

# **Análise dos padrões da pressão atmosférica durante períodos de atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul**

Pedro Paulo Nakazato Miyahira

Aluno da Universidade Braz Cubas - Bolsista PIBIC/CNPq

Orientador: Dr. Nelson Jesus Ferreira, Pesquisador Titular CEP, INPE

## **1. Introdução**

A pressão atmosférica é uma variável fundamental para diagnóstico das condições meteorológicas. Os meteorologistas sabem que as mudanças de tempo são "sentidas" diretamente por essa variável e que as regiões com tempo instável são caracterizadas por pressões relativamente baixas enquanto que as regiões com tempo bom são dominadas por pressões altas.

Um numero considerável de trabalhos (Kousky e Ferreira, 1981, Kousky e Cavalcanti, 1988; Kayano e Kousky 1992; Kousky e Kayano 1994, Nogués-Paegle and Mo, 1998, Ramírez e outros, 1999, Kayano e outros, 1997, etc.) tem abordado as características climatológicas dos sistemas de tempo que atuam na América do Sul utilizando-se Funções Ortogonais Empíricas (EOF). Neste sentido, foram analisadas oscilações atmosféricas em diversas escalas, como por exemplo intrasazonal, anual, inter-anual, etc.

O presente trabalho enfoca a variabilidade da pressão ao nível médio do mar (PNMM) na América do Sul e vizinhanças durante outubro-março (1978-1998), meses esses que correspondem aos períodos de atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). A ZCAS é uma faixa de nebulosidade convectiva que se estende do Sul da Amazônia até o oceano Atlântico Sudoeste. Ela é responsável por grande parte das chuvas que caem nas regiões Central e Sul/Sudeste do Brasil durante o verão. Há um grande interesse prático e econômico em se caracterizar a dinâmica desse sistema de tempo. Embora muito se tenha avançado no entendimento da ZCAS (Kodama, 1992, Quadro, 1994, Silva Dias, 1999) ainda há necessidade de se aprimorar os conhecimentos de sua dinâmica. Neste sentido, o estabelecimento de padrões de PNMM associados a sua variabilidade, seria importante para auxiliar os meteorologistas preocupados com a previsão do tempo.

O objetivo geral do presente estudo é analisar a variabilidade espacial e temporal do campo de pressão na América do Sul e identificar possíveis conexões com a ZCAS.

Inicialmente foram utilizadas pentadas de pressão como unidade básica da análises estatística. Numa etapa posterior serão utilizados filtros para isolar as oscilações consideradas de interesse.

## 2. Dados e Metodologia

Foram utilizados neste trabalho médias diárias em pontos de grade da pressão ao nível médio do mar (PNMM) sobre a América do Sul e vizinhanças do conjunto de dados meteorológicos disponibilizados pelo NCEP (*National Centers for Environmental Prediction*). Estes dados apresentam resolução espacial de  $2,5^\circ \times 2,5^\circ$  de latitude/longitude cobrem todo o globo terrestre para o período de janeiro de 1978 a dezembro de 1999. Com o intuito de caracterizar as condições de verão, optou-se por analisar o período de outubro a março da referida série temporal utilizando-se médias de cinco dias (pentadas). Detalhes sobre os dados do NCEP foram documentados por Kalnay et al. (1996). A visualização e dos resultados foram feitas utilizando-se a rotina GRADS (*Grid Analysis and Display System*), fornecida pelo COLA (*Center for Ocean-Land-Atmosphere-Interactions*) Doty (1992).

### Calculo de Desvio Padrão

O desvio padrão foi calculado com o intuito de analisar a variabilidade da pressão atmosférica ao nível médio do mar. O DP pode ser expresso por:

$$DP = \left[ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \right]^{1/2}$$

onde N é o número de observações, e X a variável de interesse.

### 2.1 Componentes principais

A EOF é uma técnica de redução de dados bastante utilizada em Meteorologia e Sensoriamento Remoto. A EOF envolve uma transformação de um sistema de coordenadas de p-dimensões para um outro sistema ortogonal. Este método também pode ser definido como uma técnica de estatística multivariada útil na investigação de relações existentes entre um conjunto de variáveis correlacionadas. Aplicando esta técnica pode-se transformar o conjunto de dados original em um novo conjunto de dados não correlacionado, ou seja, onde não existe redundância de informação. Este novo conjunto é obtido através de combinações lineares das variáveis originais utilizadas, o que conduz a maior parte das informações para as primeiras componentes.

A principal finalidade desta técnica é diminuir o numero de variáveis correlacionadas no tempo de um dado conjunto de dados, preservando a sua variância total. Desta forma, pode-se identificar padrões e processo associados as variáveis observadas. Isto possibilita a interpretação dos dados num contexto que

envolve a sua variabilidade espacial e temporal. Esta técnica também tem utilidade para comprimir e codificar dados, realçar imagens e detectar mudanças digitalmente.

Geralmente são utilizados dois tipos de componentes principais:

- Componente Principal não-padronizada: ela utiliza a matriz de variância-covariância para obter os autovalores e os autovetores.
- Componente Principal padronizada: ela utiliza a matriz de correlação para obter os autovalores e os autovetores.

Formalmente a EOF converte as variáveis originais  $x_1, x_2, x_3 \dots x_p$ , em novas variáveis  $y_1, y_2, y_3 \dots y_p$ , tal que:

- Cada  $y_i$  é função linear dos  $x$ 's

$$y_i = a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + a_{i3}x_3 + \dots + a_{ip}x_p$$

- Todos  $y_i$  são mutuamente descorrelacionados

$$\text{cov}(y_i, y_j) = 0 \quad i \neq j$$

- $\text{var}(y_1) > \text{var}(y_2) > \dots > \text{var}(y_p)$

A EOF pode ser obtida com matriz de covariância ( variável similares ) ou com a matriz de correlação. Geralmente é mais utilizada a matriz de correlação.

Ex: Supondo 2 variáveis padronizadas  $x_1$  e  $x_2$  cuja matriz de correlação é  $P = \begin{bmatrix} 1 & \rho \\ \rho & 1 \end{bmatrix}$ . Encontre

as componentes principais de  $X$  onde  $X^T = [x_1, x_2]$ .

### 2.1.1 Autovalores e autovalores de P

Os autovalores são as raízes de  $\det[P - \lambda I] = 0$

Onde : P é a matriz de correlação

$\lambda$  é os autovalores

I é a matriz identidade

$$\begin{vmatrix} 1 & \rho \\ \rho & 1 \end{vmatrix} - \begin{vmatrix} \lambda & 0 \\ 0 & \lambda \end{vmatrix} = 0 \quad \det \begin{vmatrix} 1-\lambda & \rho \\ \rho & 1-\lambda \end{vmatrix} = 0$$

$$(1-\lambda)^2 - \rho^2 = 0 \quad \therefore \text{os autovalores } \lambda \text{ são : } 1+\rho \text{ e } 1-\rho$$

Note que a soma dos autovalores é igual ao traço de  $P=2$ . Se  $\rho > 0$ , os autovalores em ordem de magnitude são  $\lambda_1 = 1+\rho$  e  $\lambda_2 = 1-\rho$ .

O autovetor correspondente a  $\lambda_1 = 1+\rho$ , pode ser representado por  $a_1^T = [a_{11}, a_{12}]$ . Resolvendo-se  $p_{a1} = \lambda_1$  ou as 2 equações:

$$\begin{cases} a_{11} + \rho a_{21} = (1+\rho)a_{11} \\ \rho a_{11} + a_{21} = (1+\rho)a_{21} \end{cases}$$

Como estas duas equações são idênticas  $a_{11} = a_{21}$  e logo não há uma única solução. Para se obter as componentes introduz-se a normalização  $a_1^T a_1 = a_{11}^2 + a_{21}^2 = 1$  e encontra-se  $a_{11} = a_{21} = 1/\sqrt{2}$ . Semelhantemente, o segundo autovetor é dado por  $a_2^T = [1/\sqrt{2}, -1/\sqrt{2}]$ . Logo, as componentes principais são:

$$y_1 = (x_1 + x_2)/\sqrt{2} \quad \text{e} \quad y_2 = (x_1 - x_2)/\sqrt{2}$$

Portanto :

$$y_i = a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \dots + a_{ip}x_p$$

Em síntese, como o objetivo da EOF é transformar  $M$  variáveis correlacionadas em  $M$  componentes não correlacionadas ou ortogonais, as componentes são então obtidas por funções lineares das variáveis originais. Esta transformação pode ser escrita como:

$$C = A^T F$$

onde  $A$  é uma matriz  $P \times P$  cujos coeficientes definem a transformação linear,  $F$  é uma matriz de dimensão  $P \times M$ , com  $P$  representando o número de pontos de grade e  $M$  o número de meses considerados,  $A^T$  é a matriz transposta dos autovetores Na obtenção da matriz de variância-covariância,

os  $F$ s correspondem aos desvios de sua respectiva média, logo  $F$  é uma matriz de desvios da média dos dados originais. Desta forma,  $C$  é a matriz ( $P \times M$ ) dos novos dados não correlacionados.

