

# Identificação da variabilidade de baixa frequência em algumas regiões da costa sudeste-nordeste do Brasil

(Identification of the low-frequency variability in some coastal stations of the southeast coast of Brazil)

Gabriel Clauzet & Ilana Wainer

Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo  
(Caixa Postal 66149, 05315-970 São Paulo, SP, Brasil)

- 
- **Abstract:** In this study time series of marine surface parameters for 35 years along the south east coast of Brazil, in particular for the regions of Cananéia and Ubatuba are examined. The goal was to look for regional climate indications of global climate impacts in the low-frequency range of the spectrum in phenomena such as ENSO (El Niño - Southern Oscillation) and the Atlantic ocean dipole. It was found that ENSO has a direct impact over the time series along the coast but does not determine them. The Atlantic dipole has little impact on the SE coast of Brazil. In the NE region, its impact on the decadal time scale is significant.
  - **Resumo:** Neste trabalho, séries temporais de 35 anos, dos parâmetros de superfície marinha da costa SE do Brasil e em particular das regiões de Cananéia e Ubatuba são examinadas. Procurou-se situar, num contexto global de larga escala, as variações climáticas locais. A variabilidade de baixa frequência nas estações costeiras brasileiras está relacionada, com fenômenos climáticos de larga escala como o ENSO (El Niño - Southern Oscillation) e o dipolo do Atlântico. Concluiu-se que o fenômeno ENSO tem influências diretas sobre as séries temporais ao longo de toda a costa, mas não as determina. O dipolo do Atlântico tem pouca influência na costa SE do Brasil. Na região Nordeste o impacto do dipolo do Atlântico é significativo na escala decadal.
  - **Descriptors:** Seasonal variation, Surface marine data.
  - **Descritores:** Variação sazonal, Dados de superfície marinha.
- 

## Introdução

Com o aumento da população mundial, a expansão da economia globalizada e o desenvolvimento de novas tecnologias o impacto das atividades antropogênicas no futuro será ainda mais significativo. Para que possam ser previstas e tomadas decisões importantes no âmbito sócio-econômico, cada vez mais torna-se necessário entender como são as interações entre o clima regional e os fenômenos de impacto global.

A análise dos parâmetros de superfície marinha possibilita melhorar nossa compreensão da inter-relação existente entre oceano e atmosfera. A estreita relação entre os dois fluidos possibilita correlacionarmos a variação climática entre diferentes

regiões, visando ampliar a compreensão de um fenômeno local, como parte de uma escala global. Entendendo como a variabilidade de larga escala associada a fenômenos como El Niño/Oscilação Sul e dipolo do Atlântico/Oscilação Norte afetam regiões específicas, faremos progresso na simulação e previsão de condições atmosféricas e oceânicas.

A região a ser caracterizada sua variação climática é o litoral sudeste/nordeste brasileiro, com ênfase no litoral de São Paulo onde a Universidade de São Paulo possui duas de suas bases de pesquisas, em Cananéia (base sul) e Ubatuba (base norte). Os parâmetros de superfície marinha coletados nessas bases são: pressão atmosférica (PA), temperatura do ar (TA), precipitação (PPT) e temperatura da superfície do mar (TSM).

Utilizou-se para outras regiões da costa brasileira dados fornecidos pelo Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), de oito estações meteorológicas

localizadas ao longo da costa; nos Estados de Fortaleza, Recife, Aracaju, Salvador, Belo Horizonte, Rio de Janeiro, São Paulo, Curitiba e Porto Alegre. O INPE divulga, através do programa CMCD (Centro de Missão de Coleta de Dados), via Internet dados de precipitação destas regiões para o período de 1960 à 1990. A localização geográfica das estações costeiras pode ser vista na Figura 1.

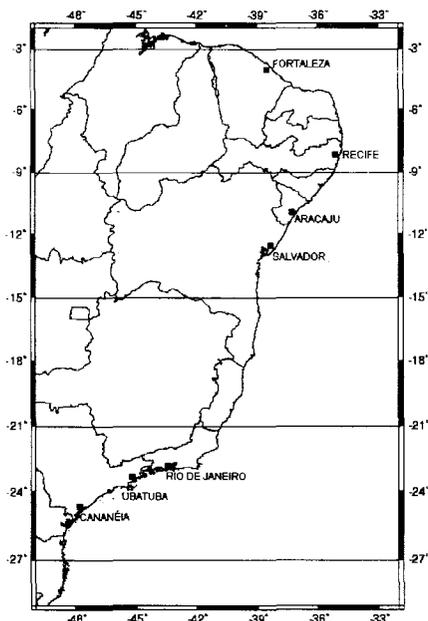


Fig. 1. Localizações geográficas das estações.

O principal objetivo desse trabalho é obter e analisar a variabilidade de baixa frequência nos dados de superfície marinha das bases costeiras e relacioná-los com os fenômenos de larga escala como o ENSO (El Niño - Southern Oscillation) e o dipolo do Atlântico. Os dados do SOI foram obtidos do Climate and Prediction Center (CPC), nos EUA. O índice do dipolo do Atlântico foi calculado a partir dos dados de Temperatura da Superfície do Mar obtidos no National Center for Climate and Environmental Prediction (NCEP).

