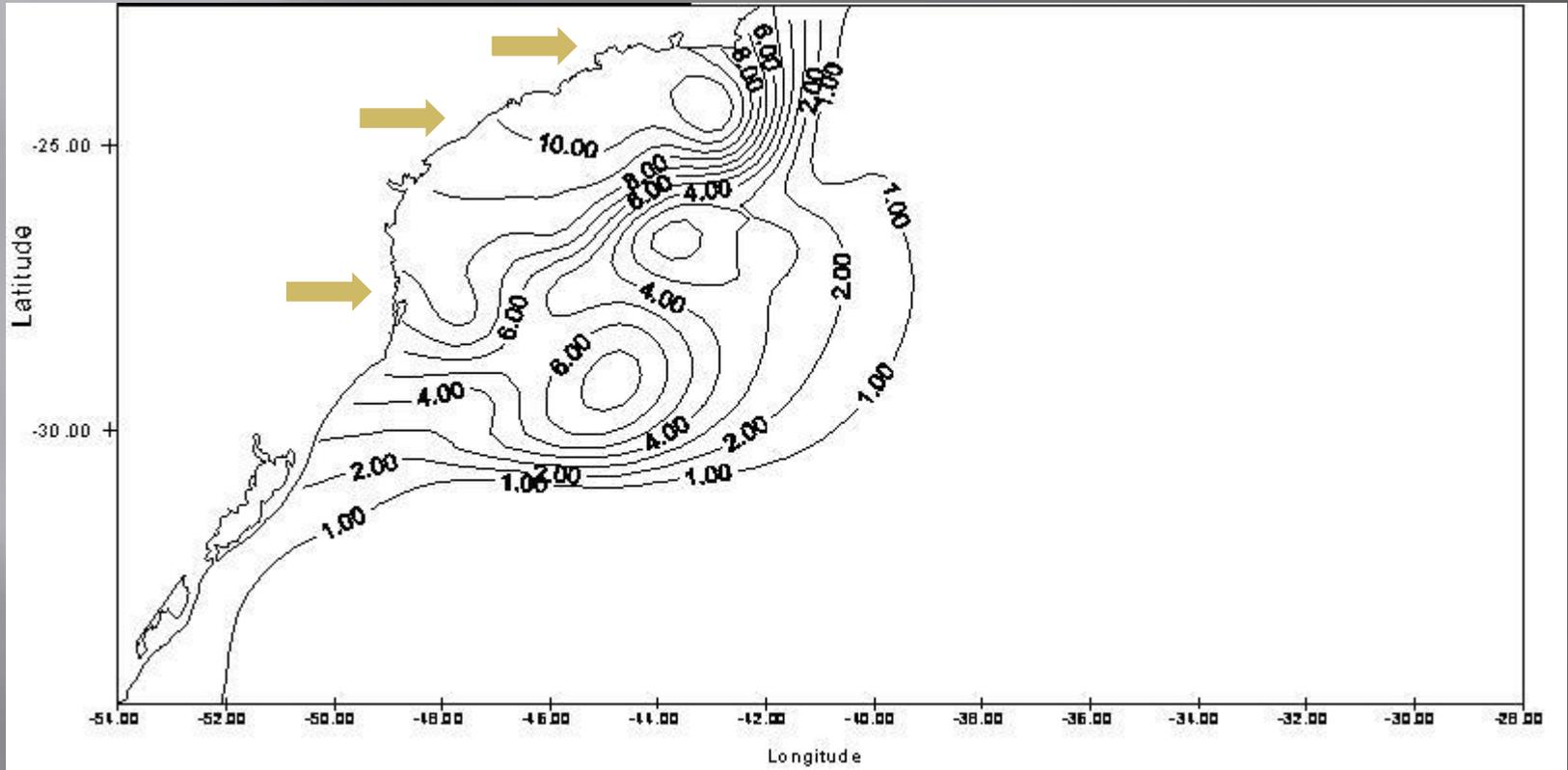


Fig 19. Distribuição horizontal das concentrações de nitrato (uM) a 200 m de profundidade, no outono.

