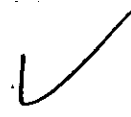


FIS-21

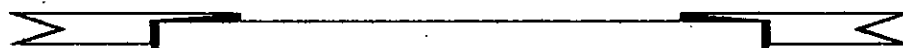


UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

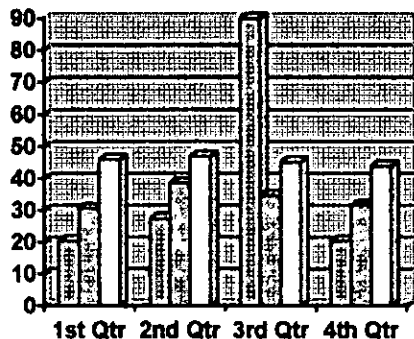
FACULDADE DE CIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE FÍSICA

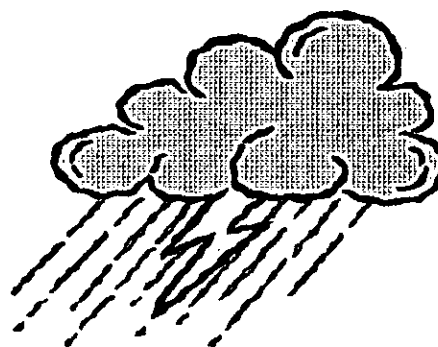
TRABALHO DE LICENCIATURA



VARIABILIDADE CLIMÁTICA INTER-ANNUAL DE MOÇAMBIQUE
E SUA RELAÇÃO COM O FENÓMENO
EL-NIÑO-OSCILAÇÃO AUSTRAL °
PARTE-II



East
 West
 North



SSI-ref
 MAV
 3603

AUTOR: *António Salomão Mavie*

**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA**

TRABALHO DE LICENCIATURA

**VARIABILIDADE CLIMÁTICA INTER-ANUAL
DE MOÇAMBIQUE E SUA RELAÇÃO COM O FENÓMENO
EL-NIÑO-OSCILAÇÃO AUSTRAL
PARTE-II**

AUTOR: *António Salomão Mavie*

SUPERVISOR: Prof. Doutor *Alfredo M. C. Rocha*

CO-SUPERVISOR: Dr. *Hermínio Tembe*

UEM

Maputo, Moçambique

- 1999 -

DEDICATÓRIA

Aos

meus

pais

Salomão Mavie

e

Marcelina Chemane

AGRADECIMENTOS

Agradeço antes de mais ao meu supervisor o Professor Doutor Alfredo Rocha pela disponibilidade nos momentos mais críticos do meu trabalho e, por ter permitido sobretudo que a minha livre iniciativa tomasse conta de todo o processamento durante os 6 meses em que durou o trabalho de licenciatura. Este procedimento permitiu da minha parte, o domínio integral de todos os assuntos tratados nesta tese.

Agradeço de igual modo ao Dr. Hermínio Tembe na qualidade de chefe de Departamento e de docente e a todo o grupo docente que ao longo do meu curso souberam transmitir os conhecimentos necessários para a realização do curso.

Agradeço todos os colegas do curso de Física/Meteorologia que comigo partilharam os momentos mais difíceis da longa caminhada até a sua conclusão.

Agradeço a direcção e todos os colegas do Instituto Nacional de Meteorologia pelo apoio imensurável que de todos fui recebendo ao longo do curso.

Agradeço de modo especial ao ex. Director do INAM e esposa o Dr. Sérgio Ferreira e a Sr.^a Isabel Pedro respectivamente, pela tomada de decisão na atribuição das facilidades para os meus estudos.

Agradeço à Fundação Gulbenkian pela atribuição de bolsa para o meu trabalho de licenciatura em Portugal.

Agradeço finalmente toda a minha família, amigos e colegas tanto em Moçambique como em Portugal, pelo apoio moral que deles fui recebendo ao longo do curso.

DECLARAÇÃO DE HONRA

Declaro pela minha honra que os resultados aqui apresentados são da minha inteira responsabilidade e representam o culminar dum árduo trabalho inteiramente realizado por mim sob supervisão do Professor Doutor Alfredo Rocha.

18 de Outubro de 1999

António Salomão Mavie

RESUMO

Esta tese pretende dar continuidade ao trabalho iniciado pelo dr. Lobo na sua tese de defesa para o grau de licenciatura intitulada "*Influência do ENSO na Variabilidade Climática*" (Lobo, 1999). Assim, faz-se uma profunda análise tendo como objectivo a identificação do grau de influência do ENSO na variabilidade inter-anual do clima de Moçambique. Procede-se à identificação dos modos mais importantes da variabilidade espaço-temporal para representar a variabilidade inter-anual da precipitação, pressão atmosférica e temperatura do ar para os 3 meses mais significativos de Verão e Inverno. Segue-se o estudo detalhado da influência do ENSO, caracterizado pelo SOI, sobre os 3 parâmetros acima citados. Considera-se a influência do ENSO para diferentes defasamentos. As correlações são feitas com o SOI simultâneo e avançado 3, 6, 9 e 12 meses.

Para a precipitação de Verão, uma grande parte do território moçambicano (PC2) apresenta correlações significativas e de sinal positivo (nível de significância de 5%) com o SOI avançado 3 meses o que representa a ocorrência de precipitação abaixo do normal durante o Verão como consequência do início dum evento ENSO durante a Primavera do Hemisfério Sul. No resto do território, o valor da correlação é insignificante mesmo para o nível de significância de 10%. Durante o Inverno, uma maior parte do território (PC1) apresenta correlações significativas e negativas (nível de significância de 5%) com o SOI avançado 6 meses. Neste caso, esta associação indica que devido a um evento ENSO, esta região, poderá experimentar valores de precipitação acima do normal 6 meses após o seu início.

Fortes associações são registadas entre o ENSO e a temperatura do ar e a pressão atmosférica indicando que a prevalência dum evento ENSO tem como consequência a ocorrência de valores acima do normal para ambos os parâmetros. Destaque especial para a PC2 da temperatura de Verão e PC1 da temperatura de Inverno que apresentam correlações muito significativas para os níveis de significância de 1% e 5% respectivamente.

Por fim, as PCs foram sujeitas a Análise Espectral para se identificar as oscilações mais importantes.

ABREVIATURAS E TERMOS TÉCNICOS EM INGLÊS

(i) Abreviaturas:

DJF	Estação de Dezembro a Fevereiro (Dezembro, Janeiro e Fevereiro)
E	Este ou Leste
ENSO	El Niño-Southern Oscillation (El Niño-Oscilação Austral)
JJA	Estação de Junho a Agosto (Junho, Julho e Agosto)
MAM	Estação de Março a Maio (Março, Abril e Maio)
PC	Principal Component (Componente Principal)
PCA	Principal Component Analysis (Análise em Componentes Principais)
r	Coefficiente de correlação
S	Sul
SOI	Southern Oscillation Index (Índice de Oscilação Austral)
SON	Estação de Setembro a Novembro (Setembro, Outubro e Novembro)
SST	Sea Surface Temperature (Temperatura da Superfície do Mar)

(ii) Termos técnicos

Lag Atraso

Loading Cada um dos elementos da matriz S (ver 2.2.2 equação 2.6) que representam a correlação entre as novas variáveis (PCs) e as originais (Estações). Os *loadings* são usados para a representação espacial das PCs (regionalização)

Raw estimates Estimativas brutas.

Score Cada um dos elementos da matriz F (ver 2.2.2 equação 2.9) que representam a variação temporal das amplitudes de cada uma das estruturas espaciais das PCs.

ANEXOS

Anexo I - Dados mensais de precipitação, pressão atmosférica e temperatura do ar para o período 1966-1995. (Totais mensais para a precipitação e médias mensais para a pressão e temperatura)

Anexo II – Dados mensais e sazonais.

Anexo III – Dados mensais e sazonais normalizados.

Anexo IV – Dados do Índice da Oscilação Austral normalizados (SOI)

Anexo V – Dados sazonais para o ficheiro de entrada na PCA (Input file)

ÍNDICE

	Página
CAPÍTULO I INTRODUÇÃO	
1.1 Introdução.....	10
CAPÍTULO II DADOS E MÉTODOS	
2.1 Dados.....	13
2.1.1 Dados climatológicos.....	13
2.1.2 Índice de Oscilação Austral (SOI).....	14
2.2 Métodos.....	16
2.2.1 Análise de correlação.....	16
2.2.2 Análise em Componentes Principais (PCA).....	16
2.2.3 Análise Espectral.....	21
CAPÍTULO III RESULTADOS E DISCUSSÃO	
3.1 Variância explicada pelas PCs.....	23
3.2 Regionalização (Loadings).....	26
3.3 Análises das séries temporais (Scores).....	33
3.3.1 Precipitação de Verão.....	33
3.3.2 Precipitação de Inverno.....	34
3.3.3 Pressão atmosférica de Verão.....	35
3.3.4 Pressão atmosférica de Inverno.....	35

3.3.5 Temperatura do ar de Verão.....	36
3.3.6 Temperatura do ar de Inverno.....	36
3.4 Correlações.....	37
3.4.1 Correlação entre SOI e precipitação de Verão.....	38
3.4.2 Correlação entre SOI e precipitação de Inverno.....	40
3.4.3 Correlação entre SOI e pressão atmosférica de Verão.....	40
3.4.4 Correlação entre SOI e pressão atmosférica de Inverno.....	43
3.4.5 Correlação entre SOI e temperatura do ar de Verão.....	45
3.4.6 Correlação entre SOI e temperatura do ar do Inverno.....	47
3.4.7 Quadro resumo das correlações.....	49
3.5 Análise espectral.....	50

CAPÍTULO IV CONCLUSÃO

4. Conclusão.....	56
4.1 Precipitação.....	56
4.2 Pressão atmosférica.....	57
4.3 Temperatura do ar.....	57
4.4 Conclusão geral.....	57
4.5 Recomendações.....	58

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58
--	-----------

ANEXOS.....	62
--------------------	-----------

1 INTRODUÇÃO

1.1 Introdução

Embora haja evidências históricas de que o ENSO é um dos factores determinantes na variabilidade inter-anual da pluviosidade nas baixas latitudes, a sua influência sobre África, continua ^{sp} controverso (Nicholson e Kim 1997). Pesquisas recentes mostram que a pluviosidade na maior parte da África Austral varia como resposta das grandes flutuações que se registam na circulação geral do Hemisfério Sul conhecidas por Oscilação Austral (SO) (Lindesay *et al.* 1986, Nicholson e Entekhabi 1986, Schulze 1986, Lindesay 1988, Van *et al.* 1988). Na maior parte desses trabalhos, a conclusão é óbvia: A associação entre a precipitação da região pluviométrica de Verão sobre a África Austral e o ^{scsm} ENSO, é tal que durante a fase alta (eventos frios), esta região regista valores acima do normal e durante a fase baixa (eventos quentes ou ENSO) regista valores abaixo do normal (Lindesay *et al.* 1986, Lindesay 1988, Rocha 1992).

As conclusões globais e regionais são úteis para se prever a ocorrência de certos fenómenos em larga escala sem no entanto tomar em consideração os efeitos locais. O exemplo mais recente e flagrante deste facto, é do ENSO de 1997/1998, um dos mais intensos até agora registado. Pois bem, os modelos globais indicavam e foi amplamente divulgado, que na zona Austral de África estava iminente uma das piores secas dos últimos anos. Moçambique, foi considerado um dos Países onde a seca poderia provocar enormes prejuízos na esfera social e económica. No entanto, houve de facto grandes prejuízos sócio-económicos, mas não devido a falta de chuva e sim devido as cheias. Grandes inundações de que há memória ocorreram um pouco por todo o País principalmente nas zonas costeiras do Centro e Sul. Aldeias inteiras ficaram submersas, estradas foram cortadas e muitas plantações foram dadas como perdidas devido a fúria das águas. Foram as piores inundações dos últimos anos. Este facto, serve de motivação suficiente para a realização deste trabalho. São necessárias investigações a nível local para se complementar as investigações globais.

A área geográfica considerada para a realização deste trabalho é o território moçambicano que está situado na costa Oriental de África entre as latitudes 10°27'S e 27°S e as longitudes 30°12'E e 40°51'E. Na FIG. 2.1 pode-se ver o mapa de Moçambique com as estações que foram consideradas para a realização deste trabalho.

O resumo teórico sobre o fenómeno El Niño assim como os aspectos teóricos dos principais sistemas que influenciam o estado do tempo em Moçambique, não serão aqui apresentados visto que estão inseridos na primeira parte deste trabalho (Lobo, 1999):

A primeira das dificuldades encontradas na execução deste trabalho foram as falhas. Inicialmente, para além da precipitação, pressão atmosférica e temperatura do ar, estava previsto a inclusão do vento mas, tal não foi possível devido a excessiva existência de falhas. Esta dificuldade torna-se mais grave pelo facto de o programa utilizado, não admitir falhas. Para contornar esta situação, o programa apresenta duas alternativas: Ignorar todos os casos com falhas ou substituí-los pela média ou pelo valor interpolado linearmente. Optei pela eliminação de todos os casos com falhas. Assim, a amostra diminuiu, mas os dados são todos reais. Os mesmos casos tiveram que ser eliminados nos dados do SOI. Isso torna as correlações correctas, uma vez que foram eliminados os mesmos casos em ambas as séries.

A segunda dificuldade foi claramente a rede de estações pouco densa para um território imenso como é Moçambique. Para dar um exemplo, em Portugal foi feito um trabalho do género em que foram consideradas 30 estações. Em Moçambique, que é cerca de dez vezes maior que Portugal, considerou-se 13 estações. Este facto, teve consequência na marcação dos contornos para a estrutura espacial das PCs. Na FIG. 1.1 pode-se observar a rede de estações que foram consideradas. A terceira dificuldade tem a ver com a sobreposição dos "loadings" que foi minimizado com a realização da rotação "Varimax" (ver mais adiante).

Em síntese, os objectivos desta tese são:

- (i) Definir áreas coerentes de variabilidade inter-anual da precipitação, pressão atmosférica e temperatura do ar para as estações de Verão e Inverno em Moçambique;
- (ii) Investigar o grau de associação entre a variabilidade inter-anual dos 3 parâmetros através das suas PCs para Verão e Inverno e o Índice de Oscilação Austral (SOI) simultâneo e avançado 3, 6, 9 e 12 meses;
- (iii) Determinar a escala temporal (frequência) das oscilações mais importantes detectadas nas PCs que apresentem grandes associações com o ENSO;
- (iv) Confrontar os resultados obtidos com os dos vários trabalhos feitos para a região Austral de África.

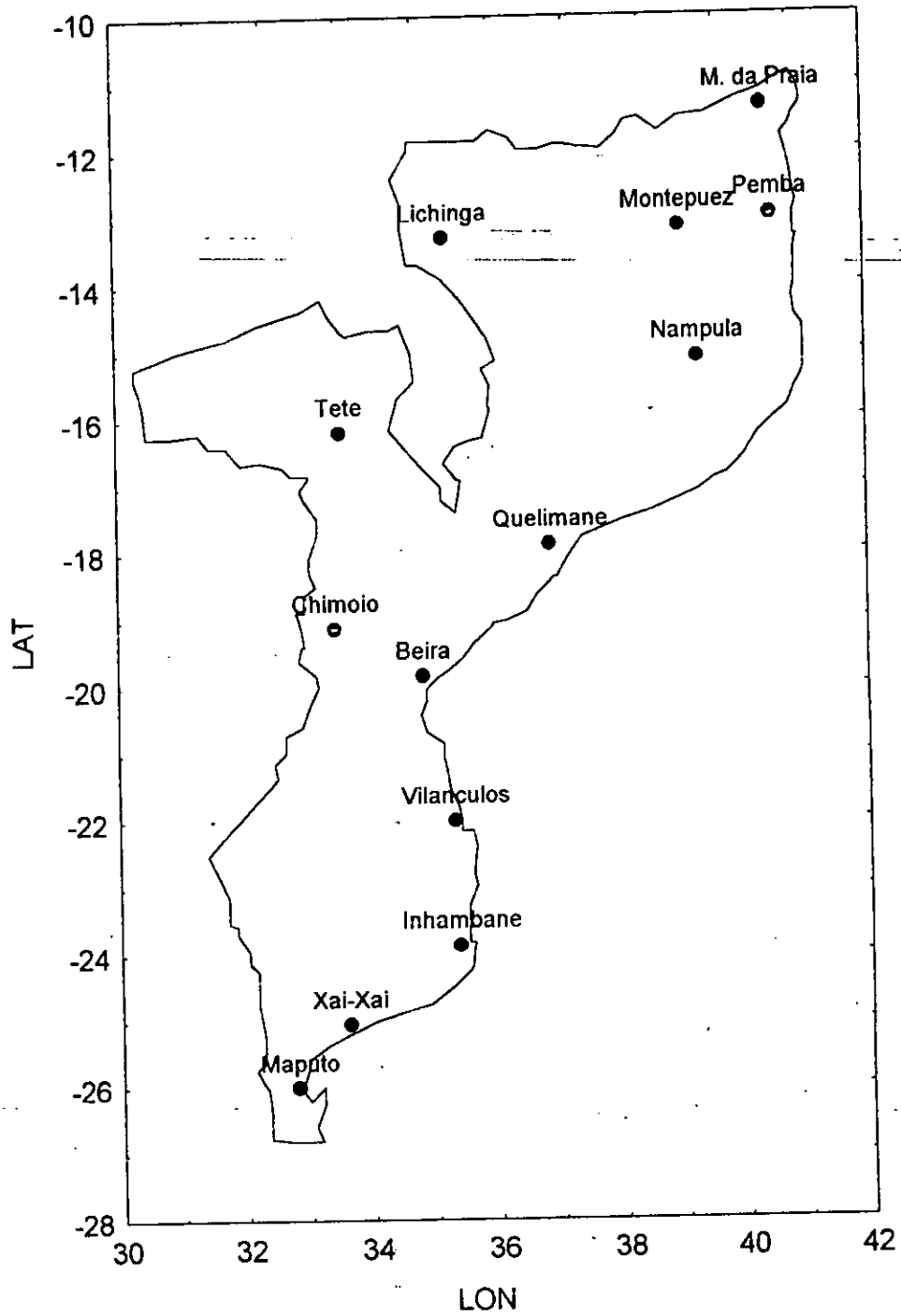


FIGURA 1.1 – Mapa de Moçambique com as estações utilizadas na realização deste trabalho.

2. DADOS E MÉTODOS

2.1 Dados

2.1.1 Dados climatológicos

Para a realização deste trabalho, foram utilizados dados mensais para o período 1966-1995 (30 anos) de 13 estações: Maputo, Xai-Xai, Inhambane, Vilanculos, Beira, Chimóio, Quelimane, Tete, Nampula, Lichinga, Montepuez, Pemba e Mocímboa da praia. (Figura 1.1). Todos os dados foram gentilmente cedidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INAM). Os parâmetros considerados foram a precipitação, a pressão atmosférica e a temperatura do ar. Os dados foram sujeitos a um controle de qualidade tendo em conta os limites de variação de cada parâmetro para o clima de Moçambique. A partir dos dados mensais, calcularam-se as médias sazonais correspondentes às estações de Verão e Inverno para cada parâmetro e estação. Para a estação de Verão foram considerados os meses de Dezembro, Janeiro e Fevereiro, sendo que Janeiro e Fevereiro correspondem ao ano considerado e Dezembro corresponde ao ano anterior. Para a estação do Inverno foram considerados os meses de Junho, Julho e Agosto. Seguidamente, o ciclo sazonal foi removido pela subtracção em cada valor sazonal da média sazonal calculada para o período considerado. As anomalias resultantes foram normalizadas em relação ao desvio padrão o que resultou numa série temporal de média zero e desvio padrão unitário. Este procedimento facilita a comparação de diferentes parâmetros com diferentes variações. Em resumo, para cada estação os valores sazonais são representados por uma série de anomalias normalizadas dadas por,

$$X_{i,j} = \frac{x_{i,j} - \bar{x}_j}{s_j} \quad (2.1)$$

onde x é o valor sazonal do parâmetro na série, \bar{x} e s são a média sazonal e o desvio padrão, respectivamente. Os índices i e j são para o ano e estação respectivamente.