### Fenômenos de larga escala

Os fenômenos de larga escala considerados (ENSO e o dipolo do Atlântico) foram analisados por serem fenômenos climáticos de importância global indicando que tanto o oceano Pacífico quanto o Atlântico podem exercer influência na variabilidade regional. Os efeitos do ENSO são aqui considerados através do índice conhecido como SOI (Southern Oscillation Index). Este consiste na diferença entre a pressão atmosférica do Pacífico oeste (medida em Darwin, Austrália) e a pressão no Pacífico centro-leste (medida no Tahiti). O SOI está intimamente ligado ao fenômeno ENSO, onde durante determinadas épocas temos um aquecimento anormal

das águas da costa leste do Pacífico, com conseqüências tanto climáticas como econômicas para a região e para o globo. A Figura 2 mostra as anomalias da série temporal do SOI para o período de 1960 à 1995.

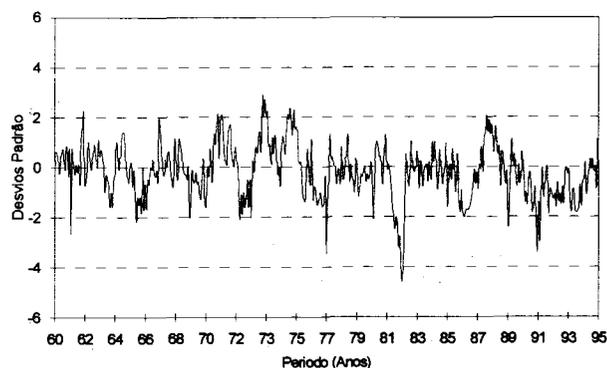


Fig. 2. Série temporal do SOI (em mmHg).

Índices negativos do SOI correspondem a ocorrência de eventos quentes no Pacífico Equatorial enquanto valores positivos indicam a fase oposta chamada de La Niña.

O fenômeno do dipolo do Atlântico, tem importante influência na climatologia da região tropical. Ele caracteriza-se por oscilações da temperatura da superfície do mar, em fases opostas nas regiões ao norte e ao sul do Equador. Estas oscilações determinam gradientes anormais de temperatura na região tropical, com importantes conseqüências climáticas e econômicas, em particular com relação a seca no NE do Brasil e na região do Sahel na África. Utiliza-se para a caracterização deste fenômeno um índice chamado dipolo do Atlântico (Servain, 1991), este é calculado através da diferença entre a média das anomalias de TSM das regiões ao Norte (entre 20°N e 5°N) e ao Sul (entre 5°S e 12°S) do Equador. A Figura 3 mostra as anomalias da série temporal do dipolo do Atlântico para o período de 1964 à 1995.

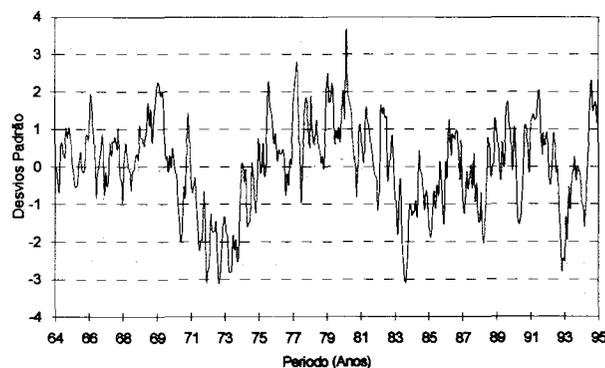


Fig. 3. Série temporal do Dipolo do Atlântico (em °C).

**Material e métodos**

Os dados de precipitação fornecidos pelo INPE são médias mensais de 1960 à 1990. Os dados obtidos de Cananéia e Ubatuba são medidas meteorológicas realizadas nos horários sinóticos das 12, 18 e 24 horas GMT correspondendo as 9, 15 e 21 horas local. Destes dados calculam-se médias diárias e posteriormente médias mensais. Para obter as anomalias, calculou-se o ciclo sazonal (Wainer *et al.*, 1996) para cada parâmetro e subtraiu-se a climatologia sazonal das séries temporais. Das séries resultantes calcularam-se os espectros de potência, que foram estimados através do método da covariância em série (Panofsky, 1968), descrito a seguir:

Dos N valores mensais de uma quantidade T (por ex. TSM) primeiro calcula-se as auto-covariância  $C_\tau$  para os intervalos  $\tau$  com  $0 \leq \tau \leq m$ , com  $m \leq N$ :

$$C_\tau = \frac{1}{N - \tau} \sum_{i=1}^{m-\tau} T_i T_{i+\tau} \quad (1)$$

onde assume-se que a média de T é zero. Dessas covariâncias obtemos as estimativas brutas do espectro de T, que chamaremos de  $\hat{S}_K$ :

$$\hat{S}_0 = \frac{1}{2m} [C_0 + C_m] + \frac{1}{m} \sum_{\tau=1}^{m-1} C_\tau$$

$$\hat{S}_K = \frac{C_0}{m} + \frac{2}{m} \sum_{\tau=1}^{m-1} C_\tau \cos\left(\frac{\pi\kappa\tau}{m}\right) + \frac{1}{m} C_m (-1)^\kappa \quad (2)$$

$$\hat{S}_m = \frac{1}{2m} [C_0 + (-1)^m C_m] + \frac{1}{m} \sum_{\tau=1}^{m-1} (-1)^\tau C_\tau$$