Evidência de águas ricas em nutrientes e frias

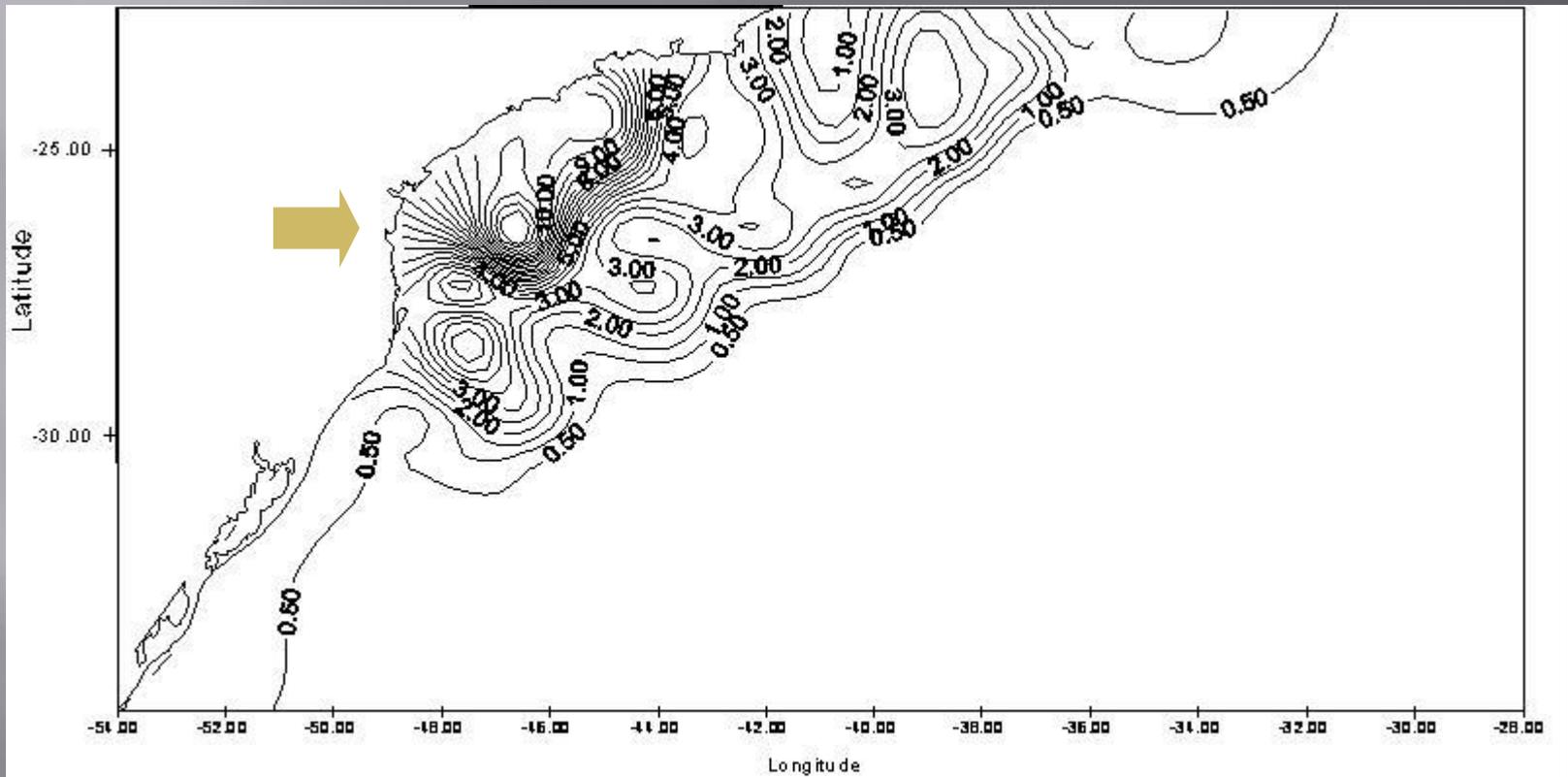


Fig 20. Distribuição horizontal das concentrações de nitrato (uM) a 100 m de profundidade, no inverno.