2.1.2 O índice de oscilação Austral (SOI)

Durante, os últimos anos, muitas pesquisas tiveram lugar com a finalidade de encontrar causas não locais das anomalias climáticas da África Austral. Uma atenção particular foi dada nas anomalias de interacção Oceano-atmosfera e das suas implicações para o clima da região. Para além dos estudos globais que procuram alguma relação entre o ENSO e as anomalias verificadas a nível mundial (ex.: *Stoeckenius 1981, Roppelweski e Halpert 1987, Kiladis e Diaz 1989*), análises mais detalhadas foram feitas para a África Austral. (*Schulze 1986, Janowiak 1988, Heerden et al. 1988, Lindesay 1988b, Matarira 1990, Rocha 1996*). De todos esses trabalhos, conclui-se que o ENSO é um dos factores dominantes na variabilidade climática das regiões tropicais. O estudo desta associação ENSO-Clima, torna-se possível pelo uso dum índice do ENSO. Vários índices foram preparados a partir de várias variáveis meteorológicas e locais. Alguns autores usaram a pressão (*Berlage 1957, Wright 1975, Wright et al. 1985*), SSTs (*Angell 1981, Pan e Oort 1983*) ou a combinação de diferentes parâmetros em vários lugares (*Walker e Bliss, 1932*). Tal como foi mencionado por *Trenberth (1984)*, os índices que envolvem dados de locais que não estão exactamente fora de fase podem envolver relações desfasadas que não são apropriadas para descrever o ENSO. A pressão tem a desvantagem de ser menos persistente do que a SST e pode ser influenciada pelos sistemas meteorológicos com escalas temporais característicos, muito inferiores aos do ENSO. O uso de apenas poucos locais para o cálculo de um índice pode também contribuir para algumas oscilações do índice. O índice mais aceite para caracterizar o ENSO, foi baseado na diferença de pressão do nível médio das águas do mar entre Darwin (12.4°S, 130.9°E) e Tahiti (17.5°S, 210.4°E). Este índice é, segundo *Chen (1982)*, muito mais efectivo na contabilização da variância percentual sobre as escalas temporais do ENSO. Por esta razão, e também por ser consistente com o índice mais usado para o estudo da relação ENSO/Clima na África Austral (*Lindesay 1988b, Van et al. 1988, Matarira 1990*), o mesmo índice foi aplicado na presente tese. O *Climate Analysis Center (1986)*, calcula o Índice de Oscilação Austral (SOI) normalizando a pressão do nível médio das águas do mar média mensal em Tahiti e Darwin. Calculam-se as séries temporais da diferença que, por sua vez são normalizadas em relação ao seu desvio padrão, resultando em séries temporais de média zero e desvio padrão unitário. Os valores mensais do SOI desde 1950 a 1995 foram obtidos a partir das publicações mensais do *Climate Analysis Center (1983 e anos posteriores)*. Esses dados foram depois organizados em médias

trimestrais correspondentes às quatro estações do ano. Tal como foi mostrado por *Trenberth (1984)*, essa ordenação pode melhorar o signal do ruído do SOI (muitas vezes causados por perturbações de pequena escala da circulação) de 1.44, para dados mensais, para 1.97 sem a perda da variância nas escalas do tempo do ENSO. Contudo, deve estar claro que tal procedimento reduz o número efectivo dos graus de liberdade tal como foi enunciado por *Trenberth (1984)*. A Tabela 2.1 mostra os eventos ENSO e anti-ENSO que ocorreram desde 1950, segundo a classificação de *Loon e Shea (1985)* (até 1985), *Kiladis e Diaz (1989)* (de 1986 a 1989) e através da *Internet* (para os restantes).

TABELA 2.1 - Eventos ENSO e anti-ENSO desde 1950 a 1989. (Os eventos até 1985 foram obtidos de *Loon e Shea (1985)*, de 1986 a 1989 de *Kiladis e Diaz (1989)* e os restantes pela *Internet*)

EVENTOS QUENTES (ENSO)	EVENTOS FRIOS (ANTI-ENSO)
1951-52	
1953-54	
	1954-55
1957-58	
1963-64	
	1964-65
1965-66	
	1966-67
1969-70	
	1970-71
1972-73	
	1973-74
1976-77	
	1978-79
1982-83	
1986-87	
	1988-89
1991-92	
	1993-94
1997-98	

ha mais.

2.2 Método

2.2.1 Análises de correlação

A análise de correlação linear é usada neste estudo como forma de avaliar o grau de associação entre duas ou mais variáveis. Tal como todas as técnicas estatísticas, as análises de correlação não implicam qualquer ligação causa-efeito entre as variáveis e por isso, não há implicações sobre os mecanismos físicos que sustentam esta relação. Contudo, eles podem sugerir relações causais que por ventura não tenham sido suspeitados. Nesta tese, utiliza-se o coeficiente de correlação Pearson "r" segundo a definição de Spiegel (1988). Com base na fórmula de "r", deve-se tomar em consideração alguns aspectos. O grau de associação entre duas variáveis não é proporcional à magnitude de "r" uma vez que envolve termos não lineares. Porque "r" é definido pela linha recta que melhor representa os dados, se a relação não for linear, "r" é desprezado. Em geral, quanto menor for a variabilidade das variáveis, menor é "r", sendo o restante igual (Minium, 1970). Tal como foi apontado por Ramage (1983), "r" pode ser influenciado pelas características duma determinada amostra. Um aspecto bastante importante, é o facto de a estabilidade de "r" depender do número de casos. Valores iguais de "r" baseados em amostras de tamanhos diferentes, não podem ser directamente comparados. Quanto maior for a amostra, mais estável é o "r". Por esta razão, todos os valores de "r" calculados devem ser analisados juntamente com os testes de significância. Neste trabalho, aplica-se o test t de Student com n-2 graus de liberdade, segundo Spiegel (1988). Este procedimento, testa a hipótese de que "r" para uma população seja significativamente diferente de zero para um certo nível de significância. Em todos os casos, aplica-se o nível de significância de 5% para os dois lados do gráfico a menos que esteja indicado no próprio texto. Estes testes de significância assumem populações distribuídas normalmente para ambas as variáveis.

2.2.2 Análise em Componentes Principais (PCA)

A Análise em Componentes Principais (PCA), é uma técnica estatística que se aplica para um conjunto singular de variáveis com o objectivo de identificar os modos de variabilidade no conjunto de dados. Tem sido aplicado na meteorologia para flutuações na pressão do nível médio das águas do mar (ex. Kutzbach 1967, Trenberth e Paolino 1981), altura geopotencial (ex. Craddock e Flood 1969, Hore 1981), temperatura (Diaz e Fulbrighi 1981) e precipitação (Dyer, 1975) entre outras variáveis.

Em muitos estudos, os modos das componentes principais (PCs) são campos espaciais e as suas séries de coeficientes representam variações das suas amplitudes com o tempo. São geralmente considerados como *S-mode PCA* (Richman, 1986) mas por vezes, a informação espacial e temporal é omitida (ex. Stidd, 1967). PCA apresenta duas vantagens evidentes quando comparada com outras técnicas de estatística alternativas como por exemplo o "*Cluster analysis*" e "*Fourier analysis*". Pode descrever simultaneamente no tempo e no espaço os modos mais importantes da variabilidade e não usa funções pré-definidas para se adequar aos dados (razão porque as PCs são também referidos como funções ortogonais empíricas (EOFs)).

Embora a matemática da PCA tenha sido descrita em outras publicações (explicações detalhadas podem ser vistos em Richman (1986) e Preisendorfer (1988)) faz-se aqui uma breve descrição dos fundamentos envolvidos neste método:

Considere um conjunto de dados representados pela variável X (por exemplo precipitação) medido em m estações durante n anos. Para cada estação, os elementos da matriz X são normalizados em relação a sua média e desvio padrão resultando numa matriz Z . Fazem-se correlações cruzadas entre as estações e os resultados são colocados na matriz R

$$R = ZZ' \quad (2.2)$$

Onde Z' é a matriz transposta de Z . A equação característica de R é um polinómio de grau m que se obtém pela expansão do determinante

$$|R - \lambda I| = 0 \quad (2.3)$$

onde I é a matriz identidade e λ representa as raízes ou os valores próprios (*eigenvalues*) de R . Os vectores próprios (*eigenvectors*) V_j são calculados pela resolução da equação

$$RV_j = \lambda_j V_j \quad (j = 1, \dots, m) \quad (2.4)$$

começando pelo maior até o menor valor próprio. A solução de (2.4) tem duas propriedades. A primeira, é que a variância normalizada explicada pelo primeiro vector próprio é maximizada e os

vectores próprios subsequentes devem ser temporariamente não correlacionados com os anteriores. Seguidamente, as suas variâncias explicam o máximo da variância residual na matriz de entrada R . A ortogonalidade dos vectores próprios pode ser expressa por

$$V'V = I \quad (2.5)$$

Em meteorologia, os vectores próprios, dados pelas colunas de V , são geralmente convertidos a Componentes Principais (PCs) normalizando-os em relação à raiz quadrada dos respectivos valores próprios. Este procedimento é dado por

$$S = VD^{1/2} \quad (2.6)$$

onde $D^{1/2}$ é a matriz com elementos diagonais iguais a raiz quadrada de λ_j . A j -ésima coluna de S representa o que geralmente é chamado de "loadings" da j -ésima PC e possui média zero e variância 1. Também podem ser vistos como correlações entre as novas variáveis (PCs) e as originais (estações). Isto significa que na marcação dos modos espaciais de uma PC (loadings), na realidade estaremos a marcar os coeficientes de correlação que são quantidades estatísticas idênticas a muitos. Sobretudo, os testes de significância deverão ser aplicados nos "loadings".

A proporção da variância explicada por uma determinada PC pode ser calculada através da soma dos quadrados dos elementos de uma coluna de S e pode ser expressa assim

$$\text{var}_j = \sum_{i=1}^m S_{ij}^2 \quad (j = 1, \dots, m) \quad (2.7)$$

onde S_{ij} representa um elemento de S .

A soma dos quadrados das linhas de S expressam a proporção da variância numa dada estação explicada por todas as m PCs e é chamado de *comunalidade (communality)*. Para todos os valores do modelo, esse valor é igual a 1, mas se se considerar apenas as primeiras p PCs, essa soma é conhecida por *comunalidade parcial (achieved communality)*, e representa, para uma dada estação k , a proporção da sua variância que é neste caso explicada pelas primeiras p PCs. Matematicamente esta quantidade é dada por

$$C_k^2 = \sum_{j=1}^p S_{kj}^2 \quad (2.8)$$

Usando os recíprocos na diagonal de $D^{1/2}$, pode-se definir uma matriz $F' \text{ } n \times m$ de acordo com

$$F = ZVD^{-1/2} \quad (2.9)$$

onde F é o "score" temporal do PC normalizado (à variância 1) e representa a variação no tempo da amplitude de cada modo espacial do PC.

O resultado disto tudo, é que as nossas m variáveis iniciais (estações), que de princípio se intercorrelacionavam, foram transformadas num novo conjunto de variáveis não correlacionadas (PCs) e que explicam toda a variância do conjunto dos dados originais. Mais ainda, porque as PCs não se correlacionam entre si, a variância não é partilhada por elas e por isso, para qualquer p ($p < m$) as PCs irão sempre explicar mais variância no domínio do que as primeira p estações. Isto permite que PCA funcione como um redutor de variáveis. Para se atingir este objectivo da redução de variáveis, o número de PCs a serem extraídos, deve ser truncado. É também viável que os modos próprios que representam o clima sejam separados dos sinais do ruído. Vários métodos de truncatura têm sido amplamente usados em meteorologia. O *scree test*, divisionado por *Cattell (1966)*, baseia-se no gráfico da variância associada como uma função do número do valor próprio. Este teste considera que os valores próprios que se encontram antes da diflexão da linha possuem sinais não-aleatória e por isso devem ser considerados. *Rummel (1970)* sugeriu que apenas os valores próprios antes duma acentuada discontinuidade poderiam ser considerados. Uma outra regra de redução do número dos valores próprios, seria a eliminação de todos os valores próprios inferiores a unidade. O método de truncatura mais estatístico e mais objectivo, é o *Rule N* anunciado por *Preisendorfer (1988)*. Esta técnica, consiste na comparação de valores próprios com aqueles obtidos a partir duma série de PCA realizadas sobre dados obtidos aleatoriamente. Os valores próprios inferiores aos obtidos a partir do espectro do ruído branco, são eliminados. Contudo, *Preisendorfer e Barnett (1977)* mostraram que este método era inadequado para pequenas amostras. Neste caso, *Rule N* pode eliminar PCs com significado físico apenas porque não atingiram a significância desejada. *North et al. (1982)* anuncia que quando dois ou mais valores próprios estão ligeiramente espaçados, poderá haver ambiguidade na

definição dessas PCs. Isto é, os mesmos PCs obtidos de diferentes amostras podem, através duma combinação linear das PCs próximas, conduzir a modos totalmente diferentes. Tais valores próprios, formam um *múltiplo degenerado (degenerate multiplet)*. Esta regra pode ser expressa por

$$\delta\lambda_i = \lambda_i \left(\frac{2}{N} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (2.10)$$

onde $\delta\lambda_i$ é o erro da amostra de primeira ordem do valor próprio λ_i e N é o número de casos (anos no nosso caso). Se $\delta\lambda_i$ for maior que a diferença entre este valor próprio e um outro qualquer, eles formam um múltiplo degenerado. Na presente tese faz-se uma combinação dos métodos de North (North et. al, 1982) e do scree test (Cattel, 1966). Na FIG. 3.1 estão representados os gráficos com a percentagem da variância total associada com os 13 valores próprios em cada parâmetro.

Finalmente, deve-se enfatizar que a maioria dos métodos de truncamento não possuem bases teóricas e, por vezes deve-se tomar decisões com base em outros princípios. É claro que se, *a priori*, houver razões físicas para se considerar uma certa PC, então deve-se considerar a tal PC em qualquer que seja o método de truncamento usado.

Como o procedimento de extracção das PCs descrito acima é baseado na maximização da variância que representa o domínio, se os dados possuírem grupos distintos, os modos de variabilidade podem não ser correctamente identificados (Richman, 1986). Nestes casos, uma PC pode representar uma composição de dois ou mais modelos espaciais pelo que haverá mais dificuldades para a interpretação desses dados. Este problema pode ser minimizado através duma rígida rotação duma PC específica (ou um número deles) na direcção deste grupo de dados. Este procedimento recebe o nome de *rotação ortogonal*. Os modelos espaciais das PCs já não estarão correlacionados mas a ortogonalidade das séries temporais mantém-se (Horel, 1981). Pelo facto de as PCs serem livremente rodados nas direcções umas das outras e se tornarem correlacionadas, a rotação é chamada de *obliqua* (ver Richman (1986) para uma revisão mais detalhada dos tipos de rotação mais usadas).

Nesta tese, aplica-se a rotação *Varimax* (Kaiser, 1985). Este procedimento realiza a rotação duma PC através da maximização da variância dos coeficientes da correlação quadrada entre essa PC e cada uma das estações (*loadings*). Como esse processo se realiza na coluna do S , a variância será redistribuída entre as PCs. A rotação *Varimax* é expressa pela expressão

$$V\hat{X} = \sum_{k=1}^m \frac{p \sum_{j=1}^p \left(\frac{S_{jk}^2}{C_j^2} \right)^2 - \left(\sum_{j=1}^p \left(\frac{S_{jk}^2}{C_j^2} \right) \right)^2}{p^2} \quad (2.11)$$

onde C_j é a *comunalidade parcial* e p é o número das PCs rodadas. A matriz rodada S irá conter “loadings” altos para poucas estações e “loadings” perto de zero para as restantes estações tomando a associação duma dada estação com um determinado PC mais simples. Este tipo de rotação foi aplicado em vários estudos de meteorologia (ex.: Horel 1981, Walsh *et al.* 1982, Ehrendorfer 1987, Whetton 1988).

O método de PCA é utilizado neste estudo para identificar áreas coerentes de variabilidade inter-anual no clima de Moçambique. Isso permite a regionalização do território reduzindo substancialmente o número de variáveis. Este método é realizado por meios informáticos através do pacote estatístico SPSS (1995).

2.2.3 Análise espectral

A variabilidade temporal é estudada realizando a análise espectral aos PCs que revelaram associações com as séries sazonais do SOI. Essas PCs podem ser vistas na Tabela 3.10.

O objectivo da análise espectral é a decomposição da série original em funções seno e coseno de diferentes frequências por forma a determinar quais as que aparentam ser particularmente fortes ou importantes.

O procedimento usado para o cálculo dos espectros é aquele fornecido pelo pacote informático STATISTICA que usa o algoritmo da “Fast Fourier Transforms (FFT)”. Os espectros foram alisados usando uma janela de Hammin (STATISTICA, 1995) de largura 5, originando uma estimativa consistente com o espectro.

O “lag” máximo m dos coeficientes de autocorrelação usado no cálculo do espectro pode ser definido de forma independente do comprimento total da série N . A resolução do espectro é directamente proporcional a m , e de facto, o número de estimativas espectrais pelas quais o espectro é representado, são iguais a $m+1$ (WMO, 1966). Assim, o “lag” máximo escolhido para a análise espectral deve ser moderadamente grande por forma a se atingir uma resolução satisfatória do

espectro (WMO, 1966). No nosso caso, o "lag" máximo foi definido pelo software STATISTICA sendo dependente do tamanho da amostra e corresponde ao número de harmónicas.

Cada estimativa espectral é distribuída segundo a distribuição do qui-quadrado (χ^2) dividida pelo número de graus de liberdade, definidos por

$$v = \frac{\left(2N - \frac{m}{2}\right)}{m} \quad (2.12)$$

Este procedimento permite-nos calcular o intervalo de confiança do espectro tendo em referência uma Tabela do χ^2 .

Os testes de significância estatística aplicados aos espectros e aos seus picos iniciam-se aplicando a hipótese do 'nulo' contínuo ao espectro (WMO, 1966). O espectro do ruído vermelho e os seus limites de confiança de 5% e 95% foram estimados segundo o método descrito pela WMO (1966) e considerados como testes de significância estatísticos aos picos espectrais.

O contínuo do ruído vermelho foi calculado através da fórmula

$$S_k = \overline{S_k} \left[\frac{(1 - r_1^2)}{1 + r_1^2 - 2r_1 \cos\left(\frac{\pi k}{m}\right)} \right] \quad (2.13)$$

onde $\overline{S_k}$ é a média de todas as "raw estimates" (valores do periodograma), r_1 é o coeficiente de autocorrelação para "lag" 1, m é o "lag" máximo definido pelo software STATISTICA e k representa o número de harmónicas e varia entre $k=0$ e $k=m$.

Os níveis de significância de 5% e 95%, de acordo com a WMO (1966) e para 3.5 graus de liberdade (equação 2.12) são de 0.151 e 2.46 respectivamente.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Variância explicada pelas PCs

A combinação dos métodos de *North et al. (1982)* e do *scree test (Cattell, 1966)* descritos no capítulo anterior permitiram que em cada caso, fosse possível a selecção de 3 PCs havendo em alguns casos alguma ambiguidade. A FIG. 3.1, mostra os gráficos que representam a percentagem da variância total associada com cada um dos 13 valores próprios para o clima de Moçambique, (a) precipitação de Verão, (b) precipitação de Inverno, (c) pressão de Verão, (d) pressão de Inverno, (e) temperatura de Verão, (f) temperatura de Inverno. Os segmentos verticais mostram a magnitude dos erros de acordo com os cálculos através do método de *North et al. (1982)*. Como pode-se ver nessa Figura, os primeiros 3 valores estão bem separados uns dos outros. Mas a partir do quarto, nota-se claramente que o espaçamento entre os valores próprios são comparáveis ou inferiores aos erros. Portanto, a partir daí formam-se múltiplos degenerados.

