

UNIVERSIDADE DE ÉVORA

**Dissertação para obtenção do grau de Mestre em
Clima e Ambiente Atmosférico**

Clima e Fenomenologia da Precipitação em Angola
Climate and Rainfall Phenomenology in Angola

Dissertação de mestrado sob a orientação dos Professores Doutores:
Carlos B. Molion, João Corte-Real.
Esta dissertação não inclui as críticas e sugestões feitas pelo júri

Maria Gabriela Correia de Azevedo

Évora – 2005

Universidade de Évora

Clima e Fenomenologia da Precipitação em Angola
Climate and Rainfall Phenomenology in Angola

Dissertação submetida à Universidade de Évora para obtenção do
grau de Mestre em *Clima e Ambiente Atmosférico*
Área de Meteorologia, Clima e Alterações Climáticas

Por:

Maria Gabriela Correia de Azevedo

Orientadores:

Prof. Doutor Carlos B. Molion

Prof. Doutor João Corte-Real



168 686

Esta dissertação não inclui as críticas e sugestões feitas pelo júri

Évora - 2005

“A sorte protege os audazes...”

Virgílio – Eneida

**“The most beautiful thing we
can experience is the mysterious!”**

Albert Einstein

*Um agradecimento muito especial
ao Dr. Paulo Sérgio Lúcio,
cuja orientação em Estatística,
foi fundamental na construção de uma
apreciável parte deste trabalho.*

Agradecimentos

Após a investigação é chegado o momento de lembrar todos aqueles que das mais diferentes formas ajudaram a realizar este sonho.

É impossível mencionar todos assim, aqui ficam alguns, em representação dos demais, a quem endereço os meus sinceros agradecimentos.



Wellvitchea Mirabilis (exclusiva no deserto do Namibe)

Aos meus professores porque através deles tive oportunidade de aumentar os meus conhecimentos e “descobrir” ferramentas para aumentar cada vez mais.

Em especial à Professora Ana Maria Silva que na qualidade de Coordenadora do curso preocupou-se para além do mesmo.

Aos meus orientadores pelas sugestões e em especial ao Doutor Paulo Sérgio Lúcio pela sempre disponibilidade manifestada durante a realização da tese.

Ao meu amigo Sérgio Ferreira a quem devo o conhecimento do Curso de Mestrado e em especial por toda a atenção prestada.

Agradecimentos

Ao meu amigo Manuel Monteiro porque graças à sua prestimosa atenção, colaboração, amizade, em especial durante o ano curricular, consegui superar anos de vazio de estudo.

Ao meu amigo Filipe Monteiro que para além dos programas de informática muito apoio moral ofereceu

Aos colegas Fernando Baial e Manuel Penhor pela atenção dispensada sempre que necessitei, que muito contribuiu para o bom andamento do curso.

Ao meu filho pela paciência de tantas vezes instalar os programas informáticos.

Publicação

No âmbito deste trabalho inserem-se as seguintes comunicações:

M. G. C. AZEVEDO, A. M. RAMOS (2004). Análise da influência da Zona de Convergência Intertropical em Luanda – Angola no período 1980–2000. *IV Encontro Anual da Sociedade Europeia de Meteorologia, Nice-França, 26 a 30 de Setembro (Poster)*

M.G.C. AZEVEDO, P.S.LUCIO, L.C.MOLION, (2005), Tendência da precipitação em Angola
4.º Simpósio de Meteorologia e Geofísica da APMG
6.º Encontro Luso-espanhol de Meteorologia. Hotel do Mar, 14 a 17 de Fevereiro, Sesimbra – Portugal (Comunicação oral)

Sumário

	Pág.
RESUMO	i
ABSTRACT	iii
GLOSSÁRIO	v
LISTA DE ABREVIATURAS	vii
LISTA DE FIGURAS	ix
CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO	
I.1. Introdução	1
CAPÍTULO II – CLIMA DA ÁFRICA – ANGOLA	
II.1. África	5
II.1.1. Climas de África	5
II.1.1.1. Correntes Oceânicas	6
II.1.1.2. Configurações da Circulação Planetária sobre a África	7
II.1.1.3. Os factores de influência no clima.....	7
II.2. Angola	9
II.2.1. Relevo	10
II.2.2. Hidrografia	11
II.2.3. Clima	11
II.2.3.1. Tipos Climáticos Observados	12
II.2.3.2. Factores climáticos	13.

II.2.3.3. Variáveis Climáticas	14
II.2.3.4. Sub-climas	19
II.2.3.5. Configurações de Escala Planetária e o Clima de Angola	20

CAPÍTULO III – FENOMENOLOGIA DAS CHUVAS

III.1. Zona de Convergência Intertropical (ITCZ)	23
III.2. As Altas Subtropicais	25
III.3. Os Ventos Alísios	27
III.4. Sistemas Frontais	29
III.5. Mecanismos Tropicais de Mesoscala	30
III.6. A Oscilação Decadal do Pacífico (ODP)	31
III.7. Corrente Fria de Benguela	34

CAPÍTULO IV – DADOS E METODOLOGIA

IV.1. Dados	41
IV. 2. Metodologia	42
IV.3. Tratamento estatístico dos dados	43
IV.3.1. Análise no domínio do Tempo	44
IV.3.2. Análise no domínio das Frequências	48
IV.4. Tratamento das Falhas	50

CAPÍTULO V – RESULTADOS E DISCUSSÃO

V.1. Climatologia da Precipitação	51
V.1.1. Litoral	52
V.1.1.1. Namibe	52
V.1.1.2. Luanda	53

V.1.1.3.Benguela	55
V.1.1.4.Cabinda	56
V.1.2.Região Interior	58
V.1.2.1.Kuito Bié	58
V.1.2.2.Malange	59
V.1.2.3.Huambo	61
V.1.2.4.Lubango	62
V.1.2.5.N´dalatando	63
V.1.2.6.Dundo	64
V.1.2.7.Luena	66
V.1.2.8.Uige	67
V.2.Variabilidade Decadal da Circulação de Grande Escala	70
V.3.O Litoral	79
V.3.1.Análise da Precipitação	79
V.3.2.Análise do Periodograma	86
V.4.O Interior	88
V.4.1.Análise da Precipitação	88
V.4.2.Análise por Estação	91
V.4.2.1.Kuito Bié	91
V.4.2.2.Malange	91
V.4.2.3.Huambo	92
V.4.2.4.Lubango	93
V.4.2.5.N´dalatando	94

V.4.2.6.Dundo	94
V.4.2.7.Luena	95
V.4.2.8.Uige	96
V.5.Análise dos Dados de Observação e de Reanálises para Luanda	97
V.5.1.Dados de Observação	97
V.5.2.Comparação entre Observação e Reanálises	98
V.5.3.O Fenómeno Verificado	100
V.6. Análise Confirmatória	105
V.6.1. Análise por componentes Principais	105
V.6.1.1.Análise do período chuvoso	107
V.6.1.2.Análise do período seco	108
V.6.1.3.Análise do período de transição	108

CAPÍTULO VI- CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS

VI.1.Conclusões.....	111
VI.1.Perspectivas futuras	114

BIBLIOGRAFIA	117
---------------------------	------------

ANEXOS

Anexo A . Divisão de África - Climats	121
A.1. Mapas	121
A.2.Classificação dos Climats	121
Anexo B. O El Niño Oscilação Sul (ENSO)	123
B.1. Índice Multivariado do ENSO (IME).....	123
B.2.Índice de Oscilação Sul (IOS)	125

B.3. Teleconexões	126
Anexo C. Tabelas de Precipitação	127
C.1. Estatística da Precipitação	127
C.2. Anomalias da Precipitação	128
Anexo D. Cartas de Controlo de Qualidade	132
Anexo E . Gráficos.....	133
E.1. Da Temperatura da Água do Mar (TSM)– média e meses: Janeiro, Março e Abril 1983 e 1985.....	133
E.2. Da Radiação de Onda Longa (OLR)– média e meses: Janeiro, Março e Abril 1983 e 1985.....	134
E.3. Da Anomalia de Radiação de Onda Longa (OLRA) – média e meses: Janeiro, Março e Abril 1983 e 1985.....	135
E.4. Ciclo de Radiação de Onda Longa e Anomalia da OLR – média e meses: Janeiro, Março , Abril 1983 e 1985	136
E.5. Geopotencial a 500Hpa – média e meses: Janeiro, Março e Abril 1983 e 1985.....	136
E.6. Pressão à Superfície, média e meses: Janeiro, Março e Abril 1983 e 1985.....	137
Anexo F. O Método de Pearson das Correlações.....	138
Anexo G. Análise Descritiva	142
G.1. Análise Exploratória Mensal da Precipitação e OLR.....	142
G.2. Tabela da Correlação	149
G.3. Tabela da análise das Componentes Principais.....	150

Clima e Fenomenologia da Precipitação em Angola

Resumo

Existe uma preocupação crescente com possíveis mudanças do clima, quer sejam naturais ou que venham a ser provocadas pelo homem. Quando se dispõem de séries temporais longas, estudos da tendência da precipitação tornam-se imperativos para se poder avaliar as variabilidades e tendência desse elemento do clima nas várias escalas temporais. Além de resultar num conhecimento melhor do clima regional, esses estudos permitem um prognóstico ou antevisão do clima futuro, de extrema importância para se gerirem os recursos naturais e hídricos e para o planeamento das actividades humanas.

Neste trabalho, analisaram-se séries temporais de precipitação de longo prazo, existentes para várias localidades de Angola, verificando sua consistência espacial, ciclos aparentes e suas tendências. A precipitação regional foi relacionada com fenómenos atmosféricos de alta-frequência, como eventos El Niño e La Niña e com fenómenos de baixa frequência, como a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP). Um exercício complementar foi realizado ao se correlacionarem os dados de precipitação com o conjunto de dados de Reanálises do NCEP para verificar possíveis divergências relativamente aos dados observados, validar esses conjuntos de dados para sua utilização em modelos regionais que usam técnicas de “downscaling” estatístico ou dinâmico.

CLIMATE AND RAINFALL PHENOMENOLOGY IN ANGOLA.

ABSTRACT

"There is an increasing concern regarding possible natural or manmade climate changes. Studies of precipitation trends, using long term time series, become imperative to evaluate variability and tendency of the climate. Moreover, these studies result in a better knowledge of the regional climate and allow foreseeing or forecasting future climate, of great importance for managing natural and water resources and planning of human activities. In this work, long-term observed rainfall series for some localities of Angola were analyzed, substantiating the spatial consistency, apparent cycles and trends. The regional precipitation was related with high-frequency atmospheric phenomena, such as El Niño and La Niña events and low frequency phenomena, such as the Pacific Decadal Oscillation (PDO). A complementary work was carried out correlating the precipitation database with the NCEP Reanalysis dataset, to verify possible disagreement to the observed data and validate these datasets for their use in regional models employing statistic or dynamic downscaling."

GLOSSÁRIO

Anticiclone ou Centro de Alta Pressão – Área com pressão superior àquela apresentada, em áreas circunvizinhas, considerando-se um mesmo nível. Resulta em divergência de ventos, que se movem no sentido anti-horário, no Hemisfério Sul e no sentido horário, no Hemisfério Norte. É o oposto de uma área de baixa pressão, ou ciclone.

Baixa Pressão ou Ciclone - Área com pressão inferior àquela apresentada, em áreas circunvizinhas, considerando-se um mesmo nível. Resulta em convergência de ventos, os quais se movem no sentido horário no Hemisfério Sul e no sentido anti-horário no Hemisfério Norte. É o oposto de uma área de alta pressão ou anticiclone.

Advecção - Transferência horizontal, de qualquer propriedade da atmosfera, por exemplo temperatura e/ou humidade, através de movimentação de ar (vento).

Batimetria – Medida de profundidade de uma massa de água como os mares, lagos, rios (topografia do fundo imerso).

Clima - Estudo da atmosfera, expresso principalmente, por meio de temperaturas, chuvas, insolação, nebulosidade, vento e humidade relativa do ar. O registro histórico é a descrição da média diária e sazonal de eventos, associados ao tempo, que ajudam a descrever uma região. As estatísticas são, geralmente, calculadas a partir de várias décadas de observação. A palavra é derivada do grego, "klima", significando inclinação e reflectindo a importância atribuída à influência do Sol, por estudiosos, na antiguidade

Convecção - Movimentos internos organizados dentro de uma camada de ar, produzindo o transporte vertical de calor. A convecção é essencial para a formação de muitas nuvens, especialmente do tipo cúmulos.

Convergência - Movimento do vento que resulta num influxo horizontal do ar em uma região específica. Ventos convergentes em níveis mais baixos são associados com movimento superior. Oposto de divergência.

Evapotranspiração - O total de água transferida da superfície da Terra para a atmosfera. É composto da evaporação do líquido, ou "água sólida", acrescida da transpiração das plantas.

Latitudes Baixas – Cinturão localizado entre 0 (zero) e 30 (trinta) graus de latitude, tanto ao norte quanto ao sul do Equador. Também chamado de região tropical ou tórrida.

Retroflexão - Em meteorologia, o movimento de uma onda atmosférica ou sistema de pressão em um sentido oposto àquele do fluxo básico em que está encaixado.

Subsidência - Movimento descendente do ar na atmosfera, frequentemente observado em anticiclones e que se estende por áreas muito extensas

Upwelling - Movimentos verticais da água gerados pelo vento

Lista de Abreviaturas

Cb - Cumulonimbus

Sc - Estratocúmulos

St - Estratos

AS - Altas Subtropicais do Atlântico

ZCIT - Zona de Convergência Intertropical

TSM - Temperatura da Superfície do Mar

CB - Corrente de Benguela

CCM - Complexos Convectivos de Mesoscala

CCS - Complexos Convectivos de Escala Sub-Sinóptica

POAS - Perturbações Ondulatórias no Campo dos Ventos Alísios

ATSM - Anomalias da Temperatura da Superfície do Mar

ENOS - El Niño-Oscilação Sul

ENB - El Niño Benguela

FTAB - Frente Térmica Angola/Benguela

PNM - Pressão ao Nível do Mar

hpa - Hectopascal (Unidade da Pressão Atmosférica)

ACP - Análise por Componentes Principais

OLR - Radiação de Onda Longa

OLRA - Anomalia de Radiação de Onda Longa

NCEP - National Centers for Environmental Prediction

Lista de Figuras

Pág.

Figura II.1 - Esquema das Correntes oceânicas e tipos de clima em África (Livro Meteorologia cl.I, 1979)	6
Figura II.2 - Mapa de Angola (Almanaque Abril, 1999).....	10
Figura II.3 - Esquema da ramificação secundária da ZCIT a) - Época chuvosa b) - Época seca.....	20
Figura III.1 - Frente de Convergência Intertropical e Ventos Alísios.....	23
Figura III.2 - Migração da ZCIT e Ventos Alísios sobre a África em Janeiro e Julho.....	24
Figura III.3 - Faixa de nebulosidade, caracterizando a ZCIT tirada partir da imagem do satélite GOES + METEOSAT IR. Fonte: CPTEC/INPE em 25/10/2000.....	25
Figura III.4 - Altura (m) da base da camada de inversão na região dos ventos Alísios sobre o Oceano Atlântico (Drosdov et, al, 1989, p.328).....	29
Figura III.5 - Brisas, do mar e da terra Fonte: smg.gov.mo/dm/learnmet/p_1sbreeze.htm	30
Figura III.6 - Imagem CZCS da costa sul de África, mostrando a alta produtividade do "upwelling" da zona de Benguela e as características associadas da corrente de Benguela. Imagem obtida em Setembro 29,1980.....	35
Figura III.7 - A circulação de Walker durante as fases alta e baixa da Circulação Sul (Lindesay 1996) mostrando a teleconexão entre circulações atmosféricas do Índico Sul, Atlântico Sul e Oceano Pacífico.....	36
Figura III.8 - A circulação esquemática da água à superfície e da termoclina no Atlântico Sudeste. As velocidades referem-se a valores à superfície. Os valores de transporte são para cima dos 1500m (modificação de Shannon e Nelson 1996).....	38
Figura V.1.1 - Angola :a)-.Relevo, b)-Temperaturas médias e c)- Pluviosidade Fonte: Ministério da Educação, 1982. <i>Atlas Geográfico de Angola</i> , Volume I, Esselte Map Service Estocolmo.....	51
Figura V.1.2 - Análise estatística descritiva da estação do Namibe.....	53
Figura V.1.3 - Análise de regressão para a Estação do Namibe.....	53
Figura V.1.4 - Análise estatística descritiva da estação de Luanda.....	55
Figura V.1.5 - Análise de regressão para a Estação de Luanda.....	55
Figura.V.1.6 - Análise estatística descritiva da estação de Benguela.....	56
Figura V.1.7 - Análise de regressão para a Estação de Benguela.....	57
Figura.V.1.8 - Análise estatística descritiva da estação de Cabinda.....	57