Após a obtenção da matriz de componentes principais pode-se determinar os *loadings*, que são as correlações entre as componentes principais e a série original dos dados. Os *loadings* podem ser usados para selecionar quais componentes são importantes para a explicação da variância de dada variável. Se uma componente tem alta correlação com uma variável, então esta componente é importante para explicar parte da variância desta variável. De um modo geral, o cálculo da EOF (Haan, 1977; Richards, 1986 e Wilks, 1995) envolve os seguintes procedimentos:

- obtenção da matriz de variância-covariância ou correlação;
- cálculo dos autovalores e autovetores;
- transformação linear dos conjuntos de dados, e;
- obtenção dos *loadings*.

### 3. Análise dos Resultados

A análise do resultados envolve 3 etapas, análise climatológica da PNMM, análise da variância e análise de EOF.

#### 3.1 Análise climatológica da média mensal da pressão ao nível médio do mar (PNMM).

Esta seção tem como objetivo apresentar as características médias da PNMM durante o período de estudo. As principais características observadas (Figs 1-6) são: a Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) localizada em torno de  $30^{\circ}\text{S}$  e  $05^{\circ}\text{W}$ , a Alta Subtropical do Pacífico Sul (ASPS) ( $30^{\circ}\text{S}$  e  $90^{\circ}\text{W}$ ) e a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) (na região equatorial).

A ASAS, centro de alta pressão, é mais acentuada durante o inverno, quando a atmosfera é dominada por ar frio. Desta forma de outubro a março (Figs 1-6), observa-se uma diminuição progressiva da sua intensidade. Associada a este centro de alta, ocorrem ventos de sudeste em seu quadrante leste/norte e ventos de norte/nordeste na vizinhança da costa do Brasil. No Atlântico Norte, a região equatorial é dominada por ventos de nordeste, devido a circulação da Alta Subtropical do Atlântico Norte. O encontro entre os ventos de nordeste e sudeste (ventos alísios), que ocorre em torno de  $4^{\circ}\text{N}$  forma uma zona de instabilidade/nuvens chamada Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). A ASPS, na costa

oeste da América do Sul, também sofre grande variabilidade sazonal, devido as diferenças verão/inverno. Um estudo sobre as características climatológicas da ASAS foi apresentado por Bastos e Ferreira, 2000.

A ZCIT apresenta um deslocamento meridional ao longo do ano, atingindo sua posição mais ao norte ( $8^{\circ}$  N) durante o inverno austral, e a sua posição mais ao sul durante o mês de abril. Além dessa oscilação anual, a ZCIT apresenta oscilações de maiores frequências, com períodos variando de semanas a dias. Além de influenciar no tempo e no clima das áreas tropicais, a ZCIT também está envolvida na manutenção do balanço térmico global (Ferreira, 1996). Nas Figs 1-6, a ZCIT localiza-se no Atlântico Equatorial entre as duas isobáras de 1014 hPa. Deve-se destacar que na região equatorial não ocorrem grandes mudanças de pressão, por isso a sua variabilidade não é acentuada.

### **3.2 Análise dos desvios padrões**

As análises dos desvios padrões de PNMM durante o período estudado são apresentadas com o intuito de identificar as regiões onde a variabilidade dessa variável é mais acentuada. Foram analisados as variabilidades anual e interanual dos desvios padrões, para o período de 1978-1998.

#### **3.2.1 Variabilidade interanual dos desvios padrões de PNMM.**

As Figs. 7-12 mostra que a variabilidade interanual de PNMM é relativamente pequena na região continental. Nos Oceanos Atlântico Sul e Pacífico Sul (de  $40^{\circ}$  a  $60^{\circ}$  de latitude) os desvios são mais acentuados ( $\sim 3,5$  a  $4$  hPa), sugerindo que as frentes frias que passam por aquela região sofrem significativa oscilações de um ano para outro. Entretanto, a configuração dos desvios dos meses de Janeiro a Março sugerem a ocorrência de variações interanuais ao longo da ZCAS, na vizinhança da região Sudeste do Brasil. Para uma melhor caracterização da variabilidade interanual seria interessante avaliar a série temporal de algumas áreas para identificar os anos anômalos.

#### **3.2.1 Variabilidade média anual dos desvios padrões de PNMM.**

Neste caso foram utilizados dados diários de PNMM para a obtenção dos desvios padrões. A Figs 13-18 ilustra o comportamento mensal dessa variável. O padrão da variabilidade mensal é parecido com o da anual, ou seja, os valores mais acentuados concentram-se em latitudes médias e altas do Atlântico Sul, rota das frentes frias. Consistente com essa característica, a variabilidade nos meses de outubro e novembro são superiores as de dezembro a março. Isto sugere a presença de um número menor de frentes frias no período de verão. Sobre a região tropical, como mencionado anteriormente, a variabilidade da pressão é relativamente pequena. Apesar disso, a configuração espacial do campo dos desvios padrões de PNMM consegue captar algumas características. Por exemplo, em Outubro a crista que se estende para

norte na direção do sul da Bahia deve estar associada ao deslocamento de frentes frias para o sul do nordeste, que geralmente ocorre nesta época do ano (Kousky, 1979). Por outro lado, de Dezembro a Fevereiro, o padrão tipo crista que se estende para a região sudeste a partir do Atlântico Sul está associado com a presença da ZCAS.

### 3.2.2 Análise das EOF

Para o período de 1978-1998, considerando-se o período chuvoso entre outubro a março, foram obtidas 729 pentadas (médias de cinco em cinco dias). A interpretação dos resultados da EOF realizada no conjunto de dados de PNMM é baseada na análise das imagens dos vários modos dos padrões espaciais obtidos e nos gráficos da série das amplitudes dos EOFs. O gráfico dessas amplitudes, que é uma série temporal, ilustra o peso de cada uma das 729 imagens na obtenção de cada imagem componente. Assim, se um mês apresentar um alto valor na amplitude da série temporal, indica que ele contém um padrão espacial muito semelhante ao representado pela imagem componente. Observar que quando a amplitude for negativa este mês tem padrão espacial inverso do demonstrado na imagem componente.

A tabela abaixo mostra a contribuição de cada componente para a variância total da série de PNMM estudada. Como abaixo da quarta componente a variância explicada é muito pequena optou-se por analisar apenas as quatro primeiras componentes.

Variância Explicada para componente de EOF obtida da série de PNMM

Componentes	Variância Explicada (%)	Total da Variância Explicada (%)
1	26,459	26,459
2	14,430	40,89
3	12,209	53,10
4	9,084	62,18
5	6,932	69,11
6	5,604	74,72
7	3,913	78,63
8	3,556	82,19
9	2,710	84,90
10	2,275	87,17

As Figs 19a e 19b mostram a série temporal do primeiro modo de EOF da série de PNMM estudada onde cada ponto no eixo das abscissas indica uma pentada. A primeira pentada corresponde a média dos primeiros cinco dias de outubro de 1978 e a última delas (729) a média dos últimos 5 dias de março de 1998 (vide Apêndice A). Os coeficientes do primeiro modo mostram uma variabilidade pronunciada do período Outubro-Março do ciclo anual. Os valores máximos ocorrem em torno de outubro/novembro e os mínimos a partir de dezembro. Observando o padrão mostrado na Fig. 20 isto significa que no final da primavera as pressões estão relativamente altas (tonalidade magenta, valores positivos) no Oceano Atlântico Equatorial vizinhança do Nordeste do Brasil (NE), e relativamente baixas (tonalidade roxa, valores negativos) nas latitudes altas, em torno de 60 °S. No final do verão a situação se inverte, ou seja, na vizinhança do NE as pressões estão baixas enquanto que em latitudes altas estão relativamente altas. No Atlântico Equatorial esse comportamento está consistente com o deslocamento sazonal da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Conforme sugere o padrão espacial, no Brasil a ZCIT afeta apenas o NE e a costa norte. Conforme mostrado na Tabela 1 o primeiro modo do EOF é o que mais contribui para a variância da série temporal da PNMM na região estudada.

O padrão espacial do segundo modo do EOF (Fig. 22), mostra a existência de um dipolo no Atlântico Sudoeste, leste do Sul da Argentina (tonalidade magenta, valores positivos) e no Atlântico Tropical Sul (tonalidade roxa, valores negativos), com periodicidade em torno de 30 dias. Como os máximos apresentam módulo muito maior que os mínimos, a variabilidade mais significativa ocorre no Atlântico Sudoeste. De acordo com esse padrão quando a PNMM estiver baixa no Atlântico Sudoeste, no Atlântico Tropical Sul ela estará relativamente alta e vice-versa. Esse padrão reflete essencialmente oscilações favoráveis a passagem de sistemas frontais pelo Sul do Continente.