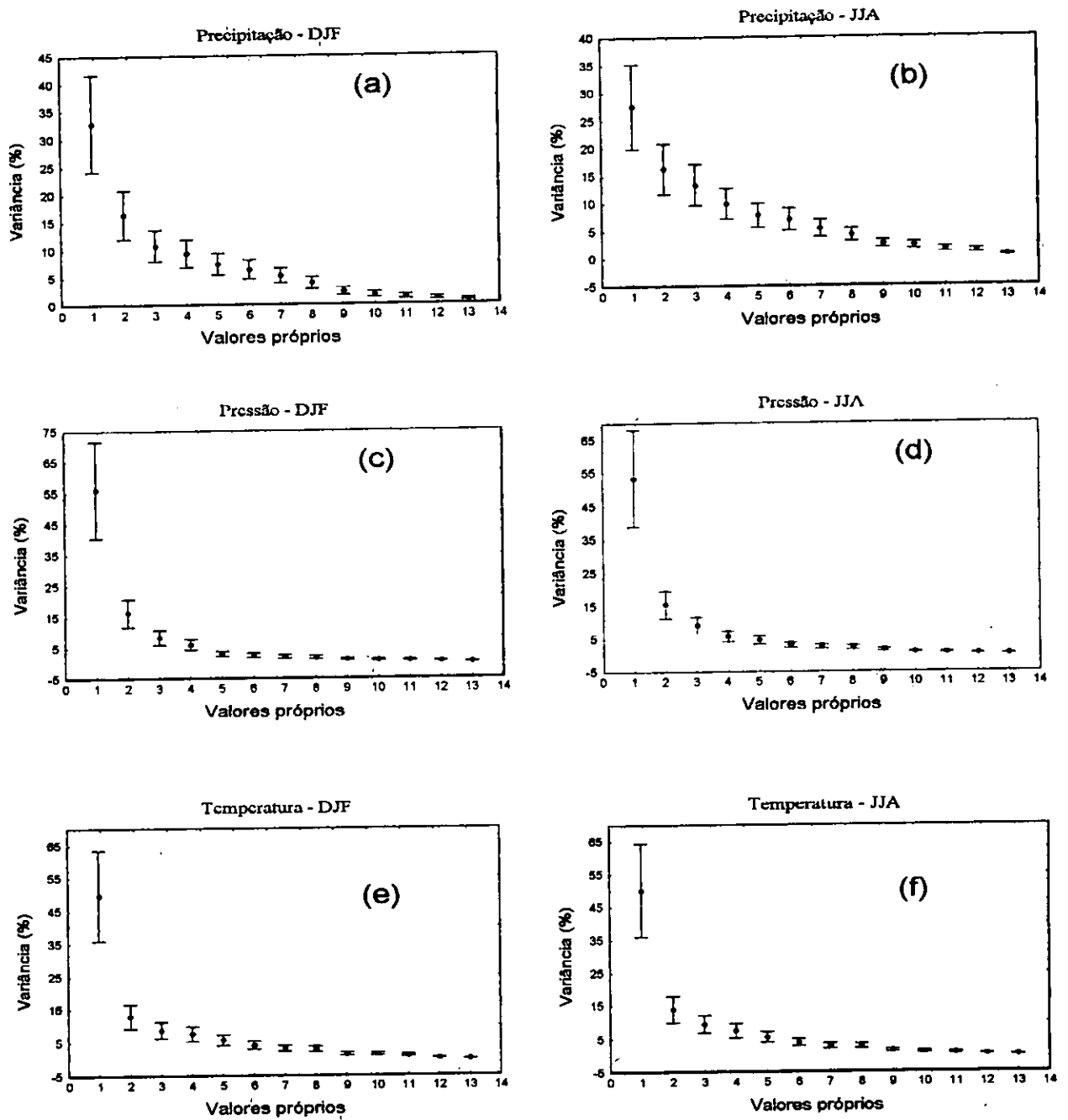


FIGURA 3.1 – Percentagem da variância total associada com cada um dos 13 valores próprios referentes às estações de Verão e Inverno dos três parâmetros: (a) precipitação de Verão, (b) precipitação de Inverno, (c) pressão atmosférica de Verão, (d) pressão atmosférica de Inverno, (e) temperatura do ar de Verão e (f) temperatura do ar de Inverno. A magnitude dos segmentos verticais, representam os erros calculados de acordo com o método de North *et al.* (1982)

As Tabelas 3.1, 3.2 e 3.3 mostram a porcentagem da variância total, associada com os valores próprios.

TABELA 3.1 - Porcentagem da variância total da precipitação de Verão e Inverno associada com cada um dos 13 valores próprios e a soma da variância representada pelas 3 primeiras PCs e de todas as PCs.

PC	Precipitação de DJF	Precipitação de JJA
	Variância (%)	Variância (%)
1	32.8	27.6
2	16.4	16.3
3	10.8	13.3
4	9.4	9.9
5	7.5	7.8
6	6.4	7.1
7	5.3	5.4
8	3.9	4.2
9	2.4	2.6
10	1.8	2.3
11	1.4	1.6
12	1.1	1.3
13	.8	.6
Soma 1 - 3	60.0	57.1
Soma 1 - 13	100.0	100.0

TABELA 3.2 - A porcentagem da variância total da pressão de Verão e Inverno associada com cada um dos 13 valores próprios e a soma da variância representada pelas 3 primeiras PCs e de todas as PCs.

PC	Pressão (DJF)	Pressão (JJA)
	Variância (%)	Variância (%)
1	56.0	53.5
2	16.3	15.4
3	8.5	9.1
4	6.1	5.8
5	3.1	4.6
6	2.5	3.0
7	2.1	2.6
8	1.8	2.3
9	1.1	1.6
10	.9	.8
11	.7	.7
12	.5	.4
13	.2	.2
Soma 1 - 3	80.9	78.0
Soma 1 - 13	100.0	100.0

TABELA 3.3 - A percentagem da variância total da temperatura de Verão e Inverno associada com cada um dos 13 valores próprios e a soma da variância representada pelas 3 primeiras PCs e de todas as PCs.

PC	Temperatura (DJF)	Temperatura (JJA)
	Variância (%)	Variância (%)
1	49.7	50.1
2	12.9	14.0
3	8.8	9.4
4	7.8	7.5
5	5.7	5.5
6	4.3	3.9
7	3.2	2.9
8	3.1	2.8
9	1.6	1.4
10	1.5	1.1
11	1.1	.8
12	.3	.5
13	.0	.2
Soma 1 - 3	71.4	73.5
Soma 1 - 13	100.0	100.0

Como se pode ver dessas 3 Tabelas, para cada caso, as primeiras 3 PCs contabilizam variâncias que explicam a maior parte do domínio.

3.2 Regionalização (Representação espacial das PCs (Loadings))

O lado esquerdo das Figuras 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6 e 3.7 mostra a distribuição espacial das PCs (*loadings*). Para definir a área espacial da variabilidade climática sazonal (regionalização), foi considerada a área dentro do contorno de 0.35 para cada PC sazonal. Este contorno foi escolhido pelo facto de os "*loadings*" serem correlações, podendo assim serem sujeitos a testes de significância estatísticos que são usualmente efectuados para o coeficiente de correlação. O coeficiente de correlação significativamente diferente de zero para o nível de significância de 5%, de acordo com o t test de Student para ≈ 30 graus de liberdade, é 0.35 (Minium, 1970).

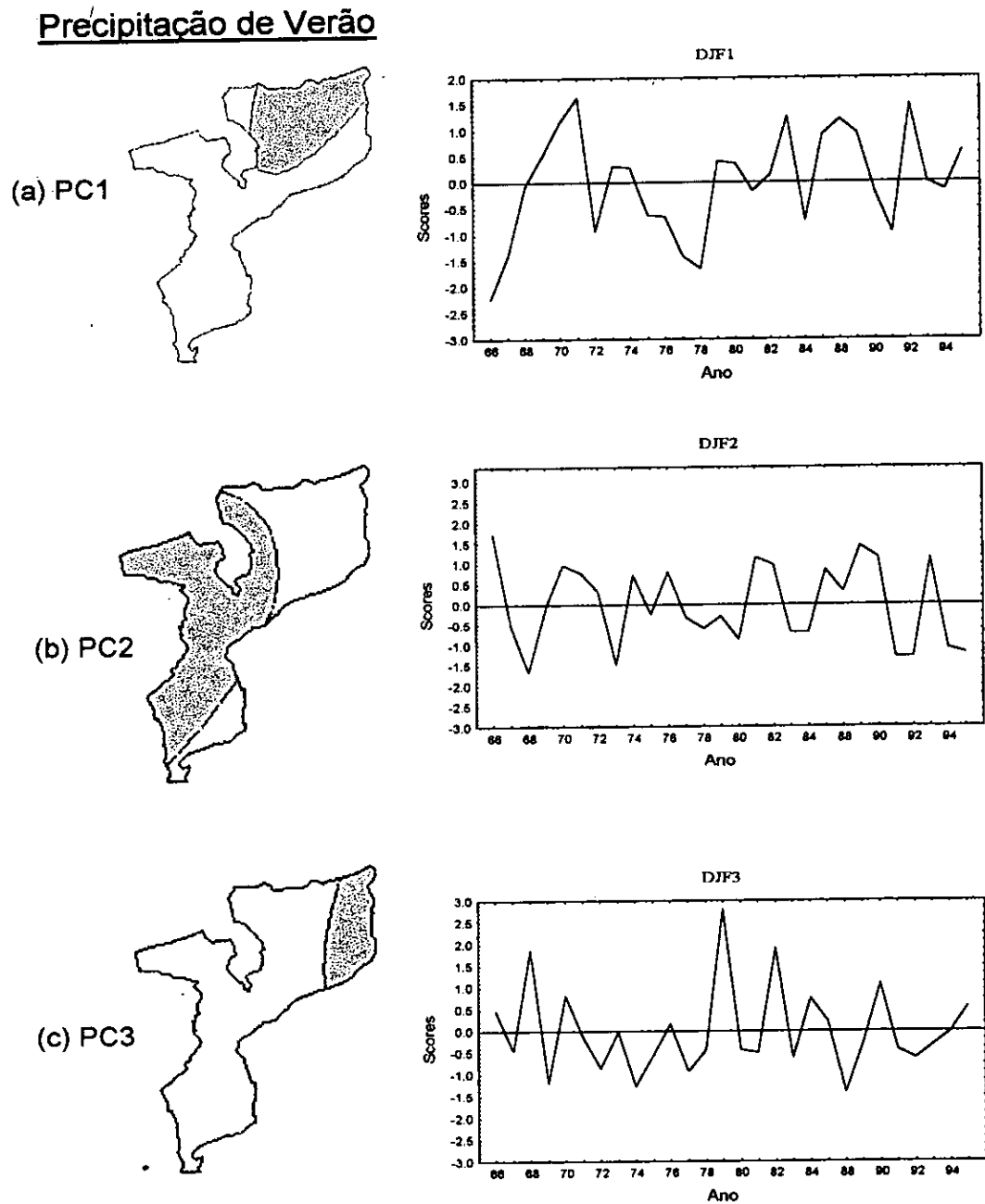


FIGURA 3.2 – Representação espacial dos “loadings” (regionalização) (lado esquerdo da Figura) e séries temporais (scores) (lado direito da Figura) das PC1 (a), PC2 (b) e PC3 (c) das anomalias da Precipitação sazonal de Verão. As áreas com “loadings” superiores a 0.35 estão sombreadas.

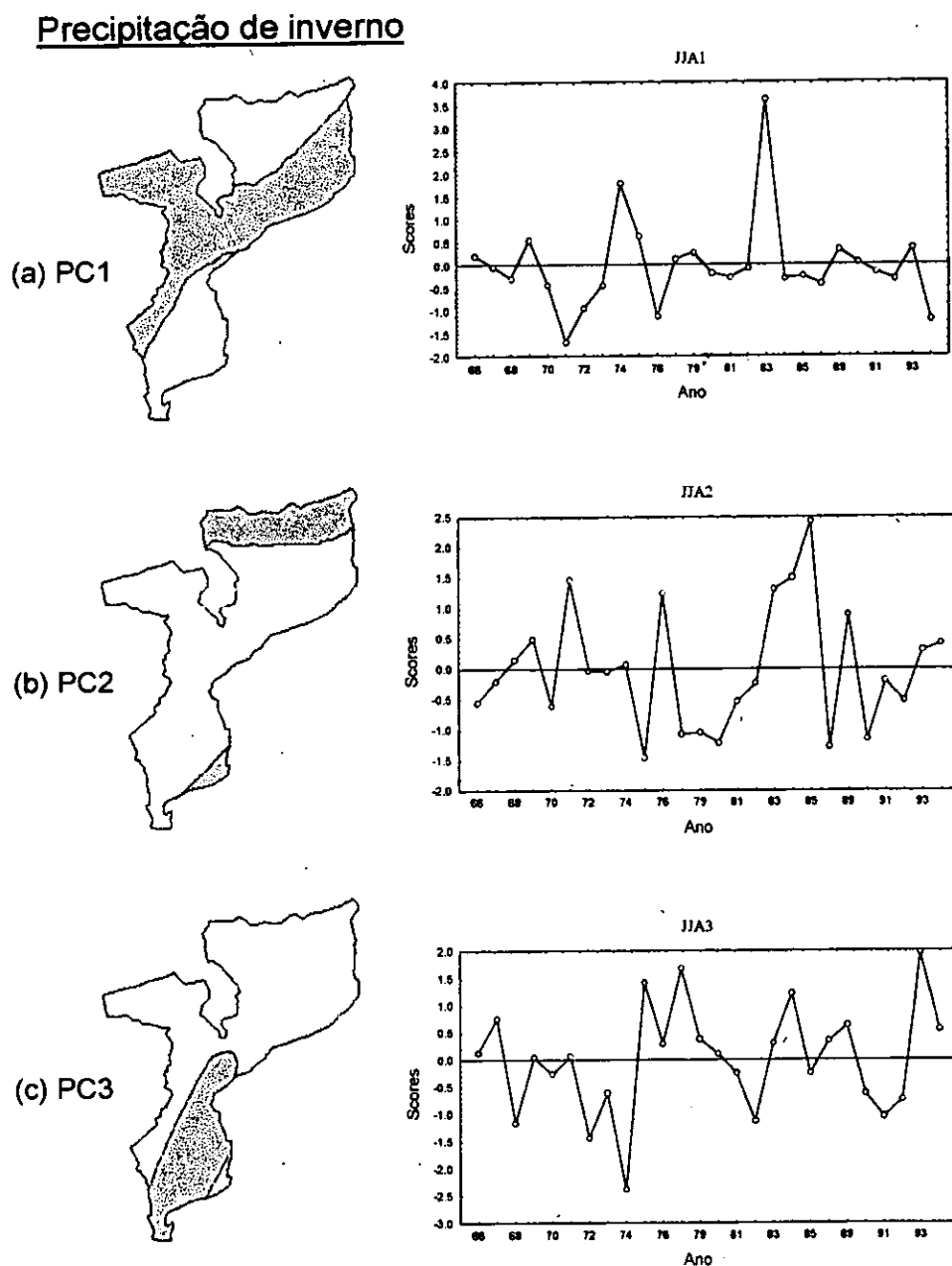


FIGURA 3.3 – Representação espacial dos “loadings” (regionalização) (lado esquerdo da Figura) e séries temporais (scores) (lado direito da Figura) das PC1 (a), PC2 (b) e PC3 (c) das anomalias da Precipitação sazonal de Inverno. As áreas com “loadings” superiores a 0.35 estão sombreadas.

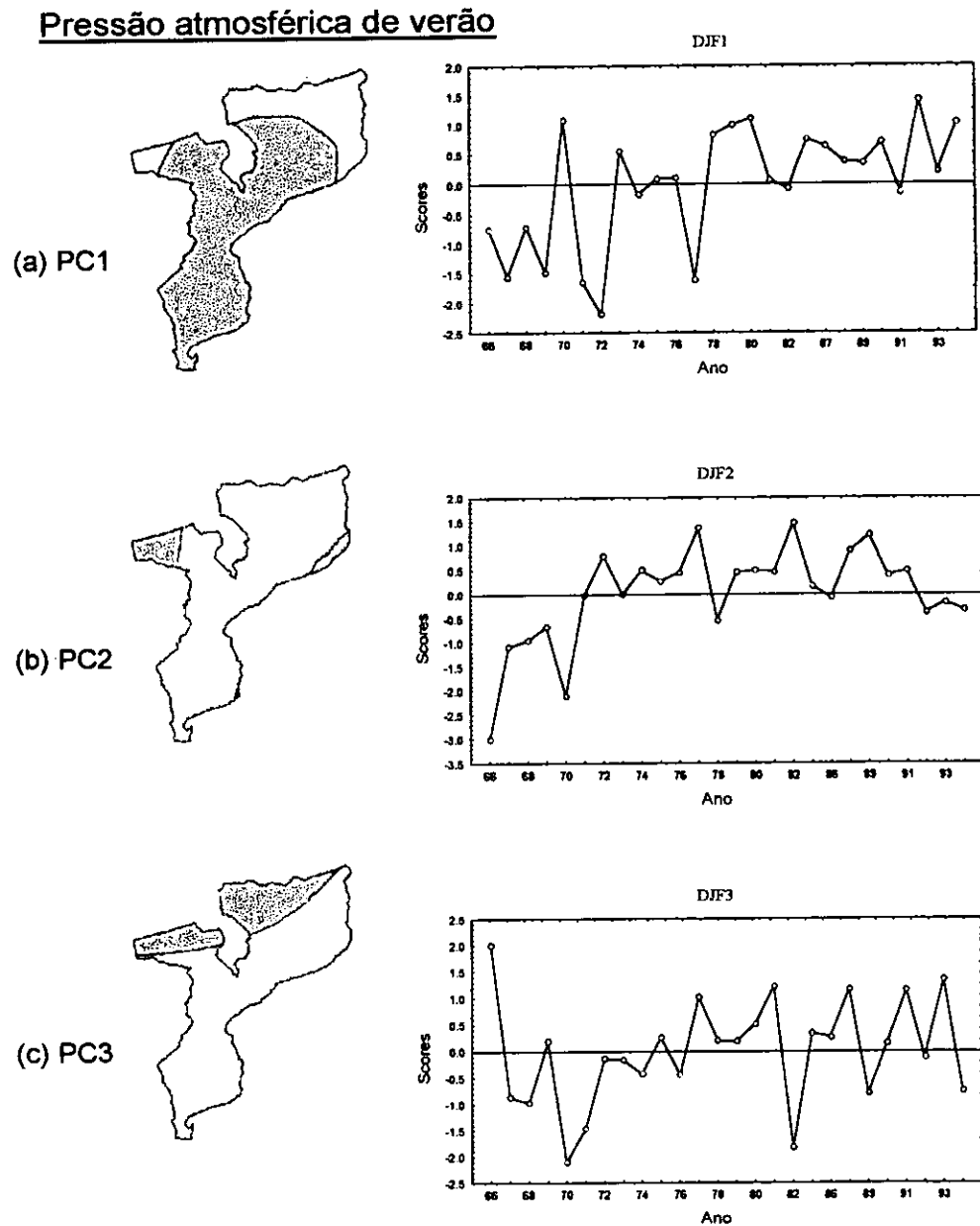


FIGURA 3.4 – Representação espacial dos “loadings” (regionalização) (lado esquerdo da Figura) e séries temporais (scores) (lado direito da Figura) das PC1 (a), PC2 (b) e PC3 (c) das anomalias da Pressão atmosférica sazonal de Verão. As áreas com “loadings” superiores a 0.35 estão sombreadas.