Figura V.1.9 – Análise de regressão para a Estação de Cabinda.....	57
Figura V.1.10 – Análise estatística descritiva da estação do Kuito-Bié.....	59
Figura V.1.11 – Análise de regressão para a Estação do Kuito-Bié.....	59
Figura V.1.12 – Análise estatística descritiva da estação de Malange	60
Figura V.1.13 – Análise de regressão para a Estação de Malange	60
Figura V.1.14 – Análise estatística descritiva da estação do Huambo	62
Figura V.1.15 – Análise de regressão para a Estação do Huambo	62
Figura V.1.16 – Análise estatística descritiva da estação do Lubango	63
Figura V.1.17 – Análise de regressão para a Estação do Lubango	63
Figura V.1.18 – Análise estatística descritiva da estação de N´dalatando	64
Figura V.1.19 – Análise de regressão para a Estação do N´dalatando	64
Figura V.1.20 – Análise estatística descritiva da estação do Dundo	66
Figura V.1.21 – Análise de regressão para a Estação do Dundo	66
Figura V.1.22 – Análise estatística descritiva da estação do Luena	67
Figura V.1.23 – Análise de regressão para a Estação do Luena	67
Figura V.1.24 – Análise estatística descritiva da estação do Uige	68
Figura V.1.25 – Análise de regressão para a Estação do Uige	68
Figura V.2.1 – Perfil do movimento vertical médio ao longo do meridiano 15°E no período 1948–2003. Para: (a) Janeiro, (b)Julho entre as latitudes 10°N–40°S.....	70
Figura V.2.2 – Ilustração da tendência da precipitação no Namibe 1951–2002, para: a) – Janeiro b) – Julho, observe as anomalias (irregularidades ou excepções).....	71
Figura V.2.3 – Ilustração da tendência da precipitação em Benguela 1951–2002, para: a) – Janeiro b) – Julho, observe as anomalias (irregularidades ou excepções)	71
Figura V.2.4 – Ilustração da tendência da precipitação em Luanda 1951–2002, para: a) – Janeiro b) – Julho, observe as anomalias (irregularidades ou excepções).....	71
Figura V.2.5 – Ilustração da tendência da precipitação em Cabinda 1951–2002, para: a) – Janeiro b) – Julho, observe as anomalias (irregularidades ou excepções).	72
Figura V.2.6 – Perfil de movimentos verticais médios entre 10°N–40°s ao logo do meridiano15°E para o mês de Janeiro de 2 períodos 1948–1976 (fase fria da ODP) e 1977– 2003 (fase quente da ODP)	73

Figura V.2.7 – Perfil de movimentos verticais médios entre 10°N–40°s ao logo do meridiano 15°E para o mês de Julho de 2 períodos 1948–1976 (fase fria da ODP) e 1977– 2003 (fase quente da ODP)	73
Fig.V.2.8 – Anomalias da precipitação para Luanda (8° 49´ S) mês de Julho a) (1951–1976 e b)1977–2002).....	74
Fig.V.2.9 – Anomalias da precipitação para Cabinda (5°33´ S) mês de Julho a) (1951–1976 e b)1977–2002).....	74
Figura V.2.10 – Série Temporal da precipitação para a) Dundo, b) Luena.....	75
Figura V.2.11 – Perfil de movimentos verticais médios para Janeiro (verão) em 15°E e 20°E para a fase fria da ODP (1948–1976)	75
Figura V.2.12 – Perfil de movimentos verticais médios para Julho (inverno) em 15°E e 20°E para a fase fria da ODP (1948–1976)	76
Figura V.2.13 – Perfil de movimentos verticais médios para Janeiro (verão) em 15°E e 20°E para a fase quente da ODP (1977–2003)	76
Figura V.2.14 – Ilustração de tendência da precipitação: a) Benguela e b) Namibe, mês de Janeiro (1977–2002).....	77
Figura V.2.15 – Ilustração de tendência da precipitação: a) Luanda e b) Cabinda, mês de Janeiro (1977–2002).....	77
Figura V.2.16 – Perfil de movimentos verticais médios para Julho (Inverno) em a)–15°E e b)–20°E para a fase quente da ODP (1977–2003).....	78
Figura. V.3.1 – Comportamento sazonal da precipitação de 1951 a 2002.....	79
Figura.V.3.2 a Figura.V.3.5 – Precipitação média mensal nas estações meteorológicas do: Namibe, Luanda, Benguela e Cabinda, respectivamente.....	80
Figura.V.3.6 a Figura.V.3.9 – Precipitação anual nas estações meteorológicas do: Namibe, Luanda, Benguela e Cabinda, respectivamente.....	81
Figura.V.3.10 – Ilustração da tendência da precipitação no Namibe. Verifica-se:(a) com a série completa, um decréscimo. (b) na primeira metade da série, um aumento acentuado (c) na segunda metade, um decréscimo suave.....	82
Figura.V.3.11 – Ilustração de tendência da precipitação em Luanda. Verifica-se (a) com a série completa, decréscimo (b) na primeira metade da série, já se verifica a subida até a um máximo com descida com um mínimo e (c) na segunda metade, subida muito suave que atinge também um máximo para depois descer suavemente	83
Figura.V.3.12 – Ilustração da tendência da precipitação em Benguela. Verifica-se (a) com a série completa, um decréscimo (b) na primeira metade da série, um máximo com descida acentuada (c) na segunda metade, subida com tendência a decrescer.....	83

Figura.V.3.13 – Ilustração da tendência da precipitação em Cabinda Verifica-se, (a) na série completa um decréscimo acentuado. (b) na primeira metade da série um ligeiro pico de alta e um suave decréscimo c) na segunda metade, um mínimo acentuado e o início de aumento da precipitação.....	83
Figura.V.3.14 e Figura.V.3.15 – Periodograma da série de precipitação do Namibe e Luanda (1951–2002)	87
Figura.V.3.16 e Figura.V.3.17 – Periodograma da série de precipitação de Benguela e Cabinda (1951–2002)	87
Figura.V.4.1 – Precipitação média mensal das estações meteorológicas: Kuito–Bié, Malange, Huambo, Lubango, N´dalatando, Dundo, Luena, Uige	89
Figura.V.4.2 – Precipitação média anual das estações meteorológicas: Kuito, Malange, Huambo, Lubango N´dalatando, Dundo, Luena, Uige.....	89
Figura.V.4.2a) – Anomalias anuais de precipitação das oito estações meteorológicas em estudo.....	90
Figuras.V.4.3 – Comportamento da precipitação mensal . Os meses de menor precipitação foram os de Junho, Julho e Agosto. Tendo sido detectados extremos nos meses de Abril, Maio, Agosto, Novembro e Dezembro. 4– Precipitação média anual. O ano de maior precipitação foi 1967 o de menor foram 1958, 1971 e 1980 5 – Anomalia média de precipitação	91
Figuras.V.4.6 – Comportamento da precipitação mensal Os meses de menor precipitação foram os de Junho, Julho e Agosto. Tendo sido detectados extremos nos meses de Fevereiro, Março, Maio, Agosto, Setembro e Outubro.7 – Precipitação média anual. Os anos de maior precipitação foram 1951, 1954, 1959 e 1966 e o de menor foi 1978. 8 – Anomalia média de precipitação	92
.Figuras.V.4.9 – Comportamento da precipitação mensal. Os meses de menor precipitação foram Maio, Junho, Julho Agosto e Setembro. Verificaram-se extremos nos meses de Março, Abril, Maio e Setembro. 10 – Precipitação média anual. Os anos de maior precipitação foram 1951 e 1961e o de menor foram 1955 e 1980. 11 – Anomalia média de precipitação	92
Figuras.V.4.12 – Comportamento da precipitação mensal. Os meses de menor precipitação foram Maio, Junho, Julho, Agosto e Setembro. Registaram-se valores extremos em Janeiro, Março, Abril, Maio e Outubro. 13 – Precipitação média anual. Os anos de maior precipitação foram 1951 e 1956 e os de menor foram 1953 e 1955. 14 – Anomalia da precipitação média por ano.....	93
Figuras.V.4.15 – Comportamento da precipitação mensal. Os meses de menor precipitação foram Junho, Julho Agosto e Setembro. Verificaram-se valores extremos nos meses de Janeiro, Março, Setembro, Novembro e Dezembro. 16 – Média anual da precipitação. Os anos de maior precipitação foram 1961e 1972 e o de menor foram 1953 e 1978.17 – Anomalia da precipitação média por ano	94
Figuras.V.4.18 – Comportamento da precipitação mensal .Os meses de menor precipitação foram Junho e Julho. Verificaram-se valores extremos nos meses de Fevereiro, Setembro e Dezembro 19 – Precipitação média anual. Os anos de maior precipitação foram 1952, 1961 e 1977 e os de menor foram 1951,1955, 1972, 1979 e 1980. 20 – Anomalia média de precipitação	95
Figuras.V.4.21 – Comportamento da precipitação mensal . Os meses de menor precipitação foram Maio, Junho Julho e Agosto. Registaram-se valores extremos n meses de Abril, Maio Agosto, Setembro e Novembro. 22 –	

Precipitação média anual. Os anos de maior precipitação foram 1951, 1953, 1961 e 1969 e o de menor foram 1952,1958, 1973 e 1980. 23 - Anomalia média de precipitação	95
Figuras.V.4.24 – Comportamento da precipitação mensal. Os meses de menor precipitação foram Junho, Julho Agosto e Setembro. Registaram-se extremos nos meses de Maio e Setembro 25 - Precipitação média anual. Os anos de maior precipitação foram 1954 e1955 e o de menor foi 1978. 26 Anomalia da precipitação média por ano	96
Figura.V.5.1 – Média mensal da precipitação em Luanda para o período seco (Maio, Junho, Julho, Agosto, Setembro, Outubro) e período chuvoso (Novembro, Dezembro, Janeiro, Fevereiro, Março e Abril).....	97
Figura.V.5.2 – Variação sazonal da pressão atmosférica, relativamente aos dois períodos de precipitação: Seco (Maio, Junho, Julho, Agosto, Setembro, Outubro) e chuvoso (Novembro, Dezembro, Janeiro, Fevereiro, Março e Abril)	97
Figura.V.5.3 – a) pressões observadas e b) pressões do conjunto de dados de Reanálises.....	98
Figura. V.5.4 – Precipitação de Luanda de dados: a) de reanálises e b) observados	99
Figura. V.5.5 – Temperaturas de Luanda ano de 1984 de dados: a)-d)	99
Figura. V.5.6 – Geopotencial 500HPa para o ano de 1984: a)Média b) Janeiro, c) Março e d) Abril e reanálises e b)- observados baseados em dados de Reanálises.....	100/101
Figura.V.5.7 – Pressão atmosférica à superfície para o ano de 1984:a) Média, b)Janeiro, c)Março e d) Abril, utilizando dados de Reanálises	101
Figura.V.5.8 – Temperatura da superfície do mar (TSM) para 1984: a) Média, b) Janeiro, c) Março e d) Abril baseadas em dados de Reanálises.....	102
Figura.V.5.9 – Radiação de onda longa para o ano de 1984: a) Média, b) Janeiro, c) Março e d) Abril, baseados em dados de Reanálises.....	102/103
Figura.V.5.10 – Variação do fluxo de radiação de onda longa para 1984 a) ROL b) Anomalia de ROL	104
Figura. V.5.11 – Anomalias de radiação de onda longa para o ano de 1984: a) Média, b)Janeiro, c)Março e d) Abril, baseadas em dados de Reanálises.....	104
Figura. V.6.1 – Análise para os meses de Maio, Junho, Julho, Agosto, Setembro e Outubro (Precipitação e OLR).....	105
Figura. V.6.2 – Análise para os meses de Novembro, Dezembro, Janeiro, Fevereiro, Março, Abril (Precipitação e OLR)	106
Figura .V.6.3 – Análise para os meses de Janeiro, Fevereiro, Março e Abril (Precipitação e OLR)	107
Figura.V.6.4 – Análise para os meses de Maio, Junho, Julho e Agosto (Precipitação e OLR)	108
Figura.V.6.5 – Análise para os meses de Setembro, Outubro, Novembro e Dezembro (Precipitação e OLR)	109

CAPÍTULO I

Introdução

1 – INTRODUÇÃO

O objectivo deste trabalho é fazer uma análise do clima e dos fenómenos que, em Angola, influenciam a formação de precipitação nas diferentes regiões e a contribuição dos mesmos factores na variabilidade inter-anual.

O clima é basicamente o resultado da interacção entre o Sol, o Ar e a Água e determinado de acordo com os factores e elementos da região.

A grande diferenciação, entre climas, resulta da proximidade e afastamento da linha do equador dado que nos primeiros, os raios solares incidem mais paralelamente provocando temperaturas mais elevadas e no segundo caso, com a obliquidade dos raios, provocados pela forma curvilínea da terra, as temperaturas são mais baixas.

A região tropical além de ser a mais extensa do globo terrestre é também o local onde ocorrem as principais trocas de energia que condicionam o clima da Terra.

Os sistemas convectivos são os principais responsáveis pela precipitação na região tropical.

O entendimento desses sistemas e seus mecanismos de interacção com a atmosfera e a superfície bem como a sua importância na variabilidade climática permitiria melhorar a previsão do tempo e estimar a influência das modificações de superfície.

Durante as três últimas décadas, Angola foi assolada por uma guerra que tudo destruiu e não permitiu o estabelecimento de mecanismos adequados a continuidade do estudo e compreensão de toda a meteorologia do País.

Recentemente, de parceria com a Namíbia e a África do Sul, Angola engloba projectos de estudo sobre os impactos da Corrente fria de Benguela. (Benefit, 2001)

Angola está situada na África Ocidental, na parte mais ao sul onde para além dos aspectos que determinam o clima da região ou seja a influência dos sistemas de escala planetária, de escala sinóptica e de mesoescala: a interacção entre a distância dos continentes e os oceanos com a distribuição desigual da energia solar, os mecanismos de formação e migração da Frente de Convergência Intertropical (ZCIT), a deslocação do Anticiclone do Atlântico Sul e a intervenção das Brisas, que devemos ter em consideração para determinarmos a influência nos processos meteorológicos, temos de ter também em conta outros factores locais.

Em Angola, a precipitação é dominada pelo regime de baixas equatoriais que estendem uma ramificação secundária para o território.

Convergência e convecção dominam todo o país com excepção do Namibe que é influenciado pelo Anticiclone do Atlântico Sul, sendo as chuvas de origem convectiva nas zonas afectadas pela ZCIT e no Namibe de subsidência. (Teixeira, L.G. 1968).

A precipitação é uma variável meteorológica que assume muita importância nos estudos climatológicos na região tropical e a que mais afecta as actividades humanas. É simples de medir mas também sujeita a erros instrumentais, de localização e outros.

A chuva está directamente relacionada com a convecção local que é caracterizada por movimentos ascendentes de ar húmido resultantes da ocorrência de pressões atmosféricas mais baixas junto à superfície terrestre, seja em consequência do aquecimento do ar em contacto com essa superfície seja pela acção de fenómenos

transientes, de carácter puramente dinâmicos, como sistemas frontais ou frentes frias e perturbações ondulatórias no campo do vento. (Teixeira, L.G. 1968).

O conhecimento dos fenómenos directamente ligados à sua variabilidade é importante e muito em especial em África onde os casos de precipitação extrema afectam negativamente devido a inundações ou no caso contrário, a secas.

O estudo deste fenómeno climatológico e a identificação dos principais factores da sua variabilidade contribuirão para diminuir o impacto negativo da sua incidência nas vertentes económica e social.

A dissertação está estruturada em 6 capítulos.

No segundo capítulo apresenta-se uma breve alusão ao clima de África, a apresentação de Angola no tocante ao geral do País e mais em particular ao clima.

No terceiro capítulo faz-se uma menção à atmosfera tropical, nomeadamente os principais factores que contribuem para a variabilidade da precipitação em Angola.

No quarto capítulo apresentam-se os dados e a metodologia de trabalho, onde se faz referência à abordagem estatística (descritiva e indutiva) e ao preenchimento de falhas.

No quinto capítulo são discutidos os resultados apurados, identificamos eventos extremos tendo um deles sido analisado detalhadamente.

O sexto e último capítulo fazem-se as conclusões gerais do trabalho desenvolvido e as perspectivas futuras.

CAPÍTULO II

Clima de África - Angola

II.1 – ÁFRICA.

A África (Ver Anexo A Figuras A.1 e A.2) é um continente com 54 países, dividido em cinco regiões que são: África Setentrional ou do Norte, (9 países). África Ocidental (16 países). África Central (8 países). África Oriental (11 países) e África Meridional ou Austral (10 países)

A África tropical é muito extensa e a falta de informações adequadas torna muito difícil descrever seu clima e sistemas climáticos com precisão.

II.1.1 – CLIMAS DE ÁFRICA

A África está situada entre 37°N e 36° S, o Equador constitui uma linha que separa o continente em duas partes e, em princípio, deveriam ocorrer faixas simétricas de zonas climáticas (Ver Anexo A Tabela A.1) em ambos os hemisférios. Mas, há importantes diferenças entre África ao norte e África ao sul do Equador:

a) *Ao norte do Equador* - grande superfície continental desértica ou semi-árida em sua maior parte, dominada por alta pressão e a península Arábica como vizinha à costa leste exposta aos Alísios secos;

b) *Ao sul do Equador* - apenas 1/3 de sua superfície a costa oriental está exposta aos Alísios húmidos.

Ao norte, as zonas de clima têm uma distribuição zonal mais regular, enquanto ao sul há grande variação de oeste para leste.

O território africano está ocupado, quase na totalidade, por tipos de clima megatérmico, excepto nas extremidades do norte e do sul (Cf, Cs) e as regiões de planalto (Cw).

Na África, não existe alguma cordilheira importante que possa ter influência sobre o clima, formando uma fronteira climática, com exceção de algumas terras altas na parte oriental, que forçam a convecção e formação de grandes complexos convectivos.