onde  $\kappa=1, \dots, m-1$ . As estimativas espectrais  $\hat{S}_K$ , são calculadas com auxílio de um filtro de *Hanning*:

$$S_0 = \frac{1}{2} (\hat{S}_0 + \hat{S}_1)$$

$$S_K^i = \frac{1}{4} (\hat{S}_{K-1} + 2\hat{S}_K + \hat{S}_{K+1}) \quad (3)$$

$$S_m = \frac{1}{2} (\hat{S}_{m-1} + \hat{S}_m)$$

O limite de confiança do espectro de potência é obtido assumindo um espectro *vermelho* que é estimado por:

$$R_K = \bar{S} \left( \frac{1 - r_1^2}{1 + r_1^2 - 2r_1 \cos(\pi\kappa/m)} \right) \quad (4)$$

onde  $\bar{S}$  é a média das  $m+1$  estimadas espectrais brutas e  $r_1$  é o primeiro intervalo de auto-correlação das séries temporais. O limite de confiança de um espectro é determinado pela razão entre a estimativa espectral local e o espectro *vermelho*  $S_K/R_K$ . Essa razão é distribuída de acordo com  $\chi^2/\nu$ , onde  $\nu$  é o número de graus de liberdade dado por  $\nu = (2n - m/2)$ . Para nosso estudo tomando a série do SOI como exemplo temos,  $N = 432$ ,  $m = 216$ , obtendo  $\nu = 3,5$ . Nesse estudo adotamos o limite de confiança de 80%, o que significa que todos os pontos acima da curva de confiança são significativos a 80%.

Os gráficos dos espectros foram feitos em função da frequência (F) dada em meses. Assim para obter o período (T) equivalente em anos calcula-se,  $T = (1/F) / 12$ .

Com os índices do ENSO e do dipolo do Atlântico calculou-se a correlação simples entre as anomalias das bases e os fenômenos de larga escala, da seguinte forma (Costa Neto, 1977). Seja  $S_x$  e  $S_y$  os desvios padrão das variáveis X e Y, dados por:

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

e

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}} \quad (5)$$

E a covariância entre as duas variáveis dadas por  $S_{xy}$ :

$$S_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n-1} \quad (6)$$

Assim definimos o coeficiente de correlação simples ou linear como sendo:

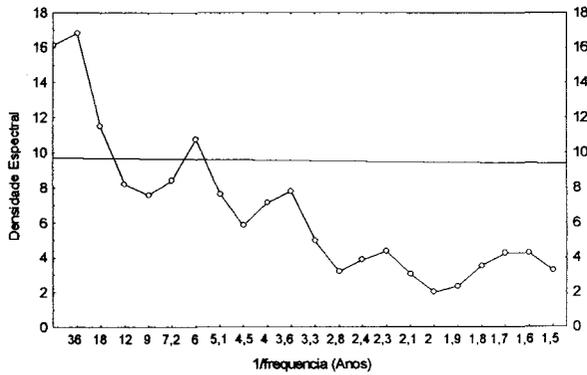


Fig. 5c. Espectro de potência das anomalias da pressão atmosférica para Ubatuba (Densidade Espectral).

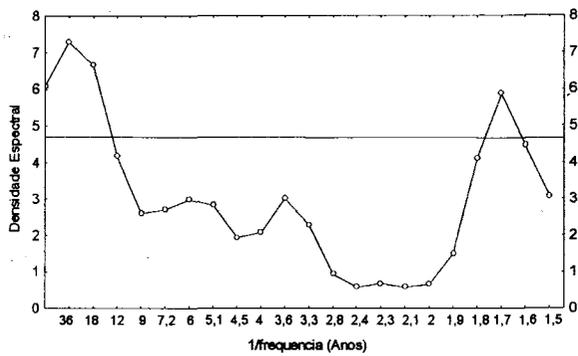


Fig. 5d. Espectro de potência das anomalias da pressão atmosférica para Cananéia (Densidade Espectral).

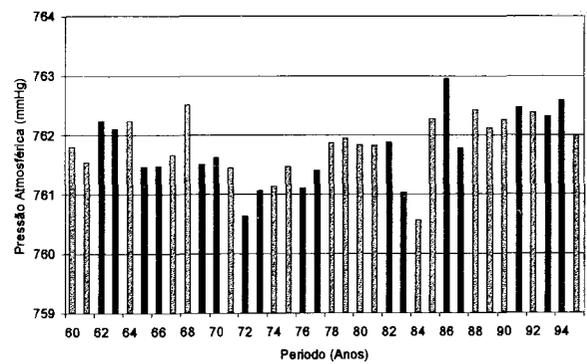


Fig. 6a. Médias anuais da pressão atmosférica para Ubatuba (em mmHg).

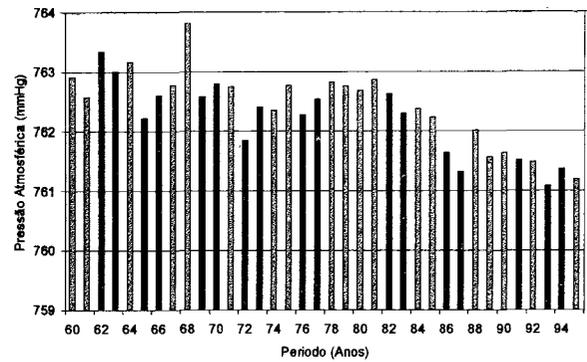


Fig. 6b. Médias anuais da pressão atmosférica para Cananéia (em mmHg).