No caso do terceiro modo do EOF (Fig. 24), embora não haja uma periodicidade definida, observa-se o padrão associado a presença de PNMM altas no Atlântico Sul e PNMM baixas na Amazônia. Esse padrão reflete situações nas quais há um domínio da Alta Subtropical do Atlântico Sul (centro de alta pressão). Aparentemente em situações desse tipo a região Amazônica é caracterizada por instabilidade. Como indicado pelo padrão espacial a situação inversa também se observa, ou seja, quando houver estabilidade na Amazônia (tempo bom), no Atlântico Sul apresenta condições favoráveis para instabilidade.

O quarto modo (Fig. 26) mostra um padrão de PNMM típico de situações associadas a presença da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Neste caso tipicamente observa-se a presença de nuvens convectivas e precipitação numa faixa que se estende do sul da Amazônia até o Atlântico Sudoeste. Esse regime é responsável por grande parte das chuvas que caem nas regiões Central e Sudeste do Brasil nos meses de dezembro a março. Observa-se que ao longo da ZCAS ( eixo NW/SE) a variabilidade de PNMM não é homogênea, sugerindo a presença de forçantes dinâmicas distintas ao longo dessa zona de convergência. Tipicamente a ZCAS é mais ativa entre Janeiro e Março (Figura 26),

Outra característica observada é que em situações de ZCAS grande parte da Argentina e do Atlântico tropical Sul encontram-se sob condições estáveis e vice-versa. A periodicidade dominante neste caso varia de 30 a 60 dias. Essa oscilação, aparentemente é do tipo intrasazonal (30 a 60 dias), identificados inicialmente por Madden and Julian (1971,1972).

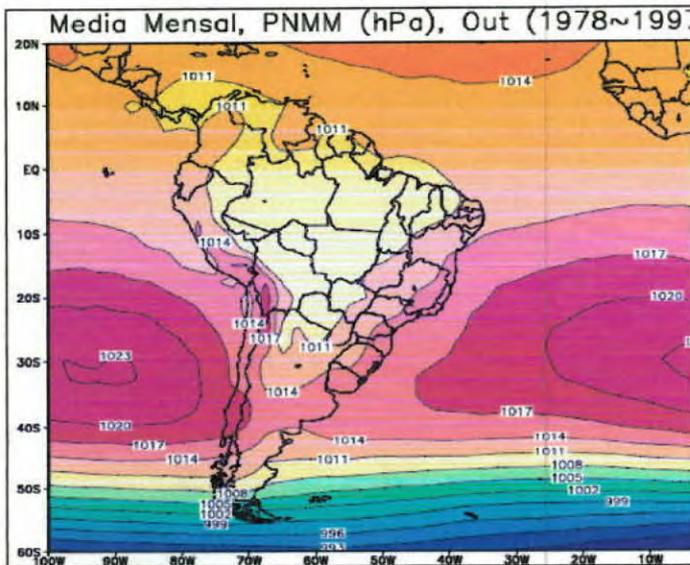


Figura 1: Pressão atmosférica média (hPa), Out.

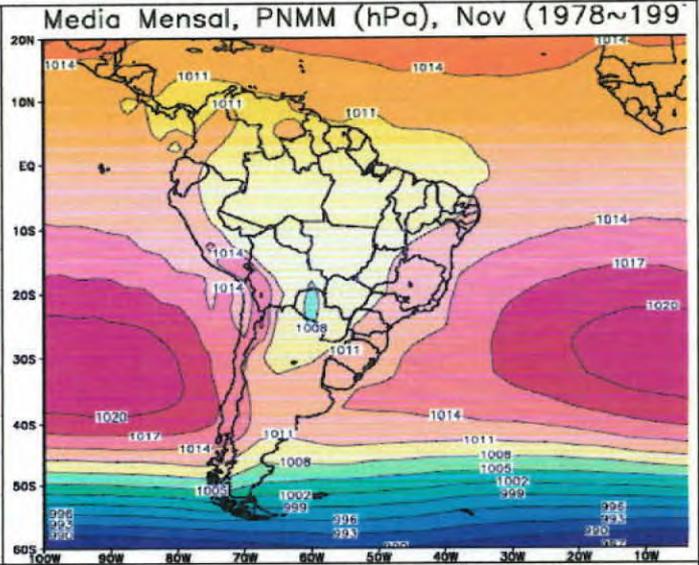


Figura 2: Pressão atmosférica média (hPa), Nov.

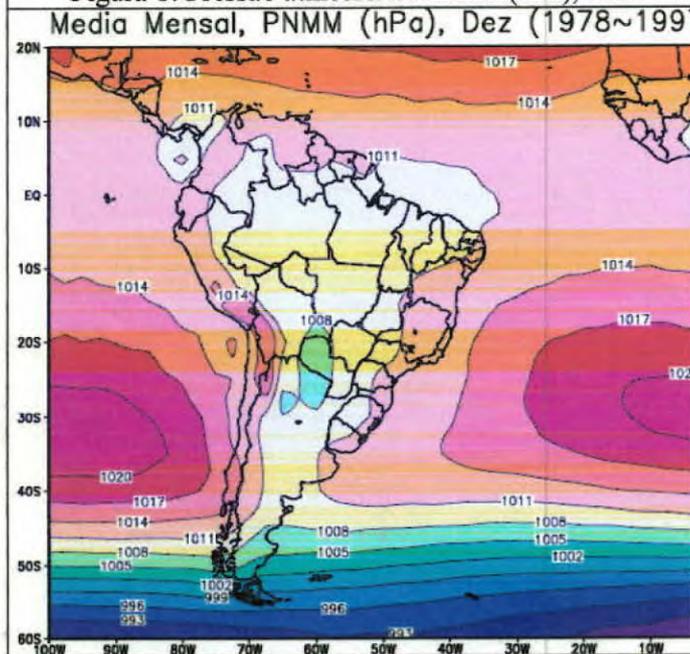


Figura 3: Pressão atmosférica média (hPa), Dez.

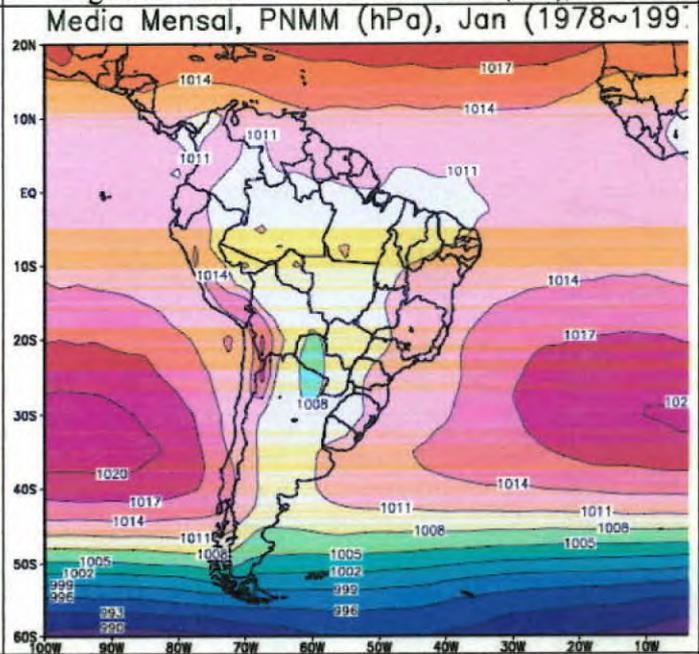


Figura 4: Pressão atmosférica média (hPa), Jan.

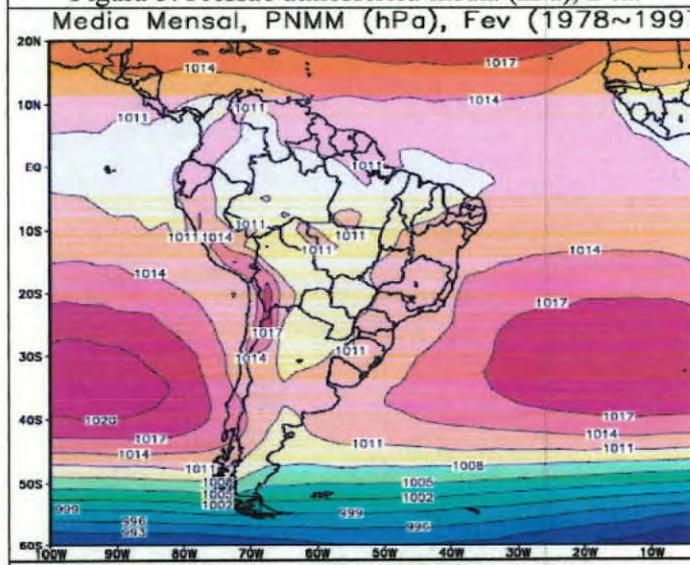


Figura 5: Pressão atmosférica média (hPa), Fev.