II.1.1.1 – CORRENTES OCEÂNICAS

A corrente de Benguela⁽¹⁾ condiciona o clima da Namíbia e de Angola, provocando temperaturas da água mais frias, em torno de 9°C, consideradas anomalias negativas para oceanos tropicais nessas latitudes. Semelhante é a corrente das Canárias⁽²⁾ a contracorrente Equatorial⁽³⁾ e da Guiné⁽⁴⁾, As correntes de Moçambique⁽⁵⁾ e das Agulhas⁽⁶⁾ são, em contraste, correntes quentes (Fig.II.1).

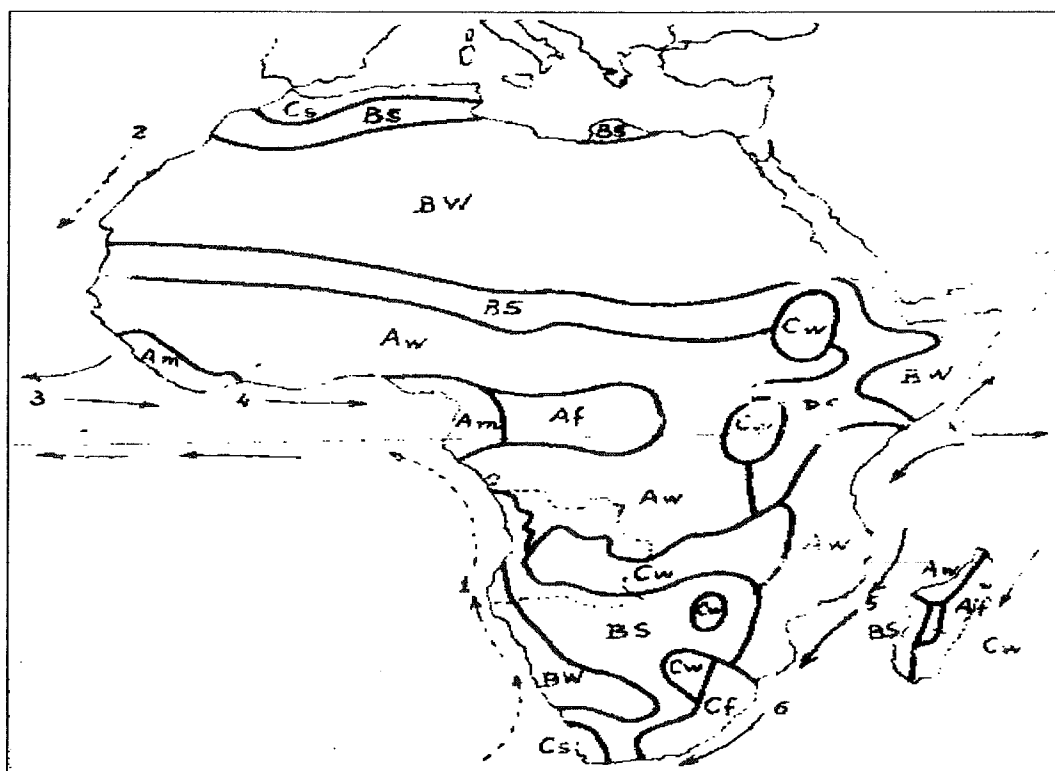


Fig.II.1 – Esquema das Correntes oceânicas e tipos de clima em África. (Fonte: Mustea, Eugénio – 1979, *Livro de Meteorologia para classe I*)

II.1.1.2 – CONFIGURAÇÕES DA CIRCULAÇÃO PLANETÁRIA SOBRE A ÁFRICA

- 1 – Alta subtropical do Atlântico Norte
- 2 – Alta subtropical do Atlântico Sul
- 3 – Alta subtropical do Oceano Índico Sul
- 4 – Zona de Convergência Intertropical
- 5 – Anticiclone Asiático (Novembro – Abril)
- 6 – Região depressionária da Ásia de Sul (Junho – Setembro.)

Todas essas configurações, da circulação atmosférica planetária, sofrem flutuações estacionais, seguindo o deslocamento norte-sul do sol durante o ciclo anual.

II.1.1.3 – AS INFLUÊNCIAS NO CLIMA

A *ÁFRICA DO NORTE*, em Janeiro, está sob a influência do Anticiclone subtropical acima do Sahara e Zona Depressionária no Mar Mediterrâneo (Central e Leste). Em Julho toda a região está sob a influência do Anticiclone subtropical. No verão, observa-se regime Anticiclónico e tempo seco enquanto, no Inverno, influência da frente polar é aparente no Mar Mediterrâneo, com penetrações de massas de ar polar do Hemisfério Norte até a região equatorial em alguns anos. A actividade ciclónica tem um máximo de Inverno. A frente polar tem ar polar modificado (do lado norte), tropical marítimo mT (ao SW) e cT (ao SE). As precipitações são mais ricas no NW.

Na *COSTA SW E A LESTE DO GOLFO DA GUINÉ*, todos os tipos de clima dependem da flutuação da ITCZ. Uma particularidade, a ITCZ não se desloca para o sul do Equador no Atlântico e na África de oeste e central (Hastenrath, 1985), provavelmente devido ao aquecimento ocorrer sobre uma maior porção continental ao norte do Equador. A

precipitação aumenta à medida que se aproxima do Equador. Também o efeito orográfico é importante (Camarões, Futa-Djalón). De Junho a Agosto, os Alísios de SE ultrapassam o Equador, resultando um efeito monsonico nas montanhas de Futa-Djalón, nas costas do Gabão, Camarões e Nigéria (Am). Os totais pluviométricos são altos, entre 2000 - 4000mm. Variações importantes de temperatura no clima do tipo BShw mas fracas no do tipo Af e Am

Em *ANGOLA, NAMÍBIA E KALAHARI*, a longitude torna-se mais importante do que a latitude na distribuição dos climas. No NE da região, há clima do tipo Aw ou Cw devido à altitude. Além disso, só existem climas dos tipos BS e BW na zona costeira de Angola e toda Namíbia. O Kalahari corresponderia ao Saara, mas não possui a mesma extensão e aridez. Os Alísios de SE sopram do continente para o oceano, portanto, são secos e com divergência e subsidência na zona litoral. A corrente fria de Benguela inibe a convecção, originando mais nuvens estratiformes ou nevoeiros (clima tipo BWn). A interacção oceano-atmosfera é complexa nessa região, pois os Alísios provocam ressurgência e temperaturas da superfície do mar (TSM) baixas e, em contrapartida, as TSM frias aumentam a estabilidade atmosférica, intensificando o clima semi-árido.

A *ÁFRICA DO SUL* está sob a influência do Anticiclone subtropical no verão (Janeiro) e da actividade da frente polar no Inverno (Julho). Em Janeiro, os Anticiclones Subtropicais do Atlântico e do Índico são separados pela depressão de origem térmica centrada na Namíbia - Botswana. A província do Cabo é afectada pela Frente Polar, só no Inverno, que aparece num vale entre dois Anticiclones que se deslocam para Leste (clima Csb). No SE, o clima é do tipo Cf (Cfa ou Cfb), com precipitações ricas durante o Inverno (Frente Polar), fim de Verão (Ciclones Tropicais) e no Verão (ar mT do Oceano Índico em ascensão forçada nas montanhas do Dragão). No interior, só ocorre precipitação convectiva de Verão e seca no Inverno, originando um clima do tipo BSw e CWb no planalto. Nas regiões

mais ao norte, há também clima do tipo Aw. Sob a influência da Corrente de Benguela (fria) e Corrente das Agulhas (quente), as temperaturas apresentam amplitudes de 10°-15°C

Na *ÁFRICA ORIENTAL*, a Corrente de Moçambique (Agulhas) produz temperaturas mais elevadas. O interior está condicionado pelo relevo que é alto (1000-2500m), proporcionando um clima Cw, com pouca variação de temperatura. Na zona equatorial, há dois períodos de chuva (Abril e Outubro) e a uma certa distância do Equador há totais pluviométricos elevados no verão.

A *ZCIT*, e a zona de precipitação máxima associada, deslocam-se para o sul (Março e Abril) e ao norte (Julho e Agosto) do Equador. Os Alísios de SE geram precipitações altas mas os de NE são secos, sendo provenientes da Arábia. No primeiro caso, há clima Aw e, no segundo, climas Bs e Bw.

No *Rift Valley*, as temperaturas são altas (evaporação potencial de 4000 mm/ano) e as precipitações são fracas (400 mm/ano). Geralmente, o relevo tem importância enorme na distribuição da temperatura, precipitação (ascensão forçada e efeito de Fohn). Os ciclones tropicais dão origem a totais pluviométricos elevados em Moçambique e Tanzânia no fim da época quente.

II. 2 – ANGOLA

Angola fica situada na região ocidental da África Austral, a sul do Equador. Possui o seu território compreendido entre os paralelos 4° 22' e 18° 02' latitude sul e os Meridianos 11° 41' e 24° 05' longitude este de Greenwich. Com uma superfície de 1.246.700 Km², a sua costa estende-se por 1.650 km e tem uma fronteira terrestre de 4.837 km. O

comprimento máximo, no sentido Norte-Sul é de 1.277 km e a largura máxima, no sentido Oeste-Leste é de 1.236 km. Limita-se ao Norte com a República do Congo e a República Democrática do Congo; a Leste, com a República da Zâmbia e a República Democrática do Congo; a Sul com a Namíbia; e a Oeste, com o Oceano Atlântico. A província de Cabinda está separada do resto do território pelo estuário do rio Congo e por território Zaireense, fazendo fronteira ao Norte com o Congo



Fig.II. 2 – Mapa de Angola. (Fonte: Almanaque Abril CD-ROM 1999 – 6.ed)

II.2.1 – RELEVO

O País é constituído principalmente por um maciço de terras altas, limitado por uma estreita faixa de terra baixa, costeira (planície litoral), cuja altura varia entre 0 e 200m. Acima dos 200m, encontram-se elevações que podem tomar dois aspectos diferentes: montanhas ou planaltos. Das planícies litoraneas, passa-se, através de uma série de superfícies planas, escalonadas a altitudes diferentes, para uma vasta região elevada de

cidos relativamente planos (alti-plano), a região planáltica, que varia entre os 1000 m e os 1500 m e ocupa a maior parte do País. Acima dos 1500 m e até os 2000 m, encontra-se uma região no centro de Angola, não muito extensa, que se prolonga um pouco para Sul até às províncias meridionais. A maior altitude encontra-se no morro do Mõco, na província do Huambo, e atinge aproximadamente 2620 m

II.2.2 – HIDROGRAFIA

As características hidrográficas de Angola têm uma relação estreita com o relevo do País. Com uma rede de 47 bacias, caracterizadas por 5 principais conduzindo a água à partir da região chuvosa do planalto central em todas as direcções, garantem uma disponibilidade hídrica superior a muito dos outros países de África. O escoamento para águas superficiais é cerca de 120 a 170km³/ano nessa extensa rede hidrográfica cujas superfícies variam entre 254 a 290Km² e na sua maioria não explorados. De uma forma geral pode dizer-se que os recursos em águas subterrâneas em Angola não são abundantes.

II.2.3 – CLIMA

Angola encontra-se na Zona Inter tropical Sul (Equador e Trópico de Capricórnio) e é influenciada por variáveis climáticas comuns à zona geográfica de localização (radiação solar, estruturas semi-permanentes da circulação geral da atmosfera) e pelos factores regionais e locais (Oceano Atlântico, especialmente a Corrente de Benguela, topografia, exposição, etc.) cujos efeitos, em alguns casos, prevalecem sobre os primeiros, gerando microclimas.

Pela sua latitude, Angola deveria possuir um clima tipicamente tropical. Porém, três factores alteraram-no de forma significativa:

- a *Corrente de Benguela (fria)*, que faz com que a região costeira possua um clima tropical seco (500 mm anuais);
- a *proximidade do Deserto da Namíbia*, associado à presença do anticiclone do Atlântico Sul, que reduz as precipitações na zona meridional,
- a *altitude da região central*, que provoca fortes oscilações térmicas, diminuindo as temperaturas e aumentando a pluviosidade (1.000 a 1.500 mm).

II.2.3.1 – TIPOS CLIMÁTICOS OBSERVADOS

Tratando-se de descrever, sob o ponto de vista climático, um território tão vasto, onde se observa uma grande variedade de tipos climáticos, houve necessidade de se estabelecer critérios que permitissem distinguir as regiões a caracterizar. Assim, foi escolhido em cada uma das regiões uma localidade onde funcionava um posto climatológico e foram analisados os dados observados, para descobrir as proporções em que estão combinadas as variáveis e elementos climáticos.

Há duas variáveis que são geralmente consideradas independentes: a precipitação e a temperatura média do ar. Elas serviram para descrever os tipos climáticos apurados nos postos climatológicos:

- a) MEGATÉRMICOS – aqueles em que a temperatura do ar é alta em todos os meses do ano;
- b) MESOTÉRMICOS – aqueles em que há muitos meses frescos;
- c) HÚMIDOS – aqueles em que a precipitação é suficiente para manter o solo húmido durante grande parte do ano e alimentar os cursos de água;

- d) SEMI-ÁRIDOS - aqueles em que o solo permanece seco durante a maior parte do ano e apenas existem cursos de água temporários;
- e) ÁRIDOS - aqueles em que o solo é seco durante todo o ano e não há cursos de água a não ser os que atravessam as regiões semi-áridas e áridas mas recebem as águas de regiões de clima húmido.

II.2.3.2 - FACTORES CLIMÁTICOS

LATITUDE - Angola encontra-se na Zona Tórrida com dias quase todos iguais todo ano e raios solares de pouca obliquidade.

DISTÂNCIA AO MAR - Angola possui um litoral de cerca de 1300Km. As fronteiras orientais encontram-se a aproximadamente 1200Km de distância ao mar. A influência do oceano no clima é sensível em todo o território, não existindo climas com aspectos duma grande continentalidade nas províncias do interior

CORRENTE DE BENGUELA - começa a 35°S (Cabo da Boa Esperança) tem grande influência desde a foz do Cunene até e ao norte de Benguela, originando climas Mesotérmicos e também o Deserto do Namibe.

BRISAS MARINHAS - mantêm uma temperatura mais baixa (10°C) e não permitem a convecção na zona litoral - Deserto do Namibe. Durante a época de cacimbo (denominação local para a época seca e de temperatura mais baixa) a influência da corrente de Benguela vai mais para norte e produz nevoeiros e nuvens estratiformes.

RELEVO – Até a altitude de 500 m, o clima deveria ser Mega térmico (dada a latitude) mas, devido a Corrente de Benguela, o clima é Mesotérmico. Entre 500 e 1000m há, geralmente, clima Mega térmico. A maior extensão do território entre 1000 e 1500 m é de clima Mesotérmico. Entre 1500 e 2300 m – clima Mesotérmico de tipo mais fresco e as altitudes de 2500 m provavelmente climas frios (Micro térmicos), como o Pico do Môco com 2619m.

VENTOS PREDOMINANTES – Angola está situada na zona dos Alísios de SE, geralmente muito fracos e menos regulares do que descrito na literatura, e a zona litoral está dominada por brisas. A brisa marinha é mais intensa á tarde e tem uma influência moderadora sobre as temperaturas durante o dia, transportando ar oceânico mais fresco (Corrente de Benguela). Apenas durante a madrugada é observável vento de SE na zona litoraneas.

II.2.3.3 – VARIÁVEIS CLIMÁTICAS

PRESSÃO ATMOSFÉRICA – Varia pouco com o tempo. A variação é à volta de 2 hPa, resultante da maré barométrica. A variação anual é muito regular mas pequena (cerca de 5 hPa) com um máximo na época seca (Junho e Julho) e um mínimo na época chuvosa (Janeiro – Abril).

TEMPERATURA MÉDIA ANUAL – Está compreendida entre valores de 15°C (Estação Zootécnica da Humpata, 2070 m) e 27°C (Nóqui, 200 m). Na distribuição das isotérmicas anuais contribuem os factores seguintes:

i) –**ALTITUDE**– As temperaturas mais baixas são de Humpata, estação de maior altitude.

ii) - POSIÇÃO EM RELAÇÃO AO LITORAL - Influência refrescante da Corrente de Benguela. Perto do mar, as temperaturas são mais baixas especialmente no extremo sul. Porém, em suas vizinhanças, para altitudes entre 200m e 900m, encontram-se temperaturas médias mais altas.

iii) - LATITUDE - No norte de Angola, as temperaturas médias anuais são, geralmente, mais elevadas.

Para Angola, pode-se utilizar uma fórmula de variação da temperatura média anual (T_a) em relação com a altitude (H), (concebida por um dos Meteorologistas do Instituto de Meteorologia de Portugal, que na década de 60 estudaram o clima de Angola.)

$$\bar{T}_a = 28.8^\circ C - H/161 \times 1^\circ C$$

Aplicando esta fórmula a várias temperaturas do litoral, foi constatado que a Corrente de Benguela tem o mesmo efeito sobre a temperatura média anual como a altitude. Assim, para a Baía dos Tigres, a temperatura é a mesma (18°C) que para 1700m, para o Namibe e Porto Alexandre (20°C) -1350m, para Lucira 1250m, Baía Farta 1100m, Lobito 900m, NGunza 800m. Para o Norte do Litoral, esse efeito não pode ser apreciado com rigor. Aplicando a fórmula da \bar{T}_a , obtêm-se uma temperatura média de 12.5°C para o Pico do Môco (2620m).