Pressão atmosférica de inverno

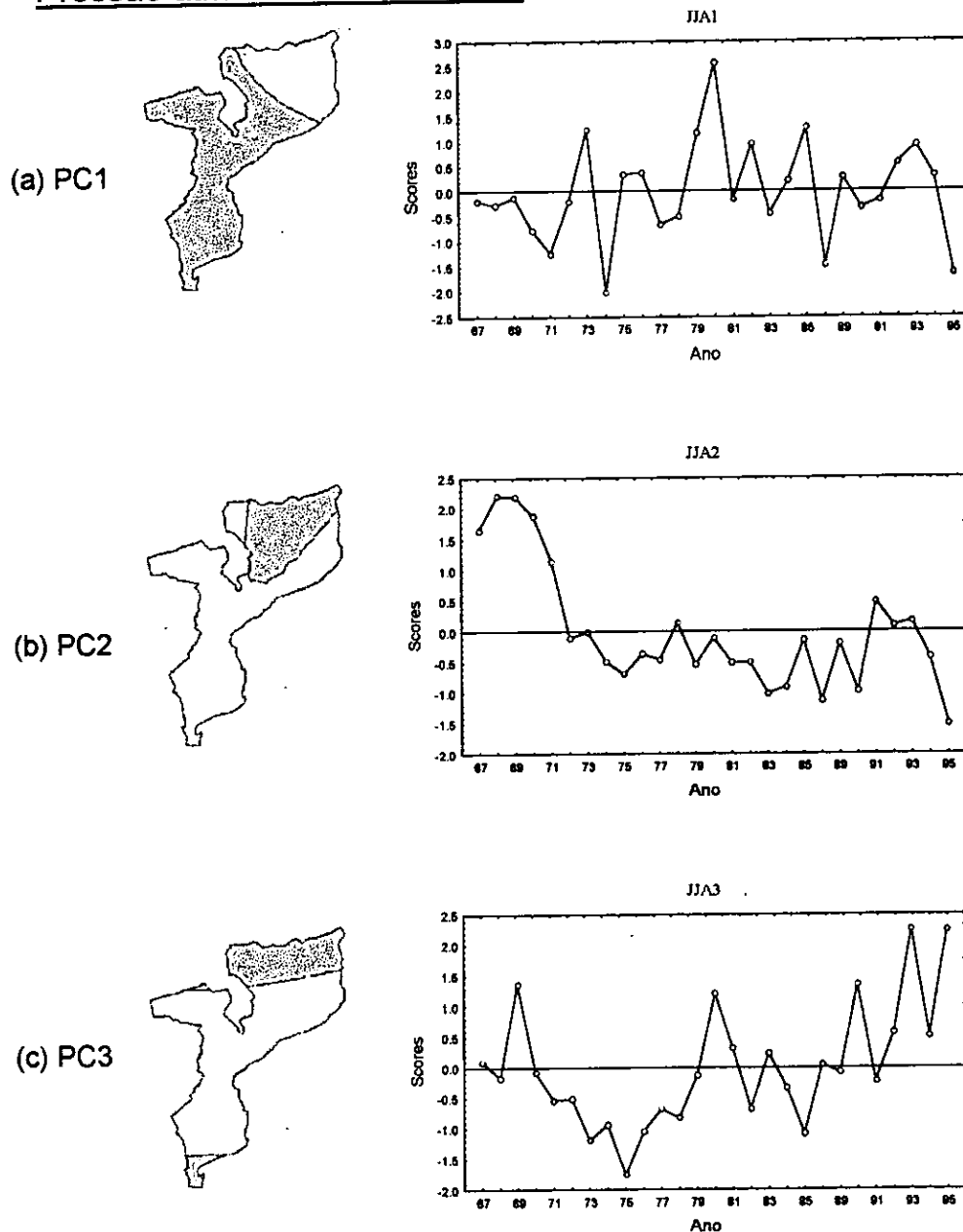


FIGURA 3.5 – Representação espacial dos “loadings” (regionalização) (lado esquerdo da Figura) e séries temporais (scores) (lado direito da Figura) das PC1 (a), PC2 (b) e PC3 (c) das anomalias da Pressão atmosférica sazonal de Inverno. As áreas com “loadings” superiores a 0.35 estão sombreadas.

Temperatura de verão

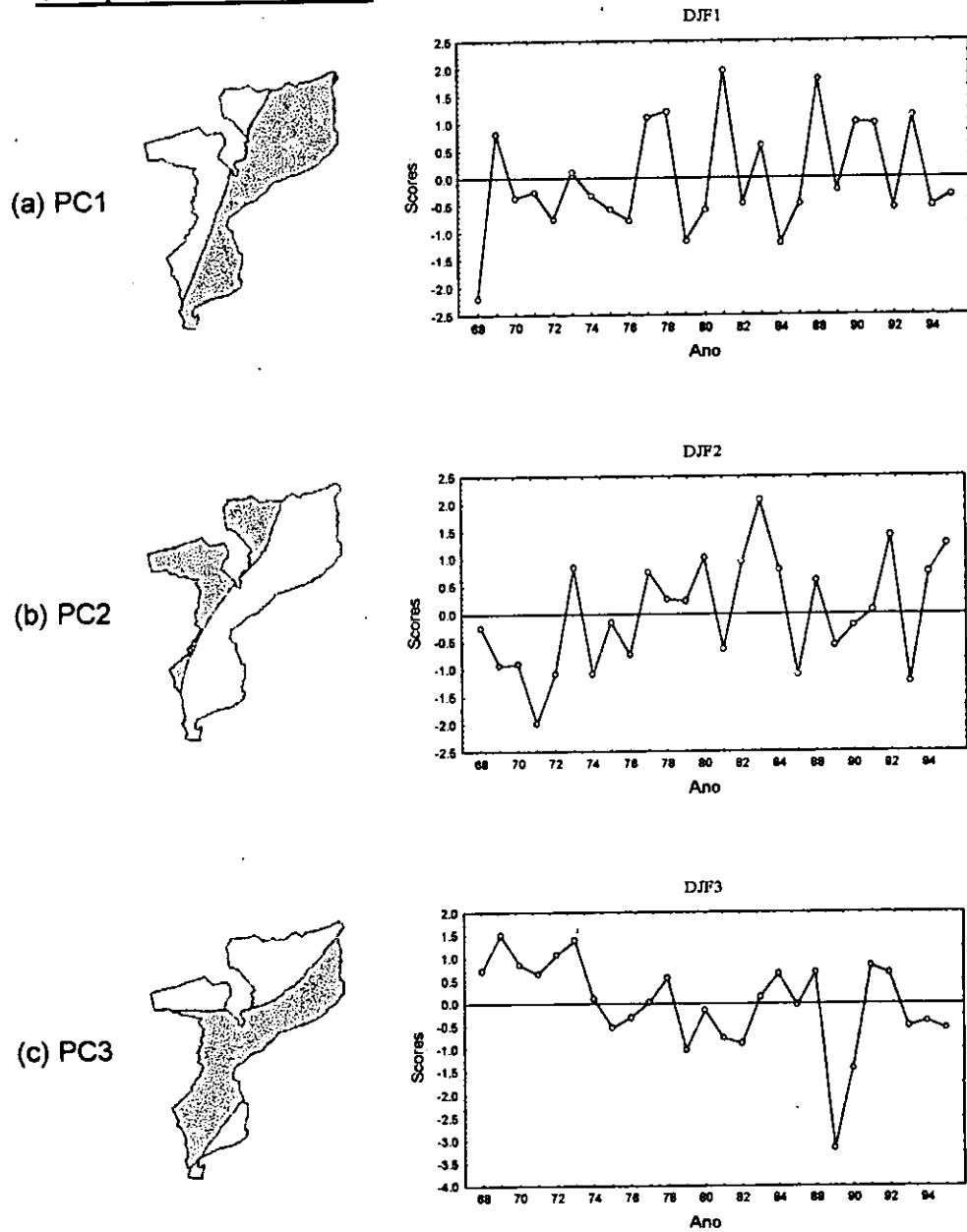
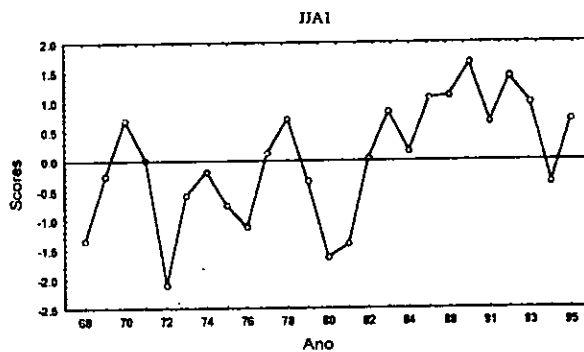


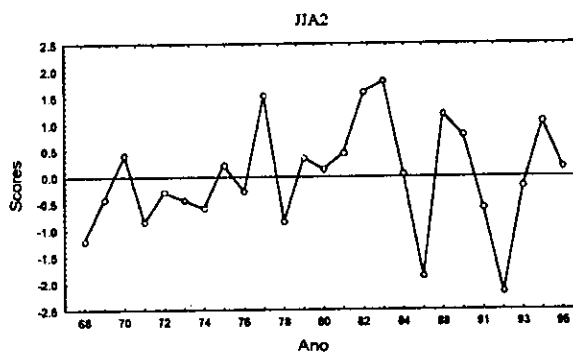
FIGURA 3.6 – Representação espacial dos “loadings” (regionalização) (lado esquerdo da Figura) e séries temporais (scores) (lado direito da figura) das PC1 (a), PC2 (b) e PC3 (c) das anomalias da Temperatura do ar sazonal de Verão. As áreas com “loadings” superiores a 0.35 estão sombreadas.

Temperatura de inverno

(a) PC1



(b) PC2



(c) PC3

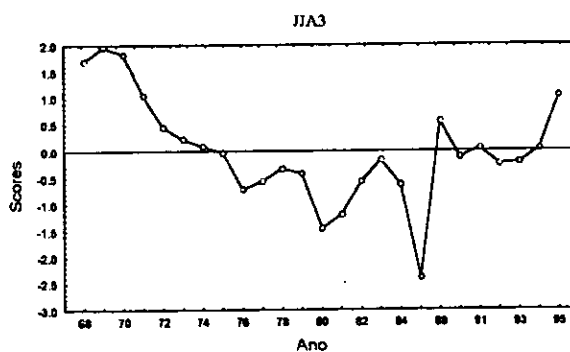


FIGURA 3.7 – Representação espacial dos “loadings” (regionalização) (lado esquerdo da figura) e séries temporais (scores) (lado direito da figura) das PC1 (a), PC2 (b) e PC3 (c) das anomalias da Temperatura do ar sazonal de Inverno. As áreas com “loadings” superiores a 0.35 estão sombreadas.

3.3 Séries temporais

Os resultados das séries temporais dos "scores" (ou amplitudes) encontram-se no lado direito das Figuras 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6 e 3.7.

Os desvios negativos indicam a ocorrência de valores abaixo do normal e os desvios positivos indicam a ocorrência de valores acima do normal. Para o estudo do comportamento destas séries com o ENSO, faz-se uma sobreposição dos períodos de ocorrência dos eventos quentes (ENSO) (Tabela 2.1) sobre a série. Este processo, dá-nos apenas uma indicação da consequência simultânea do ENSO. Sabe-se no entanto que os efeitos do ENSO sobre o clima tanto podem ser simultâneos, a curto prazo ou mesmo a médio ou longo prazo. Na secção 3.4 calcula-se a correlação entre as PCs e o ENSO para vários desvios através do seu índice denominado SOI.

3.3.1 Precipitação de Verão

A série das anomalias de precipitação de Verão referente a PC1 (FIG. 3.2 (a)) que abrange uma porção do Norte de Moçambique é caracterizada por uma distribuição equilibrada para ambos os desvios. Destaque para o pico negativo bastante acentuado de 1966 que coincide com o ENSO de 1965-66.

Na FIG. 3.2 (b) pode-se observar a série das anomalias da PC2. A distribuição dos desvios negativos e positivos é muito homogénea.

A série da PC3 (FIG. 3.2 (c)), é caracterizada por uma grande heterogeneidade na sua distribuição das anomalias negativas e positivas. Para esta região destaca-se o pico positivo de 1979 que coincide com o evento frio (anti-ENSO) de 1978/79.

Nota com qual das PCs se tem maior correlação com o ENSO?

TABELA 3.4 - Desvios registados durante os eventos quentes (ENSO) desde 1965 a 1992 (ver Tabela 2.1) de acordo com a série temporal das anomalias (scores) da precipitação de Verão.

Eventos Quentes	Desvio		
	PC1	PC2	PC3
1965-66	-	+	+
1969-70	+	-/+	-/+
1972-73	-/+	-	-
1976-77	-	+/-	+/-
1982-83	+	+/-	+/-
1986-87	+	+	+
1991-92	-/+	-	-

3.3.2 Precipitação de Inverno

Na FIG. 3.3 (a) pode-se ver a série das anomalias da PC1. Esta série pode ser dividida em duas partes. A primeira que vai de 1966 a 1976 onde a distribuição é bastante heterogénea e a segunda parte que vai de 1976 até ao fim da série em que há quase uma estabilização da série ao redor do valor normal. Existe um pico positivo em 1983 que coincide com o ENSO de 1982-83.

Para a PC2 temos uma série de anomalias bastante desequilibrada (FIG. 3.3(b)). Os dois picos mais acentuados desta série não coincidem com nenhum dos eventos do El Niño.

A série das anomalias da PC3 (FIG. 3.3 (c)), mostra uma distribuição bastante heterogénea com os picos mais acentuados a coincidirem com os eventos do El Niño.

TABELA 3.5 - O mesmo que a Tabela 3.4 mas para a precipitação de Inverno.

Eventos Quentes	Desvio		
	PC1	PC2	PC3
1965-66	+	-	+
1969-70	+/-	+/-	-
1972-73	-	-	-
1976-77	-/+	+/-	+
1982-83	-/+	-/+	-/+
1986-87	-	-	-
1991-92	-	-	-

3.3.3 Pressão atmosférica de Verão

A FIG. 3.4 (a) mostra a série das anomalias da pressão atmosférica PC1. Pode-se ver claramente que até sensivelmente o ano de 1977, há grande predominância de desvios negativos. Daí em diante, prevalecem valores positivos.

A PC2 ocupa uma área insignificante para o território moçambicano. Tal como pode-se ver na FIG. 3.4 (b), apenas uma porção na ponta Ocidental de Tete e na parte Sudeste de Nampula é que são representadas por esta PC.

Para a PC3 (FIG. 3.4 (c)), os picos mais acentuados da série das anomalias são negativos e coincidem com os eventos do El Niño, excepto o pico de 1966 que é positivo.

TABELA 3.6 - O mesmo que a Tabela 3.4 mas para a Pressão atmosférica de Verão.

Eventos Quentes	Desvio		
	PC1	PC2	PC3
1965-66	-	-	+
1969-70	-/+	-	+/-
1972-73	-/+	+	-
1976-77	-	+	-/+
1982-83	-/+	+	-/+
1986-87			
1991-92	-/+	+	+

3.3.4 Pressão atmosférica de Inverno

Note-se que a PC1 representa a maior parte do território nacional. A sua série (FIG. 3.5 (a)) é bastante homogénea com picos negativos em 1974, 1988 e 1995 e picos positivos em 1980.

A série da PC2 (FIG. 3.5 (b)), começa com anomalias positivas até ao ano de 1971 e daí tende em geral para valores negativos e ao valor normal.

A PC3 é uma série bastante heterogénea (FIG. 3.5 (c)).

TABELA 3.7 - O mesmo que a Tabela 3.4 mas para a pressão atmosférica de Inverno.

Eventos Quentes	Desvio		
	PC1	PC2	PC3
1965-66	-	+	+
1969-70	-	+	+/-
1972-73	-/+	-	-
1976-77	+/-	-	-
1982-83	+/-	-	-/+
1986-87	-/+	+	-/+
1991-92	-/+	+	-/+

3.3.5 Temperatura do ar de Verão

TABELA 3.8 - O mesmo que a Tabela 3.4 mas para a Temperatura de Verão.

Eventos Quentes	Desvio		
	PC1	PC2	PC3
1965-66	-	-	+
1969-70	-	-	+
1972-73	-/+	-/+	+
1976-77	-/+	-/+	-/+
1982-83	-/+	+	-/+
1986-87	-/+	+	-/+
1991-92	+/-	+	+/-

3.3.6 Temperatura do ar de Inverno

TABELA 3.9 - O mesmo que a Tabela 3.4 mas para a temperatura de Inverno.

Eventos Quentes	Desvio		
	PC1	PC2	PC3
1965-66	-	-	+
1969-70	-/+	-/+	+
1972-73	-	-	+
1976-77	-/+	-/+	-
1982-83	+	+	-
1986-87	+	-	-/+
1991-92	+	-	+/-

3.4 Correlações

Os resultados das correlações entre as variáveis meteorológicas e o SOI para diferentes avanços deste, estão ilustrados nas Figuras 3.8, 3.9, 3.10, 3.11, 3.12 e 3.13. Para avaliar a significância estatística das correlações, foi considerado o nível de significância de 5% excepto para casos em que um outro nível esteja indicado no próprio texto. Os valores das correlações para diferentes níveis de significância e o respectivo número de graus de liberdade (GL) estão incluídos no texto. Todo este processo estatístico foi baseado no test *t de student* (Minium, 1970).

3.4.1 Correlação entre o SOI e a Precipitação de Verão

GL: 28

Níveis de significância: 10%: 0.30 5%: 0.36 1%: 0.46

(a) PC1

A FIG. 3.8 (a) mostra o resultado da correlação SOI-PC1 da precipitação do Verão. A correlação é fraca, mesmo para o nível de significância de 10%. Estatisticamente não existe nenhuma relação entre esta PC e o SOI. No entanto, essa associação fraca é maioritariamente de sinal negativo indicando que a consequência dum evento ENSO sobre esta região seria a ocorrência de chuvas acima do normal. No entanto, mais uma vez deve-se sublinhar a inexistência de alguma relação entre esta PC e o SOI.

(b) PC2

A FIG. 3.8 (b) mostra o resultado da correlação SOI-PC2 da precipitação do Verão. Esta é a PC de Verão que representa a maior parte do território nacional (ver figura 3.2). Pode-se observar correlações significativas entre esta PC e o SOI avançado 3 meses. O sinal desta correlação é positivo o que indica a ocorrência de Verões secos 3 meses após o início dum evento quente (ENSO). Considerando o nível de significância de 10%, observam-se correlações assinaláveis com o SOI simultâneo e avançado 6 meses indicando uma certa associação com o ENSO caracterizado pela ausência de chuvas.

(c) PC3

A FIG. 3.8 (c) mostra o resultado da correlação SOI-PC3 da precipitação do Verão. Esta PC representa uma pequena área a Nordeste do território nacional. O quadro das correlações correspondente não denota nenhuma correlação significativa em nenhum dos níveis de significância.

Precipitação de verão

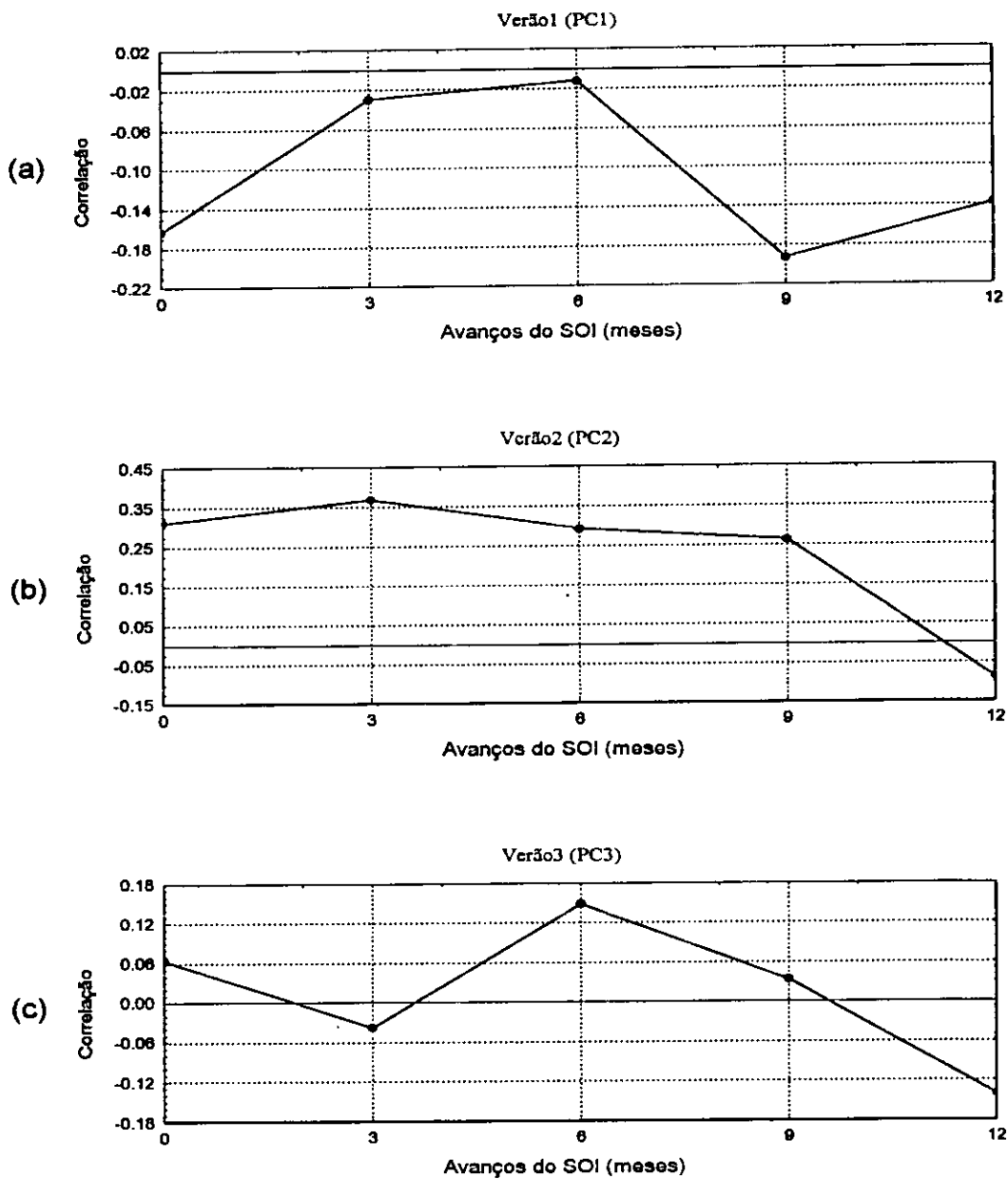


FIGURA 3.8 – Correlações entre o SOI e as anomalias da Precipitação sazonal de Verão para as PC1 (a), PC2 (b) e PC3 (c). O SOI apresenta avanços até 12 meses. As correlações mais significativas (nível de significância de 5%) estão apresentadas na Tabela 3.10.