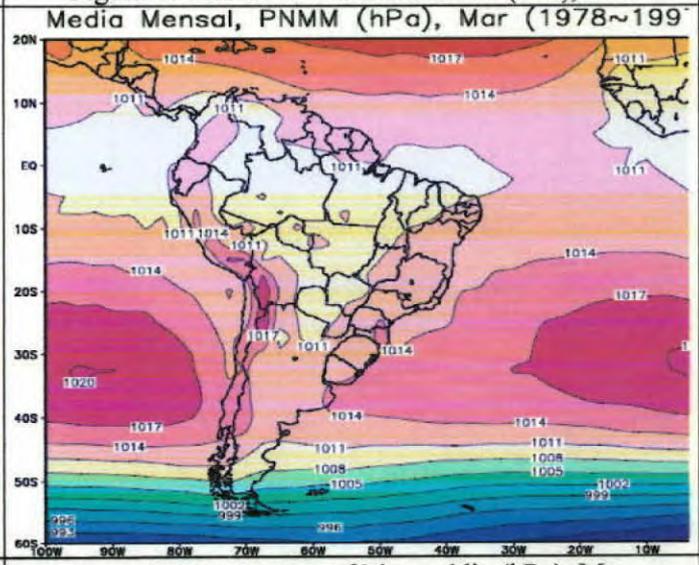


Figura 6: Pressão atmosférica média (hPa), Mar..

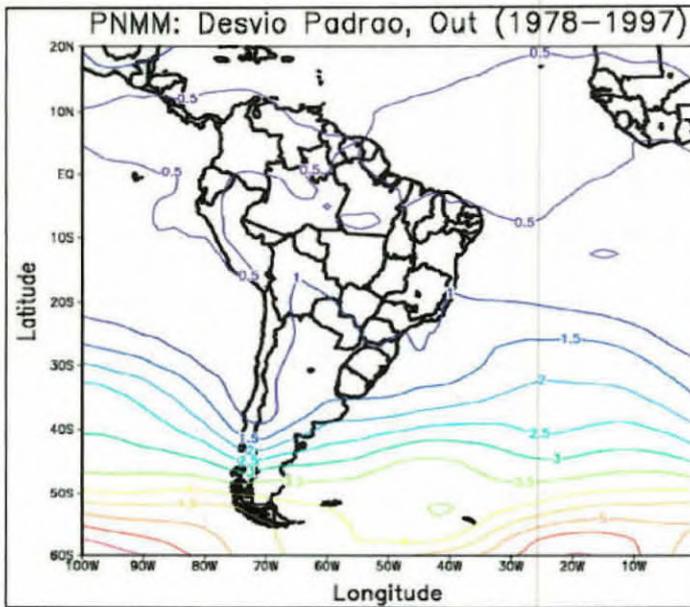


Figura 7: Desvio Padrão anual, PNMM, Out (78-97).

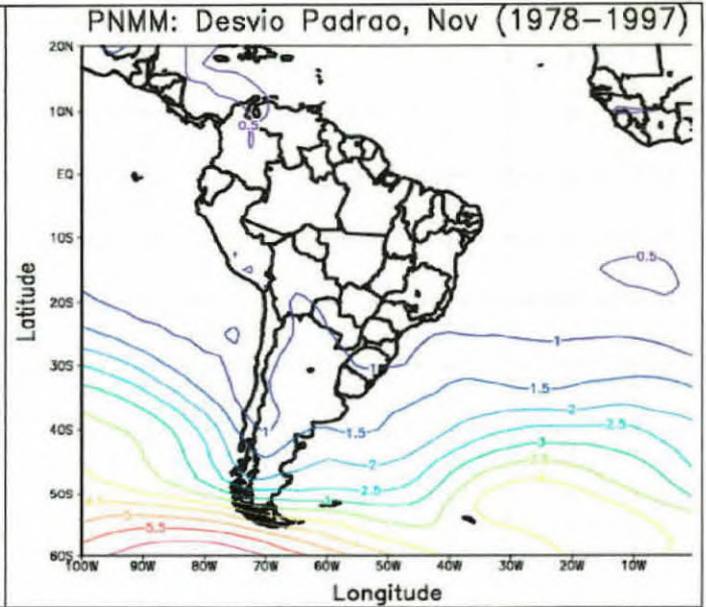


Figura 8: Desvio Padrão anual, PNMM, Nov(78-97).

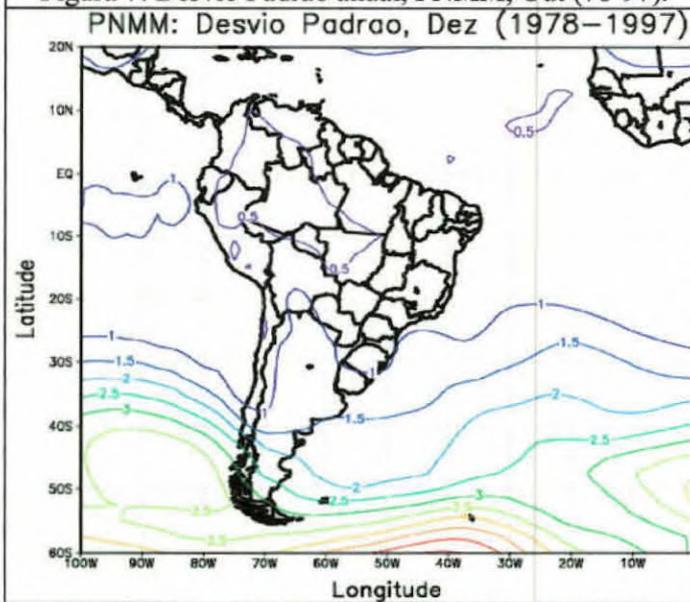


Figura 9: Desvio Padrão anual, PNMM, Dez(78-97).

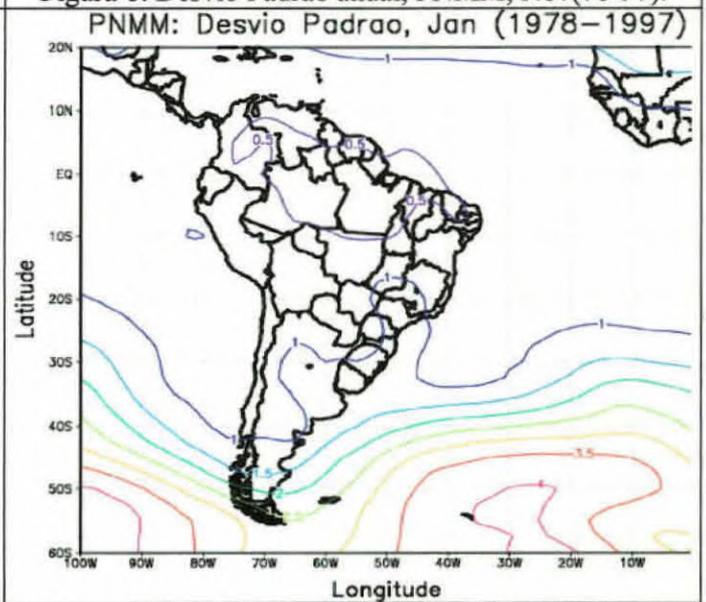


Figura 10: Desvio Padrão anual, PNMM, Jan(78-97).

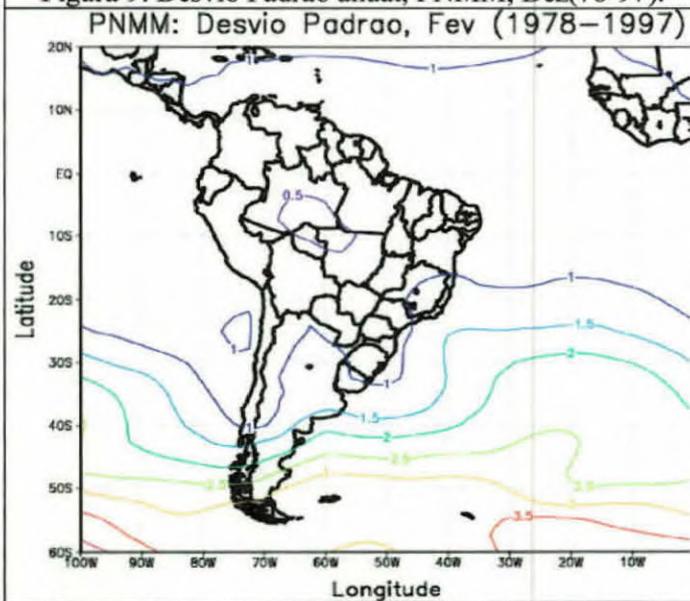


Figura 11: Desvio Padrão anual, PNMM, Fev(78-97).