VARIAÇÃO MÉDIA ANUAL DA TEMPERATURA DO AR - Geralmente, nas regiões tropicais, a amplitude térmica anual (ΔT) é pequena, não excedendo 5°C. Em Angola, o oceano não tem uma influência reguladora forte na amplitude térmica que varia mais com a latitude e altitude. A amplitude mínima (2°C) encontra-se no norte das Províncias (Ver Fig.II.2) de Malange (Quela 1,6°C, Tembo Aluma 1,5°C), do Uige (Macocola 2,2°C) e da Lunda Norte (Caungula 0,9°C, Cassanguidi 0,9°C, Dundo 1,3°C). A máxima na Províncias do Cunene

(N´Giva 9,7°C), Cuando Cubango (Mavinga 3°C, Capico 5,8°C). De resto, há valores intermediários de amplitude térmica, geralmente maiores na zona litoraneas e nas estações de altitude interior (6° - 8°C)

AMPLITUDE DIÁRIA DA TEMPERATURA DO AR - No litoral, a amplitude é pequena (7°C no norte e 8°C no sul), sendo um pouco maior na época fresca ao norte e na época quente ao sul. A amplitude aumenta com a distância do mar e com a altitude.

HUMIDADE RELATIVA - De um modo geral, os valores médios da humidade relativa são elevados nos climas com pequena variação diária de temperatura e mais baixos nos climas onde ela é maior. Encontra-se para Benguela 70% na época chuvosa e um pouco superior na época seca; Cabinda próximo a 80% todo ano; Luanda ultrapassa os 80% na época seca; Namibe na época seca ultrapassa os 90%. Já no interior os valores são mais baixos; Huambo e Menongue na época seca variam entre os 30% e 50% e na época chuvosa 70%

NEBULOSIDADE - Há dois modos de variação da nebulosidade em Angola.

i) - NO LITORAL - nebulosidade máxima durante a madrugada e manhã e mínima à tarde e princípio da noite.

ii) - NO INTERIOR - a nebulosidade é máxima à tarde.

No Litoral, há nebulosidade todo o ano; já no planalto é pequena de Maio a Outubro e grande nos outros meses.

PRECIPITAÇÃO - Designa-se à passagem de água no estado líquido ou sólido, da atmosfera para o solo; pode ter as formas de chuva, aguaceiros, granizo, orvalho e geada. O orvalho e a geada formam-se nas camadas mais baixas da atmosfera, junto ao solo, as outras formas provêm de camadas mais altas.

Só é possível a ocorrência de geadas quando a superfície do solo ou dos seres e objectos que nela existem desce abaixo de 0°C, por efeito do arrefecimento nocturno. Isto acontece alguns dias por ano nos climas do planalto com maiores variações diárias da temperatura, nos meses de Maio, Junho e Julho, quando essa variação é maior, observam-se geadas no Lubango, Menongue e Mavinga, sendo mais frequentes nestas duas últimas regiões.

O orvalho forma-se quando a superfície dos objectos desce abaixo da temperatura do ponto de orvalho, também por efeito de arrefecimento nocturno. A temperatura do ponto de orvalho é aquela a que o ar, com um certo teor de humidade, se torna saturado. Mas para que se forme o orvalho não é necessário que o ar atinja a saturação; basta que a superfície dos corpos em contacto com ele tenha temperatura inferior à do ponto de orvalho.

Em Angola, observa-se orvalho frequentemente tanto no litoral como no planalto, durante todo o ano. É mesmo possível que esta forma de precipitação, influa de modo importante no balanço hídrico, especialmente nas regiões áridas e semi-áridas, contribuindo para a existência duma vida vegetal relativamente importante durante as longas ou longuíssimas épocas secas.

O granizo é observado nos climas temperados de Angola embora seja muito pouco frequente; ocorre, em média, uma ou duas vezes por ano. Nos climas quentes, as gotas de água gelada que porventura existam nas porções mais altas das nuvens, fundem antes de chegar ao solo.

A precipitação que se observa em Angola tem, em geral, forma de aguaceiros que se distinguem da chuva propriamente dita pela menor duração e, principalmente, por terem

gotas de diâmetro maior. Durante os aguaceiros, a intensidade da precipitação atinge por vezes valores elevados da ordem de 1 mm por minuto ou mais.

Ainda mais importante do que a forma da precipitação é a sua quantidade anual e a distribuição ao longo do ano. Em Angola, os valores anuais médios da precipitação variam entre pouco mais de 10mm, observados em Porto Alexandre, e cerca de 1700mm na parte alta da Província de Benguela. Num dado local, a precipitação varia muito de ano para ano chegando a ser metade ou o dobro do valor médio.

Excepto para os climas secos, onde as chuvas ocorrem de Outubro a Maio mas em quantidade tão pequena que todos os meses podem ser considerados secos, tal como observado no litoral da Província do Namibe, há dois tipos principais de distribuição das chuvas ao longo do ano, cada um deles com variantes que resultam da maior ou menor duração da época ou épocas secas:

PRIMEIRO TIPO - com uma época de chuvas de Setembro ou Outubro até Abril ou Maio, com um máximo que pode ocorrer num dos meses de Dezembro a Abril; existe uma única época seca mais ou menos longa que vai de Junho a Agosto nos climas mais chuvosos e de Maio a Dezembro nos menos chuvosos. Esse é o tipo de distribuição que se observa em quase todo o território exceptuando-se o litoral ao sul do Ambrizete;

SEGUNDO TIPO - com duas épocas secas sendo uma principal, em que não chove, de Maio ou Junho a Agosto ou Setembro, e outra secundária em Dezembro e Janeiro (pequeno cacimbo); em que chove pouco, esse é o tipo de distribuição que se observa numa faixa litoral por vezes bastante larga entre Ambrizete e Benguela.

VENTO - De um modo geral em Angola, o vento é fraco. As cartas isobáricas dessas latitudes, apresentam gradientes de pressão muito fracos e mal definidos, a componente

horizontal da força de Coriolis é pequena e o território está fora das trajetórias dos ciclones tropicais.

Exceptuando o litoral ao sul do Namibe, a velocidade média anual do vento não atinge ou pouco excede 10km/h, o que corresponde a vento muito fraco na escala de Beaufort; na Baía dos Tigres, a velocidade média do vento é um pouco maior nas regiões do sul, notando-se que há um pequeno aumento gradual com a latitude, como se poderia prever. Em todo território ocorre poucas vezes, por ano, rajadas de vento forte de pequena duração com velocidade que chega a atingir 100Km/h.

II.2.3.4 -SUB-CLIMAS

A fronteira marítima, com 1.650 km, e a altitude média determinam a existência de duas grandes regiões climáticas, com os seguintes sub-climas:

1. LITORAL - A norte, Clima Tropical seco e desértico e a sul, engloba uma faixa litoral influenciada pela corrente fria de Benguela, com precipitações anuais que variam entre os 50mm (Namibe) e os 800 mm (Cabinda), uma humidade relativa superior a 30% e temperatura média anual superior a 23°C;
2. INTERIOR - Compreende três subzonas:
 - a) *Tropical húmido*, abrange a zona norte interior e o nordeste, com precipitações abundantes e temperatura elevada.
 - b) *Tropical modificado pela altitude*, abrange as regiões altas do planalto central e caracteriza-se por temperaturas médias inferiores a 19°C, temperaturas baixas na estação seca e no sudeste e grandes amplitudes térmicas diárias.
 - c) *Semi-árido* no sudeste, com uma pluviosidade média anual compreendida entre 500 mm e os 800 mm e temperaturas baixas durante o período nocturno da estação seca.

II.2.3.5 - CONFIGURAÇÕES DE ESCALA PLANETÁRIA E O CLIMA DE ANGOLA

Na situação sinóptica de Angola, há dois centros principais que actuam durante o ano. O Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul e a Zona de Convergência Inter tropical (ZCIT). A influência da Corrente de Benguela reforça a acção do Anticiclone, intensificando a estabilidade da baixa troposfera e a inversão psicrotérmica associada ao movimento subsidente. O clima de Angola é condicionado pelo equilíbrio que há entre esses factores.

ÉPOCA DE CHUVAS - caracteriza-se por predominância do regime de baixas equatoriais que estendem uma ramificação secundária para o território de Angola Figura.3. Convergência e convecção dominam todo o País excepto a Província do Namibe que fica sob a influência directa do Anticiclone do Atlântico Sul. Resultam chuvas de origem convectiva na zona influenciada pela ZCIT e seca na Província do Namibe, onde a subsidência e inversão térmica são quase permanentes, com nuvens do tipo Estrato (St) e Estratocúmulo (Sc) dominando a região.

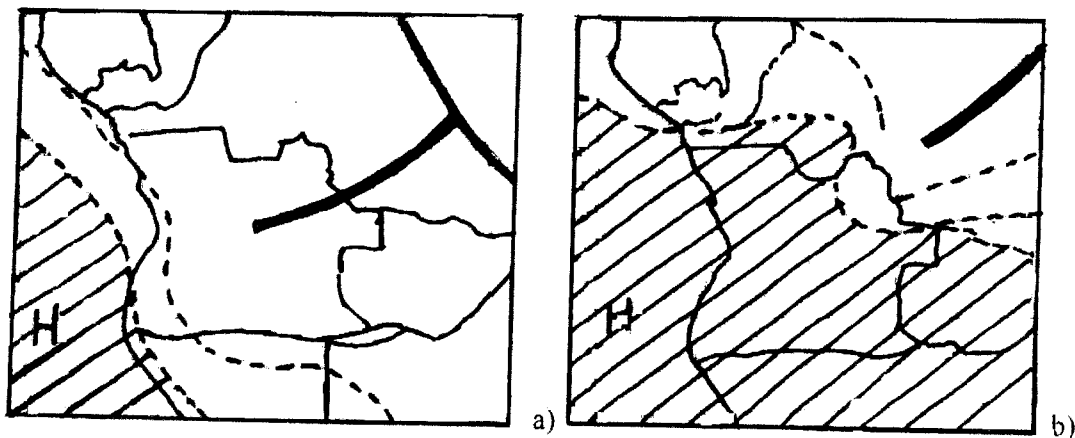


Fig.II.3 - Esquema da ramificação secundária da ZCIT a) - Época chuvosa b) - Época seca (Fonte: Mustea, Eugénio - (1979), *Livro de Meteorologia para classe I*)

Entre essas duas zonas, há uma zona intermediária onde há uma alternância dos dois tipos mencionados.

ÉPOCA SECA – Os centros das Altas Subtropicais deslocam-se para norte, devido o deslocamento relativo do sol para o Hemisfério Norte e a pressão aumenta, formando-se um cinturão de alta pressão entre o Atlântico e o Índico do Sul que se estende sobre a maior parte de Angola, gerando, como consequência, um regime de subsidência caracterizado por falta de nuvens capazes de produzir precipitação. Na zona litoral, a inversão de subsidência é muito persistente e gera nuvens estratiformes (Sc e St) e situações frequentes de St e nevoeiros particularmente na Província do Namibe. No NE do País, o regime de subsidência é fraco ou às vezes permite uma ramificação da ZCIT penetrar no território a NE, resultando chuvas (Fig.II.3). Claro que esse esquema não é rígido e mudanças inter anuais podem ocorrer.

Com a revisão sobre o clima aqui espelhado e o estudo da Fenomenologia das Chuvas desenvolvido no capítulo seguinte, este trabalho desenvolver-se-á na expectativa de haver um melhor entendimento sobre as tendências da precipitação em Angola, que serão analisadas e discutidas à partir do capítulo quinto.

CAPÍTULO III

Fenomenologia das chuvas

III.1 – ZONA DE CONVERGÊNCIA INTERTROPICAL (ZCIT)

A linha ao longo da qual os Alísios de ambos os hemisférios convergem é conhecida como Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) ou baixa equatorial. Nessa zona, os ventos são fracos ou inexistentes sobre grandes extensões; daí ser conhecida, na terminologia náutica, como “zona de calmarias” ou “doldrums”. A ZCIT é observada ao redor do globo.

A região da ZCIT é o ramo ascendente da célula de Hadley. O ar quente e húmido, sobe e há formação de grandes aglomerados de Cumulonimbus (Cb), resultando em chuvas convectivas abundantes. Esses complexos convectivos de mesoescala e escala sub sinótica, são responsáveis pela libertação de enormes quantidades de energia (calor latente) para a atmosfera superior. Por isso, a atmosfera tropical é considerada a maior fonte de energia para a atmosfera, ou a “fornalha” que move a circulação geral da atmosfera.



Fig.III.1 – Frente ou Zona de Convergência Intertropical e Ventos Alísios
(Fonte: <http://www.imarpe.gob.pe/tsm/Enso/Zcit/ZCIT.htm>)

Outra interessante característica da ZCIT é a sua migração periódica entre os dois hemisférios. A Fig.III.2 mostra as posições da ZCIT nos meses de Janeiro e Julho. A ZCIT

segue o sol com atraso de um mês a um mês e meio e se desloca latitudinalmente. As consequências desse deslocamento no tempo e no clima das regiões tropicais são enormes.

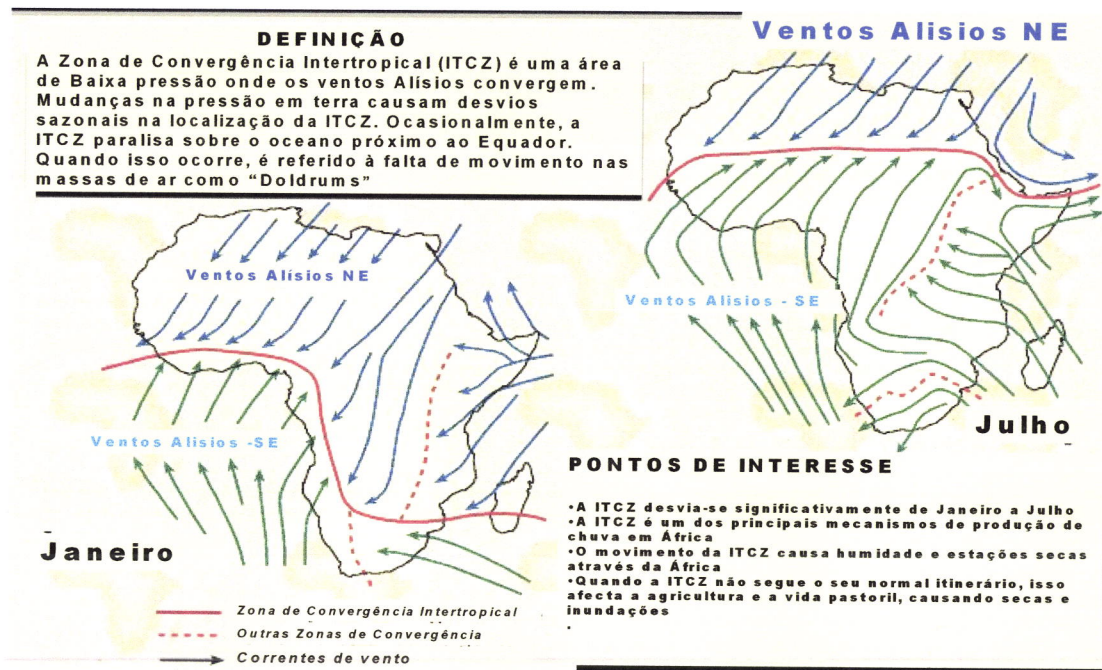


Fig.III.2 – Migração da ZCIT e Ventos Alísios sobre a África em Janeiro e Julho
(Fonte: <http://www.cpc.noaa.gov/products/african-desk>)

Esse deslocamento é de 15° de latitude, ou mais, em relação ao Equador. Em geral, atinge a sua posição média, mais ao norte, em torno de 10°N a 15°N em Agosto ou Setembro, e mais ao sul, em torno de 5°S, em Março ou Abril; coincidindo, aproximadamente, com as latitudes em que ocorrem as máximas temperaturas médias sobre os oceanos. As migrações sazonais da ZCIT são pequenas sobre o Atlântico e o Pacífico.

As estações chuvosas, frequentemente desastrosas, nas regiões tropicais, estão associadas com o deslocamento da ZCIT. Algumas regiões tropicais têm duas estações chuvosas distintas, uma quando a ZCIT cruza a região indo para norte, e outra quando retorna para o sul. Entre essas duas passagens é observado o período seco.

Um índice de intensidade de chuva nos trópicos e a posição da ZCIT são determinados através do fluxo de Radiação de Onda Longas (OLR) obtido por sensores a bordo de satélites geostacionários. Os valores baixos de OLR indicam nuvens com grande desenvolvimento vertical e forte precipitação, enquanto os valores altos de OLR indicam o contrário. (Ferreira, 1996)

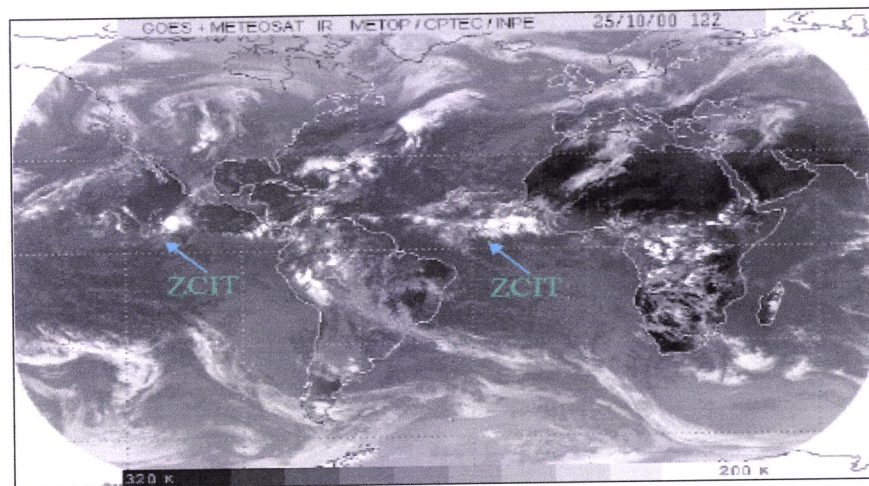


Fig.III.3 – Faixa de nebulosidade, caracterizando a ZCIT obtida da imagem do satélite GOES + METEOSAT IR. Observam-se, também, os grandes complexos convectivos sobre a África Equatorial (Fonte: CPTEC/INPE no dia 25/10/2000)

III.2 – AS ALTAS SUBTROPICAIS

A região entre as latitudes de cerca de 20° a 40° é uma região de movimento de ar descendente (ramo subsidente da célula de Hadley), e é dominada por pressões atmosféricas altas, usualmente referidas como altas subtropicais. As altas subtropicais são uma importante característica da circulação tropical porque elas dominam o clima de grandes áreas subtropicais e são os centros de origem dos ventos Alísios.