A Figura 5a, mostra que o ENSO tem uma periodicidade conhecida de dois a oito anos (Wainer & Webster, 1996). O dipolo do Atlântico (Fig. 5b) tem uma variabilidade de nove a doze anos (Nobre & Shukla, 1996), o que caracteriza bem sua variabilidade na escala decadal. Comparando com as Figuras 5c e 5d que apresentam o espectro da pressão atmosférica, tanto em Ubatuba quanto em Cananéia, vemos que também existe pronunciada variabilidade interanual. Os picos significativos, para ambas estações, estão aproximadamente em dezoito a doze anos. Em Ubatuba (Fig. 5c) temos mais três picos significativos entre seis e três anos. Porém, não é claro que a variabilidade interanual encontrada nas pressões atmosféricas das estações costeiras (Figs. 5c e 5d) tem alguma correlação significativa com os fenômenos globais, aqui representados.

Apesar da aparente falta de picos semelhantes em frequências entre o ENSO, dipolo do Atlântico e a PA nas estações costeiras, observada nos espectros de potências; vemos nas Figuras 6a e 6b que os anos de médias da pressão atmosférica mais altas foram os de ocorrência do ENSO (assinalados em preto). Essa ligação se faz mais evidente em Ubatuba que em Cananéia.

As Figuras 6a e 6b representam as médias anuais da pressão atmosférica para as regiões de Ubatuba e Cananéia. Os anos assinalados em preto representam a ocorrência do ENSO. A existência de duas colunas consecutivas, ocorre porque os valores máximos são observados em outubro e setembro. Na Figura 6a, para a base de Ubatuba, vê-se que as duas maiores médias obtidas foram em anos de ocorrência do ENSO. Observa-se também que o ano de 1968 foi anômalo para ambas as localidades, algo que pode ser observado nas Figuras 5a e 5b. Em termos climatológicos o ano de 1968 no Atlântico tropical foi um ano anormalmente quente (Servain, comunicação pessoal, 1997).

**Precipitação (PPT)**

A Figura 7 mostra as anomalias das séries temporais de PPT para as duas estações costeiras do IOUSP (Figs. 7a e 7b). Os espectros de potência das anomalias correspondentes podem ser vistos nas Figuras 7c e 7d.

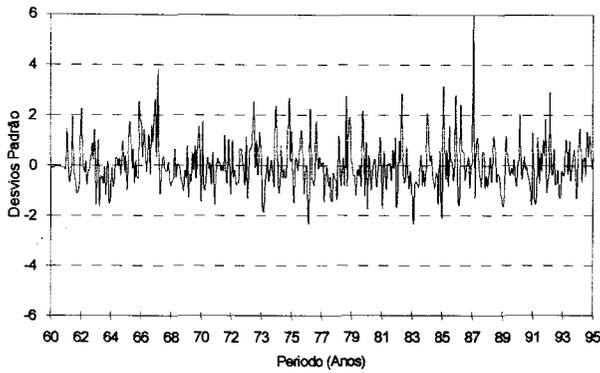


Fig. 7a. Série temporal das anomalias da precipitação em Ubatuba (em mm).

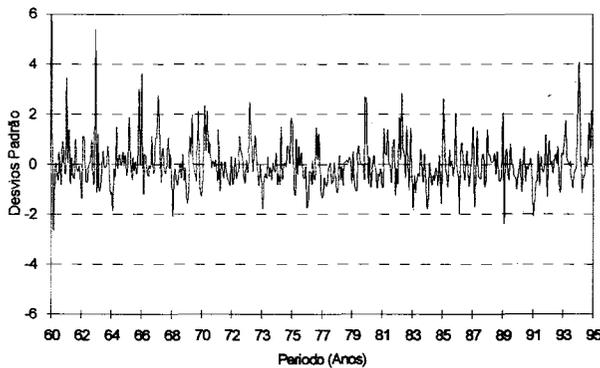


Fig. 7b. Série temporal das anomalias da precipitação em Cananéia (em mm).

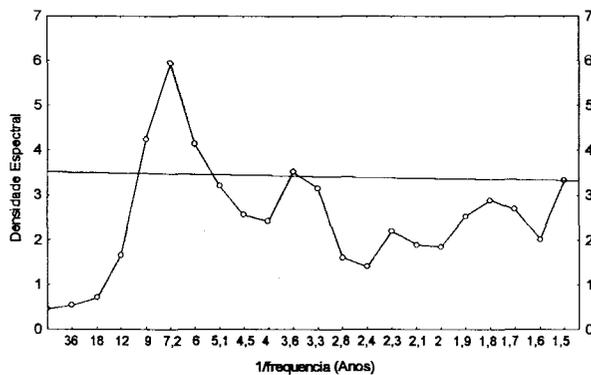


Fig. 7c. Espectro de potência das anomalias de precipitação para Ubatuba (Densidade Espectral).