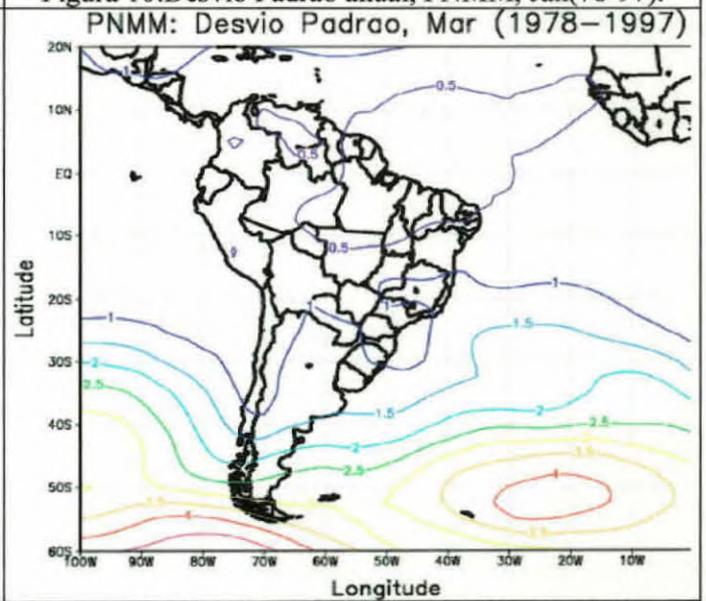


Figura 12: Desvio Padrão anual, PNMM, Mar (78-97).

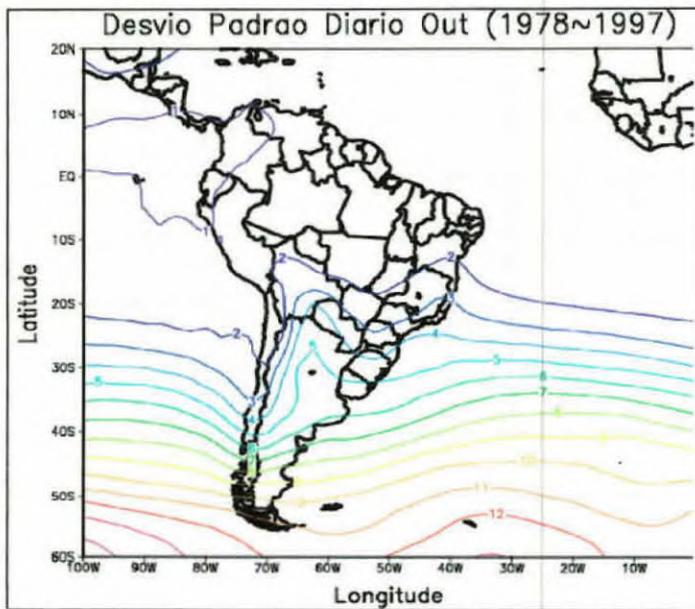


Figura 13: Des. Padrão diário, PNMM, Out (78-97).

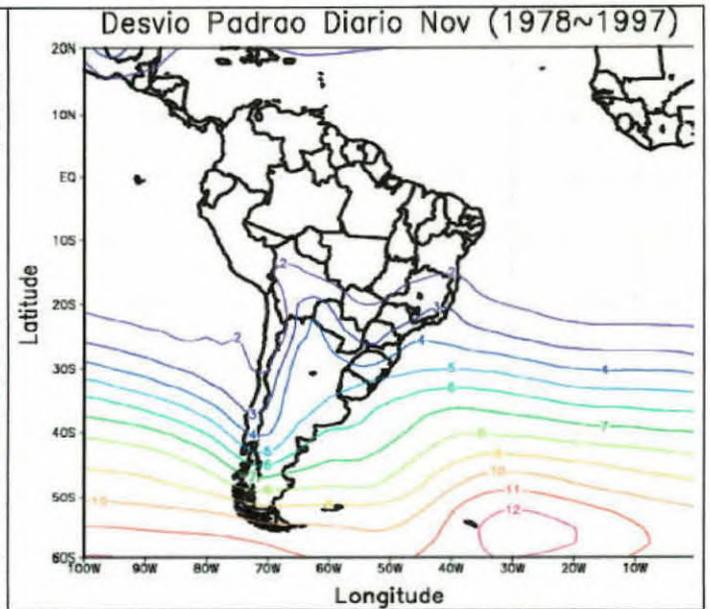


Figura 14: Des. Padrão diário, PNMM, Nov (78-97).

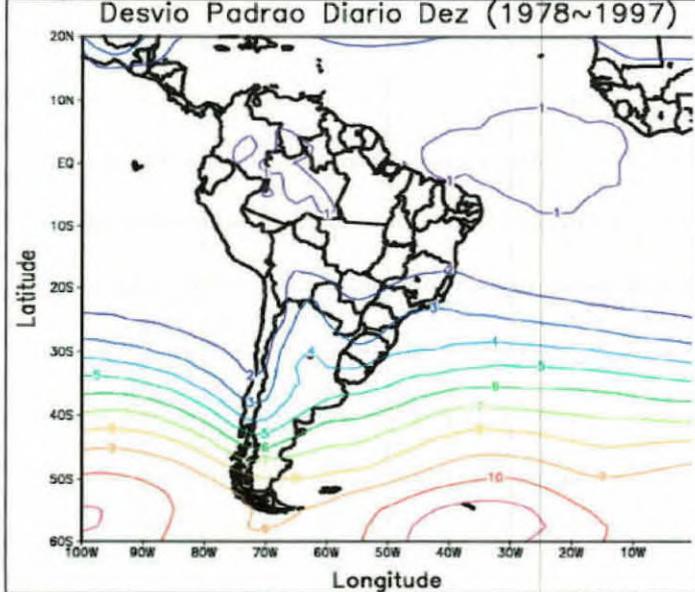


Figura 15: Des. Padrão diário, PNMM, Dez (78-97).

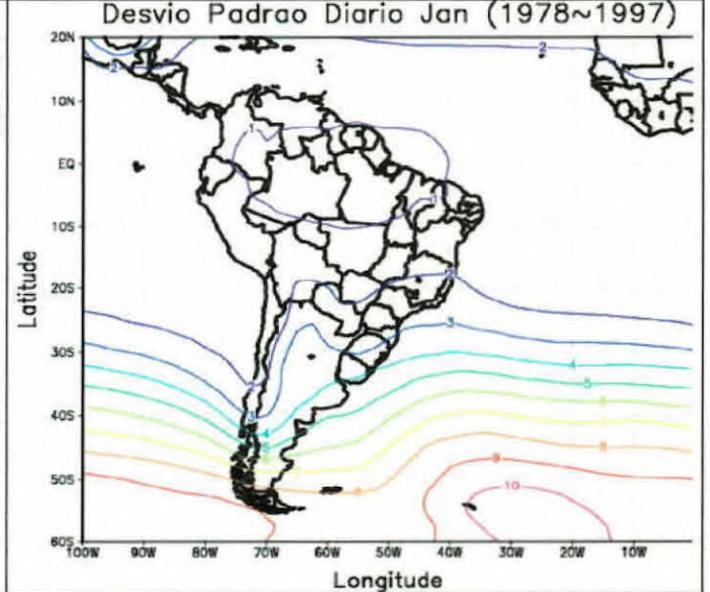


Figura 16: Des. Padrão diário, PNMM, Jan (78-97).

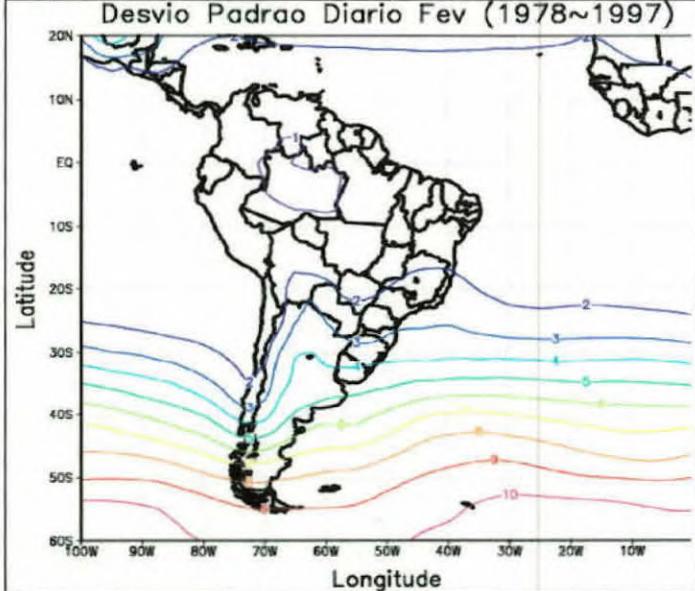


Figura 17: Des. Padrão diário, PNMM, Fev (78-97).