Evidência de aportes continentais

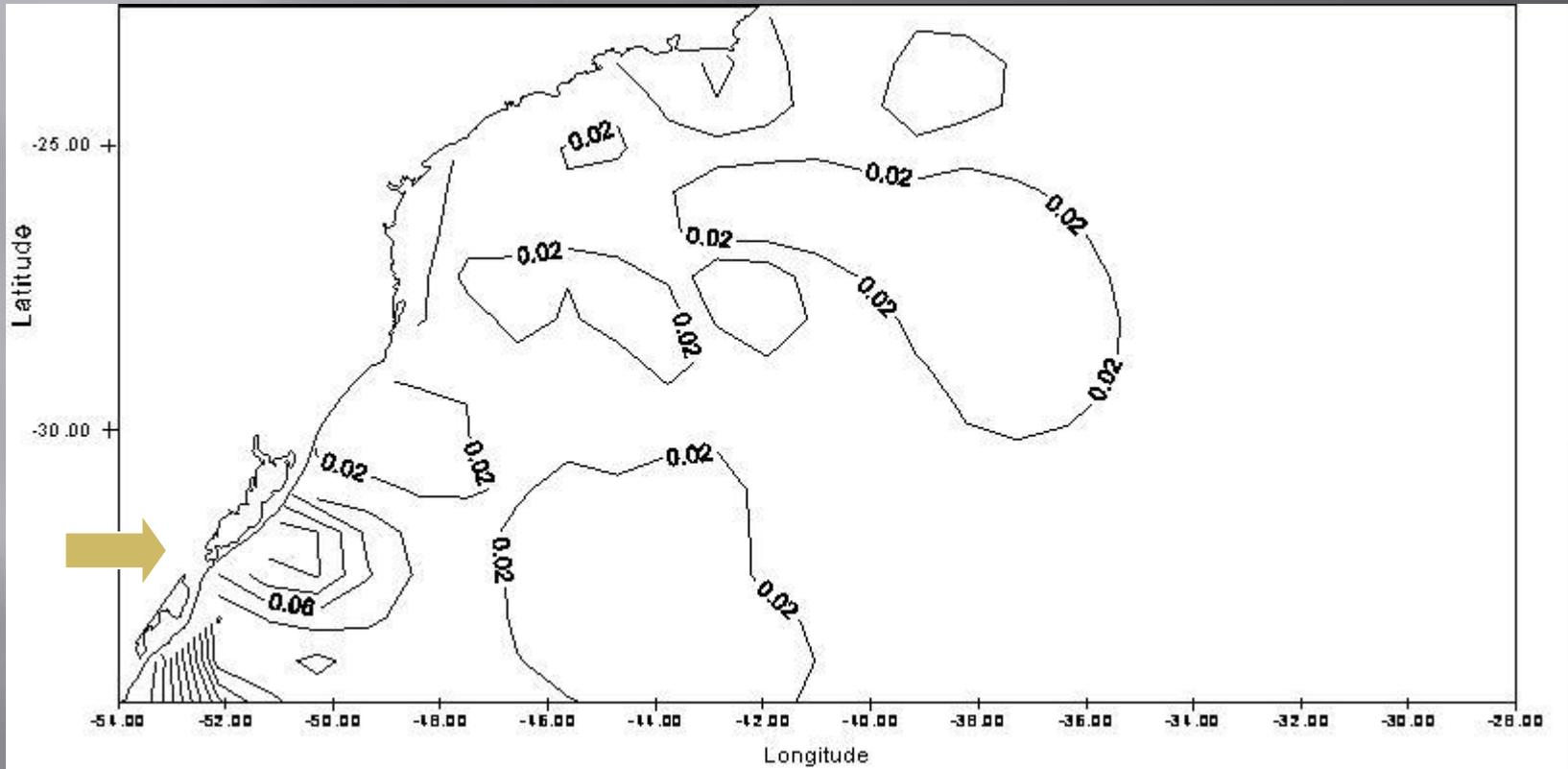


Fig 22. Distribuição horizontal das concentrações de nitrito (uM) a 50 m de profundidade, no verão.