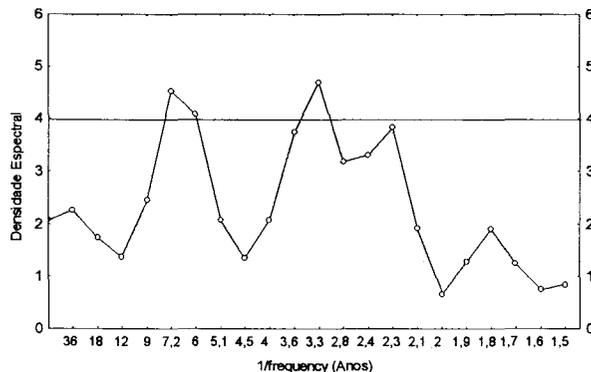


Fig. 7d. Espectro de potência das anomalias de precipitação para Cananéia (Densidade Espectral).

A tendência positiva que foi observada na pressão atmosférica de Ubatuba e negativa observada em Cananéia não aparece nos dados de precipitação (cf. Fig. 4). Nas Figuras 7c e 7d observa-se que a precipitação nas duas estações costeiras, além dos picos de variabilidade interanual (ordem de menos de 3 anos) apresentam um máximo no período de 6 anos, próxima da variabilidade decadal. Apesar da série ser de trinta e cinco anos e a variabilidade decadal marginalmente representada, pode se especular que esse sinal seja representativo da influência do Oceano Atlântico.

De maneira similar a análise feita para Pressão Atmosférica (Fig. 6), relacionou-se os anos com maiores acúmulos de PPT ao fenômeno ENSO. Para Ubatuba os dois anos com mais chuvas, foram anos de ocorrência do ENSO (65-66 e 72-73). Em Cananéia, o número de anos com nível médio de acúmulo de chuva acima de 200 mm, são em maioria os anos que ocorreram o ENSO. Portanto mesmo que os picos espectrais das séries de chuva em Ubatuba e Cananéia não correspondam exatamente ao período do ENSO, notamos uma forte relação entre o aumento da pluviosidade nas bases e a ocorrência desses eventos.

#### Variabilidade da precipitação em outras regiões da costa brasileira

Para efeito de comparação também analisou-se a precipitação de diversas estações meteorológicas, mantidas pelo INPE, ao longo da costa brasileira. A análise das anomalias nas séries temporais da precipitação para as estações costeiras em Aracaju, Fortaleza, Rio de Janeiro, Salvador e Recife mostram que na maioria das capitais os máximos de PPT com relação a média do período de 1960-1990, são em anos de ocorrência do El Niño. Em Aracaju três picos mais expressivos de anomalias na precipitação ocorreram em 1964, 1965 e 1966; na estação do Rio de Janeiro também se destaca um máximo em 1966. Salvador apresenta máximas anomalias em 1983 e 1984. Recife tem máximos em 1970 e 1972 e Fortaleza em 1981 e 1982. A Figura 8 mostra os espectros de potências das anomalias das séries temporais para Fortaleza (Fig. 8a), Recife (Fig. 8b), Aracaju (Fig. 8c), Salvador (Fig. 8d) e Rio de Janeiro (Fig. 8e) respectivamente.

Os espectros de potência (Figs 8) mostram características diferentes em diferentes regiões, com uma pronunciada divisão entre as capitais devido a sua localização. As capitais localizadas na região Nordeste (Fortaleza, Aracaju e Recife) tem em seu espectro duas regiões mais significativas sendo elas num período de dez a oito anos (mais pronunciado em Fortaleza e Recife) outra em um período de dois a quatro anos (mais pronunciado em Aracaju). Estes resultados são coerentes com o estudo da relação

entre a variabilidade na precipitação do NE e a circulação do oceano Atlântico Tropical de Wainer e Soares (1997).

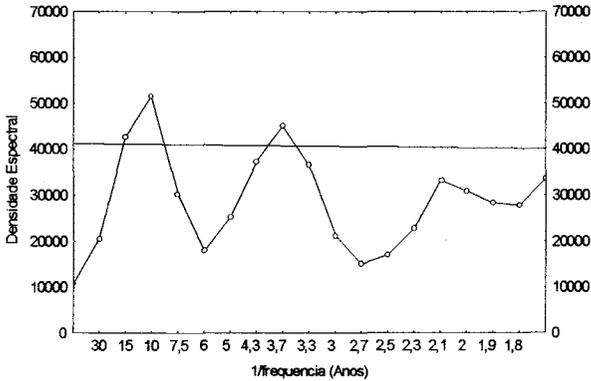


Fig. 8a. Espectro de potência das anomalias de precipitação para Fortaleza (Densidade Espectral).

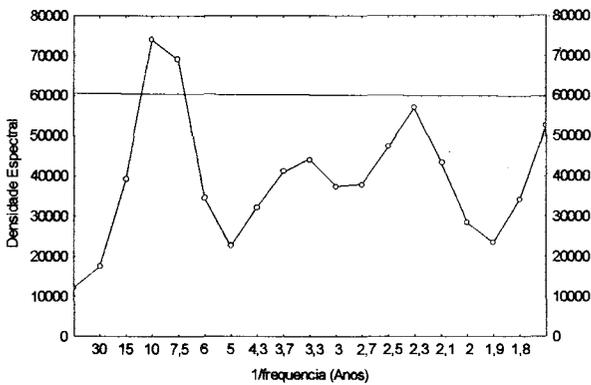


Fig. 8b. Espectro de potência das anomalias de precipitação para Recife (Densidade Espectral).