Tipicamente, as altas subtropicais estão associadas com céu claro e tempo bom, com pequenas precipitações as quais, quando presentes, ocorrem na parte Oeste da célula,

onde massas de ar são mais instáveis e húmidas e não na parte Este, onde massas de ar muito estáveis prevalecem quase continuamente.

As massas de ar estáveis de Este produzem caracteristicamente condições de céu descoberto ou nuvens cujo desenvolvimento vertical é inibido devido a um regime geral de subsidência e inversão térmica. Na parte Este, nuvens típicas são Estratocúmulos (Sc) as quais podem cobrir grandes extensões da área dominada pelos Anticiclones. Acima da cobertura de Estratocúmulos, a atmosfera é normalmente clara devido ao ar ser mais seco, com humidade relativa inferior a 20%, resultante do aquecimento adiabático do ar subsidente. Essa baixa humidade faz com que as nuvens evaporem ao tentar crescer através da inversão.

O ar nas baixas altitudes, com um sistema de Anticiclones na vizinhança da inversão, tem as temperaturas potenciais mais baixas do que o ar em altitudes mais elevadas. Isto sugere que o ar imediatamente acima da inversão esfria adiabaticamente o qual contrasta com o ar nas altitudes mais altas que possui temperaturas potenciais mais altas como resultado do aquecimento adiabático seco. Esse aparente dilema pode ser explicado ao se considerar o balanço da radiação total do ar em altitudes baixas em Anticiclones (McIlveen, 1992). O esfriamento do ar por perda radiativa para o espaço na vizinhança das inversões é superior ao aquecimento diabático devido à radiação solar. Os efeitos climáticos dos processos meteorológicos operativos nos sistemas de Anticiclones são baixa nebulosidade e nuvens de topo quente (baixo) e, assim, chuva fraca. Muitas áreas subtropicais são caracterizadas por climas secos. A aridez das áreas costeiras subtropicais, tais como o Oeste da Austrália, Oeste da América do Norte e os desertos da África (Sul – Oeste) (Kalahari) e América do Sul (Atacama), é um produto do domínio dos Anticiclones com as suas características massas de ar estável.

III.3 – OS VENTOS ALÍSIOS

Entre as Altas Subtropicais e a ZCIT, a circulação ao nível da superfície sobre os oceanos em ambos os hemisférios é dominada por ventos de leste persistentes. Esses ventos são conhecidos como Ventos Alísios.

Sobre os continentes, os Alísios tendem a ser secos e sobre o Sahara são referidos como Harmattan, embora no este da Ásia, sejam conhecidos como Monções de Inverno.

Os ventos Alísios são importantes por cobrirem quase metade da superfície do globo, estendendo-se sobre 30° de latitude no hemisfério no verão e a aproximadamente 20° no hemisfério no Inverno. No HN, a sua direcção geralmente é este-nordeste e no HS seja este-sudeste.

Sobre os oceanos, os Alísios apresentam maior regularidade, tendo persistência de 60–70% em média. Embora caracterizado por constantes, os Alísios demonstram considerável variabilidade inter anual em sua força especialmente nos anos de El Niño quando enfraquecem consideravelmente. Contudo, análises da direcção dos Alísios para as bacias do Atlântico e Pacífico, Biggs (1993) e Inoue e Bigg (1995) mostraram que poderia haver um fortalecimento. Isto parece ser consistente com um aumento na intensidade do sistema anticiclónico dos oceanos dos quais os ventos alísios têm origem.

Os ventos Alísios, originados dos sistemas de Anticiclones Subtropicais no leste das bacias dos oceanos Atlântico, Índico e Pacífico, flúem em direcção ao Equador onde convergem com os Alísios vindos do hemisfério oposto.

Durante a sua jornada através das regiões equatoriais, os Alísios sofrem mudanças termodinâmicas, transportando calor e humidade. São divergentes na sua origem mas tornam-se convergentes ao se aproximarem do Equador. Convergência horizontal produz movimentos ascendentes que predominam em toda a área da ZCIT.

Os Alísios têm uma estrutura vertical dividida em 3 camadas, cuja altura aumenta na direcção do Equador. Da superfície para cima, as 3 camadas são:

- uma camada de sub-núvem
- uma camada de nuvens
- uma camada de inversão.

A camada de inversão é a camada da atmosfera caracterizada pelo aumento da temperatura com a altitude. Esta é, talvez, a mais distinta característica do sistema dos ventos Alísios devido a sua extensão espacial e variação em altura e intensidade.

Quatro mecanismos existem possivelmente para a geração de inversões:

- turbulência
- radiação/balanço de calor
- advecção
- subsidência (Hastenrath, 1985).

Delas, a subsidência é considerada o mais provável mecanismo responsável pela origem e manutenção da inversão dos ventos Alísios. A altura em que o ar ascendente (esfriando) encontra o ar subsidente (aquecendo) é a base da inversão. Essa é a altura onde o perfil da temperatura e sua taxa de variação vertical (Fig.III.4) se invertem. A altura da base da inversão é mais dependente da força relativa da subsidência e da convecção.

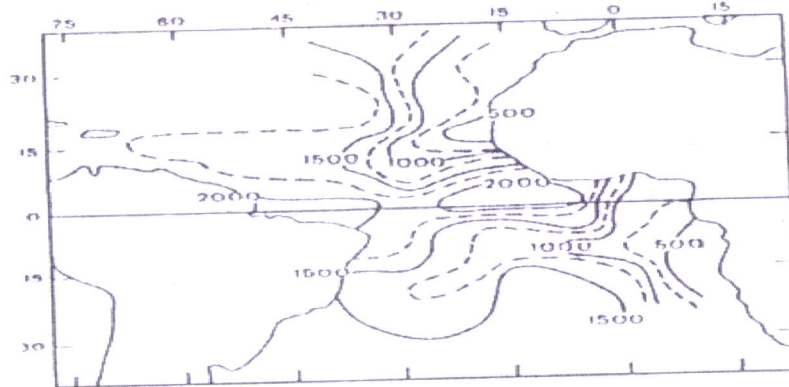


Fig.III.4 – Altura (m) da base da camada de inversão na região dos ventos Alísios sobre o Oceano Atlântico (Drosdov et, al, 1989, p.328)

A estabilidade de inversão é a taxa com que a temperatura aumenta da base para o topo da inversão, podendo haver uma diferença de 8°C próximo à costa africana. O topo da inversão é a altura em que a temperatura começa a decrescer novamente. A altura da base da inversão aumenta em direção ao Equador (Fig.III.4) e a sua intensidade é maior próxima ao centro do Anticiclone semi-permanente.

III.4 – SISTEMAS FRONTAIS

Durante o Inverno do Hemisfério Sul, é frequente a penetração até latitudes equatoriais de sistemas frontais, ou seus restos, entre as latitudes 5°S e 18°S conforme foi descrito por Kousky (1979). Isto acontece no período em que a ITCZ se posiciona em torno de 10°N e 14°N. Oliveira (1986), através de uma climatologia usando imagens de satélites geostacionários entre 1979–1984, verificou que os sistemas frontais frequentemente se associam e interagem com convecção tropical embora nem todos com a mesma intensidade. A passagem de sistemas frontais, muitas vezes associados à precipitação, é comum sobre Angola durante o ano inteiro. Porém, nem sempre organizam convecção e precipitação, particularmente no sul do País.

III.5 – MECANISMOS TROPICAIS DE MESOSCALA

Em alguns anos, particularmente anos de La Niña, sistemas frontais do Hemisfério Norte podem penetrar profundamente em latitudes equatoriais africanas, durante o Inverno-Primavera, de Dezembro a Abril, daquele hemisfério, quando a ZCIT está em sua posição mais ao sul, tanto sobre o Atlântico como sobre a África equatorial (Molion e Bernardo, 2002). Essas perturbações produzem grandes complexos convectivos de mesoescala (CCM) e escala sub-sinóptica (CCS) na região da ZCIT que, por sua vez, geram perturbações ondulatórias no campo dos ventos Alísios (POAS). Podem gerar, também, linhas de instabilidade, ou linhas de Cbs, que se propagam para o sul e atingem particularmente o norte de Angola.

Outros mecanismos de mesoescala importantes para a produção de chuva na região costeira são as brisas marinha e terrestre. Durante as primeiras horas da manhã, o continente se aquece mais rapidamente que o oceano adjacente. Estabelece-se um gradiente térmico, com temperaturas mais elevadas sobre o continente. Esse gradiente gera uma circulação rasa, com o ar subindo sobre o continente, criando uma região de pressão mais baixa e forçando a entrada do ar marinho, com temperaturas mais baixas, a brisa marinha.

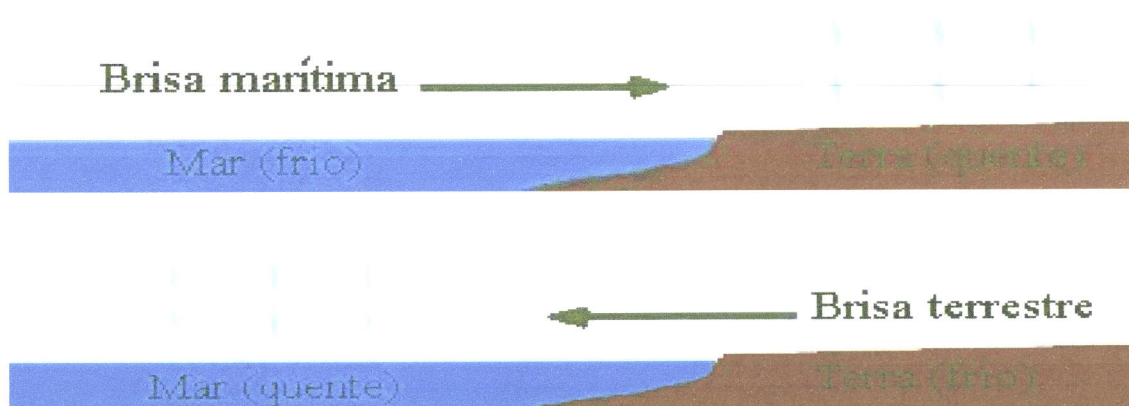


Fig.III.5 – Brisas do mar e da terra Fonte: http://www.smg.gov.mo/dm/learnmet/p_lsbreeze.htm

O movimento de ar ascendente sobre o continente provoca a formação de nuvens que podem precipitar-se seus topos atingirem uma altura adequada. Já durante o entardecer, o continente se resfria mais rapidamente que o oceano devido à perda radioactiva de ondas longas, e o gradiente térmico reverte-se, com temperaturas maiores sobre o oceano que sobre o continente. Gera, então, uma circulação da terra para o mar com movimentos ascendentes, formação de nuvens (ou nevoeiro) e chuva sobre o oceano, próximo a orla marinha. As brisas, por si só, são mecanismos que produzem chuvas leves e de curta duração. Nobre e Molion (1988) sugeriram que a confluência dos Alísios com a brisa de terra (nocturna) possa ser um dos mecanismos importantes na produção da chuva em regiões costeiras. A convecção local ocorre devido ao aquecimento da superfície e à convergência de humidade transportada pelos Alísios.

III.6 – A OSCILAÇÃO DECADAL DO PACÍFICO (ODP)

O gradiente de temperatura (pressão) equador-pólo tem forte influência sobre o posicionamento das principais estruturas da circulação geral da atmosfera. Segundo Flohn (1981), a redução do gradiente de temperatura deslocaria os centros dos anticiclones subtropicais, ramos descendentes das Células de Hadley, em direcção aos pólos, fazendo com que as trajectórias dos ciclones extra tropicais (“storm tracks”) e os jactos subtropical e polar sejam deslocados mais para o lado polar e mudando a distribuição espacial da precipitação pluvial. Rawson (1908) foi o primeiro a demonstrar que existe uma variabilidade interdecadal na posição geográfica dos centros de Altas Subtropicais do Atlântico (AS). Com relação ao Atlântico Sul, mostrou que o centro da AS apresentou um ciclo de deslocamento latitudinal aparente de 19 anos, chegando a sua posição geográfica extrema sul no ano de 1884 (34°S) e extrema norte no ano de 1893 (25°S).

Hastenrath (1990) mostrou que a região do Sahel, África sub-Saara, apresentou uma tendência progressiva de agravamento das secas durante o período de 1948–83. Ele atribuiu esse facto a mudanças na circulação atmosférica sobre o Atlântico Norte devido ao aumento de pressão e deslocamento para o sul da confluência dos ventos próximo ao equador e do cinturão de nuvens associado (ZCIT continental).

Recentemente, diversos investigadores confirmaram que o deserto do Saara está regredindo e parte equatorial do Sahel está apresentando aumento dos totais anuais de precipitação. Tal facto pode estar ligado ao deslocamento do centro da AS do Atlântico Norte em direcção ao pólo, permitindo que a ZCIT se desloque mais para norte que no período citado por Hastenrath.

Uma possível causa da variabilidade dos centros das AS seria a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) por meio de teleconexões, considerando que o Oceano Pacífico ocupa um terço da superfície terrestre e que as temperaturas da superfície do mar (TSM) são a condição de contorno inferior mais importante para a atmosfera. A ODP é uma configuração oceânica semelhante ao fenómeno El Niño, porém de prazo mais longo (Mantua e al, 1997). Os eventos ODP persistem por 20, 30 anos, enquanto os de El Niño por 6 a 18 meses. Da mesma forma que El Niño, existem duas fases da ODP. A fase fria, em que as anomalias de temperatura da superfície do mar (ATSM) no Pacífico Tropical são negativas enquanto as ATSM do Pacífico Extra tropical Norte e Sul são positivas. A última fase fria ocorreu no período 1947–1976. Já a fase quente apresenta a configuração contrária, com ATSM positivas no Pacífico Tropical e ATSM negativas no Pacífico Extra tropical. A fase quente se estendeu de 1977 a 1998. As causas da ODP não são conhecidas, tampouco seu poder predictivo. Porém já começam a surgir alguns resultados de estudos sobre seus efeitos nas circulações atmosférica e oceânica.

Molion et al. (2004), concluíram que, durante a fase quente da ODP, entre 1976–1998, os eventos El Niño foram mais frequentes e mais intensos e o ciclo anual do deslocamento longitudinal do centro da Alta Subtropical do Atlântico Norte (AN) foi cerca de 4° de longitude maior que o da fase fria da ODP (1948–1976), chegando mais para leste da posição com relação à fase fria. Nessa fase, o centro da AN apresentou um deslocamento latitudinal mais amplo (5° latitude), entre 32°N e 37°N enquanto, na fase quente da ODP, o deslocamento restringiu-se a 3° de latitude, entre 33°N e 36°N. Isso sugere que a ZCIT, essencialmente confinada pela posição dos centros das altas subtropicais nos dois hemisférios, tenha tido um deslocamento latitudinal mais amplo durante a fase quente, pois o centro da AN esteve, em média, mais afastado das regiões equatoriais entre Agosto e Setembro. O clima da África Tropical no Hemisfério Sul é afectado pelo deslocamento longitudinal da ZCIT e do centro da Alta Subtropical do Atlântico Sul (AS). Durante a fase quente, o deslocamento longitudinal do centro da AS foi mais amplo (14°) que na fase fria (10°), porém a fase foi oposta, pois o centro esteve, em média, deslocado para a posição 4°W de longitude durante os meses de Junho a Agosto, quando se esperava que se localizasse entre as longitudes 12°W e 15°W. Esse posicionamento mais a leste pode ter intensificado a subsidência e o período seco, devido à redução da actividade convectiva sobre os trópicos sul-africanos.

III.7 – CORRENTE DE BENGUELA (FRIA)

A Corrente de Benguela (fria) é um dos quatro sistemas de corrente fronteiros mais importantes do mundo. Embora a oceanografia da costa ocidental da África Austral seja dominada por um sistema de correntes de afloramento semelhantes àqueles perto da Califórnia, Perú e Nordeste Africano, a Corrente de Benguela é única pelo facto de estar rodeada em ambas as extremidades, polar e equatorial, por regimes de água quente, a

Corrente de Angola e a Corrente das Agulhas. Essas fronteiras equatoriais e polares não são estáticas em espaço e tempo mas altamente dinâmicas

Segundo alguns autores, como Defant (1961), Tsuchinya (1985), Reid (1989) e Stramma e Peterson (1989), a Corrente de Benguela é um fluxo de água dirigido para o Norte à partir do Cabo de Boa Esperança. Ela é formada por águas da Corrente do Atlântico Sul, a Grande Austral do Grande Giro Subtropical e águas quentes das Agulhas, como também das águas Superficiais Sub-Antárticas. Essas últimas são formadas à partir das perturbações da Frente Subtropical (Shannon et al, 1989). As condições atmosféricas da região de Benguela são influenciadas pelo sistema de alta pressão semi-permanente sobre o Atlântico Subtropical Sul e pelo sistema de baixa pressão que se desenvolve sobre a África Austral durante o verão.