Maiores concentrações no RJ e SP
Mesmo ocorrendo na LP

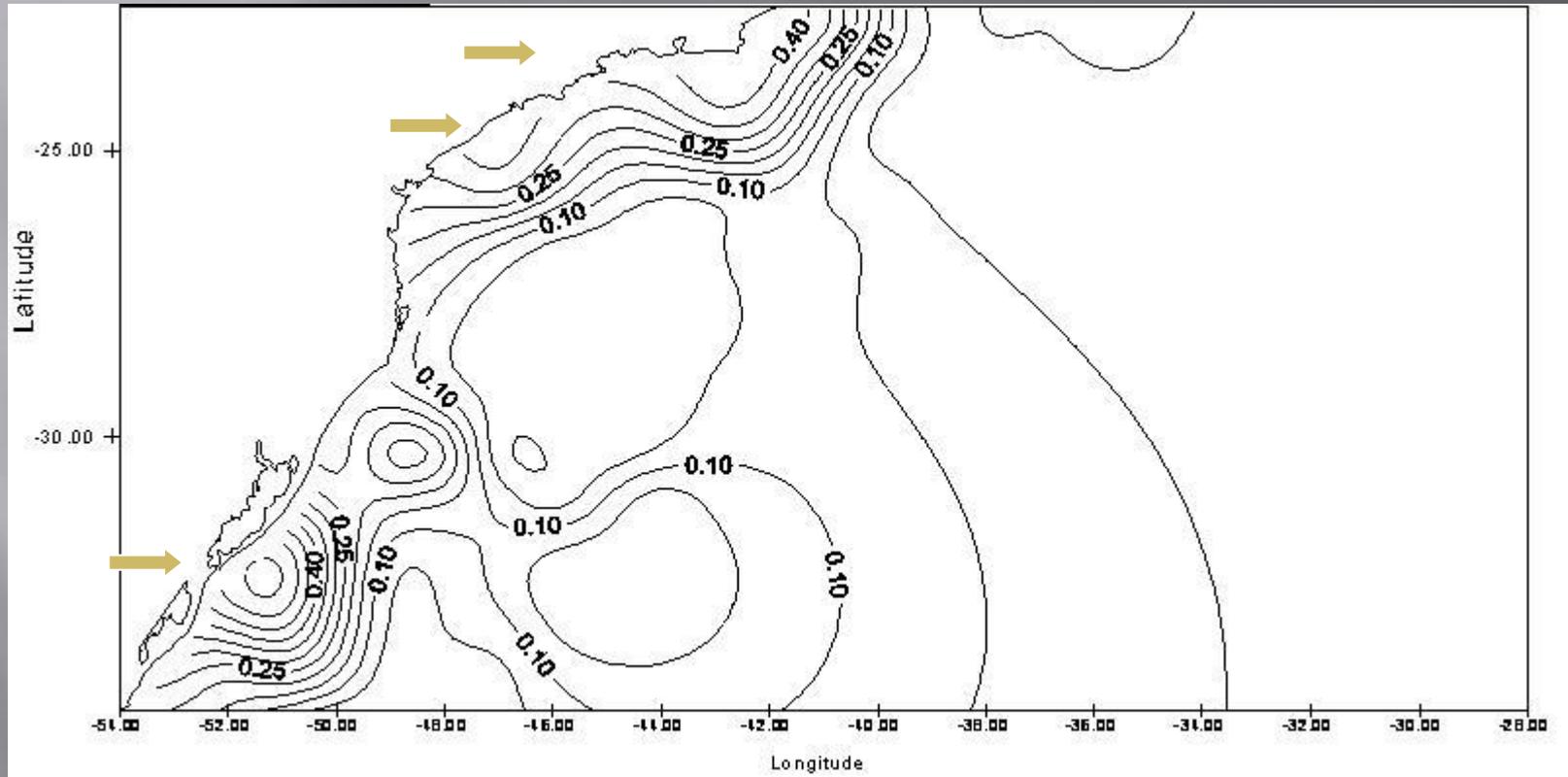


Fig 23. Distribuição horizontal das concentrações de nitrito (uM) a 50 m de profundidade, no outono.