3.4.2 Correlação entre SOI e Precipitação de Inverno

GL: 26

Níveis de significância: 10%: 0.32 5%: 0.37 1%: 0.48

(a) PC1

A FIG. 3.9 (a) mostra o resultado da correlação SOI-PC1 da precipitação do Inverno. Pode-se observar a existência de uma correlação muito significativa entre esta PC e o SOI avançado 6 meses e uma correlação fraca com o SOI avançado 9 meses. Exceptuando a correlação com o SOI simultâneo, as correlações com os restantes avanços são de sinal negativo o que sugere a ocorrência de Invernos húmidos principalmente 6 meses após o início dum evento ENSO.

(b) PC2

A FIG. 3.9 (b) mostra o resultado da correlação SOI-PC2 da precipitação do Inverno. Mesmo para o nível de significância de 10%, esta PC não denota nenhuma relação com o SOI

(c) PC3

A FIG. 3.9 (c) mostra o resultado da correlação SOI-PC3 da precipitação do Inverno. A ausência de relação com o SOI é também evidente para a região representada pela PC3 da precipitação de Inverno.

3.4.3 Correlação entre SOI e Pressão atmosférica de Verão

GL: 26

Níveis de significância: 10%: 0.32 5%: 0.37 1%: 0.48

(a) PC1

A FIG. 3.10 (a) mostra o resultado da correlação SOI-PC1 da pressão atmosférica de Verão.

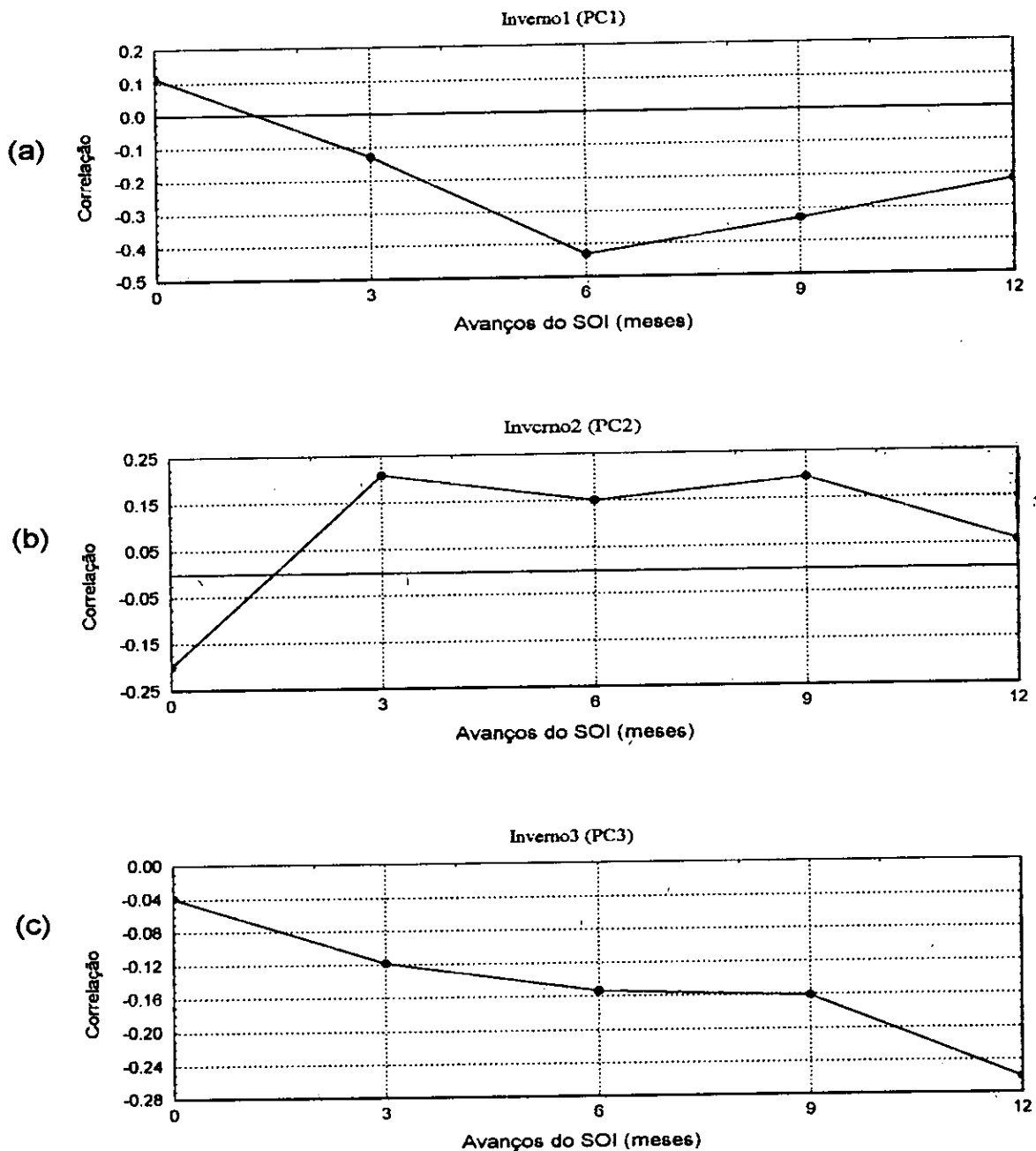
Precipitação de Inverno

FIGURA 3.9 – Correlações entre o SOI e as anomalias da Precipitação sazonal de Inverno para as PC1 (a), PC2 (b) e PC3 (c). O SOI apresenta avanços até 12 meses. As correlações mais significativas (nível de significância de 5%) estão apresentadas na Tabela 3.10.

Pressão atmosférica de verão

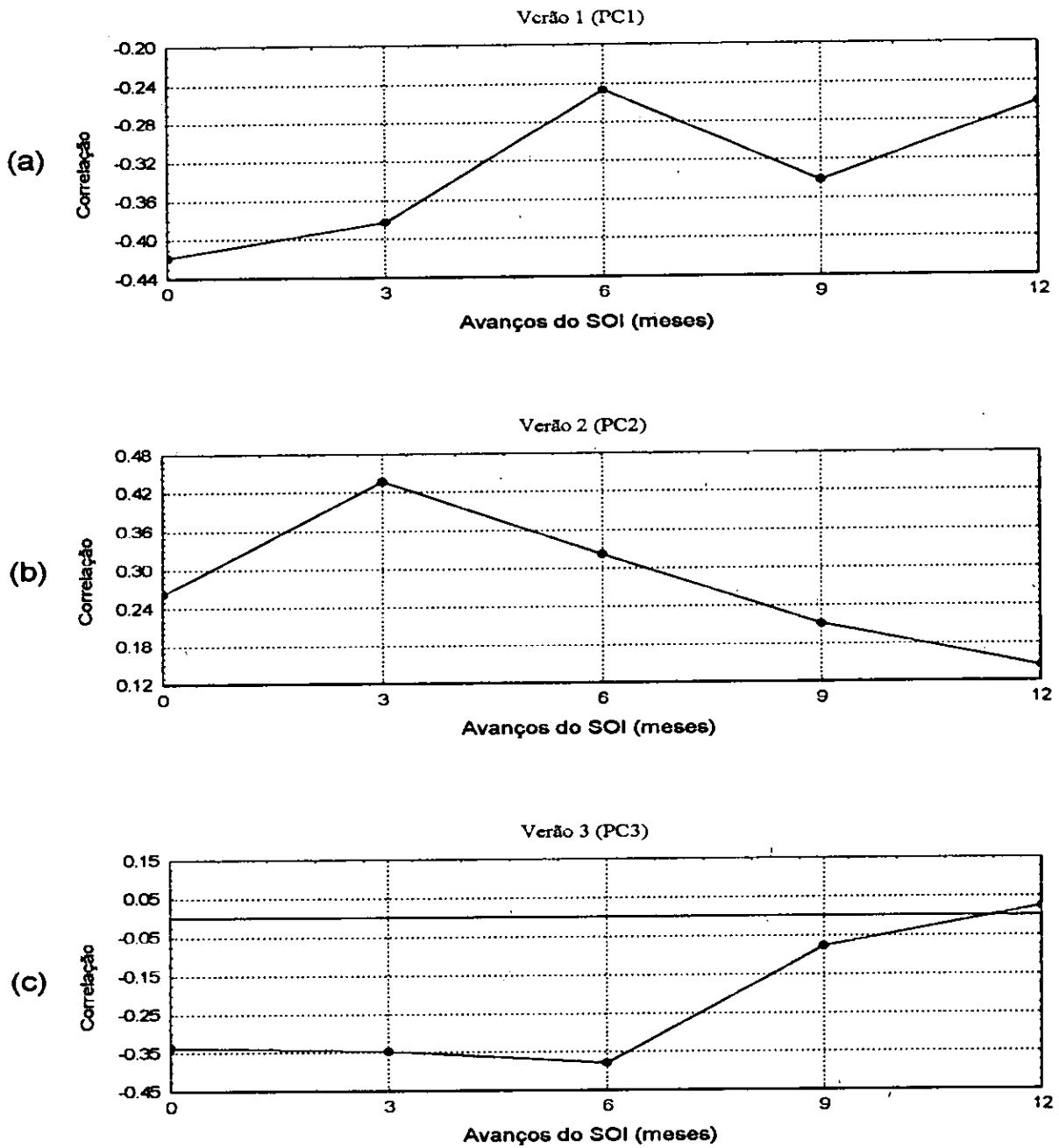


FIGURA 3.10 – Correlações entre o SOI e as anomalias da Pressão atmosférica sazonal de Verão para as PC1 (a), PC2 (b) e PC3 (c). O SOI apresenta avanços até 12 meses. As correlações mais significativas (nível de significância de 5%) estão apresentadas na Tabela 3.10.

Para o SOI simultâneo e avançado 3 meses, registam-se correlações muito significativas. Há também a assinalar a correlação com o SOI avançado 9 meses que é significativa para o nível de significância de 10%. Para os restantes avanços a correlação é quase nula. As correlações destacadas são negativas o que implica que com o ENSO esta região venha a registar uma certa subida nos valores da pressão.

(b) PC2

A FIG. 3.10 (b) mostra o resultado da correlação SOI-PC2 da pressão atmosférica de Verão. Exceptuando a relação com o SOI avançado 3 e 6 meses, os outros avanços não denotam correlações assinaláveis. Para o SOI avançado 3 meses, a correlação é muito significativa e de sinal positivo. Para o SOI avançado 6 meses, a correlação é significativa e também de sinal positivo. O resultado do ENSO sobre esta região seria assim, de diminuição da pressão 3 a 6 meses após o seu início.

(c) PC3

A FIG. 3.10 (c) mostra o resultado da correlação SOI-PC3 da pressão atmosférica de Verão. Correlações negativas e significativas se registam para avanços do SOI de 0, 3 e 6 meses. Assim, para esta região haverá a possibilidade de durante e até 6 meses após o início do ENSO, se registarem pressões altas.

3.4.4 Correlação entre SOI e Pressão atmosférica de Inverno

GL: 27

Níveis de significância: 10%: 0.31 5%: 0.37 1%: 0.47

(a) PC1

A FIG. 3.11 (a) mostra o resultado da correlação SOI-PC1 da pressão atmosférica de Inverno. Não se regista nenhuma correlação significativa.

(b) PC2

A FIG. 3.11 (b) mostra o resultado da correlação SOI-PC2 da pressão atmosférica de Inverno. Em todos os níveis de significância não há registo de nenhuma correlação significativa.

Pressão atmosférica de Inverno

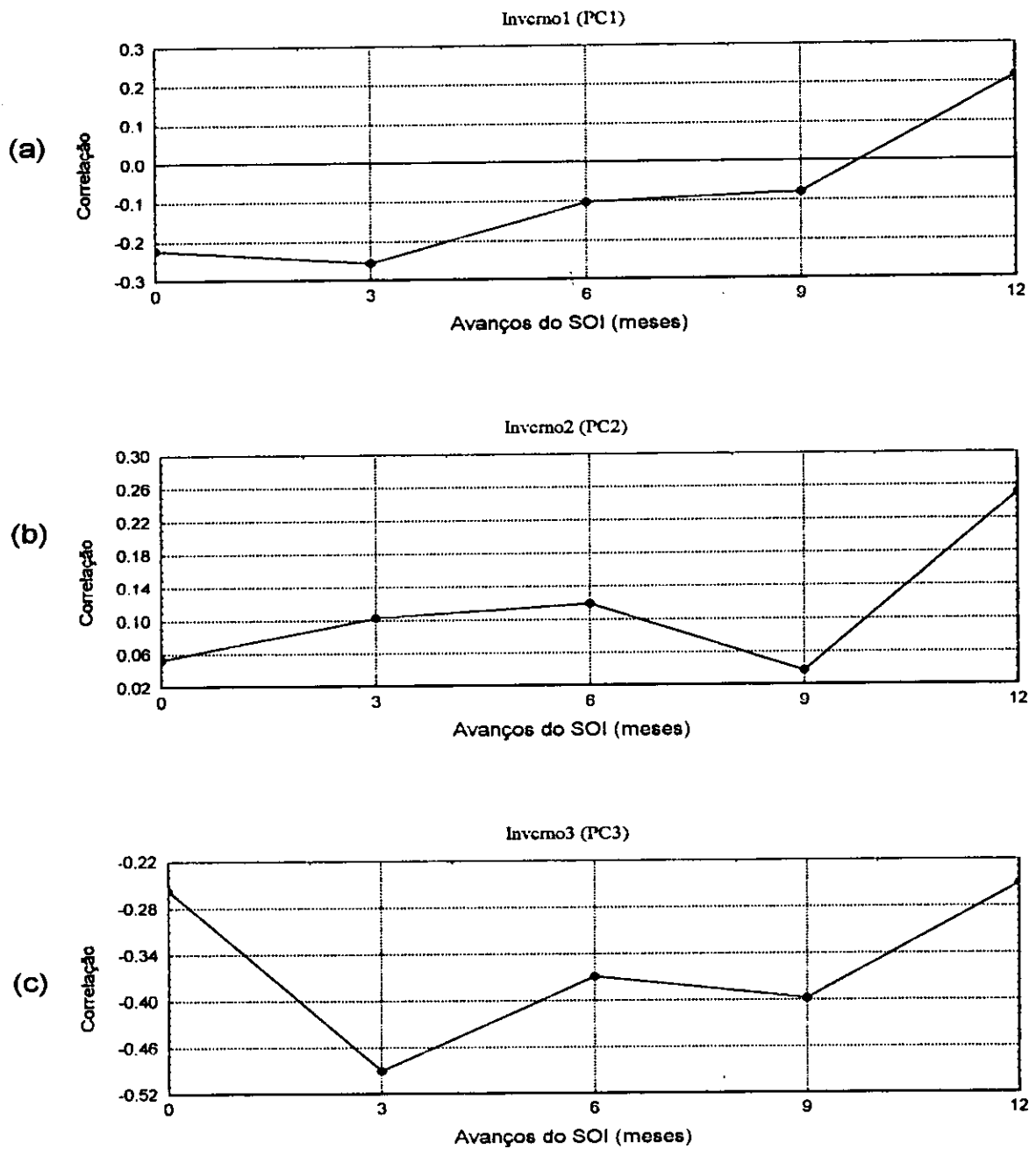


FIGURA 3.11 – Correlações entre o SOI e as anomalias da Pressão atmosférica sazonal de Inverno para as PC1 (a), PC2 (b) e PC3 (c). O SOI apresenta avanços até 12 meses. As correlações mais significativas (nível de significância de 5%) estão apresentadas na Tabela 3.10.

(c) PC3

Existem correlações significativas com o SOI avançado 3, 6 e 9 meses. As correlações apontadas possuem sinal negativo o que sugere que 3 meses após o início dum evento ENSO até sensivelmente 9 meses, esta região poderá experimentar a ocorrência de pressões acima do normal.

3.4.5 Correlação entre SOI e Temperatura de ar de Verão**GL: 26****Níveis de significância: 10%: 0.32 5%: 0.37 1%: 0.48****(a) PC1**

A FIG. 3.12 (a) mostra o resultado da correlação SOI-PC1 da temperatura do ar de Verão. As correlações entre esta PC e o SOI simultâneo e avançado 3 e 6 meses são significativas. Para os restantes avanços não se registam correlações assinaláveis. As correlações verificadas são de sinal negativo o que pressupõe que um evento ENSO venha a provocar a ocorrência de temperaturas acima do normal.

(b) PC2

A FIG. 3.12 (b) mostra o resultado da correlação SOI-PC2 da temperatura do ar de Verão. Fortes correlações são registadas entre esta PC e o SOI simultâneo e avançado 3, 6 e 9 meses. Esta é de facto a PC que regista as maiores correlações com o SOI. Mesmo para o nível de significância de 1%, as correlações são muito significativas. O sinal negativo das mesmas, sugere a ocorrência de temperaturas elevadas como resultado da ocorrência dum evento ENSO.

(c) PC3

A FIG. 3.12 (c) mostra o resultado da correlação SOI-PC3 da temperatura do ar de Verão. Registam-se fracas correlações para os avanços do SOI de 0, 3 e 6 meses. O sinal das correlações é negativo o que mais uma vez implica a ocorrência de temperaturas altas como consequência do ENSO.

Temperatura de verão

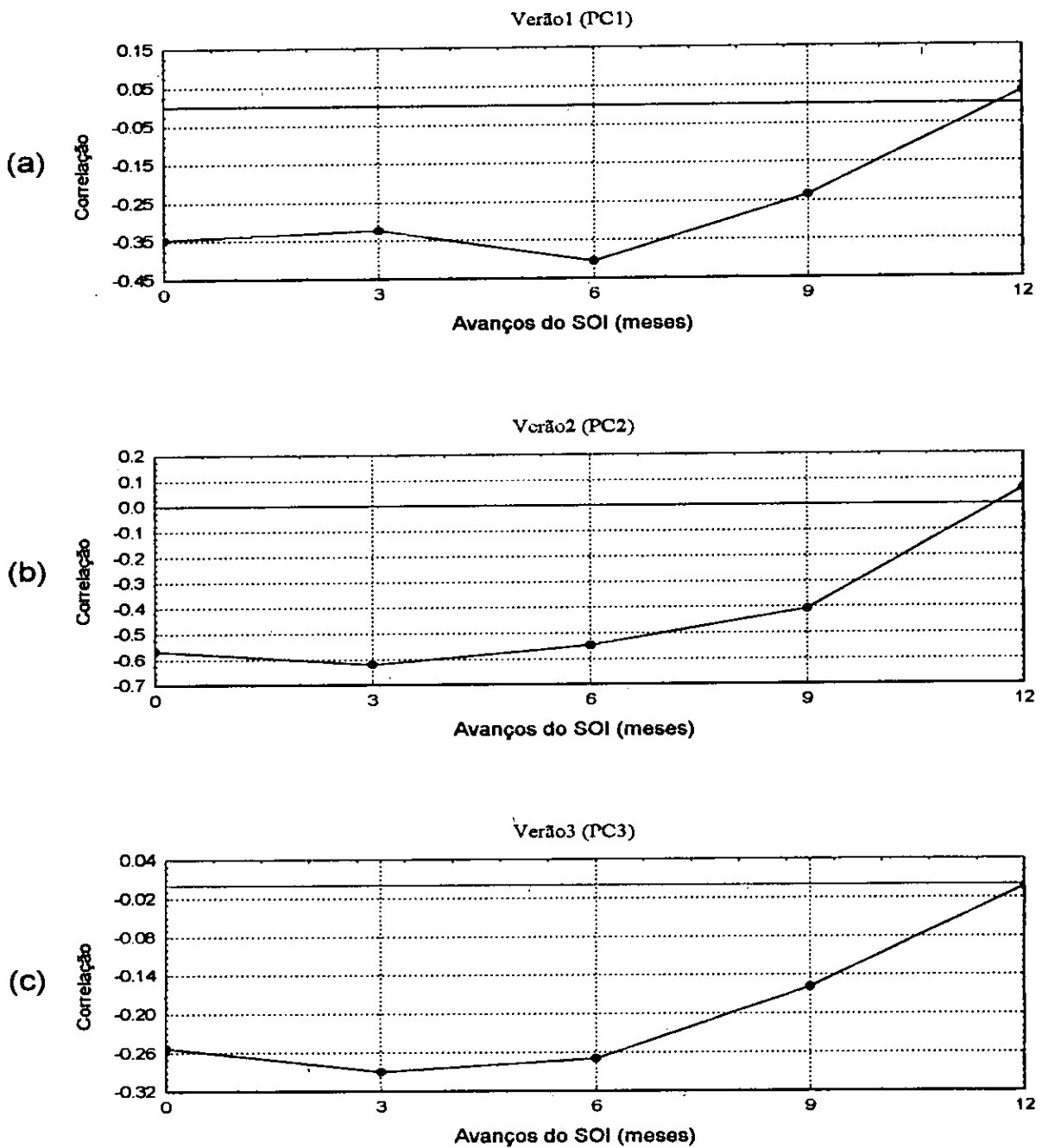


FIGURA 3.12 – Correlações entre o SOI e as anomalias da Temperatura do ar sazonal de Verão para as PC1 (a), PC2 (b) e PC3 (c). O SOI apresenta avanços até 12 meses. As correlações mais significativas (nível de significância de 5%) estão apresentadas na Tabela 3.10.