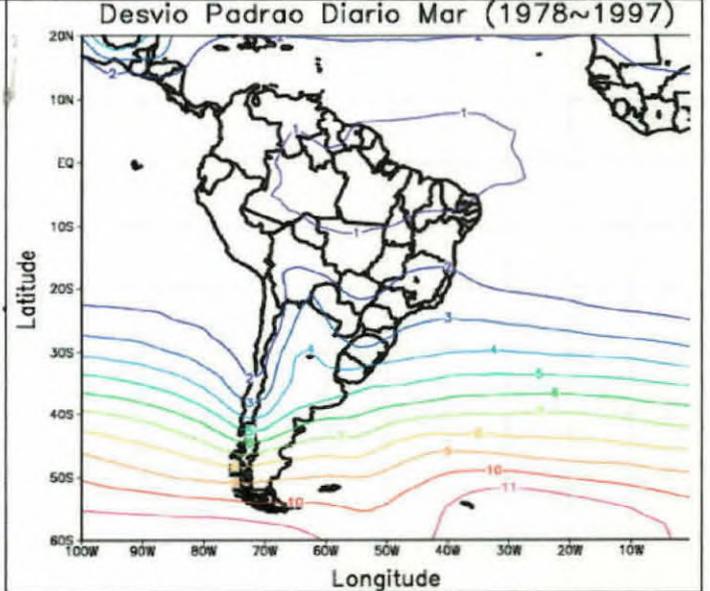


Figura 18: Des. Padrão diário, PNMM, Mar (78-97).

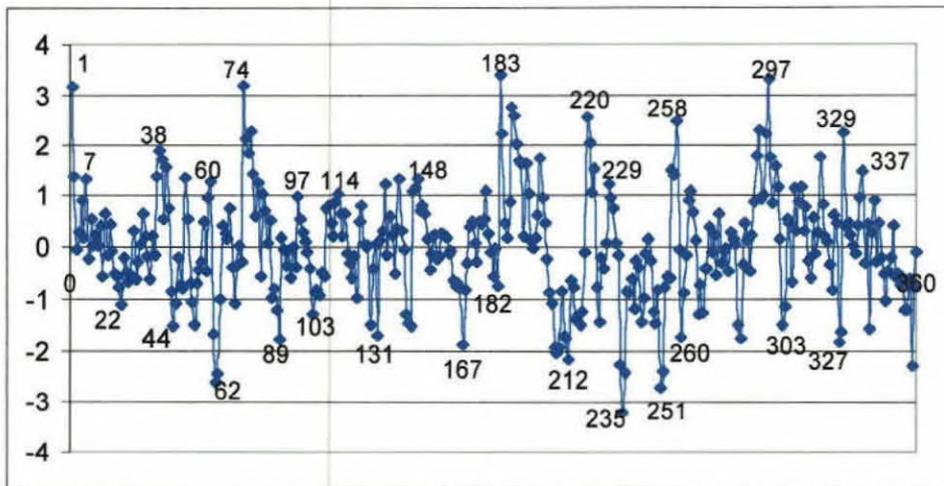


Figura 19a: Série temporal das amplitudes do primeiro modo de EOF mostrado na Fig. 20.

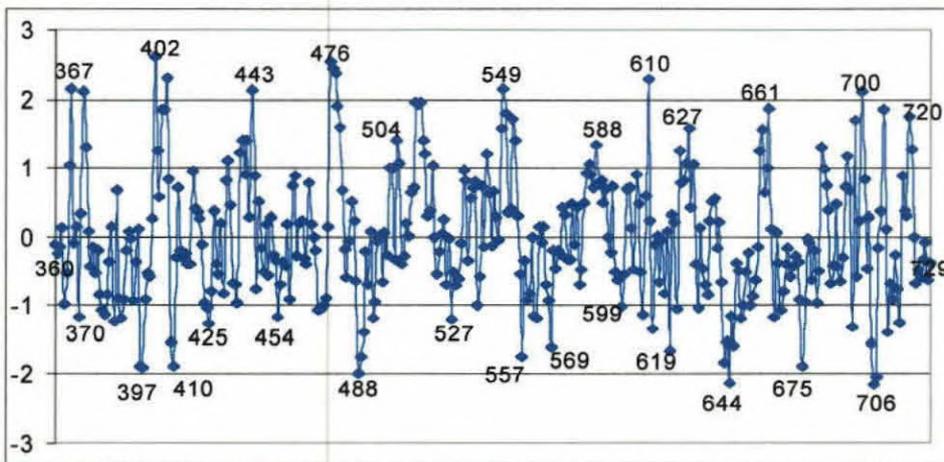


Figura 19b: Série temporal das amplitudes do primeiro modo de EOF mostrado na Fig. 20.

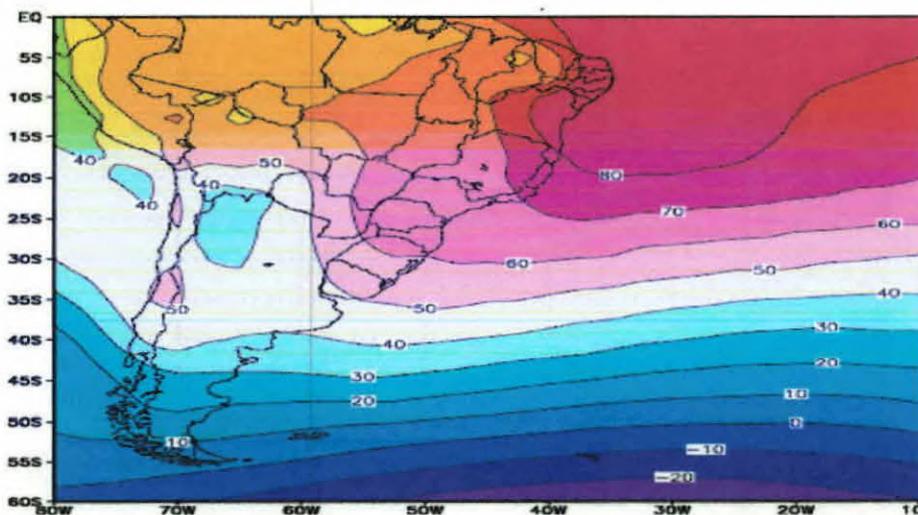


Figura 20: Primeiro padrão espacial de EOF para o verão austral para anomalias de pentadas de PNM, com espaçamento dos loadings a cada 10 unidades adimensional.

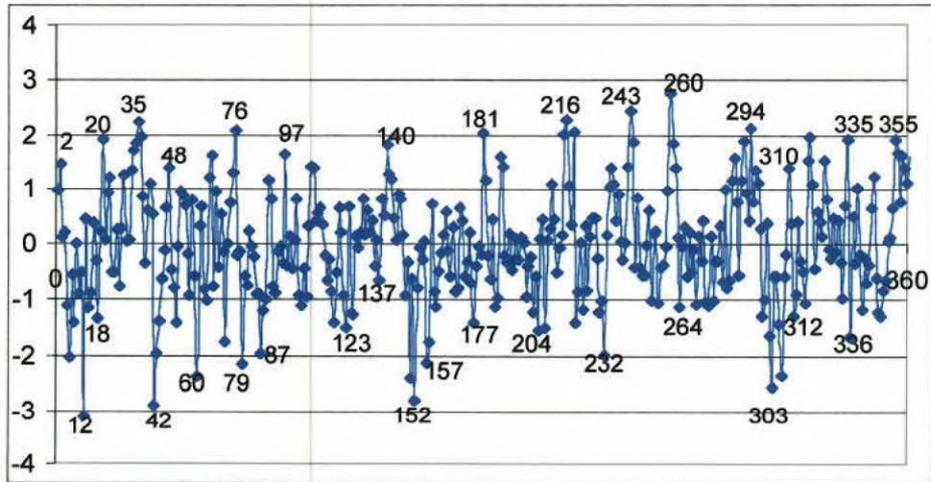


Figura 21a: Série temporal das amplitudes do segundo modo de EOF mostrado na Fig. 22.

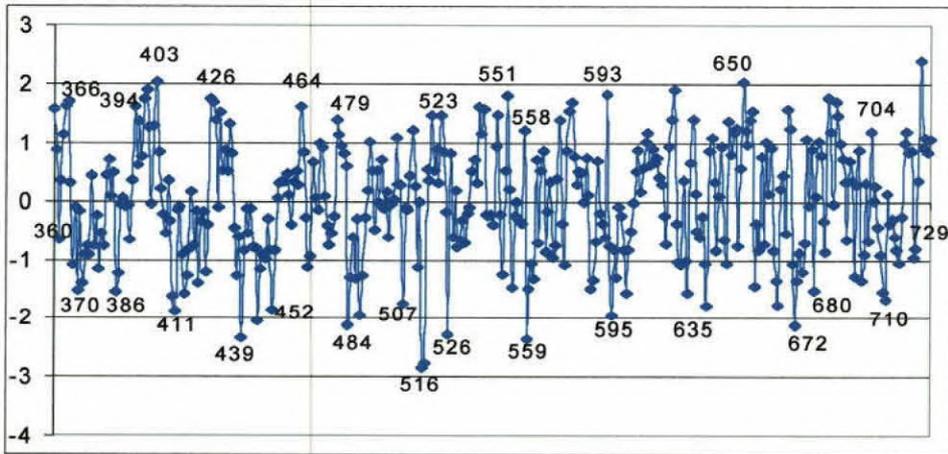


Figura 21b: Série temporal das amplitudes do segundo modo de EOF mostrado na Fig. 22.