Valores baixos, maiores próximo ao RJ e LP

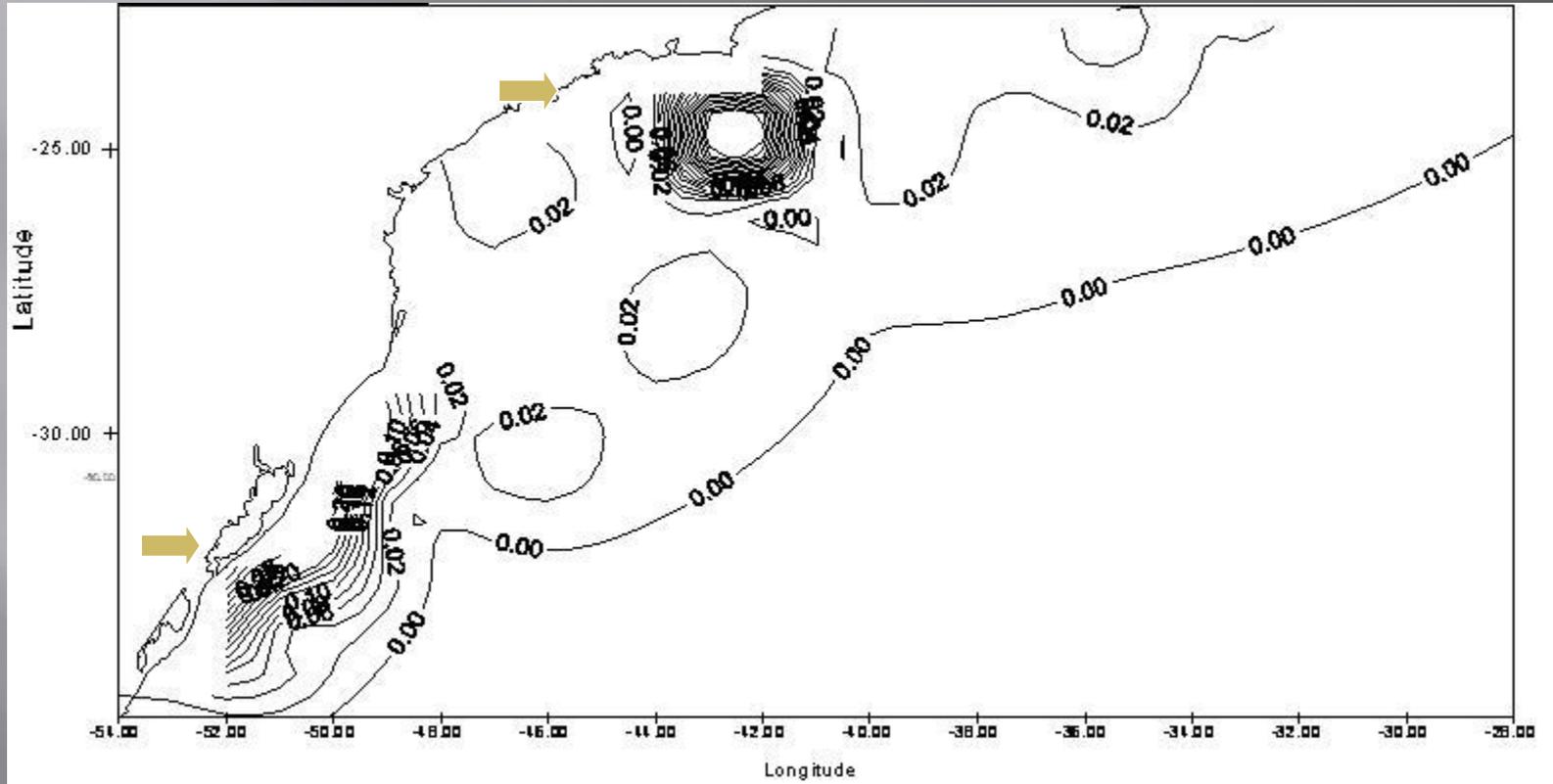


Fig 24. Distribuição horizontal das concentrações de nitrito (μM) na superfície, no inverno.