O centro de alta pressão do Atlântico Sul mantém-se durante todo o ano mas desloca-se na direcção noroeste-sudeste. Os ventos predominantes na região do Sul e Sudeste causam o transporte de Ekman com um ângulo inferior a 45° para esquerda a direcção do seu fluxo devido à Força de Coriolis, gerando a ressurgência superficial de águas frias provenientes de camadas profundas, ricas em nutrientes (Fig.III.6)

A pressão sobre a região muda radicalmente, de baixa intensa durante o Verão para alta pouco intensa no Inverno. Por conseguinte, a ressurgência não é uniforme ao longo do ecossistema. Ela é sazonal nalgumas áreas da região e permanente noutras. A extensão de 75 a 230Km da plataforma, com profundidade 200-500m, favorece o processo de ressurgência. A corrente é caracterizada por água fria e de baixa salinidade devido ao intenso afloramento, quase afloramento no Sul do ecossistema durante o Verão e no Norte durante o Inverno

A corrente de Benguela penetra para oeste, encontrando as águas quentes no Norte e Nordeste, definindo muitas frentes de várias intensidades; ao Nordeste, a Corrente de Angola com águas quentes e salgadas, ao Norte com água quente, mais ou menos salgada vinda do Equador e ao Oeste com as águas superficiais do Atlântico Sul.

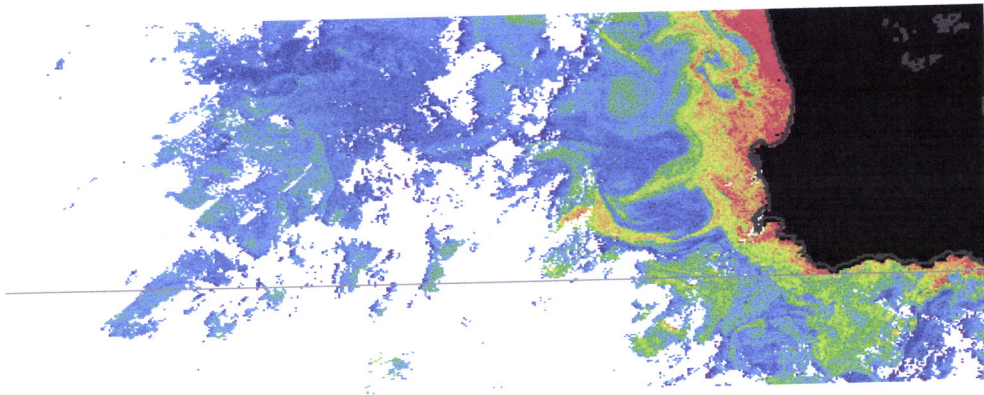


Fig.III. 6 – Imagem CZCS da costa sul de África, mostrando a alta produtividade do “upwelling” da zona de Benguela e as características associadas da corrente de Benguela. Esta imagem foi obtida em Setembro 29,1980

O limite norte do ecossistema de Benguela é a zona frontal de Angola–Benguela. Essas séries de frentes são uma característica permanente da superfície, identificáveis até uma profundidade de pelo menos 200m, e são mantidas durante todo o ano dentro de uma faixa estreita de latitudes, tipicamente entre 14°S e 17°S (i.e., perto do Cabo Frio e da fronteira Angola–Namíbia). A zona frontal tem, geralmente, uma direcção oeste–leste, e parece ser mantida por uma combinação de factores, incluindo batimetria, orientação costeira, estratificação, força dos ventos e correntes opostas das Correntes de Angola e Benguela. O movimento da zona frontal para sul é mais pronunciado para os fins do verão quando a força dos ventos ao longo da costa e do afloramento ao norte de Benguela é reduzida.

Nessa área, são comuns os eventos periódicos de aquecimento, semelhantes ao ciclo sazonal do El Niño no Pacífico perto da costa do Peru. Esses ocorrem quando se verifica um aquecimento extremo no Atlântico Tropical Leste e a água quente é movida para o sul

e leste ao longo da costa da Namíbia. Os *Niños de Benguela* (Shannon e al.1986) ocorrem cada dez anos em média e não estão necessariamente em fase com a Oscilação Sul (OS) no Pacífico, embora algumas teleconexões pareçam ser aparentes (Fig.III.7). Os *Niños Benguela* ocorreram em 1934, 1949, 1963, 1984 e 1995 e é provável que também em 1910, em meados de 1920 e durante o período de 1972–1974. Todos os anos há uma intrusão, ao sul, de água quente da Corrente de Angola para o norte da Corrente de Benguela mas, durante um Niño Benguela, a frente Angola – Benguela desloca-se para sul, causando advecção de calor, água altamente salina chegando até 25°S (Shannon et al. 1986, Boyer et al. 2000). Durante o evento de 1963, as temperaturas afastadas da costa da Namíbia foram 2° – 4°C mais altas que a normal e a pressão ao nível médio do mar foi 4 hpa acima da média.

Embora não sejam tão frequentes ou intensos como o El Niño, o seu impacto no ecossistema e recursos vivos do norte de Benguela é enorme.

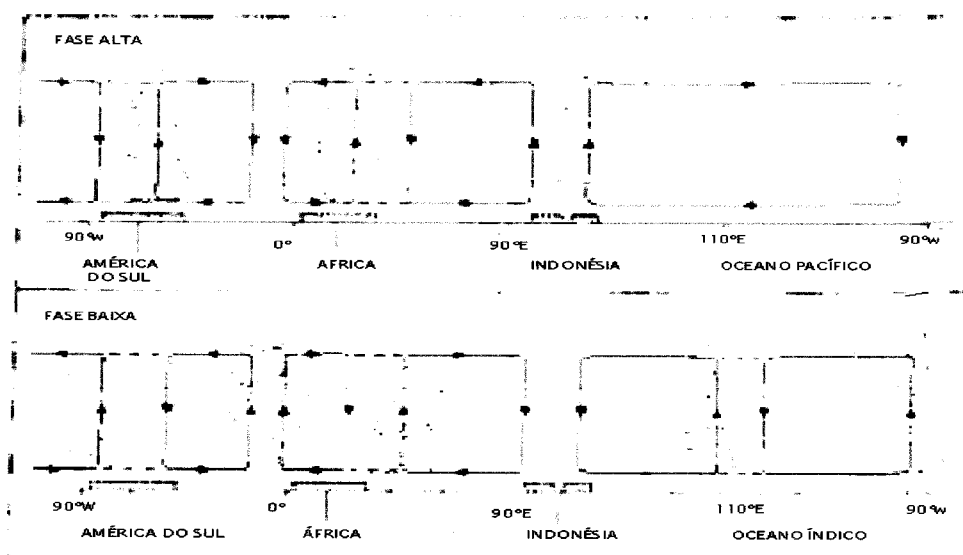


Fig.III.7 – A circulação de Walker durante as fases alta e baixa da Circulação do Hemisfério Sul (segundo Lindesay 1996) mostrando a teleconexão entre circulações atmosféricas no Índico Sul, Atlântico Sul e Oceano Pacífico

As características principais da circulação das águas de superfície e termoclinas (Shannon and Nelson, 1996) estão demonstradas na Fig.III.8 e podem ser resumidas brevemente da seguinte forma:

- Circulação da costa de cerca de 15–20 cm.s^{-1} (15 Sv) numa direcção noroeste na maior parte da região entre 15° e 35° S (i.e. Corrente de Benguela)
- Circulação ciclónica ao largo do Domo de Angola e incursão periódica da água tropical do noroeste na parte norte do ecossistema de Benguela
- Fluxo de cerca de 7Sv de água da Corrente das Agulhas no Atlântico Sul, principalmente através de redemoinhos e, até certo ponto, filamentos superficiais.
- Correntes superficiais sobre a plataforma movidas pelo vento ao longo da costa
- Contra-corrente em direcção ao pólo sobre a plataforma e em águas mais profundas subjacentes à plataforma, ao longo da região (4–5 km.d^{-1} índice de circulação)
- Corrente de Angola movendo-se para o pólo no extremo norte.
- Jactos associados com o sistema de afloramento, localizados perto da borda da plataforma na região sul do ecossistema de Benguela.
- Ondas costeiras, características da área costeira ao longo do ecossistema de Benguela (com períodos de geralmente 3–8 dias)

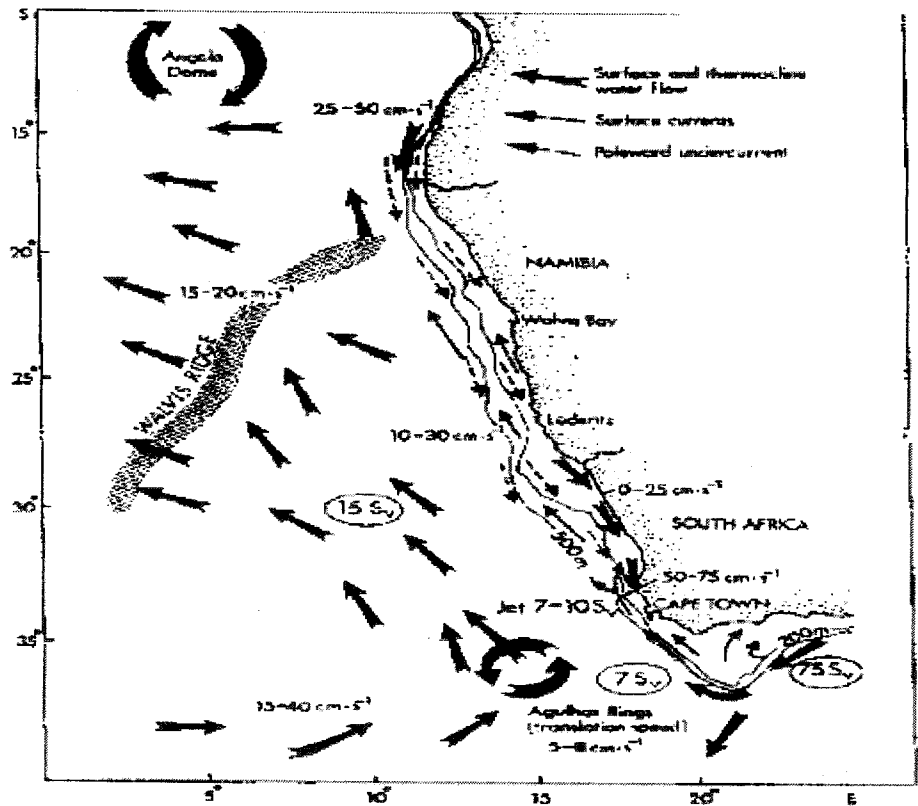


Fig.III.8 - A circulação esquemática da água à superfície e da termoclina no Atlântico Sudeste. As velocidades referem-se a valores à superfície. Os valores de transporte são para cima dos 1500m (modificação de Shannon e Nelson 1996)

A variabilidade principal inter anual e decenal no sistema físico que tem sido documentada desde 1980 pode ser resumida da seguinte maneira:

- Temperatura da superfície do mar (TSM) abaixo da média na área da plataforma a norte e sul do ecossistema de Benguela durante 1982 e 1983
- Uma perturbação quente e de curta duração no extremo sul do ecossistema de Benguela no princípio de 1983, associada com o ENOS de 1982-83 e coincidindo com o princípio de um período longo de vento em direcção ao equador, mais fracos que o normal perto de Cabo Columbine (33°S). Durante o período de 1982-

83, uma mudança abrupta de 30° na direcção do vento na costa sul, moderou as mudanças-de longo prazo na direcção do vento que precedeu ao acontecimento.

- O Niño de Benguela de 1984 que veio depois do período frio no norte do ecossistema de Benguela, mas que teve pouco impacto na região sul
- Um aquecimento anómalo no sul em 1986, que concluiu com a incursão de água da Corrente das Agulhas para o Atlântico sudeste, especialmente durante o Inverno.
- O começo de um período de arrefecimento a sul de Benguela em fins de 1988, princípios de 1989, visivelmente associado com uma perturbação na retro flexão das Agulhas e uma incursão de água quente de curta duração.
- O arrefecimento moderado das águas costeiras na parte sul do ecossistema de Benguela desde o Outono de 1989, e o fim da anomalia negativa de vento em direcção ao equador a 33°S que começou em 1983. Uma inversão na circulação abaixo da média por um período de dois meses num ponto de medição da corrente a 33°S, totalmente fora dos registos normais, ocorreu durante o Inverno de 1989.
- Um período prolongado de ventos Alísios abaixo da média no extremo sul que começou nos fins de 1990 e foi associado com o ENOS mais recente.
- Um período frio de 18 meses que começou no extremo norte do ecossistema de Benguela em meados de 1991, com um afloramento pronunciado ao largo do norte da Namíbia e Angola.

- Incursão de um redemoinho das Agulhas durante Novembro e Dezembro 1992 adjacente à costa junto de Ponta do Cabo
- Ventos fortes anómalos de Sudeste na parte sul do ecossistema de Benguela durante o verão de 1993–94 que resultaram num afloramento intenso ao longo das costas ocidental e sul, coincidindo com TSM muito dispersas e negativas no Atlântico Sul
- Movimento anormal de direcção polar, de águas pobres em oxigénio na plataforma ao longo de toda a região do Benguela e a “maré negra” durante 1994.

Um Niño de Benguela, durante 1995 na parte norte e central do ecossistema de Benguela, caracterizado por um aquecimento muito disperso e circulação na direcção do pólo. E como já foi citado (Cap.II) o trabalho desenvolver-se-á na expectativa de haver um melhor entendimento sobre as tendências da precipitação em Angola, que serão analisadas e discutidas à partir do capítulo quinto.

CAPÍTULO IV

Dados e Metodologia

IV.1 – DADOS

Para o presente trabalho, foram utilizados dados fornecidos pelo Instituto de Hidrometeorologia e Geofísica de Angola, INAMET. São valores médios mensais de precipitação observada nos períodos de 1951 a 1980 para as Estações do Kuito-Bié, Malange, Huambo, Lubango, N´dalatando, Dundo, Luena e Uige e 1951 a 2002 para as Estações de Luanda, Namibe, Benguela e Cabinda (Fig.II.2). Cujas coordenadas e altitudes se encontram na tabela.

Tabela IV. 1. – Coordenadas e altitudes das estações utilizadas neste trabalho

Estação	Coordenadas		Altitude
	<i>Latitude</i>	<i>Longitude</i>	
<i>Kuito-Bié</i>	12°23'S	16°57'E	1211m
<i>Malange</i>	09°33'S	16°22'E	1139m
<i>Huambo</i>	12°48'S	15°45'E	1700m
<i>Lubango</i>	14°54'S	13°31'E	1763m
<i>NDalatando</i>	09°17'S	14°55'E	798m
<i>Dundo</i>	07°22'S	20°50'E	726m
<i>Luena</i>	11°47'S	19°55'E	1320m
<i>Uige</i>	07°35'S	15°00'E	824m
<i>Namibe</i>	15°12'S	12°09'E	44m
<i>Benguela</i>	12°35'S	13°25'E	31m
<i>Luanda</i>	08°49'S	13°13'E	44m
<i>Cabinda</i>	05°33'S	12°11'E	20m

O termo de comparação dos dados observados é a série de dados das reanálises do *National Centers for Environmental Prediction (NCEP)*, definidos em pontos de grelha

localizados na intercepção de meridianos e paralelos, com um espaçamento de 2,5° nas direcções zonal e meridional

IV.2 – METODOLOGIA

No presente trabalho foi feita a análise dos dados com uma divisão de 3 séries sendo a primeira correspondente ao tratamento das 12 estações no período de referência (1951–1980). A segunda correspondendo às 8 estações no mesmo período realçando o factor interior e a terceira correspondendo às 4 estações no período 1951–2002 com o factor litoral. Finalmente foi feita a análise de um caso detectado tendo como base o período 1981–2000.

Para a análise desses dados de precipitação, foram utilizados os procedimentos relativos à análise de processos estocásticos pelo facto do comportamento da precipitação ser considerado aleatório. A análise é feita utilizando o Minitab™ e o S-PLUS™. Estes *softwares* são adequados para a análise de processos estocásticos no domínio do tempo e no domínio da frequência (Análise Espectral), permitindo, entre outros aspectos, efectuar a análise descritiva, identificar os eventos críticos e a tendência da série temporal.

Com base na precipitação mensal das estações meteorológicas, obteve-se primeiramente uma Média Climatológica que permitiu o cálculo posterior de anomalias mensais e anuais de precipitação para cada região e construir respectivos gráficos.

A anomalia é definida como a diferença padronizada com relação à Normal Climatológica mensal:

$$Z_{ij} = \frac{X_{ij} - \bar{X}_i}{S_i} \quad (\text{IV.1})$$

Onde X_{ij} é o atributo disponível no mês i durante os j anos, \bar{X}_i é a Normal Climatológica do correspondente mês i e S_i é o respectivo desvio padrão. Calculou-se as anomalias de precipitação para todas as estações (Anexo C2).