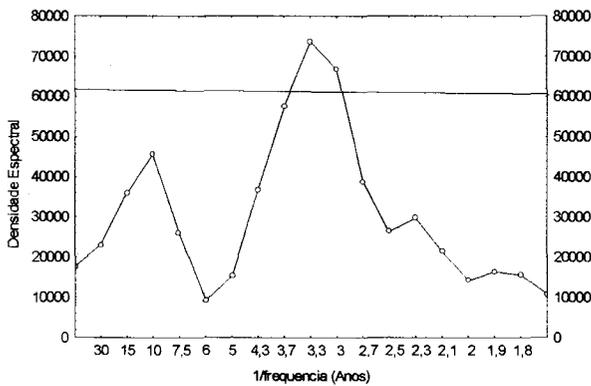


Fig. 8c. Espectro de potência das anomalias de precipitação para Aracaju (Densidade Espectral).

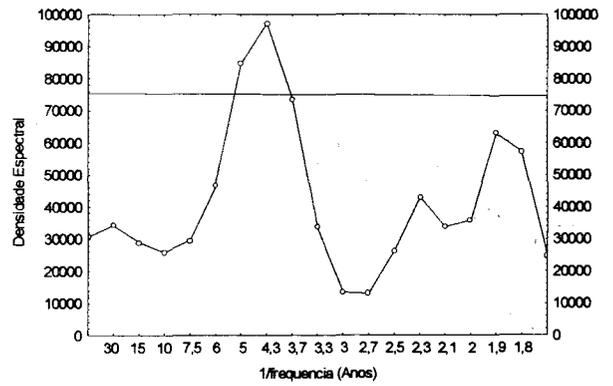


Fig. 8d. Espectro de potência das anomalias de precipitação para Salvador (Densidade Espectral).

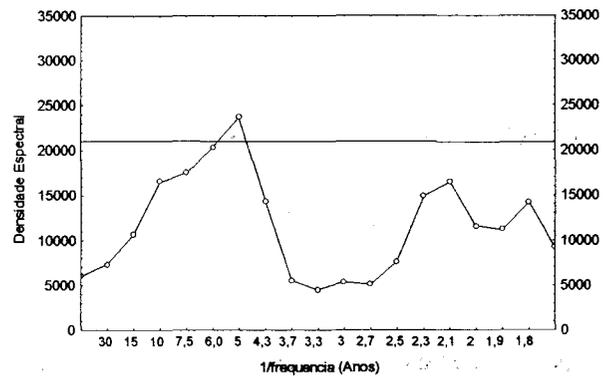


Fig. 8e. Espectro de potência das anomalias de precipitação para o Rio de Janeiro (Densidade Espectral).

As capitais Salvador e Rio de Janeiro, apresentam características comuns num período entre 4, 3 e 5 anos onde seus picos são mais pronunciados. As capitais da região Sul (Curitiba e Porto Alegre, sem figuras), apresentam um pico significativo num período entre 3,3 e 3,7 anos, associados a variabilidade interanual relativa ao ENSO (Ropelewski & Halpert, 1987).

**Temperatura do ar (TA)**

As anomalias das séries temporais da temperatura do ar (TA) para Ubatuba e Cananéia pode ser vista na Figura 9, assim como os respectivos espectros de potência.

A Figura 9a (TA, Ubatuba) mostra uma grande queda da temperatura em 1983, que não aparenta consistência com os outros parâmetros analisados. Depois de 1983 ocorre um aumento gradativo da temperatura até aproximadamente 1986. Tanto para Ubatuba quanto para Cananéia, observa-se nas Figuras 9a e 9b uma leve tendência positiva; que poderia ser um indicativo de efeitos de urbanização das duas regiões.

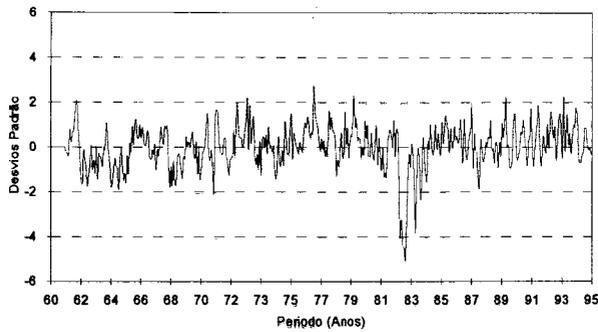


Fig. 9a. Série temporal das anomalias da temperatura do ar para Ubatuba (em °C).

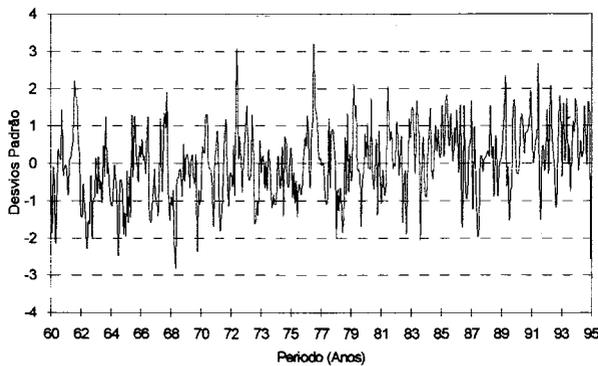


Fig. 9b. Série temporal das anomalias da temperatura do ar para Cananéia (em °C).