3.4.6 Correlação entre SOI e Temperatura do ar de Inverno

GL: 25

Níveis de significância: 10%: 0.32 5%: 0.38 1%: 0.49

(a) PC1

A FIG. 3.13 (a) mostra o resultado da correlação SOI-PC1 da temperatura do ar de Inverno. Significativas correlações são registadas entre a PC1 da temperatura de Inverno e o SOI avançado 6, 9 e 12 meses. Estas fortes correlações são de sinal negativo sugerindo que 6 meses após o início dum evento ENSO, e até um ano, esta região tem tendência para a ocorrência de temperaturas acima do normal.

(b) PC2

A FIG. 3.13 (b) mostra o resultado da correlação SOI-PC2 da temperatura do ar de Inverno. Não se registam correlações significativas.

(c) PC3

A FIG. 3.13 (c) mostra o resultado da correlação SOI-PC3 da temperatura do ar de Inverno. Não se registam correlações significativas.

Temperatura de Inverno

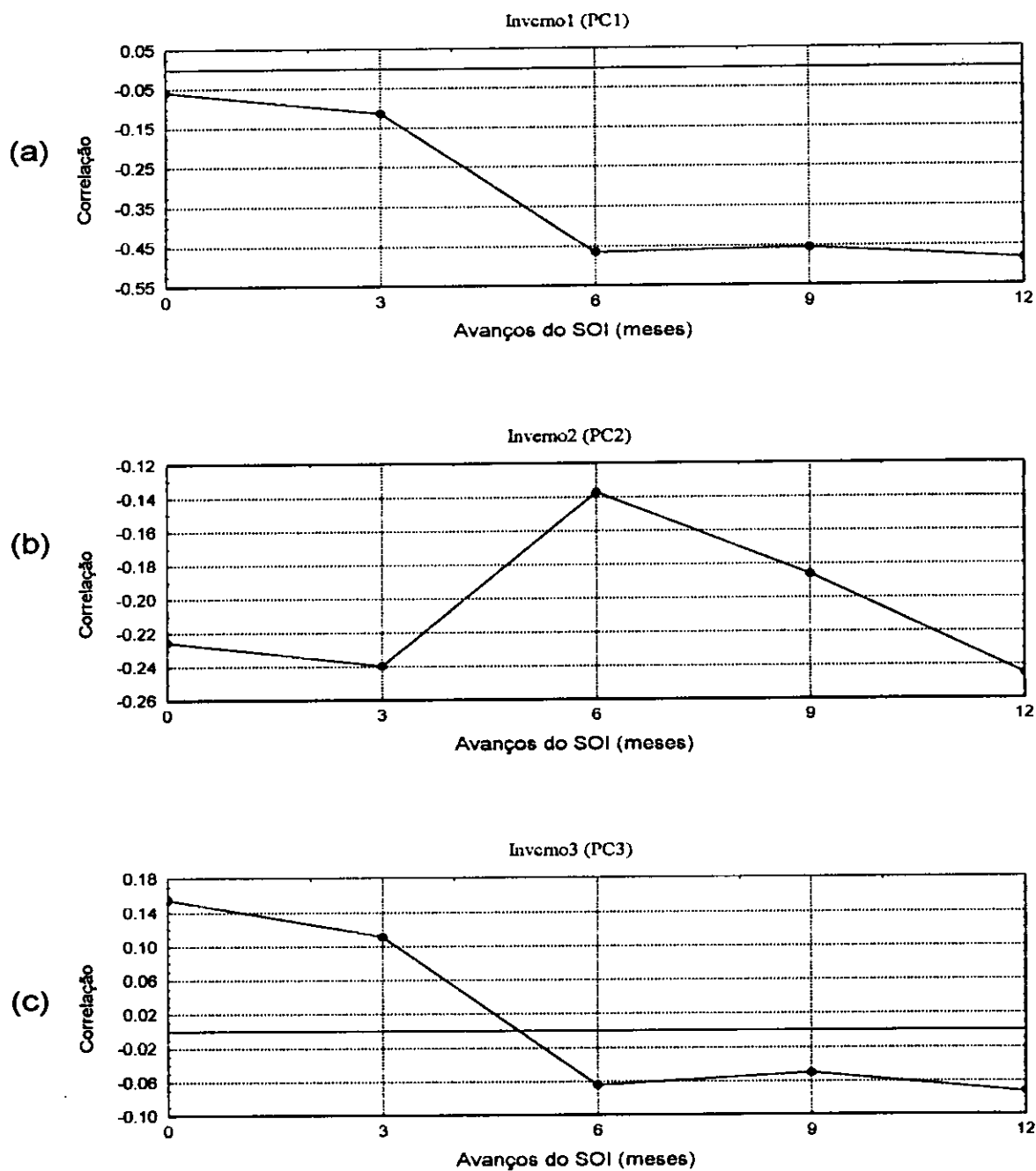


FIGURA 3.13 – Correlações entre o SOI e as anomalias da Temperatura do ar sazonal de Inverno para as PC1 (a), PC2 (b) e PC3 (c). O SOI apresenta avanços até 12 meses. As correlações mais significativas (nível de significância de 5%) estão apresentadas na Tabela 3.10.

3.4.7 Quadro resumo das correlações

Considerando apenas as correlações significativas para o nível de significância de 5%, elaborou-se a seguinte Tabela:

TABELA 3.10 - Correlações significativas entre o SOI e as PCs.

		Avanços do SOI (meses)	Correlação (Nível de sig.=5%)
Precipitação (Verão)	PC2	3	+0.37
Precipitação (Inverno)	PC1	6	-0.43
Pressão (Verão)	PC1	0	-0.42
	PC1	3	-0.38
	PC1	9	-0.34
	PC2	3	+0.44
	PC3	0	-0.34
	PC3	3	-0.35
	PC3	6	-0.37
Pressão (Inverno)	PC3	3	-0.49
	PC3	6	-0.37
	PC3	9	-0.40
Temperatura (Verão)	PC1	0	-0.35
	PC1	3	-0.35
	PC1	6	-0.40
	PC2	0	-0.55
	PC2	3	-0.62
	PC2	6	-0.55
	PC2	9	-0.40
Temperatura (Inverno)	PC1	6	-0.47
	PC1	9	-0.46
	PC1	12	-0.49

3.5 Análise espectral

As Figuras 3.14, 3.15, 3.16 e 3.17 mostram os gráficos com as frequências das oscilações mais acentuadas. Antes de se efectuar a análise espectral foi subtraída a média e retirada a tendência das séries. Este procedimento, garante a estacionaridade das séries.

A maior parte dos espectros das PCs exibem um pico significativo situado entre os períodos de 2 e 6 anos. No entanto registam-se espectros com picos situados muito fora desse intervalo (ver Tabela 3.11). Os picos do SOI estão situados entre os períodos de 2 e 6 anos.

Com a excepção dos espectros da PC1 da pressão de Verão e da PC1 da temperatura de Inverno, todas as PCs apresentam espectros situados dentro dos limites do ruído vermelho de 5% e 95%.

Densidade espectral da Precipitação

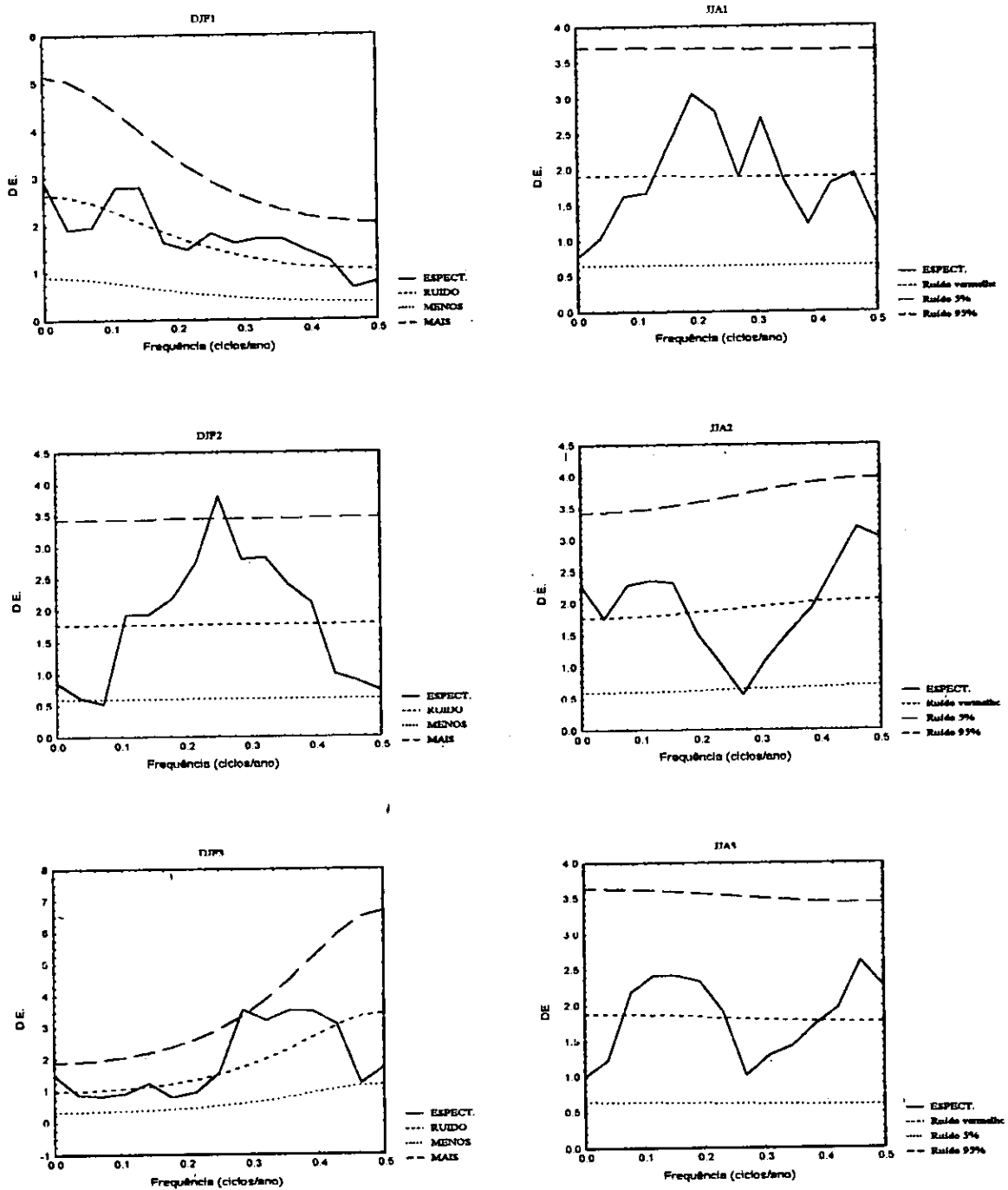


FIGURA 3.14 – Densidade espectral normalizada das séries temporais sazonais das anomalias da Precipitação.

Densidade-espectral da Pressão Atmosférica

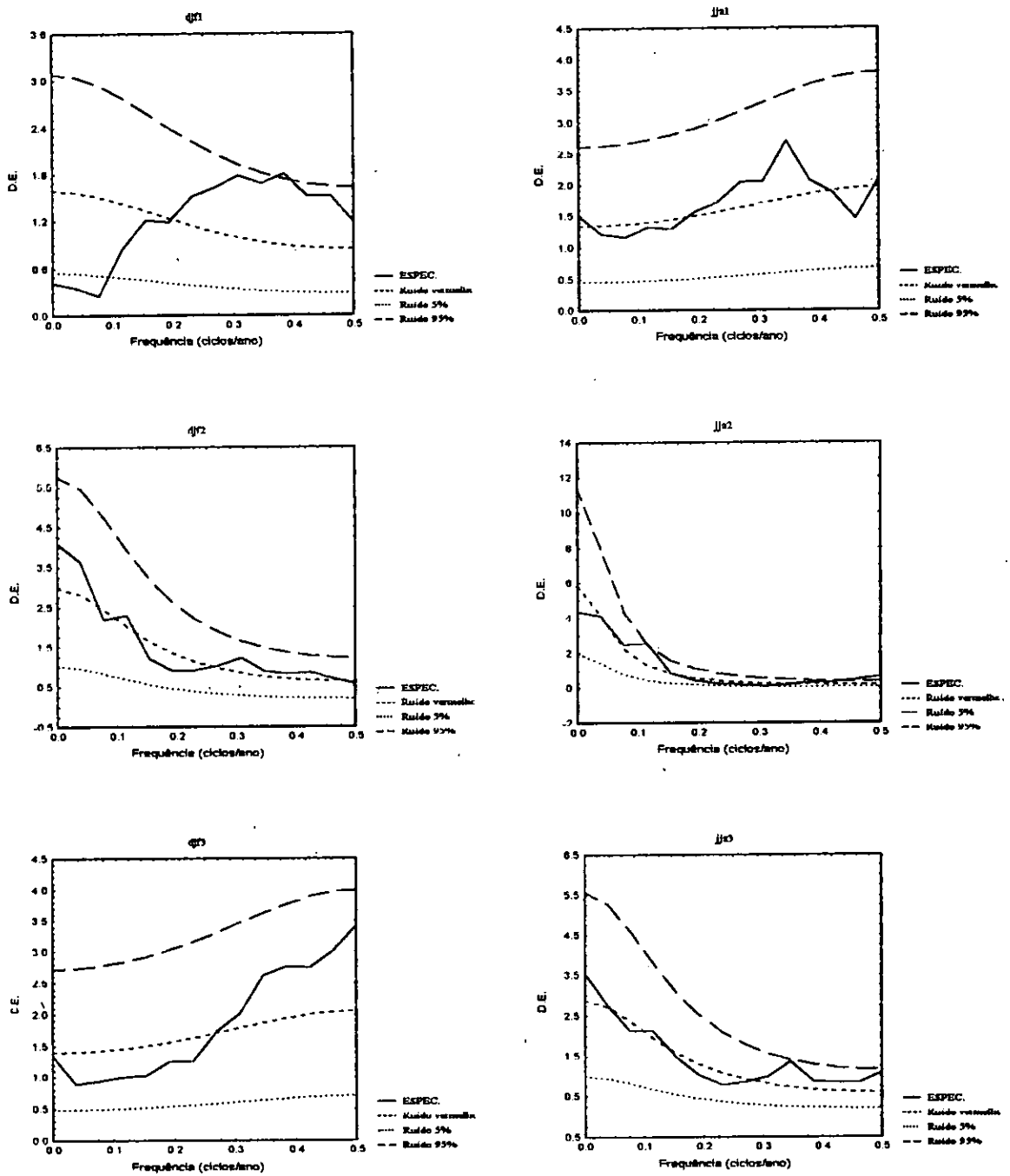


FIGURA 3.15 – Densidade espectral normalizada das séries temporais sazonais das anomalias da Pressão atmosférica.

Densidade espectral da Temperatura

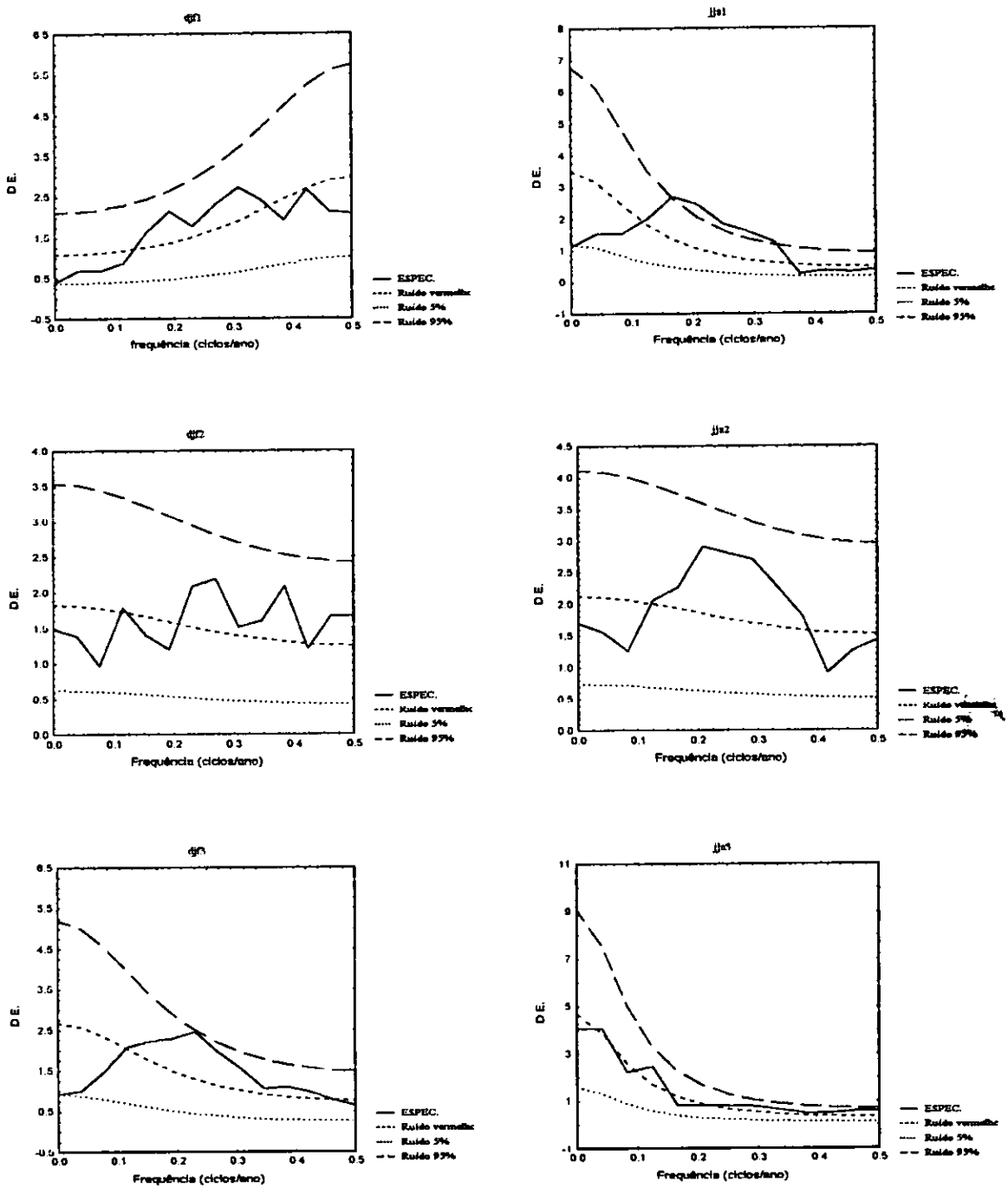


FIGURA 3.16 – Densidade espectral normalizada das séries temporais sazonais das anomalias da Temperatura do ar.