Para verificação da consistência entre Precipitação, Pressão à superfície e Temperatura à superfície, observada e a simulada pelo modelo do NCEP, foi utilizado o GrADS™ como instrumento de trabalho para a obtenção das séries temporais nos pontos de grelha mais próximos dos pontos de observação e para a visualização dos campos em pontos de grelha de $2,5^\circ/2,5^\circ$ desde o ano de 1980 a 2000. Também foram utilizados os dados das reanálises de Temperatura da Superfície do Mar (TSM), Geopotencial, Radiação de Onda Longa (OLR) e Anomalia de Radiação de Onda Longa (OLRA), para a visualização de campos diversos assim como na elaboração das secções verticais de velocidade vertical ómega (ω).

IV.3 – TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS

Para a análise da séries de dados de precipitação observados podem ser utilizados os procedimentos normais do tratamento estatístico, pois são dados que, pode supor-se, variarem aleatoriamente. Sendo assim, esses dados podem ser tratados com base nos conhecimentos relativos aos processos estocásticos em que as variáveis aleatórias, pertencentes ao conjunto de amostragem, variam com o tempo.

IV.3.1 – ANÁLISE NO DOMINIO DO TEMPO

Um processo estocástico é um grupo de variáveis aleatórias espaço temporal $Z(s,t)$, onde s define o índice espacial e t define o índice temporal. Para um t fixo, $Z(s,t)$ é uma variável aleatória. Para um dado s , $Z(s,t)$, é uma função do tempo, denominada realização do processo. A população, que consiste em todas as possíveis realizações, designa-se por colectividade no processo estocástico e na análise de séries temporais.

Considere-se um conjunto de variáveis aleatórias medidas para posições fixas, $\{Z_{t_1}, Z_{t_2}, \dots, Z_{t_m}\}$ pertencente a um processo estocástico $\{Z(s,t) : t = 0, \pm 1, \pm 2, \dots\}$. A função de distribuição n -dimensional é definida como:

$$F(Z_{t_1}, Z_{t_2}, \dots, Z_{t_m}) = p\{S : Z(s, t_1) \leq Z_{t_1}, Z(s, t_2) \leq Z_{t_2}, \dots, Z(s, t_m) \leq Z_{t_m}\}$$

Um processo diz-se estacionário de primeira ordem em distribuição se a função de distribuição unidimensional for invariante no tempo, isto é, se $F(Z_{t_1}) = F(Z_{t_1+k})$, para t_1 e k inteiros. Diz-se estacionário de segunda ordem em distribuição se $F(Z_{t_1}, Z_{t_2}) = F(Z_{t_1+k}, Z_{t_2+k})$ e de ordem n se $F(Z_{t_1}, \dots, Z_{t_m}) = F(Z_{t_1+k}, \dots, Z_{t_m+k})$.

Considerando que o processo estocástico $Z(s,t)$ é definido por um conjunto de variáveis aleatórias em função do tempo para posições fixas, $Z(s,t)$ pode ser simplesmente representado por $Z(t)$ ou Z_t justamente como se tem adoptado para a variável X em vez de $X(s)$. Para um dado processo $\{Z(t) : t = 0, \pm 1, \pm 2, \dots\}$, define-se como média do processo ou *esperança matemática* (μ) como $\mu_t = E(Z_t)$

Em termos de amostragem, com uma única realização, o estimador natural da média do processo é a *média simples*, média temporal de n observações, dada por:

$$\bar{Z} = \frac{1}{n} = \sum_{t=1}^n Z(t) \quad (\text{IV.2})$$

Mediana = $\{Z_{(n+1)/2}$ para n ímpar e $(Z_{(n/2)} + Z_{(n/2)+1}) / 2$ para n par.

A *média* e a *mediana* são *processos de estatística temporal* que fornecem uma medida de localização dos dados (de tendência central)

Podemos atribuir pesos α_i a cada uma das observações, Z_i , sendo então uma *média ponderada* dada por:

$$\bar{Z} = \left(\sum_{i=1}^n \alpha_i Z_i \right) / \left(\sum_{i=1}^n \alpha_i \right) \quad (\text{IV.3})$$

Ao valor $(Z_i - \bar{Z})$ designamos por *desvio*. A soma dos desvios é zero já que

$$\sum_{i=1}^n (Z_i - \bar{Z}) = \sum_{i=1}^n (Z_i - \bar{Z}) \quad n=0 \quad (\text{IV.4})$$

Com as seguintes estatísticas simples relacionadas com os desvios:

a) - *Média Absoluta dos Desvios (MAD)*

$$MAD = \frac{1}{n} \sum |Z_i - \bar{Z}| \quad (\text{IV.5})$$

b) - *Média do Quadrado dos Desvios (MSD)*

$$MSD = \frac{1}{n} \sum (Z_i - \bar{Z})^2 \quad (\text{IV.6})$$

c) - *Variância (S)*

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum (Z_i - \bar{Z})^2 \quad (\text{IV.7})$$

d) – *Desvio Padrão*

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (Z_i - \bar{Z})^2} \quad (\text{IV.8})$$

As Médias Absolutas dos Desvios e os Desvios Padrão fornecem medidas de dispersão, isto é, quantificam a proximidade ou o afastamento dos dados entre si. Quanto maior o seu valor, mais dispersos estarão os dados relativamente ao valor médio. A variância e a Média do Quadrado dos Desvios são medidas muito semelhantes, mas a primeira medida é menos intuitiva apesar de ser a preferida dos estatísticos (Andrade, Augusto e Andronov, 2000).

A *covariância* entre Z_{t_1} e Z_{t_2} é definida como

$$\gamma(t_1, t_2) = E(Z_{t_1} - \mu_{t_1})E(Z_{t_2} - \mu_{t_2}) \quad (\text{IV.9})$$

e a *correlação* entre Z_{t_1} e Z_{t_2} como

$$\rho(t_1, t_2) = \frac{\gamma(t_1, t_2)}{\sqrt{\sigma^2_{t_1}} \sqrt{\sigma^2_{t_2}}} \quad (\text{IV.10})$$

Obs.: $\mu_t = \mu(t)$; $Z_{t_1} = Z(t_1)$; $\sigma_t^2 = \sigma(t)^2$

Para um processo estritamente estacionário, uma vez que a função de distribuição é a mesma para todo t , a função média $\mu_t = \mu$ é constante e $E(|Z(t)|) < \infty$. Do mesmo modo, se $E|Z(t)^2| < \infty$, então a variância, $\sigma(t)^2 = \sigma^2$ para todo t , também é constante. Além disso, uma vez que $F(Z_{t_1}, Z_{t_2}) = F(Z_{t_1+k}, Z_{t_2+k})$, para quaisquer t_1 , t_2 e qualquer número inteiro k , tem-se $\gamma(t_1, t_2) = \gamma(t_1 + k, t_2 + k)$ e $\rho(t_1, t_2) = \rho(t_1 + k, t_2 + k)$. Fazendo $t_1 = t - k$ e $t_2 = t$, ter-se-á: $\gamma(t_1, t_2) = \gamma(t - k, t) = \gamma(t, t + k) = \gamma(k)$ e

$$\rho(t_1, t_2) = \rho(t - k, t) = \rho(t, t + k) = \rho(k).$$

Assim, para um processo rigorosamente estacionário com os dois primeiros momentos finitos, a covariância e correlação entre Z_t e Z_{t+k} dependem apenas da diferença k .

O processo diz-se estacionário de ordem n , se para todos os momentos o conjunto de ordem n existe e é invariável com o tempo, isto é, independente do tempo inicial. Entretanto, uma segunda ordem do processo estacionário terá a média e variância constante com as funções de covariância e correlação diferentes com o tempo.

Dados bivariados (X_i, Y_i) de número n

Temos, por exemplo, a *covariância* (cov_{xy})

$$Cov_{xy} = \frac{1}{n-1} \sum (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y}) \quad (\text{IV.11})$$

E o *coeficiente de correlação* (r_{xy})

$$r_{xy} = \frac{cov_{xy}}{S_x S_y} = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum (y_i - \bar{y})^2}} \quad (\text{IV.12})$$

O coeficiente de correlação tem como objectivo medir o grau de relacionamento (linear), bem como a natureza dessa associação, entre duas variáveis estatísticas. Assim, o coeficiente de correlação não deve ser aplicado em associações não lineares. O coeficiente de correlação toma valores $0 \leq |r_{xy}| \leq 1$ sendo $r_{xy} > 0$ se a evolução das variáveis dá-se no mesmo sentido e $r_{xy} < 0$ se a evolução das variáveis dá-se em sentidos opostos. Se $0 < |r_{xy}| < 1$ a variável independente X contém alguma informação sobre Y , de modo que é possível fazer previsões de Y quando X é conhecido, mas essas previsões não serão

perfeitas, estando sujeitas a erros. No caso $r_{xy} = 0$ não existe correlação entre X e Y e se $|r_{xy}| = 1$ existe uma correlação perfeita entre X e Y. Note-se que o facto de haver uma correlação forte entre duas variáveis não significa que uma é a causa da outra. A presença de valores extremos (outliers) pode afectar drasticamente o valor de r_{xy} (Andrade, 2000). O coeficiente de correlação desempenha um papel fundamental na análise multivariada, com particular destaque na regressão linear.

IV.3.2 – ANÁLISE NO DOMÍNIO DAS FREQUÊNCIAS

Existem várias técnicas de análise de séries temporais no domínio das frequências, entre as quais um conjunto de técnicas que têm como base a análise de Fourier, que tenta modelar as observações através de combinação linear de funções trigonométricas. A análise espectral pode ser interpretada como um problema de regressão linear múltipla em que a variável dependente é a série temporal sob estudo, enquanto os regressores seriam as funções seno e co-seno de diferentes frequências. A análise espectral faz uma estimativa da correlação existente entre as funções seno e co-seno e os dados observados. Assim, se a correlação for forte, isto significa que existe forte evidência empírica da periodicidade dos dados; caso contrário, se não houver evidência da periodicidade, as séries podem ser um ruído branco. De acordo com o teorema de *Fourier*, qualquer função periódica $Z(t)$, pode ser escrita na forma de uma série trigonométrica convergente como:

$$Z_t = \sum_{k=0}^{n/2} (a_k \cos w_k t + b_k \sin w_k t) \quad (\text{IV.13})$$

onde

$$\omega_k = 2\pi k / N \quad k = 1, 2, \dots, N/2$$

são as frequências de *Fourier* e,

$$a_k = \begin{cases} \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N z(t) \cos \omega_k t & k = 0 \wedge k = N/2 \quad N = \text{par} \\ \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N z(t) \cos \omega_k t & k = 1, 2, \dots, \left(\frac{N-1}{2}\right) \quad N = \text{ímpar} \end{cases} \quad (\text{IV.14})$$

$$b_k = \frac{2}{n} \sum_{t=1}^n Z_t \sin w_k t \quad K = 1, 2, \dots, \left[\frac{n-1}{2}\right] \quad (\text{IV.15})$$

são os coeficientes de Fourier

Multiplicando Z_t em (IV.13) e somando desde $t=1$ a $t=n$ e usando as relações (IV.14) e (IV.15) teremos,

$$\begin{aligned} \sum_{t=1}^n Z_t^2 &= \sum_{k=0}^{n/2} \left[a_k \sum_{t=1}^n Z_t \cos w_k t + b_k \sum_{t=1}^n Z_t \sin w_k t \right] = \\ &= \begin{cases} na_0^2 + \frac{n}{2} \sum_{k=1}^{\left[\frac{(n-1)}{2}\right]} (a_k^2 + b_k^2) & n = \text{par} \\ na_0^2 + \frac{n}{2} \sum_{k=1}^{\left[\frac{(n-1)}{2}\right]} (a_k^2 + b_k^2) + na_{n/2}^2 & n = \text{ímpar} \end{cases} \quad (\text{IV.16}) \end{aligned}$$

A equação (IV.16) é conhecida como a relação de Parseval para a série de Fourier e a quantidade Iw_k definida como:

- a) Na_0^2 para $K = 0$
- b) $\frac{N}{2}$ para $K = 1, 2, \dots, \frac{(N-1)}{2}$
- c) $Na_{N/2}^2$ para $K = \frac{N}{2}$ $N = \text{par}$ é denominada periodograma.

O periodograma é uma técnica utilizada para detectar a presença de periodicidade num sinal. Se a série $z(t)$ contém uma componente sinusoidal de frequência ω_0 , então, para esse valor e para valores mais próximos, as funções $z(t)$ e $e^{i\omega_0 t}$ estarão em fase e vão

dar uma boa contribuição para as somas na equação (IV.13), o que vai dar origem a um pico estreito no periodograma.

IV. 4 – O TRATAMENTO DAS FALHAS

As estações do Uige e Luena tinham em falta uma série de cinco anos que para possibilitar o seu tratamento à par das outras com o Minitab havia necessidade de uniformizar. A forma encontrada para deduzir os dados em falta foi com a fórmula concebida na Universidade de Belém. (Brasil)

$$P_x = \frac{1}{N} \left(\frac{M_x}{M_a P_a} + \frac{M_x}{M_b P_b} + \frac{M_x}{M_c P_c} \right) \quad (\text{IV.17})$$

Que nos diz que a observação no posto que tem falha é proporcional as observações nas estações vizinhas A,B,C,...,N, em um período concorrente sendo:

N - o número de estações suplementares

M_x - é a média das observações da estação principal que tem falha nos períodos em que se verificaram observações.

$M_a, M_b, M_c, \dots, M_n$ - são as observações nas estações suplementares no período comum da estação principal P_x com falhas.

Com a revisão espelhada neste capítulo em especial no tocante a Estatística Descritiva e indutiva, conjugado com os capítulos II e III, este trabalho desenvolver-se-á na expectativa de haver um melhor entendimento sobre as tendências da precipitação em Angola, que serão analisadas e discutidas à partir do capítulo quinto.

CAPÍTULO V

Resultados e discussão

V.1 – CLIMATOLOGIA DA PRECIPITAÇÃO

Os resultados das análises dos dados de precipitação de 12 estações do Território Angolano, para o período de observação existente 1951–1980, são mostrados neste Capítulo. Na análise da variabilidade da precipitação ao longo do tempo, dividiu-se Angola em duas macro-regiões, o Litoral, em que a altitude das estações é relativamente baixa, e o Interior, cujas estações apresentam altitudes elevadas. Dessa forma, procurou-se não deixar aparente o impacto da topografia na tendência de suas séries temporais.

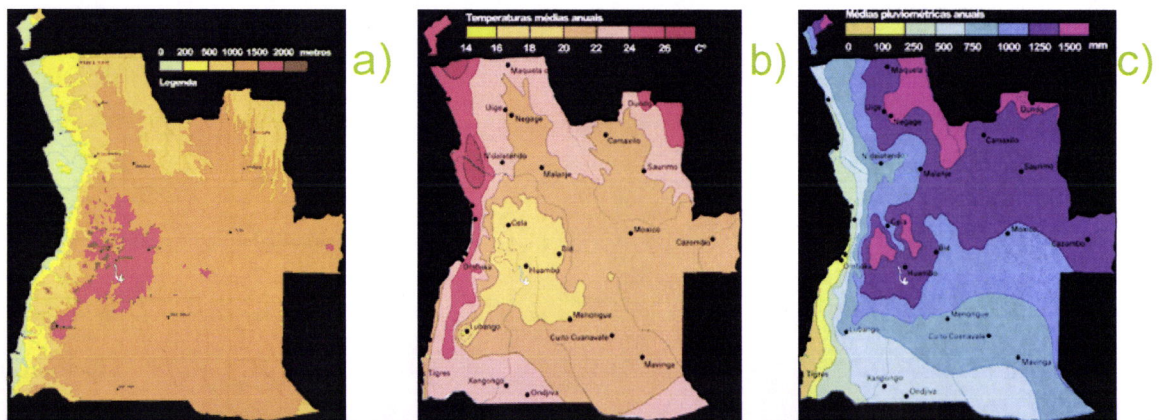


Fig.V.1.1– Angola :a)–Relevo, b)–Temperaturas médias e c)– Pluviosidade Fonte: Ministério da Educação, 1982. *Atlas Geográfico de Angola*, Volume I, Esselte Map Service, Estocolmo.

V.1.1 – LITORAL

Região caracterizada por uma humidade relativa média anual superior a 30%, precipitação anual inferior a 600mm, decrescente de Norte para Sul, apresentando 800mm no litoral de Cabinda e no Sul (Namibe), precipitações médias de 50mm. A temperatura média anual na região costeira Norte é superior a 23°C, enquanto no Sul varia nos 21°C.

O clima no litoral é nitidamente influenciado pela Corrente de Benguela, que tem o seu início perto do Cabo da Boa Esperança, a uma latitude de 35° S. Esta influência verifica-se acentuadamente desde a foz do Cunene até à latitude de Benguela (12,35° S) e explica a existência de clima Mesotérmico, bem como a formação do deserto do Namibe.

V.1.1.1 - NAMIBE

Namibe é a região próxima ao deserto e a estação em análise encontra-se a 44m de altitude com 15°12´S de latitude e 12°09´E de longitude. O clima é o semi-árido. A precipitação pluvial anual é muito reduzida e varia de 15 mm ao longo da costa a 100 mm nas escarpas. Os ventos do oceano e a Corrente de Benguela exercem um efeito marcante; com o ar quente originando nevoeiros sobre as águas frias. Devido ao nevoeiro, o teor de humidade existente em sua costa é muito elevado e as temperaturas baixas geralmente. Mais para o interior, cerca de 30 a 60 km, tanto a temperatura como a humidade variam drasticamente com o ar frio e húmido da manhã e a posterior situação quente e seca, durante o resto do dia. Na Fig. V.1.2 o histograma da precipitação da estação meteorológica em estudo em que se observa assimetria acentuada.