NIENCHESKI, L.F.; BAUMGARTEN, M. G.; ROSO, R.H. e BASTOS, L.A.: 1999.
- Oceanografia Química - Levantamento Bibliográfico e Identificação do Estado Atual do Conhecimento. Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva - REVIZEE. Patrocínio do Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal (MMA), Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM), Fundação de Estudos do Mar (FEMAR). 171 p. ISBN 85-85966-12-2.

Terceiro Grupo: ressurgência em Cabo Frio

-1970-

-DHN: XXXII Comissão Oceanográfica da DHN foi realizada para obter dados para o estudo da ressurgência no litoral de Cabo Frio, através de um fundeio, durante o tempo necessário à passagem de duas frentes frias consecutivas (fevereiro/março de 1957). Antes e depois do fundeio, foi realizado perfís oceanográficos compreendendo em ambos, duas estações fora da plataforma continental. Em todas as estações foram realizadas análises para determinação de salinidade, oxigênio dissolvido, fosfato, nitrito, nitrato e silicato.

-1971-

-A.S. Mascarenhas; L.B. Miranda e N.J. Rock apresentam um estudo sobre as condições oceanográficas na região de Cabo Frio.

-1973-

-DHN: XLI Comissão Oceanográfica NOc Almirante Saldanha foi efetuada em julho de 1969, e constituiu-se num fundeio nas proximidades de Cabo Frio, completado por dois perfís: um antes e outro depois do fundeio. O propósito era acompanhar o processo de fertilização do mar causado pela ressurgência, efetuando correlações dos dados coletados, com os obtidos por uma aeronave da NASA equipada com sensores remotos, que sobrevoou a área estudada durante o fundeio. As análises químicas incluíram determinação da salinidade, oxigênio dissolvido, pH e sais nutrientes.

-P.C. Moreira da Silva apresenta a variação dos gradientes na ressurgência e na subsidência e posteriormente aborda sobre tentativas de determinação de um índice de produção primária, pela variação de características químicas da água em ressurgência.

-R.F. Rodrigues apresenta uma dissertação de mestrado, abordando sobre a ressurgência de Cabo Frio.

-1974-

-C.F. Mendonça apresenta as características mais frequentes das massas de água na região de Cabo Frio e efetua uma comprovação da origem profunda da água do litoral.

-Y. Ikeda; L.B. Miranda e N.J. Rock efetuam observações em diferentes segmentos da ressurgência na região de Cabo Frio, através de medidas contínuas de temperatura e de salinidade.

-M. Kempf; J.P. Lassalde; A. Muller-Feuga; J.L. Valentin e F. Vallet abordam sobre a consequência da ressurgência sobre os aspectos biológicos da região de Cabo Frio.

-J.L. Valentin efetua as suas primeiras observações sobre a estrutura física, química e biológica das águas de uma estação fixa, próxima a Cabo Frio, com especial referência ao plâncton da ressurgência.

-1975-

-F.E. Macedo; D.R. Tenenbaum e J.L. Valentin apresentam sobre o plâncton na ressurgência de Cabo Frio, abordando sobre a composição florística e variação de comportamento na água, em uma estação oceânica fixa, durante o período de abril de 1973 a fevereiro de 1974.

-C.F. Mendonça efetua uma pesquisa da origem das águas de baixa salinidade associadas à ressurgência de Cabo Frio.

-1976-

-M.A. Mureb; W.M. Monteiro; E. Pessoti e J.L. Valentin apresentam mais um trabalho sobre o plâncton na ressurgência de Cabo Frio, analisando os copépodes, durante o período de junho de 1973 a fevereiro de 1974 e relacionando com parâmetros hidrológicos e incluindo nutrientes, material em suspensão e fração orgânica.