Densidade espectral do SOI

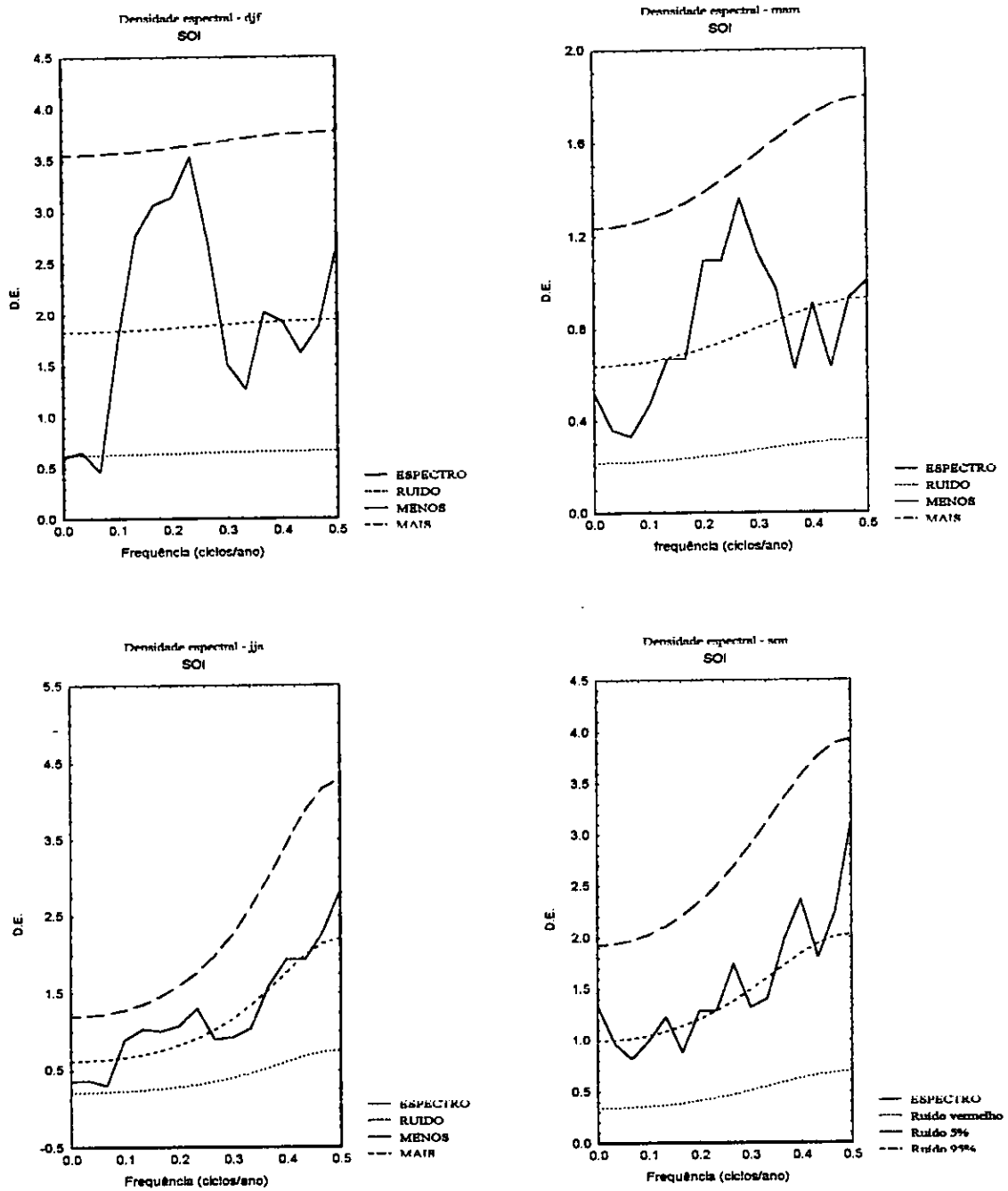


FIGURA 3.17 – Densidade espectral normalizada das séries temporais sazonais das anomalias do SOI.

Os resultados são apresentados na seguinte Tabela:

TABELA 3.11 - Resultados da análise espectral das PCs que possuem oscilações significativas.

Parâmetro	PC	Periodicidade média (anos)
Precipitação (Verão)	PC2	4,0
	PC3	3,5
Pressão (Verão)	PC1	2,6
Pressão (Inverno)	PC2	9,0
Temperatura (Inverno)	PC1	5,0

A densidade espectral do SOI correspondente ao mesmo período não apresenta picos significativos (acima do limite do ruído dos 95%). No entanto, por conveniência são apresentados os períodos das duas oscilações mais acentuadas correspondentes ao SOI de Verão e da Primavera.

TABELA 3.12 - Resultados da análise espectral do SOI

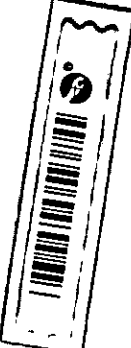
SOI	Periodicidade média (anos)
SOI (djf)	4,3
SOI (mam)	3,8

Em geral não se observam oscilações significativas.

No entanto, para a precipitação destacam-se as oscilações significativas da PC2 e PC3 de Verão que apresentam um período de 4 e 3,5 anos respectivamente. Para a pressão atmosférica o destaque vai para a PC1 de Verão e a PC2 de Inverno. Finalmente, os espectros da temperatura apresentam apenas uma oscilação significativa que corresponde a PC1 de Inverno.

Os espectros do SOI não apresentam nenhum pico acima do limite de ruído vermelho de 95%.

4. CONCLUSÃO



A presente tese faz parte duma série de três trabalhos que procuram estabelecer o grau de associação entre a variabilidade climática inter-anual de Moçambique e o fenómeno ENSO. O primeiro trabalho da série foi realizado pelo dr. Lobo no qual apresentou os principais aspectos do clima desde o relevo até aos sistemas de tempo e o seu quadro estatístico (médias, frequências, desvios, etc.) tendo culminado com uma introdução da associação clima-SOI.

Neste trabalho, o segundo da série, faz-se uma profunda investigação com o objectivo de se estabelecer o grau de associação entre a variabilidade inter-anual do clima e o ENSO. Para se atingir esse objectivo, recorreu-se ao método estatístico denominado Análise em Componentes Principais (PCA). Este método foi amplamente aplicado em trabalhos de investigação na área da meteorologia (ex.: Kutzbach 1967, Craddock e Flood 1969, Dyer 1975, Trenberth e Paolino 1981, Horel 1981, etc.). Este método, passa pela identificação dos principais modos de variabilidade tempo-espacial. No confronto das soluções não rodadas e rodadas (rotação Varimax), foram seleccionadas as que melhor representavam a estrutura espacial desejada. Três componentes principais foram seleccionadas para cada parâmetro sazonal.

Pela análise dos gráficos das séries das anomalias temporais das PCs, não é possível estabelecer alguma resposta conclusiva da relação Clima-ENSO uma vez que a influência do ENSO não é apenas simultânea.

Assim, houve a necessidade de se estabelecer uma associação para vários desvios do SOI.

Das análises efectuadas conclui-se:

4.1 Precipitação:

Para a estação de Verão, a maior parte do território moçambicano é coberta pela PC2. Esta PC apresenta correlações significativas (nível de significância de 5%) com o SOI avançado 3 meses. O sinal positivo desta correlação, sugere que o impacto do ENSO sobre esta região se caracteriza pela ocorrência de regime de secas.

No que se refere ao Inverno, a PC1 que cobre a maior parte do território apresenta uma correlação muito significativa e de sinal negativo com o SOI avançado 6 meses (nível de significância

de 5%). Este facto sugere a ocorrência de Invernos com valores de precipitação acima do normal 6 meses após o início dum evento-ENSO.

4.2 Pressão atmosférica

Todas as três PCs da pressão atmosférica de Verão registam correlações significativas com diferentes avanços do SOI. Atenção especial para a PC1 devido a enorme extensão da área por ela coberta, cerca de 90% do território nacional. Para esta PC registam-se correlações muito significativas com o SOI simultâneo e avançado 3 meses. O sinal negativo das correlações pressupõe a ocorrência de pressões acima do normal durante o ENSO e até 3 meses depois do seu início.

Para o Inverno, o destaque vai para a PC3 que regista correlações muito significativas com o SOI simultâneo e avançado 3, 6 e 9 meses. De novo a consequência é a subida das pressões em relação ao seu valor normal.

4.3 Temperatura do ar

A PC1 e a PC2 de Verão e a PC1 de Inverno, registam fortes correlações com o SOI simultâneo e avançado 3 a 12 meses. Para ambos os casos, o sinal é negativo o que sugere a ocorrência de Verões e Invernos com valores acima do normal como consequência do ENSO.

4.4 Conclusão geral

É notória a existência da associação entre a variabilidade climática de Moçambique e o fenómeno ENSO. De acordo com os resultados obtidos neste trabalho, é de se esperar que 3 meses após o início dum evento ENSO, a maior parte do nosso país venha a ressentir de períodos de seca durante o Verão, algum aumento das chuvas durante o Inverno principalmente na região representada pela PC1 de Inverno e em geral, aumento das temperaturas e das pressões.

Considerando a maior parte dos trabalhos feitos sobre a relação entre o clima da região a Sul de África e o fenómeno El Niño, que incidem mais no clima de Verão e o presente trabalho, pode-se afirmar que há uma convergência dos resultados.

4.5 Recomendações

A continuidade da investigação nesta matéria poderá servir de base para o estabelecimento dum centro de aviso prévio, sob responsabilidade do INAM, para a ocorrência de anomalias no clima em determinadas regiões do País e, estabelecer uma estreita ligação de cooperação e coordenação com o centro de monitoramento de seca sediado em Harare.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Angell, J.K. (1981). Comparison of variations in atmospheric quantities with sea surface temperature variations in the equatorial Eastern Pacific. In: *Monthly Weather Review* 109, pp 230-243
- Berlage, H.P. (1957). Fluctuations of the General Atmospheric Circulation of more than one year, their nature and prognostic value. In: *Mededelingen en Verhandelingen. Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut*, 69, pp 1-52.
- Cattel, R.B. (1966). The scree test for the number of factors. In: *Multiv. Behav. Res.*, 1, pp 245-276.
- Chen, W.Y. (1982) Assessment of Southern Oscillation sea level pressure indices. In: *Monthly Weather Review*, 110, pp 800-807.
- Craddock, J.M. e C.R. Flood (1969). Eigenvectors for representing the 500 mb Geopotential surface over the Northern Hemisphere. In: *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 95, pp 576-593.
- Diaz, H.F e D.C. Fulbright (1981). Eigenvectors analysis of seasonal temperature, precipitation and synoptic-scale frequency over the contiguous United States. PartI: Winter. In: *Monthly Weather Review*, 109, pp 1267-1284.
- Dyer, T.G.J. (1975). The Assignment of rainfall stations into homogeneous groups: An application of Principal Components Analysis. In: *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 101, pp 1005-1013.
- Ehrendorfer, M. (1987). A Regionalization of Austria's precipitation Climate using Principal Components Analysis. In: *Journal of Climatology*, 7, pp 71-89, Royal Meteorological Society.
- Horel, J.D. (1981) A rotated Principal Component Analysis of the interannual variability of the Northern Hemisphere 500 mb height field. In: *Monthly Weather Review*, 109, pp 2080-2092.

- Janowiak, J.E. (1988). An investigation of interannual rainfall variability in Africa. In: *Journal of Climatology*, 1, pp 240-255, *Royal Meteorological Society*.
- Kaiser, H.F. (1958). The Varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. In: *Psychometrika*, 23, pp 187-200.
- Kiladis, G.N. e H.F. Diaz (1989). Global climatic anomalies associated with extremes in the Southern Oscillation. In: *Journal of Climatology*, 2, pp 1069-1090, *Royal Meteorological Society*.
- Lindesay, J.A. (1988a) South African rainfall, the Southern Oscillation and a Southern Hemisphere semi-annual Cycle. In: *Journal of Climatology*, 8, pp 17-30, *Royal Meteorological Society*.
- Lindesay, J.A. (1988b) *The southern Oscillation and atmospheric circulation changes over Southern Africa*. Unpublished PhD. Thesis. University of the Witwatersrand, 284 pp.
- Lindesay, J.A. e M.J.S. Harrison (1986). The Southern Oscillation and flow fields over Southern Africa. second international conference on Southern Hemisphere Meteorology, In: *American Meteorological Society*, pp 457-460.
- Lindesay, J.A. e C.H. Vogel (1990). Historical evidence for Southern Oscillation-Southern African rainfall relationships. In: *International Journal of Climatology*, 10, pp 679-689, *Royal Meteorological Society*.
- Lindzen, R.S. e S Nigam (1987). On the role of sea surface temperature gradients in forcing low-level winds and convergence in the tropics. In: *Journal of Atmospheric Science*, 44, pp 2418-2436, *Royal Meteorological Society*.
- Matarira, C.H. (1990). Drought over Zimbabwe in a regional and global context. In: *International Journal of Climatology*, 10, pp 609-625, *Royal Meteorological Society*.
- Minium, E.W. (1970). *Statistical reasoning in psychology & education*. 465 pp. John Wiley & Sons, Inc., New York-London-Sydney.
- Nicholson, S.E. e D. Entekhabi (1986). The quasi-periodic behavior of rainfall variability in Africa and its relationship to the Southern Oscillation. In: *Arch. Meteor. Geophys. Bioklimatol., ser. A*, 34, pp 311-348.
- North, G.R., T.L. Bell, R.F. Cahalan e F.J. Moeng (1982). Sampling errors in the estimation of empirical orthogonal functions. In: *Monthly Weather Review*, 110, pp 699-706.
- Pan, Y.H. e A.H. Oort (1983) Global climate variations connected with sea surface temperature anomalies in the Eastern Equatorial Pacific Ocean for the 1958-73 Period. In: *Monthly Weather Review*, 111, pp 1244-1258.
- Preisendorfer, R.W. (1988). *Principal Components Analysis in Meteorology and Oceanography*. Elsevier, Amsterdam-Oxford-New York-Tokyo, 425 pp.

- Preisendorfer, R.W e T.P. Barnett (1977). Significance tests for empirical orthogonal functions. *Fifth Conference in Atmospheric Sciences*, Las Vegas.
- Ramage, C.S. (1983). Teleconnections and the siege of time. In: *Journal of Climatology*, 3, pp 223-231, *Royal Meteorological Society*.
- Richman, M.B. (1986). Rotation of Principal Components. In: *Journal of Climatology*, 6, pp 293-335, *Royal Meteorological Society*.
- Rocha, A. (1992). *The influence of Global Sea Surface Temperature on Southern African Summer Climate*. Ph.D. Thesis. 250 pp. Melbourne, University of Melbourne.
- Rocha, A e I. Simmonds (1997). Interannual variability of South-Eastern African summer rainfall. Part I: Relationships with air-sea interaction processes. In: *International Journal of Climatology*, Vol. 17, pp 235-265, *Royal Meteorological Society*.
- Ropelewski, C.F. e M.S. Halpert (1987). Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation. In: *Monthly Weather Review*, 115, pp1606-1626.
- Rumel, R.J. (1970) *Applied factor analysis*. Northwestern Press, Evanston, 616 pp.
- Schulze, G.C. (1986). South African rainfall related to warm and cold events. Second International Conference on Southern Hemisphere Meteorology, In: *American Meteorological Society* OC, pp 465-467.
- Spiegel, M.R. (1988). *Theory and Problems of Statistics*. Schaum's Outline Series, McGraw-Hill, 5ª Edição, 539 pp.
- SPSS (1995). *Statistica*. 5 volumes, 2ª Edição, 5494 pp. StatSoft, Inc.
- Stidd, C.K. (1967). The use of eigenvectors for climatic estimates. In: *Journal of Applied Meteorology*, 6, pp 255-264.
- Stoeckenius, T. (1981). Interannual variations of tropical precipitation patterns. In: *Monthly Weather Review*, 109, pp 1233-1247.
- Trenberth, K.E. (1984). Signal versus noise in the Southern Oscillation. In: *Monthly Weather Review*, 112, pp 326-332.
- Trenberth, K.E. e D.A. Paolino (1981). Characteristics patterns of variability of sea level pressure in the Northern Hemisphere. In: *Monthly Weather Review*, 109, 1169-1189.
- Vaň, J., D.E. Terblanche e G.C. Sculze (1988). The Southern Oscillation and south African summer rainfall. In: *Journal of Climatology*, 8, pp 577-597, *Royal Meteorological Society*.
- Walker, G.T. e E.W. Bliss (1932). *World weather* V. Memoirs of the Royal Meteorological Society, 4(36), pp 53-84.

Walsh, J.E., M.B. Richman e D.W. Allen (1982) Spatial coherence of monthly precipitation in the United States. In: *Monthly Weather Review*, 110, pp 272-286.

Whetton, P.H. (1990). A synoptic climatological analysis of rainfall variability in South Eastern Australia. In: *Journal of Climatology*, 8, pp 155-177, *Royal Meteorological Society*.

WMO (1966). *Climate Change*, No 79, pp 79, WMO, Geneva.

Wright, P.B (1975). An index of the Southern Oscillation. Report CRU RP4, In: *Climate Research Unit*, University of East Anglia, Norwich, UK, 22 pp.

Wright, P.B., T.P. Mitchell e J.M. Wallace (1985). Relationship between surface observations over the global Oceans and the Southern Oscillation. In: *NOAA Data Report ERL PMEL-12*, 61 pp.

Anexos
I, II, III, IV e V

Dados mensais de precipitação Beira.

Dados normalizados para o ficheiro de entrada (input file) de precipitação das 13 estações consideradas para a realização deste trabalho.