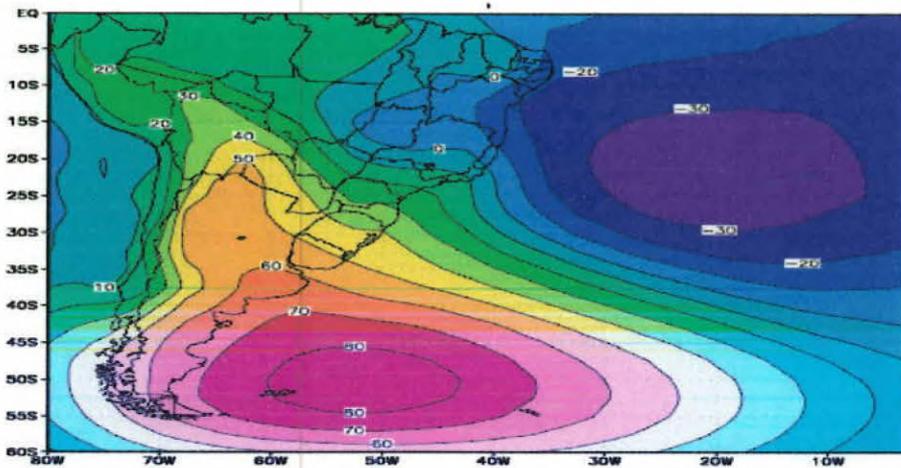
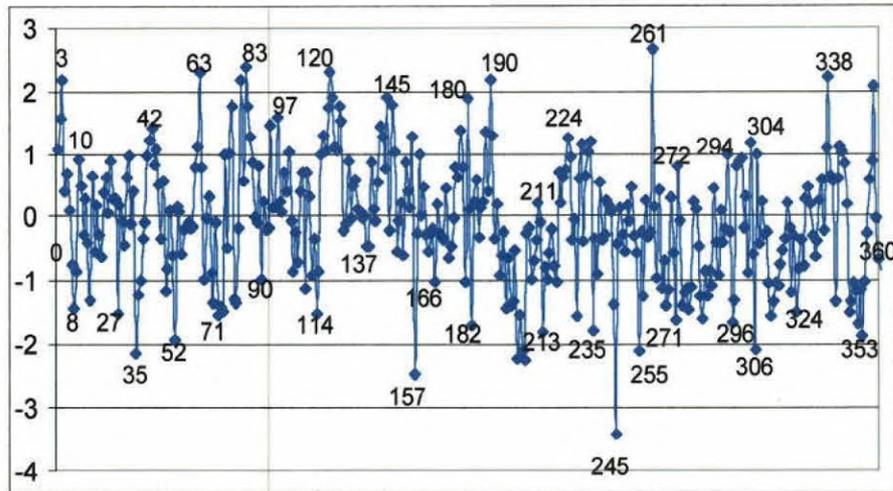
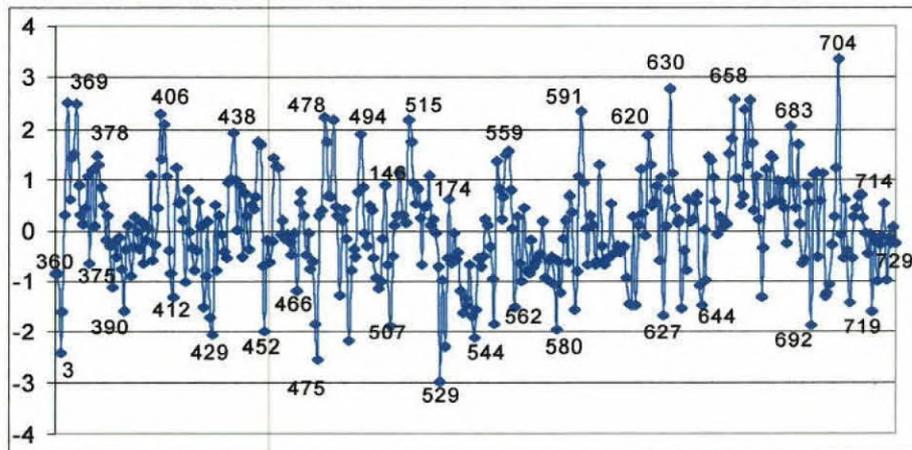


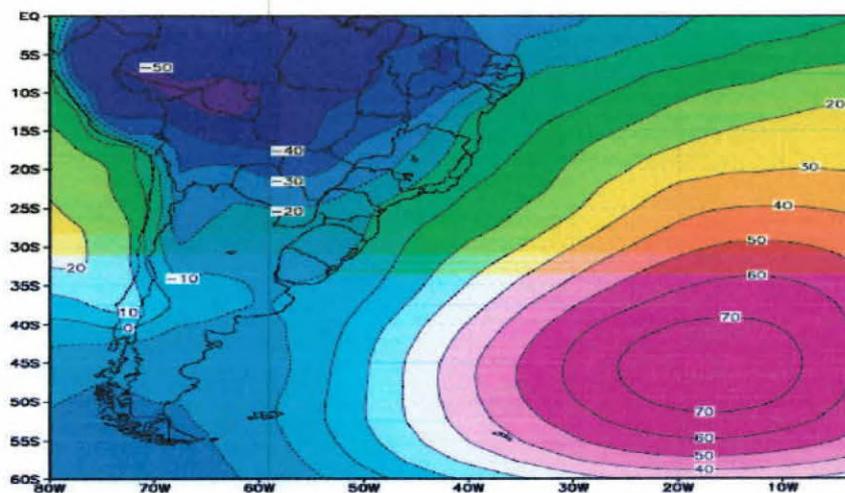
Figura 22: Segundo padrão espacial de EOF para o verão austral para anomalias de pentadas de PNM, com espaçamento dos loadings a cada 10 unidades adimensional.



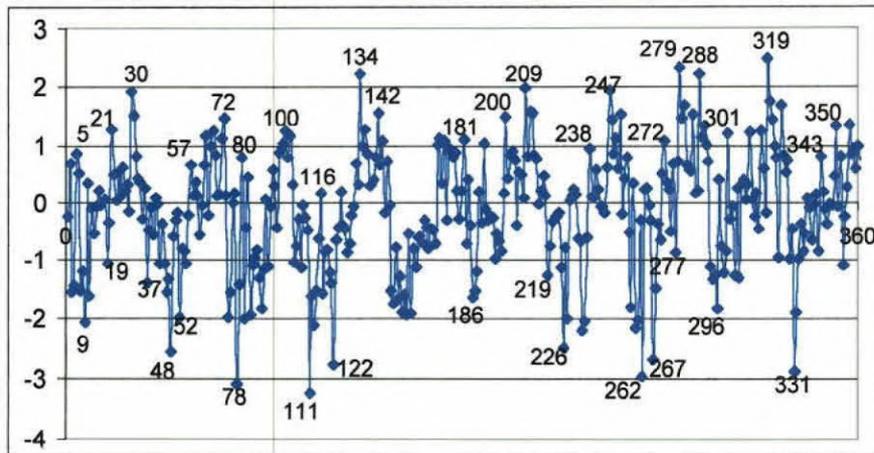
**Figura 23a:** Série temporal das amplitudes do terceiro modo de EOF mostrado na Fig. 24.



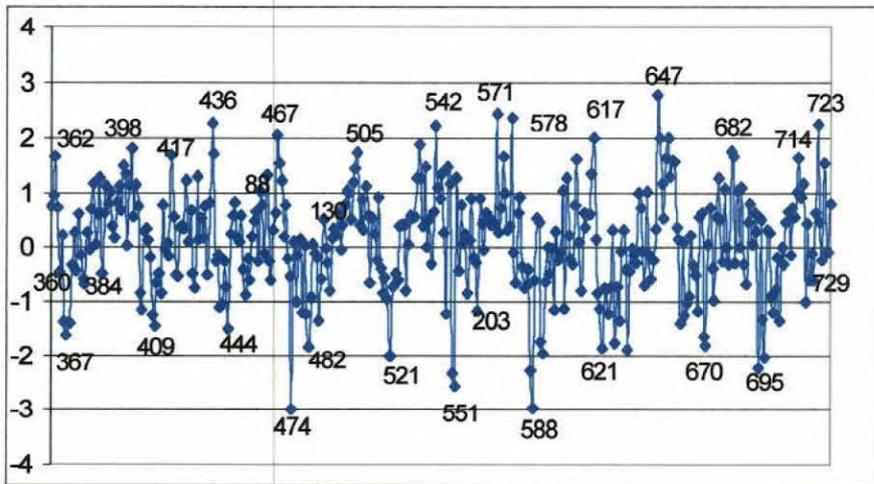
**Figura 23b:** Série temporal das amplitudes do terceiro modo de EOF mostrado na Fig. 24.