-J.L. Valentin; W. Monteiro-Ribas; M.A. Mureb e E. Pessoti apresentam uma comunicação sobre a origem das massas de água na ressurgência de Cabo Frio, vista através do estudo das comunidades de copépodos.

-1977-

-R.F. Rodrigues apresenta sobre a evolução das massas de água durante a ressurgência em Cabo Frio.

-J.L. Valentin e M. Kempf analisam algumas características das águas de ressurgência de Cabo Frio.

-J.L. Valentin, P. Barth, M.E. Caris, F.E. Saidah Macedo, W. Monteiro-Ribas, M.A. Mureb, E. Pessoti e D.R. Tenenbaum apresentam sobre a evolução das características biológicas nas águas da ressurgência de Cabo Frio, durante um fundeio de 4 dias em uma estação fixa.

-1978-

-J.L. Valentin, D.L. André, W. Monteiro-Ribas e D.R. Tenembaum apresentam sobre a hidrologia e o plâncton da região costeira entre Cabo Frio e o estuário do Rio Paraíba.

-J.L. Valentin, D.L. André e S.A. Jacob abordam sobre a hidrobiologia na ressurgência de Cabo Frio, durante um ciclo completo de vento.

-J.L. Valentin e A.D. Moreira comentam sobre a matéria orgânica de origem zooplancônica nas águas de ressurgência de Cabo Frio.

-1979-

-A. Magliocca, L.B. Miranda e S.R. Signorini apresentam que as observações oceanográficas realizadas em fevereiro de 1971, na plataforma continental entre Cabo Frio e a Ponta da Guaratiba, mostraram a presença e a atenuação de efeitos do fenômeno de ressurgência observados na superfície. A análise detalhada da distribuição térmica da camada superficial evidencia que o processo físico responsável pela atenuação desse fenômeno foi a advecção de uma corrente costeira de águas quentes, fluindo para leste.

-E. Fahrbach e J. Meincke apresentam algumas observações na variabilidade da ressurgência de Cabo Frio.

-1980-

-J.L. Valentin apresenta mais um trabalho sobre a ressurgência de Cabo Frio, desta vez abordando uma análise em componentes principais do plâncton e parâmetros hidrológicos em uma estação fixa. Posteriormente, em 1984, como uma continuidade do estudo, descreve a distribuição geográfica do zooplâncton na referida área de ressurgência, com o objetivo de separar áreas ecológicas em termos de comunidades específicas. Para atingir tal objetivo fez uso de parâmetros hidrológicos como a temperatura, salinidade e clorofila-a. A alternância, superposição ou mistura das massas de água de diferentes origens, constituem o mais importante fator responsável pela grande variabilidade hidrológica observada na região. Por meio de análises estatísticas multivariadas dos dados (temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido, material em suspensão, sais nutrientes, clorofila a, diversidade pigmentar, fitoplâncton, diversidade específica do fitoplâncton e abundância zooplânctônica) foi colocado em evidência os principais fatores que regem a estrutura e o funcionamento do ecossistema de Cabo Frio.

-1982-

-DHN: XCIII Comissão Oceanográfica, Operação Cabo Frio VI, realizada em novembro de 1982, visando a coletar dados para os estudos de produtividade primária e da dinâmica da ressurgência, na região de Cabo Frio.

-1985-

-S.A. Jacob e D.L. André efetuam algumas observações químicas na área de ressurgência em Cabo Frio. Sugerem que as modificações dos parâmetros físicos e químicos sejam decorrentes da Água Central do Atlântico Sul, que aflora próximo à costa de Cabo Frio e daí se afasta pela superfície no rumo WSW, já bastante misturadas com águas de diferentes origens, ocasionando variedade hidroquímica na área de estudo.

-1986-

-DHN: C Comissão Oceanográfica, Operação Cabo Frio VII, realizada durante os meses de março e abril de 1983, teve como propósito coletar dados para dar continuidade aos estudos de produtividade primária e da dinâmica da ressurgência na região contígua a Cabo Frio. O estudo sistemático da ressurgência em Cabo Frio mostrou a necessidade de se melhor compreender o potencial de produção primária das águas ressurgidas e, também, a evolução dessas águas, quando submetidas a processos convectivos sobre a plataforma continental.