Dados do Índice de Oscilação Austral (SOI) para o período 1966-1995.

data file: PRECI_BEI.STA [31 cases with 17 variables]

	1 ANO	2 JAN	3 FEV	4 MAR	5 ABR	6 MAI	7 JUN	8 JUL	9 AGO
1	1966	225.70	768.10	141.20	112.30	58.60	142.30	24.40	12.30
2	1967	156.60	436.30	385.70	104.10	190.60	38.60	20.10	52.40
3	1968	117.00	191.40	186.10	111.80	40.50	19.70	10.10	10.00
4	1969	497.00	194.60	191.50	64.10	41.70	52.30	22.00	77.20
5	1970	224.80	111.10	75.80	30.90	40.30	44.50	50.30	10.10
6	1971	293.30	139.10	65.80	64.30	97.50	33.80	7.70	13.80
7	1972	295.30	296.90	327.60	150.70	34.20	5.00	11.70	4.30
8	1973	159.30	165.20	225.70	146.50	66.00	44.30	37.50	4.50
9	1974	82.40	405.70	510.70	110.10	80.90	.90	45.70	58.70
10	1975	94.40	271.70	523.30	257.20	82.60	147.00	22.20	160.60
11	1976	314.40	662.80	515.70	112.10	135.00	29.90	2.50	14.10
12	1977	104.90	346.70	494.40	75.20	13.10	55.60	38.90	107.60
13	1978	206.70	143.30	406.90	137.00	151.00	241.90	54.40	3.10
14	1979	218.30	355.90	199.80	105.60	39.10	64.50	52.00	26.00
15	1980	186.00	136.90	106.10	84.40	66.40	12.50	41.40	83.70
16	1981	131.60	581.10	101.70	132.90	21.20	9.80	93.00	17.90
17	1982	324.00	521.40	78.20	402.60	45.10	64.30	53.10	21.50
18	1983	166.70	411.30	47.70	34.60	60.10	30.10	194.90	27.00
19	1984	45.30	196.40	650.50	60.70	110.00	6.50	29.60	60.00
20	1985	254.90	225.10	298.20	179.60	117.30	10.80	32.70	39.50
21	1986	347.40	148.70	366.60	220.40	37.30	19.00	25.30	1.50
22	1987	250.10	72.80	127.20	70.60	115.00	90.80	4.40	33.90
23	1988	305.00	209.30	509.80	121.20	247.70	66.50	201.80	46.50
24	1989	155.40	329.20	132.20	166.80	88.50	11.00	257.40	1.80
25	1990	649.00	190.60	232.10	314.90	110.90	58.30	11.50	53.60
26	1991	93.80	355.20	415.60	22.80	15.60	26.50	31.90	7.60
27	1992	127.20	251.50	126.50	159.80	38.60	41.40	3.40	29.30
28	1993	60.20	341.40	213.60	11.90	31.40	61.70	150.60	49.30
29	1994	318.80	199.50	150.90	67.20	41.30	22.40	21.80	36.80
30	1995	118.20	127.50	179.40	85.00	17.00	47.40	59.10	1.50
31									

	10 SET	11 OUT	12 NOV	13 DEZ	14 DJF	15 MAM	16 JJA	17 SON
1	13.20	8.00	142.70		496.90	104.03	59.67	54.63
2	24.00	4.50	131.40	131.40	241.43	226.80	37.03	53.30
3	1.50	32.10	154.00	60.30	122.90	112.80	13.27	62.53
4	6.20	26.10	164.30	223.00	304.87	99.10	50.50	65.53
5	18.80	23.10	271.60	617.50	317.80	49.00	34.97	104.50
6	7.20	39.80	165.80	154.50	195.63	75.87	18.43	70.93
7	1.30	18.80	109.00	98.90	230.37	170.83	7.00	43.03
8	1.60	73.20	201.90	111.70	145.40	146.07	28.77	92.23
9	59.00	5.70	35.20	443.50	310.53	233.90	35.10	33.30
10	0.00	11.90	54.40	241.80	202.63	287.70	109.93	22.10
11	4.50	27.50	21.50	322.60	433.27	254.27	15.50	17.83
12	53.60	4.60	280.00	294.80	248.80	194.23	67.37	112.73
13	9.70	78.10	9.70	406.30	252.10	231.63	99.80	32.50
14	14.00	50.70	143.70	78.10	217.43	114.83	47.50	69.47
15	158.30	7.70	49.20	142.70	155.20	85.63	45.87	71.73
16	78.40	48.50	252.40	202.20	304.97	85.27	40.23	126.43
17	45.90	43.20	43.20	252.40	365.93	175.30	46.30	44.10
18	.10	40.30	107.10	59.00	212.33	47.47	84.00	49.17
19	.60	18.00	187.50	180.00	140.57	273.73	32.03	68.70
20	175.50	70.50	79.30	360.80	280.27	198.37	27.67	108.43
21	14.40	70.10	48.60	281.80	259.30	208.10	15.27	44.37
22	15.60	23.40	12.60	289.80	204.23	104.27	43.03	17.20
23	.50	115.70	91.40	465.60	326.63	292.90	104.93	69.20
24	9.30	148.20	36.30	211.80	232.13	129.17	90.07	64.60
25	27.60	12.90	166.00	145.20	328.27	219.30	41.13	68.83

	10 SET	11 OUT	12 NOV	13 DEZ	14 DJF	15 MAM	16 JJA	17 SON
26	25.40	1.30	86.50	34.90	161.30	151.33	22.00	37.73
27	.60	86.50	90.40	90.40	156.37	108.30	24.70	59.17
28	.40	5.90	259.20	955.20	452.27	85.63	87.20	88.50
29	32.50	18.30	4.50	113.30	210.53	86.47	27.00	18.43
30	27.00	58.10	260.30	138.80	128.17	93.80	36.00	115.13
31				980.50				

data file: IN_PCA_DJF_PRECI.STA [28 cases with 14 variables]

	1 ANO	2 BEI	3 CHI	4 INH	5 LIC	6 MAP	7 MOC	8 MTP	9 NAM
1	1966	2.52	.05	2.20	-.18	3.47	-1.89	-2.56	.36
2	1967	-.14	.00	1.19	.35	.98	-.36	-.93	-1.47
3	1968	-1.37	-1.49	.11	-1.18	.01	2.34	1.60	-.90
4	1969	.52	-.58	-.18	.44	-.25	-1.09	.26	.05
5	1970	.66	.18	-.63	.10	-1.13	1.05	-.02	2.05
6	1971	-.61	-.02	-1.18	2.26	-.82	-.47	1.56	1.17
7	1972	-.25	.33	1.54	1.30	.25	-.33	.16	-.92
8	1973	-1.14	-1.67	-.62	-.97	-.89	-.68	.69	-1.14
9	1974	.58	1.17	-.13	.88	.25	-.63	1.09	-.16
10	1975	-.54	1.19	-.03	-.41	.53	.49	-.78	-1.04
11	1976	1.86	1.11	.17	.02	1.51	.35	.36	1.05
12	1977	-.06	.58	1.81	-.38	1.29	-.30	-1.06	-.90
13	1978	-.03	-.36	2.33	-1.20	.36	.31	-1.09	.44
14	1979	-.39	-.18	-.53	-.07	-.64	2.90	1.90	.34
15	1980	-1.04	-.74	-.77	-.90	-.79	-.73	-1.03	-1.71
16	1981	.52	1.79	.41	1.54	.29	-.45	-.39	-1.62
17	1982	1.16	.84	-.02	-1.50	-1.16	.22	-.68	.31
18	1983	-.44	-.90	-1.13	.63	-.82	.13	-.50	1.07
19	1984	-1.19	-.89	.86	-1.11	.50	.24	.05	-.53
20	1986	.05	-.52	-.51	.53	-.53	-1.41	.11	1.95
21	1988	.75	.43	-.55	.69	-1.08	-.36	1.22	.18
22	1989	-.23	1.69	-.82	2.03	-.54	-.10	-.78	-.89
23	1990	.77	.98	-.82	1.03	.84	1.08	-.22	-.26
24	1991	-.97	-1.54	.31	-1.23	.09	-.18	.12	-.37
25	1992	-1.02	-1.89	-1.53	-.33	-.83	-.80	.96	1.20
26	1993	2.06	.88	-.42	.13	.52	-.42	-.48	.16
27	1994	-.46	-.58	-.08	-.66	-.64	-.26	-.89	-.06
28	1995	-1.32	-.48	.38	-1.35	-.79	.20	1.02	1.19

	10 PEM	11 QUE	12 TET	13 VIL	14 XAI
1	.33	.91	2.17	1.18	1.45
2	.15	-.62	-.92	1.72	1.65
3	1.53	-.26	-.52	-.84	-.78
4	-.72	-.35	-.36	.75	-1.34
5	-.59	1.31	.58	-1.29	-1.19
6	.71	.85	.14	-.75	-.51
7	-.66	-.95	1.93	1.06	1.42
8	1.22	-.65	-.38	-1.02	.12
9	-1.49	-.46	.47	.56	.04
10	-.71	-1.16	.24	.78	.17
11	-.09	-.87	-.32	.33	1.82
12	-1.77	-.55	-.54	.62	1.41
13	-1.54	-1.40	1.21	.86	1.42
14	2.15	1.42	-.87	.50	-.72
15	-.22	.52	-.58	-.89	-.86
16	-.45	1.01	.04	1.24	-.23
17	.55	3.13	.08	.14	-.87
18	.54	-1.11	-1.85	-1.17	-1.16
19	-.33	.98	.59	-.15	.40
20	.94	.93	1.23	-.92	-.26
21	-1.65	-.45	-.42	-.34	-1.30
22	.08	.97	.84	-.97	-.69
23	1.30	.09	1.09	-.57	1.43
24	-1.21	-.21	.27	2.33	.36
25	.46	-.65	-1.77	-1.53	-1.01
26	-.27	-.44	.66	-.45	.45
27	1.32	-.88	-1.66	.58	.16
28	.74	-.21	-1.31	-1.13	-.97

data file: IN_PCA_JJA_PRECI.STA [26 cases with 14 variables]

	1 ANO	2 BEI	3 CHI	4 INH	5 LIC	6 MAP	7 MOC	8 MTP	9 NAM
1	1966	.46	.30	-.77	.29	.49	.06	-.21	-.03
2	1967	-.33	.57	-.17	-.46	-.21	1.49	-.04	.09
3	1968	-1.15	-.12	-.48	1.12	.87	-.32	-.75	-1.03
4	1969	.14	.25	-.58	.27	-.08	2.44	-.25	1.05
5	1970	-.40	.71	.19	-.89	-.14	-.71	-.86	-.71
6	1971	-.97	-.88	1.69	-.65	-.77	1.10	-.08	-1.24
7	1972	-1.37	-.86	-.64	.44	-.74	-.28	-.42	-.38
8	1973	-.61	.54	.16	-.46	-.42	-.79	-.36	-.26
9	1974	-.39	.76	-.72	3.38	-.73	-.92	-.21	2.00
10	1975	2.20	.31	-.47	-.54	.09	-.80	-.47	-.53
11	1976	-1.07	-.68	.70	-.53	-1.22	2.49	-.43	-.05
12	1977	.73	-.27	-.13	-.79	-.32	-1.16	-.80	-.92
13	1979	.04	.32	-.37	-.40	.16	-.85	3.86	.67
14	1980	-.02	-.33	-.96	-.52	-.10	-.52	.39	-.38
15	1981	-.21	-.52	.07	-.85	-.06	-1.18	-.52	.41
16	1982	-.00	-.20	-1.27	.05	-.72	.53	-.54	.09
17	1983	1.30	4.39	.73	2.33	-.23	.07	-.49	3.62
18	1984	-.50	-.35	1.02	.25	4.10	1.19	.20	-.07
19	1985	-.65	-.62	3.27	1.20	-1.07	.90	.78	.79
20	1988	2.03	-.70	.01	-.89	.31	-.67	-.15	-.76
21	1989	1.51	-.28	.49	-.27	.17	.90	.15	.71
22	1990	-.18	-.08	-1.56	-.89	-.55	-.66	-.29	.11
23	1991	-.85	-.83	-1.35	.43	.36	-.20	2.22	-.03
24	1992	-.75	-.15	-.45	-.75	-.38	.28	.17	-.66
25	1993	1.41	.26	1.32	.61	1.26	.43	-.75	-.81
26	1994	-.67	-1.01	.02	-.25	-.80	-.26	-.16	-.22

	10 PEM	11 QUE	12 TET	13 VIL	14 XAI
1	-.10	.65	.36	-.01	-.28
2	-.44	2.03	.59	.16	.19
3	.11	-1.37	.50	-.23	-.30
4	.31	.06	-.31	.96	-.91
5	-1.33	-.76	-.83	.13	-1.43
6	-1.24	-1.64	-1.11	-.84	1.04
7	-1.22	-1.12	.11	-.84	-.12
8	-.44	-.84	.91	-.59	.62
9	1.51	-.53	2.18	.40	-.98
10	-.21	.98	-.56	1.90	-1.09
11	-1.04	.16	-1.00	-.48	.72
12	-.27	1.28	-.44	2.76	.29
13	-.04	2.08	.80	.03	.18
14	-.30	1.32	.31	-.01	-.49
15	.21	.31	-.52	-.82	-.66
16	.67	-.63	-.05	-1.05	-.79
17	3.17	.25	-.12	2.88	-.43
18	.79	-.20	-.75	-.35	.99
19	.58	-1.09	-.88	-.43	.58
20	-.68	.14	2.00	-.97	-.05
21	1.66	-.76	-1.01	-.05	.30
22	.53	.24	-.79	-.18	-1.43
23	.82	-.64	-1.05	-.27	-.82
24	.64	.03	1.75	-.50	-.12
25	.41	1.40	-.17	1.01	.55
26	-1.32	.53	-1.20	-.43	1.81

	1 ANO	2 JAN	3 FEB	4 MAR	5 APR	6 MAY	7 JUN	8 JUL	9 AUG	10 SEP	11 OCT	12 NOV	13 DEC	14 DJF
62	1943	1.20	1.20	.30	1.00	.20	-.70	.20	.60	.50	.80	.20	-1.20	1.33
63	1944	-1.20	.40	.50	-.40	-.10	-.40	-.90	.20	.30	-1.00	-.80	.30	-.67
64	1945	.60	.70	1.40	-.50	0.00	.50	.30	1.00	.90	.10	-.50	.70	.53
65	1946	-.40	.40	-.40	-.70	-.90	-.90	-1.10	-.60	-1.80	-1.40	-.30	-.90	.23
66	1947	-.70	-.80	1.20	-.40	-1.10	.10	.90	.50	1.20	-.30	.70	.50	-.80
67	1948	-.50	-.50	-.70	.20	.30	-.50	0.00	-.60	-.90	.50	.20	-.90	-.17
68	1949	-1.10	.10	.50	.10	-.50	-1.00	-.20	-.60	.20	.40	-.80	.70	-.63
69	1950	.50	2.10	1.90	1.20	.60	2.00	2.00	1.10	.70	1.60	1.00	2.70	1.10
70	1951	1.70	.60	-.80	-.60	-1.00	-.30	-1.40	-.70	-1.30	-1.40	-1.00	-1.00	1.67
71	1952	-1.20	-1.10	0.00	-.50	.60	.50	.40	-.40	-.30	.20	-.20	-1.60	-1.10
72	1953	.20	-1.00	-.80	-.10	-2.20	-.30	-.10	-1.90	-1.50	-.20	-.40	-.70	-.80
73	1954	.60	-.70	-.30	.40	.30	-.30	.30	.80	.20	.10	.10	1.50	-.27
74	1955	-.70	1.80	.10	-.50	.90	1.10	1.70	1.20	1.50	1.50	1.30	1.00	.87
75	1956	1.40	1.50	.90	.70	1.30	.80	1.10	.90	0.00	1.90	.10	1.00	1.30
76	1957	.60	-.50	-.40	0.00	-1.00	-.20	.10	-1.00	-1.10	-.20	-1.20	-.50	.37
77	1958	-2.30	-1.00	-.30	.10	-.90	-.20	.30	.60	-.40	-.20	-.60	-.90	-1.27
78	1959	-1.20	-2.00	.90	.20	.30	-.60	-.50	-.60	0.00	.30	1.00	.80	-1.37
79	1960	0.00	-.30	.60	.60	.30	-.30	.40	.50	.70	-.10	.50	.80	.17
80	1961	-.40	.70	-2.70	.70	.10	-.30	.10	-.20	.10	-.70	.60	1.60	.37
81	1962	2.20	-.70	-.40	0.00	1.00	.40	-.10	.30	.50	.90	.30	0.00	1.03
82	1963	1.10	.40	.70	.60	.10	-1.00	-.30	-.50	-.70	-1.60	-1.00	-1.60	.50
83	1964	-.50	-.30	.70	1.00	-.10	.40	.40	1.30	1.40	1.30	0.00	-.50	-.80
84	1965	-.60	.10	.20	-.80	-.10	-1.00	-2.20	-1.20	-1.50	-1.20	-1.80	0.00	-.33
85	1966	-1.70	-.70	-1.70	-.50	-.70	0.00	-.10	.30	-.30	-.40	-.10	-.60	-.80
86	1967	1.90	1.60	.80	-.30	-.30	.30	0.00	.50	.60	-.20	-.60	-.80	.97
87	1968	.40	1.10	-.50	-.20	1.10	.90	.60	-.10	-.30	-.30	-.50	0.00	.23
88	1969	-2.00	-1.10	-.10	-.60	-.60	-.20	-.70	-.60	-1.20	-1.30	-.20	.30	-1.03
89	1970	-1.40	-1.60	0.00	-.40	.10	.70	-.60	.20	1.30	.90	1.70	2.10	-.90
90	1971	.30	1.90	2.10	1.70	.70	.10	.10	1.30	1.60	1.70	.50	0.00	1.43
91	1972	.40	.80	.10	-.40	-2.10	-1.10	-1.90	-1.00	-1.60	-1.20	-.50	-1.60	.40
92	1973	-.50	-2.00	.20	-.20	.20	.80	.50	1.10	1.40	.60	2.90	2.00	-1.37
93	1974	2.70	2.00	2.20	.80	.90	.10	1.20	.50	1.30	.80	-.30	0.00	2.23
94	1975	-.80	.60	1.20	1.10	.50	1.10	2.10	1.90	2.40	1.70	1.30	2.30	-.07
95	1976	1.50	1.60	1.30	.10	.20	-.10	-1.20	-1.30	-1.40	.20	.70	-.60	1.80
96	1977	-.70	1.10	-1.30	-.80	-.90	-1.50	-1.50	-1.30	-1.00	-1.40	-1.60	-1.40	-.07
97	1978	-.40	-3.50	-.80	-.60	1.30	.30	.40	0.00	0.00	-.70	-.10	-.30	-1.77
98	1979	-.70	.80	-.50	-.40	.30	.40	1.30	-.60	.10	-.40	-.60	-1.00	-.07
99	1980	.30	0.00	-1.20	-1.00	-.30	-.40	-.20	0.00	-.60	-.30	-.50	-.30	-.23
100	1981	.20	-.60	-2.10	-.40	.70	1.00	.80	-.40	-.40	-.70	.10	.50	-.23
101	1982	1.30	-.10	.10	-.20	-.70	-1.60	-1.90	-2.50	-2.00	-2.20	-3.20	-2.80	.57
102	1983	-4.20	-4.60	-3.40	-1.30	.50	-.30	-.80	-.20	1.00	.30	-.20	-.10	-3.87
103	1984	.10	.60	-.90	.20	0.00	-.80	0.00	0.00	.10	-.60	.20	-.40	.20
104	1985	-.50	1.00	.20	1.00	.20	-.90	-.30	.70	0.00	-.70	-.30	.10	.03
105	1986	.90	-1.60	0.00	.10	-.50	.70	.10	-1.00	-.60	.50	-1.50	-1.80	-.20
106	1987	-.90	-1.90	-2.00	-1.90	-1.70	-1.70	-1.70	-1.50	-1.20	-.70	-.10	-.70	-1.53
107	1988	-.20	-.90	.10	-.10	.80	-.20	1.10	1.40	2.10	1.40	1.90	1.30	-.60
108	1989	1.70	1.10	.60	1.60	1.20	.50	.80	-.80	.60	.60	-.40	-.70	1.37
109	1990	-.20	-2.40	-1.20	0.00	1.10	0.00	.50	-.60	-.80	.10	-.70	-.50	-1.10
110	1991	.60	-.10	-1.40	-1.00	-1.50	-.50	-.20	-.90	-1.80	-1.50	-.80	-2.30	.00
111	1992	-3.40	-1.40	-3.00	-1.40	0.00	-1.20	-.80	0.00	0.00	-1.90	-.90	-.90	-2.37
112	1993	-1.20	-1.30	-1.10	-1.60	-.60	-1.40	-1.10	-1.50	-.80	-1.50	-.20	0.00	-1.13
113	1994	-.30	-.10	-1.40	-1.80	-1.00	-.90	-1.80	-1.80	-1.80	-1.60	-.70	-1.60	-.13
114	1995	-.60	-.50	.20	-1.10	-.70	-.20	.30	-.10	.30	-.30	0.00	-.80	-.90
115	1996	1.00	-.10	.70	.60	0.00	1.00	.70	.40	.60	.40	-.20	1.00	.03

	15 MAM	16 JJA	17 SON	18 ANN
1	.30	-2.03	-.53	-.59
2	-.33	-.33	-.17	-.43
3	.00	-.13	-.20	-.46
4	.13	-.90	-1.33	-.66
5	.37	.70	1.17	.67
6	.40	.33	.17	.51
7	-1.33	-1.30	-1.33	-1.10

	15 MAM	16 JJA	17 SON	18 ANN
74	.17	1.33	1.43	.91
75	.97	.93	.67	.97
76	-.47	-.37	-.83	-.45
77	-.37	.23	-.40	-.48
78	.47	-.57	.43	-.12
79	.50	.20	.37	.31
80	-.63	-.13	.00	-.03
81	.20	.20	.57	.37
82	.47	-.60	-1.10	-.32
83	-.53	.70	.90	.42
84	-.23	-1.47	-1.50	-.84
85	-.97	.07	-.27	-.54
86	.07	.27	-.07	.29
87	.13	.47	-.37	.18
88	-.43	-.50	-.90	-.69
89	-.10	.10	1.30	.25
90	1.50	.50	1.27	1.00
91	-.80	-1.33	-1.10	-.84
92	.07	.80	1.63	.58
93	1.30	.60	.60	1.02
94	.93	1.70	1.80	1.28
95	.53	-.87	-.17	.08
96	-1.00	-1.43	-1.33	-1.03
97	-.03	.23	-.27	-.37
98	-.20	.37	-.30	-.11
99	-.83	-.20	-.47	-.38
100	-.60	.73	-.07	.02
101	-.27	-2.00	-2.47	-1.32
102	-1.40	.43	.37	-1.11
103	-.23	-.27	-.10	-.13
104	.47	-.17	-.33	.04
105	-.13	-.07	-.53	-.39
106	-1.87	-1.63	-.67	-1.33
107	.27	.77	1.80	.73
108	1.1	.17	.27	.57
109	-.6	-.03	-.47	-.39
110	-1.50	-.53	-1.37	-.95
111	-1.47	-.67	-.93	-1.24
112	-1.10	-1.33	-.83	-1.03
113	-1.40	-1.50	-1.37	-1.23
114	-.53	-.00	0.00	-.29
115	.43	.70	.27	.51