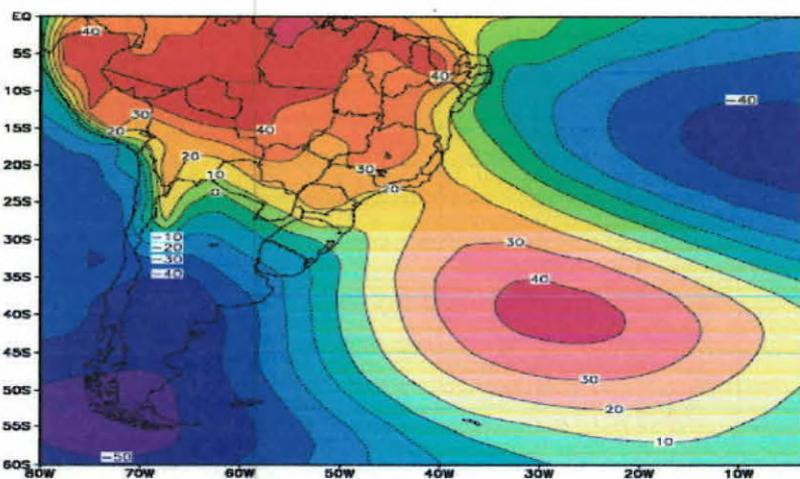
**Figura 24:** Terceiro padrão espacial de EOF para o verão austral para anomalias de pentadas de PNM, com espaçamento dos loadings a cada 10 unidades adimensional.



**Figura 25a: Série temporal das amplitudes do quarto modo de EOF mostrado na Fig. 26.**



**Figura 25b: Série temporal das amplitudes do quarto modo de EOF mostrado na Fig. 26.**



**Figura 26: Quarto padrão espacial de EOF para o verão austral para anomalias de pentadas de PNM, com espaçamento dos loadings a cada 20 unidades adimensional.**

#### 4. Considerações Finais

O presente trabalho avaliou as características da circulação atmosférica na América do Sul durante períodos de ocorrência da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). As análises foram feitas utilizando-se a técnica de componentes principais aplicada a pentadas de pressão ao nível médio do mar (pnmm) para o período de 1978-1997. Os dados de pnmm foram gerados pelo NCEP.

Análise dos desvios padrões dos dados de pnmm mostram as regiões com maior variabilidade da variável estudada. Observou-se que a variabilidade anual obtida é muito maior que a variabilidade interanual, principalmente no Oceano Atlântico Sudoeste. Essa característica está associada com a frequência de frentes frias que passam pela região. Observa-se também a ocorrência de desvios de pnmm ao longo da ZCAS, mas não de forma acentuada. Essa característica sugere o uso de filtros para isolar as oscilações de interesse.

A análise das componentes principais (EOF) mostra que:

a) A primeira componente é a mais representativa ou seja apresenta a maior parte da variância de pnmm. Neste caso o padrão espacial está associado a variabilidade Outubro-Março do ciclo anual. Nota-se que no final da primavera as pressões estão relativamente altas no Oceano Atlântico Equatorial, vizinhança do Nordeste do Brasil (NE), e relativamente baixas nas latitudes altas, em torno de  $60^{\circ}\text{S}$ . No final do verão a situação se inverte, ou seja, na vizinhança do NE as pressões estão baixas enquanto que em latitudes altas estão relativamente altas. Esta componente representa 26% da variância explicada.

b) A segunda componente representa 40% do total da variância explicada; o padrão espacial dessa componente mostra um dipolo no Atlântico Sudoeste, leste do Sul da Argentina e no Atlântico Tropical Sul. A variabilidade mais significativa ocorre no Atlântico Sudoeste. Esse padrão está associado ao deslocamento das frentes frias que passam pelo sul do Continente.

c) Na terceira componente constatou um domínio da ASAS (Alta Subtropical do Atlântico Sul), que pode causar estabilidade no Atlântico Sul. Observou-se também a existência de um padrão inverso entre aumento/queda de pnmm entre a Amazônia e o Atlântico Sul. Esta componente representa 53% da variância total.

d) A Quarta componente mostra uma presença significativa da ZCAS, que é responsável por grande parte das chuvas que caem nas regiões Central e Sudeste do Brasil no período de dezembro a março. A variabilidade associada a essa componente deve-se a oscilações de 30 a 60 dias. O padrão espacial neste caso, revela uma certa discontinuidade quando se compara as características no continente versus oceano Atlântico.

De modo geral os resultados obtidos indicam a presença de sinais associados a presença da Zona de Convergência do Atlântico Sul. Entretanto, os dados originais contem também uma série de outras oscilações que podem mascarar o fenômeno de interesse. Desta forma, no futuro devem ser utilizados filtros para separar frequências de interesse. Outra sugestão é a identificação de outras variáveis meteorológicas que talvez fossem mais sensíveis a variabilidade da Zona de Convergência do Atlântico Sul.

### **Agradecimentos**

O autor agradece o CNPq pelo apoio durante o seu programa de iniciação científica. Agradeço também ao meu orientador pela ajuda e dedicação da elaboração deste trabalho e aos meus familiares por todo o incentivo.

## 5. Bibliografia

- Bastos, C. C.; Ferreira, N. J. 2000: Análise Climatológica da Alta Subtropical do Atlântico Sul. Submetido ao XI Congresso Brasileiro de Meteorologia.
- Cavalcanti, I. F. A.; Kayano, M. T. High-frequency Patterns of the Atmospheric Circulation over the Southern Hemisphere and America. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 1999.
- Doty, B.E. Using Grid Analysis and Display System. Maryland: Center for Ocean-Land-Atmosphere Interactions - University of Maryland, Jul. 1992.
- Essenwanger, O. , 1976. Applied statistics in atmospheric science: Part A – frequencies and curve fitting. Amsterdam: Elsevier, 412p.
- Ferreira, N. S. , 1996. Zona de Convergência Intertropical. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME).
- Grimm, A M.; Teleginski, S. E.; Costa, S. M. S.; Ferlizi, P. G. Anomalias de precipitação no Sul do Brasil em eventos La Niña. Anais do IX Congresso Brasileiro de Meteorologia. Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1996<sup>a</sup>.
- Haan, C. T. Statistical Methods in Hydrology. Ames: Iowa State University Press, 1977. 378 p.
- Kalnay, E.; Kanamitsu, M.; Kistler, R.; Collins, W.; Deaven, D.; Gandin, L.; Iredell, M.; Saha, S.; White, G.; Woollen, J.; Zhu, Y.; Chelliah, M.; Ebisuzaki, W.; Higgins, W.; Janowiak, J.; Mo, K. C.; Ropelewski, C.; Wang, J.; Leetmaa, A.; Reynolds, R.; Jenne, R.; Joseph, D. The NCEP / NCAR 40-year reanalysis project. *Bulletin of the American Meteorological Society*, v. 77, n. 3, p. 437-471, Mar. 1996.
- Kayano, M. T.; Kousky, V. E. Sobre o monitoramento das Oscilações Intrazonais. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 1 (7): 593-602, Jun. 1992.
- Kodama, Y., 1992: Large-scale common features of subtropical precipitation zones ( the Baiu Frontal Zone, the SPCZ and the SACZ), Part 1: Characteristics of subtropical precipitation zones. *J. Met. Soc. Japan*, 70:813-836.
- Kousky, V. E. 1979. Frontal influences on Northeast Brazil. *Mon. Wea. Rev.* 107, 1140-1153

- Kousky, V. E.; Ferreira, N. J. Interdiurnal Surface Pressure Variations in Brazil: Their Spatial Distributions, Origins and Effects. *Monthly Weather Review*. V. 109, n. 9, p. 1999 - 2008, Set. 1981.
- Kousky, V. E.; Kayano, M. T. Principal modes of outgoing longwave radiation and 250-mb circulation for the South American sector. *Journal of Climate*, v. 7, p. 1131 - 1143, 1994.
- Madden, R. A. and P. R. Julian, 1971: Detection of a 40-50 day oscillation in the zonal wind in the tropical Pacific. *J. Atmos. Sci.* 28, 702-708.
- Madden, R. A. and P. R. Julian, 1972: Description of global-scale circulation cells in the tropics with a 40-50 day period. *J. Atmos. Sci.* 29, 1109-1123.
- Nogués-Paegle, J. N.; Mo, K. C. Alternating Wet and Dry Conditions over South America during Summer. *Monthly Weather Review*. V. 127, n. 3, p. 409 - 431, 1998.
- Quadro, M. F., 1994: Estudo de episódios de Zonas de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) sobre a América do Sul. Dissertação de mestrado em Meteorologia, INPE, São Jose dos Campos, SP.
- Ramírez, M. C. V., Kayano, M. T., Ferreira, N. J., 1997: Upper tropospheric vortices in the vicinities of northeast Brazil during the 1980-1989 period. *Int. J. Climatol.* (Submitted).
- Richards, J. A. *Remote Sensing Digital Images Analysis: an introduction*. Berlin: Springer-Verlag, 1986. 281p.
- Silva, W. S. 1999: Simulação de padrões de precipitação associados a Zona de Convergência do Atlântico Sul. Dissertação de Mestrado em Meteorologia, IAG/USP, São Paulo, SP.
- Wilks, D. S. *Statistical methods in the atmospheric sciences: an introduction*. California: Academic Press, 1995. 4.