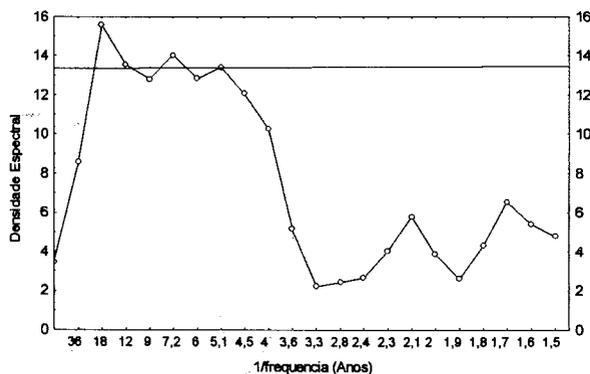


Fig. 9c. Espectro de potência das anomalias da temperatura do ar para Ubatuba (Densidade Espectral).

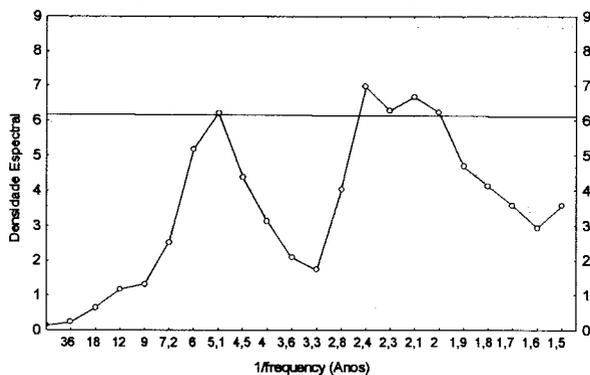


Fig. 9d. Espectro de potência das anomalias da temperatura do ar para Cananéia (Densidade Espectral).

O espectro de potência da TA para Ubatuba apresenta um sinal grande na parte vermelha do espectro até aproximadamente o período de cinco anos. Como a série só tem trinta e cinco anos de comprimento não é possível distinguir se de fato existe um sinal de baixa frequência significativo. Já o espectro de potência para Cananéia (Fig. 9d) é mais consistente. Nas frequências mais baixas, observamos um pico principal no período de 13 anos. Este também pode ser observado em Ubatuba (Fig. 9). Pode-se observar também, que os três valores mais altos de temperatura média ocorrem em anos de ENSO, respectivamente em 76-77, 86-87 e 93-94.

### Temperatura da água do mar (TSM)

Por último, observa-se na Figura 10 as anomalias da temperatura da superfície do mar para a base de Cananéia, com o respectivo espectro de potência (não houve registro de TSM para Ubatuba neste período).

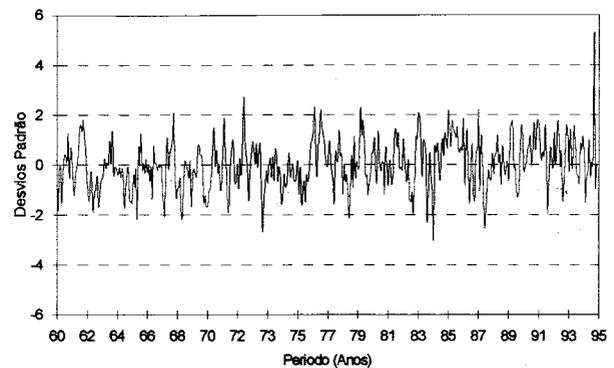


Fig. 10a. Série temporal das anomalias da temperatura da água do mar para Cananéia (em °C).

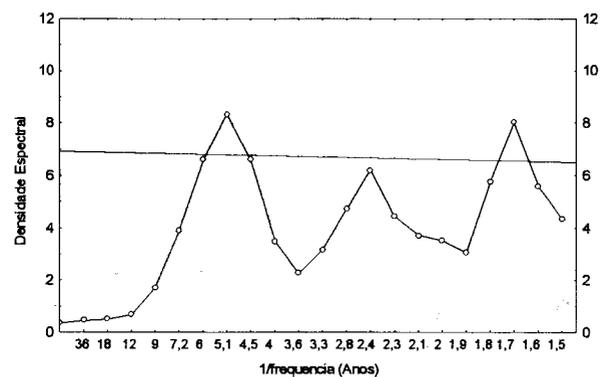


Fig. 10b. Espectro de potência das anomalias da temperatura da água do mar para Cananéia.

O espectro apresenta uma frequência parecida com a obtida para a temperatura do ar (TA) em Cananéia (5,1 anos), indicando a possível natureza acoplada do sistema. Na Figura vê-se três picos significativos, um em 2 anos outro em 2,7 e outro em 5,1 mostrando clara variação interanual da

TSM em Cananéia. Também para a TSM as três médias mais significativas ocorreram em anos de ENSO.

### Análise de correlação

A idéia principal desse estudo é verificar a existência de correlações entre os parâmetros de superfície marinha nas bases de Cananéia e Ubatuba com a variabilidade de baixa frequência ditada pelos fenômenos climáticos de larga escala como o ENSO e o dipolo do Atlântico.

Na seção anterior tentamos estabelecer, através da comparação da variabilidade encontrada por meio da análise espectral, relações entre fenômenos locais e os climáticos. Para quantificar essas possíveis ligações, faz-se a seguir, análise da correlação entre as diversas séries temporais.