-1987-

-DHN: CXXXIV Comissão Oceanográfica, Operação Cabo Frio X, realizada em junho de 1987, teve como propósito o estudo do modelo físico da ressurgência; estudar os processos químicos da ressurgência e da dinâmica dos sais nutrientes e o estudo dos processos biológicos, como produção primária, fitoplâncton e zooplâncton.

-J.L. Valentin, W.M. Monteiro-Ribas, M.A. Mureb e E. Pessoti apresentam uma lista de organismos zooplantontes abundantes na ressurgência de Cabo Frio. Apresentam que a distribuição vertical desses organismos depende da estrutura hidrológica das massas de água, como a natureza e o grau de mistura entre elas.

-1988-

-IEAPM: Comissão Cabo Frio IX, realizada durante os meses de novembro e dezembro de 1986, teve como propósito o estudo do modelo físico e dos processos químicos da ressurgência e da dinâmica dos sais nutrientes e o estudo dos processos biológicos, como produção primária, fitoplâncton e zooplâncton. Esta comissão usou como estratégia de campo, um fundeio com duração de dez dias em uma estação fixa em Cabo Frio. Além dos parâmetros usualmente descritos como temperatura, salinidade, pH, oxigênio e nutrientes dissolvidos, nesta comissão foi também analisado o nitrogênio particulado.

-IEAPM: Comissão Cabo Frio X, realizada em junho de 1987, foi uma sequência da Comissão Cabo Frio IX. Até a realização desta campanha, os dados obtidos referiram-se sempre ao período favorável à ressurgência (primavera-verão). Para complementação desses dados e possíveis comparações, os mesmos parâmetros deveriam ser avaliados para a época desfavorável a ressurgência (outono-inverno). Com este objetivo, foi realizada a Comissão Cabo Frio X, seguindo o mesmo esquema da comissão anterior.

-1989-

-DHN: CXXVI Comissão Oceanográfica, NOc “Almirante Saldanha”, Operação Cabo Frio IX, apresenta dados referente a oceanografia física, química e biológica do ecossistema da ressurgência de Cabo Frio, coletados em uma estação fixa, durante os dias 27 de novembro a 09 de dezembro de 1986.

-D.L. André e S.A. Jacob apresentam um “Relatório IEAPM” onde abordam sobre algumas observações químicas na área de ressurgência de Cabo Frio.

-1990-

-J.L. Valentin e R. Coutinho apresentam o desenvolvimento do primeiro modelo para o ecossistema de ressurgência de Cabo Frio. Simularam um máximo de clorofila como uma expressão da abundância fitoplanctônica na água do mar, durante um período de ocorrência da ressurgência.

-D.L. André apresenta uma dissertação de mestrado onde efetua uma análise dos parâmetros hidroquímicos na ressurgência de Cabo Frio.

-1992-

-E.G. Rodriguez; J.L. Valentin; D.L. Lacerda e S.A. Jacob estudam o “upwelling” e o “downwelling” em Cabo Frio (Brasil) e fazem comparações com respostas na biomassa e a na produção primária. Durante o inverno, na ausência do “upwelling”, os detritos orgânicos constituem a principal fonte mantenedora dos altos níveis da cadeia alimentar.

-1994-

-E. Rodriguez-Gonzales avalia a produção primária do fitoplâncton marinho da região de Cabo Frio, relatando as condições ambientais. As análises de correlação e regressão mostram que a variação da produtividade primária é função das variações na temperatura, salinidade, nutrientes e razão clorofila-a/feofitina.

-1996-

-A. Gonçalves-Diniz; A. L. Rebello-Wagener e E. Gonzales-Rodrigues apresentam estudo sobre a influência da especiação do cobre na produção primária das águas de ressurgência e avaliam a produção de cobre por fotoredução.

-A. Gonçalves-Diniz defende dissertação de mestrado avaliando o impacto da especiação do cobre na produção primária em águas da região de Arraial do Cabo.