A correlação das anomalias das séries temporais (PA, TA, PPT, SST) com a série do SOI e com a série do Dipolo do Atlântico, estão na Tabela 1 e Tabela 2 respectivamente. Os valores sublinhados apresentaram uma correlação dentro do limite de confiança de 90%.

Tabela 1. Correlação com o SOI.

Parâmetro	PA	TA	PPT	SST
Cananéia	<u>0,17</u>	<u>0,23</u>	0,01	<u>0,20</u>
Ubatuba	0,05	<u>0,19</u>	0,05	—

Tabela 2. Correlação com o dipolo do Atlântico.

Parâmetro	PA	TA	PPT	SST
Cananéia	<u>0,15</u>	0,03	0,01	0,03
Ubatuba	0,15	0,05	0,01	—

Como os coeficientes obtidos são muito baixos e nem sempre significativos não se pode relacionar a séries temporais das anomalias obtidas em Ubatuba e Cananéia com a ocorrência dos fenômenos em escala global ENSO e do dipolo do Atlântico. Entretanto, esse resultado não significa que não exista ligação entre eles. Foi observado, por exemplo, que máximos de PPT estão associados a anos de ENSO. Esse resultado implica que a variabilidade dos parâmetros de superfície marinha em Cananéia e Ubatuba é resultado do clima local, sofrendo pouca influência dos fenômenos de larga-escala no Pacífico Equatorial e no Atlântico Tropical.

### Discussão

Um dos objetivos do trabalho foi determinar a variabilidade de baixa frequência nas estações costeiras, relacionando com fenômenos de

conseqüências globais. Comparou-se as análises espectrais da pressão atmosférica, da precipitação, da temperatura do ar e da temperatura da água das estações, de Ubatuba e Cananéia, com o espectro do Southern Oscillation Index (SOI – indicativo da ocorrência fenômeno El Niño/Oscilação Sul (ENSO)). O resultado dessa comparação é: embora os parâmetros de superfície marinha observados apresentem significativa variabilidade de baixa frequência, nas escalas de tempo dos fenômenos ENSO e dipolo do Atlântico, não é possível estabelecer uma relação de causa e efeito diretos.

Os parâmetros PA, PPT, TA e SST apresentam uma variabilidade consistente entre si. Não é possível concluir que essa variabilidade está diretamente associada a ocorrência de eventos de ENSO ou com o do dipolo do Atlântico. No entanto, eventos extremos de PA, PPT, TA e SST coincidem com anos de ENSO. Todos os parâmetros meteorológicos analisados apresentaram valores médios máximos nesses anos. Ou seja, o fenômeno tem influência sobre as séries temporais mas não as determina.

Outro resultado interessante é a variabilidade na frequência encontrada na série de PPT de Ubatuba e Cananéia (Figs 7c e 7d). Esta variabilidade é de aproximadamente 7,2 anos (quase decadal), que pode estar indicando alguma influência do Oceano Atlântico tropical. As poucas estações costeiras, cujos dados de PPT foram analisados, na região Nordeste também, apresentam variabilidade na escala decadal, sinal claro da influência do dipolo do Atlântico.

Assim este trabalho tem concluída uma primeira etapa e através desta, explicita a necessidade de determinar possíveis correlações existentes entre anomalias locais da costa brasileira e fenômenos globais.

As bases, do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, já estão sendo equipadas com sensores modernos e espera-se em alguns anos retomar o assunto incluindo novos parâmetros (vento e umidade, por exemplo) possibilitando, não só a atualização das relações procuradas mas também indicações mais significativas de interação oceano-atmosfera na costa sudeste brasileira.

### Agradecimentos

Agradecemos ao CNPq projeto # 300223/93-5 e a FAPESP projeto # 95/05111-5

### Referências bibliográficas

Costa Neto, P. L. O. 1977. Estatística. São Paulo, Edgard Blücher. 264p.

- Nobre, P. & Shukla, J. 1996. Variations of sea surface temperature, wind stress, and rainfall over the tropical Atlantic and South America. *J. Climate*, 9(10):2464-2479.
- Panofsky, H. A. 1968. Some applications of statistics to meteorology. Pennsylvania, University Park. 224p.
- Ropelewski, C. F. & Halpert, M. S. 1987. Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation. *Mon. Weath. Rev.*, 115(8):1606-1626.
- Servain, J. 1991. Simple climatic indices for the tropical Atlantic Ocean and some applications. *J. geophys. Res.*, 96(C8):15137-15146.
- Wainer, I.; Colombo, P. M. & Miguel, A. J. 1996. Boletim de monitoramento climatológico para as Bases Norte e "Dr. João de Paiva Carvalho" do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo. *Relat. téc. inst. oceanogr.*, (38):1-13.
- Wainer, I. & Soares, J. 1997. North northeast Brazil rainfall and its decadal - scale relationship to wind stress and sea surface temperature. *Geophys. Res. Lettes.*, 24(3):277-280.
- Wainer, I. & Webster, P. J. 1996. Monsoon El Niño-Southern oscillation relationships in a simple coupled ocean-atmosphere model. *J. geophys. Res.*, 101(C11):25599-25614.

*(Manuscrito recebido 4 junho 1998; revisado  
24 agosto 1998; aceito 05 março 1999)*