ÉPOCA SECA – A época seca tem início em Maio e vai até Setembro e para esses 30 anos, as médias pluviométricas foram inferiores a 1mm. A mais elevada foi 0,43mm, o desvio padrão apresenta valores dentro dos limites esperados.

ÉPOCA CHUVOSA – O período chuvoso é de Outubro a Abril e, embora seja normal uma precipitação muito baixa, observaram-se valores médios bem acima da média climatológica. Em Março, a média foi igual a 18mm e o mês que apresentou o total pluviométrico mais elevado, em todo período de estudo, foi Abril, com 112,0 mm. O

desvio padrão também registou valores altos, conforme era esperado para uma região semi-árida. O valor da mediana foi igual a 0,0 mm. (Valores anuais em anexo na Tabela C.1)

ANÁLISE DE TENDÊNCIA – A equação de regressão $Precipitação = 7,64 + 0,00186 \text{ Mês} - 7,50 \text{ seca}$, em que o termo independente significa a precipitação total observada, o primeiro termo do segundo membro é uma constante relativa ao total da precipitação média, o segundo termo indica a tendência (taxa) em relação ao tempo e o terceiro indica a dependência em relação à época (seca ou chuvosa), denominada variável dummy; sugere que, no período analisado, tenha existido um aumento da precipitação, porém estatisticamente não significativo ao nível dos 5%, e com uma taxa mensal de +0,00186, ou 0,02232 anual. Essa tendência está representada pela recta na Fig.V.I.3

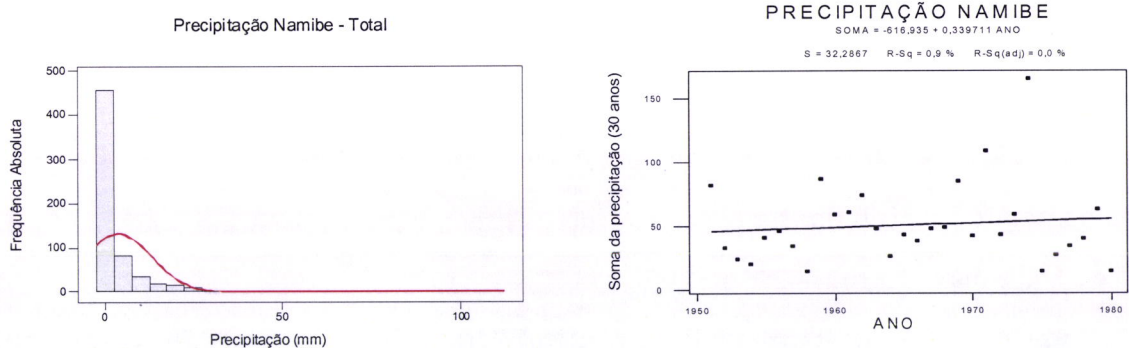


Fig. V.1.2 – Histograma da estação do Namibe. Fig.V.1.3 – Análise de regressão para a estação do Namibe

V.1.1.2 – LUANDA

Província do litoral e a estação em estudo encontra-se a 44m de altitude, 08°49´S de latitude e 13°13´E. O clima é tropical, sofrendo a influência da Corrente de Benguela (fria) e das brisas Verificaram-se temperaturas médias do ar superiores a 23°C e do mar variando entre 16°C e 23°C na época seca e na época chuvosa entre 23°C e 28°C Na Fig.

V.1.4 o histograma da precipitação da estação meteorológica em estudo em que se observa assimetria acentuada.

EPOCA SECA - Tem o seu início em Junho e vai até Outubro, período em que a precipitação é praticamente nula ou podendo nos meses entre Agosto e Outubro ocorrer alguma precipitação ou mesmo precipitação anómala. No período em estudo, as médias foram normais como época seca. Não se registaram períodos de chuva anormais e o desvio padrão também está dentro do normal esperado. Nessa época, as temperaturas variaram: mínimas entre 17° e 20°C e máximas entre 25° e 28°C.

ÉPOCA CHUVOSA - Tem início em Novembro e é bastante variável em volume de precipitação, de origem convectiva. Nota-se sempre muita instabilidade. No período em estudo, também foi verificada muita instabilidade, em geral, com valores médios próximos da normal climatológica porém desvio padrão alto sugerindo alta variabilidade interanual. A mediana apresentou valor igual a 3,000 mm. O mês mais chuvoso foi Abril, com média igual a 138,4 mm e total mensal máximo de 404 mm também ocorreu nesse mês no período de estudo. Na época chuvosa, as temperaturas variaram: mínimas entre 22° e 25°C e máximas entre 29° e 32°C.

ANALISE DE TENDÊNCIA - Para Luanda, a equação de regressão $Precipitação = 69,5 - 0,0374 \text{ Mês} - 58,9 \text{ seca}$ mostra que, no período analisado, parece ter ocorrido um decréscimo da precipitação, estatisticamente não significativo ao nível dos 5%, com uma taxa mensal de -0,0374 ou anual de -0,4488, devido ao efeito da época seca. A recta de tendência de Luanda está representada na Fig.V.1.5.

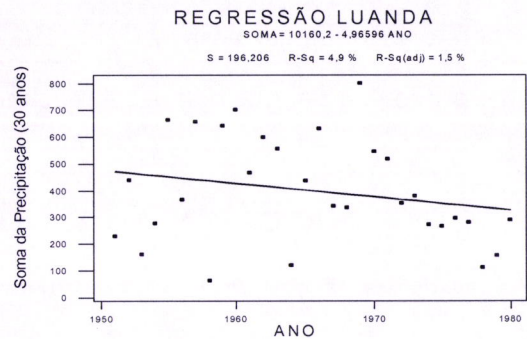
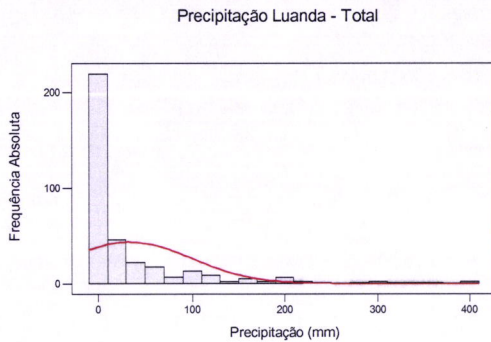


Fig.V 1.4 – Histograma da estação de Luanda. Fig.V.1. 5 – Análise de regressão para a estação de Luanda

V 1.1.3 – BENGUELA

Província do litoral em que a estação meteorológica encontra-se a uma altitude de 31m, 12°35´S de latitude e 13°25´E de longitude. Tem clima tropical seco e também se encontra sobre a influência da Corrente de Benguela. Na Fig. V.1.6 o histograma da precipitação da estação meteorológica em estudo em que se observa assimetria acentuada.

ÉPOCA SECA – A precipitação foi bastante reduzida nessa época que vai de Maio a Setembro; os valores não estão muito afastados da normal climatológica e daí o desvio padrão alto. As temperaturas mínimas variaram nessa época entre 17° e 22°C

ÉPOCA CHUVOSA – Tem início em Outubro e é bastante variável em volume de precipitação, de origem convectiva. No período em estudo, também foi verificada muita instabilidade, com valores de precipitação próximos da normal climatológica em geral. O desvio padrão também apresenta muitos valores altos indicando grande variabilidade interanual. A mediana assumiu valor igual a 2,0 mm. Março foi o mês mais chuvoso, com média de 75 mm e valor máximo de precipitação mensal igual a 243 mm e as

temperaturas mínimas entre 21° e 25°C. Tendo havido um registo da Estação de Bom Jesus, próximo a Benguela onde se registaram máximos entre 31° e 38°C.

ANÁLISE DE TENDÊNCIA – A equação de regressão $Precipitação = 32,0 - 0,0266 \text{ Mês} - 26,4 \text{ seca}$ sugere, no período em análise, ter havido um decréscimo da precipitação, porém estatisticamente não significativo ao nível dos 5%, numa taxa mensal de $-0,0266$ ou $-0,3192$ anual, mas, ao nível de 10% é estatisticamente significativo, devido ao efeito da época seca. A recta de tendência está representada na Fig.V.1.7, em que o decréscimo é evidente.

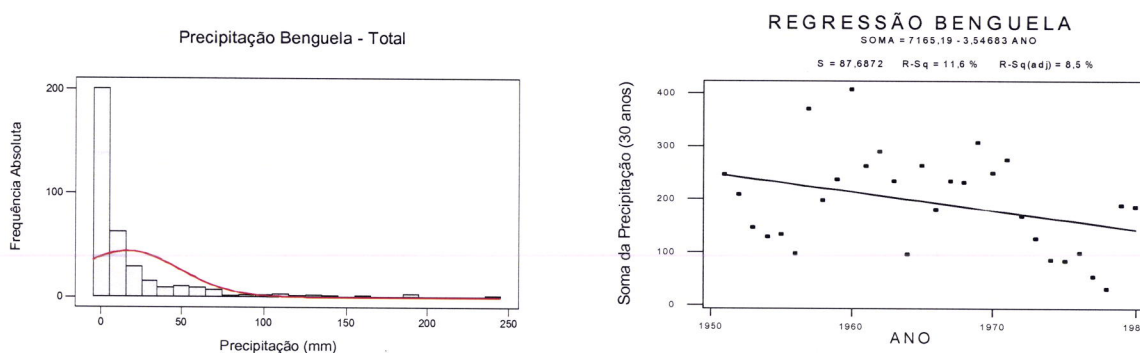


Fig.V.1. 6 – Histograma da estação de Benguela Fig.V.1. 7 – Análise de regressão para a estação de Benguela

V 1.1.4 – CABINDA

Província do litoral, localizada na margem direita do rio Congo. Essa estação encontra-se a 20 m de altitude, 05°33´S de latitude e 12°11´E o clima é Equatorial, sofrendo a influência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e das brisas Verificaram-se temperaturas médias do ar superiores a 23°C Na Fig. V.1.8 o histograma da precipitação da estação meteorológica em estudo em que se observa assimetria acentuada.

ÉPOCA SECA – Tem o seu início em Junho e vai até Agosto, período em que a precipitação é extremamente reduzida ou quase nula, podendo ocorrer situações anómalas. No período em estudo, as médias foram próximas das normais. Não se registaram períodos de chuva anormais e o desvio padrão também esteve dentro do normal. Os mínimos de temperatura variaram entre 18° e 22°C e os máximos entre 25° e 27°C.

ÉPOCA CHUVOSA – Tem início em Setembro e é, no geral, bastante volumosa, estando quase sempre a média afastada da média climatológica. No período em estudo, verificou-se alguma instabilidade. O desvio padrão apresenta os valores dentro dos limites esperados. A mediana apresentou valor igual 29,0 mm.

Registou-se a maior média mensal, igual a 171 mm, em Março, bem como o máximo de precipitação, igual a 371 mm, no mesmo mês em todo período estudado. As temperaturas mínimas variaram entre 22° e 24°C e os máximos entre 29° e 31°C

ANÁLISE DE TENDÊNCIA – Analisando a equação de regressão $Precipitação = 114 - 0,0333 \text{ Mês} - 106$ seca verifica-se que no período em análise existiu um decréscimo da precipitação, estatisticamente não significativo ao nível dos 5%, numa taxa mensal de $-0,0333$ ou anual de $-0,3996$, devido ao efeito da época seca. A Fig.V.1.9 representa esse decréscimo

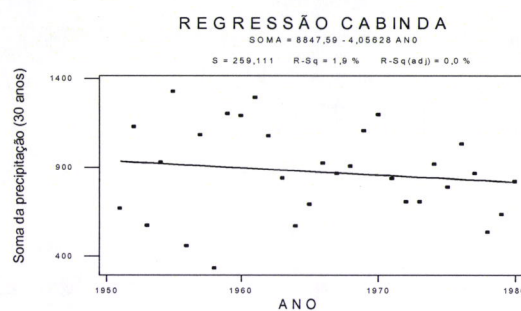
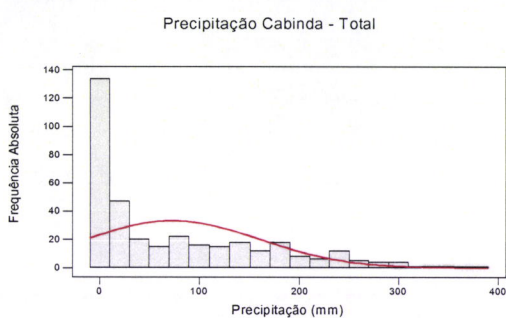


Fig.V.1. 8 – Histograma da estação de Cabinda Fig.V.1.9 – Análise de regressão para a estação de Cabinda

V.1.2 - REGIÃO INTERIOR

Essa região está dividida em três áreas : zona Norte, com grandes totais pluviométricos e altas temperaturas; zona Alta, formada pela região do planalto central, que se caracteriza por uma temperatura média anual perto dos 19° C, com uma estação seca de temperaturas mínimas; zona SW, semi deserta devido à proximidade do deserto de Kalahari, com baixas temperaturas na estação seca e altas na estação quente. Essa região sofre a influência de grandes massas de ar tropical.

V 1.2.1 - KUITO-BIÉ

Kuito, região situada no interior e cuja estação em análise encontra-se a uma altitude de 1211 m, 12°23´S de latitude e 16°57E de longitude, apresenta um clima tropical de altitude, caracterizado por temperaturas inferiores a 19° C no período seco e grandes amplitudes térmicas diárias. Na Fig. V.1.10 o histograma da precipitação da estação meteorológica em estudo em que se observa assimetria acentuada.

ÉPOCA SECA – A época seca tem início em Maio e vai até Agosto e, para esses 30 anos, os valores registados foram considerados normais para o tipo de clima. O desvio padrão apresentou valores dentro dos limites esperados.

ÉPOCA CHUVOSA – Esse período situa-se entre os meses de Setembro e Abril e observaram-se chuvas abundantes que normalmente são de origem convectiva, com algumas médias bem acima da média climatológica. A média mensal de maior valor foi igual a 259 mm e total máximo mensal igual a 529 mm, ambos registados no mês de Dezembro. Note-se que, nas estações citadas anteriormente, os máximos ocorreram em

Março ou Abril. Os valores de precipitação de Kuito estiveram, de um modo geral, muito próximos da normal e o desvio padrão também está dentro dos limites esperados. A mediana apresentou valor igual a 90,5 mm.

ANÁLISE DE TENDÊNCIA – A equação de regressão $Precipitação = 183 - 0,0150 \text{ Mês} - 173 \text{ Seca}$ sugere que essa estação tenha apresentado um decréscimo da precipitação no período, porém estatisticamente não significativo ao nível dos 5%, numa taxa mensal de $-0,0150$ ou anual de $-0,18$, devido ao efeito da época seca. A Fig.V.I.11 mostra esse decréscimo aparente.

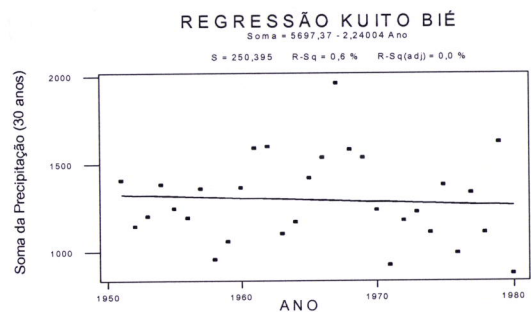
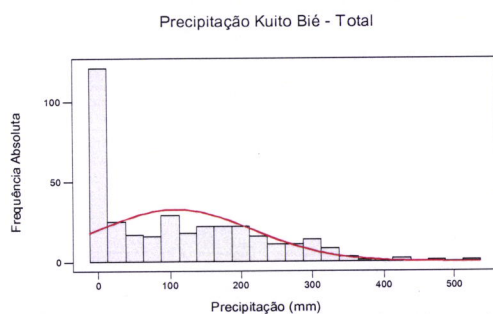


Fig.V. 1.10 – Histograma da estação do Kuito-Bié Fig. V.1.11 – Análise de regressão para a estação do Kuito –Bié

V 1.2.2 – MALANGE

Malange é uma província do interior, cuja estação meteorológica se situa a uma altitude de 1139m, com $09^{\circ}33'S$ de latitude e $16^{\circ}22'E$ de longitude, e apresenta um clima tropical. Na Fig. V.1.12 o histograma da precipitação da estação meteorológica em estudo em que se observa assimetria acentuada.

ÉPOCA SECA – A época seca tem início em Maio e vai até Agosto e para os 30 anos estudados, os valores registados foram considerados normais para o tipo de clima. O desvio padrão apresentou valores dentro dos limites esperados.

ÉPOCA CHUVOSA – O período chuvoso situa-se entre os meses de Setembro e Abril e, no período em análise, verificou-se precipitação pluvial alta que, geralmente, foi de origem convectiva, com algumas médias bem acima da média climatológica. A maior média mensal, igual a 215 mm, ocorreu em Novembro e o total mensal máximo, igual a 529 mm, foi registado no mês de Março. Os valores estiveram muito próximos da normal e o desvio padrão também esteve dentro dos limites esperados. A mediana apresentou valor igual a 77,5 mm.

ANÁLISE DE TENDÊNCIA – A equação de regressão $Precipitação = 141 - 0,0159 \text{ Mês} - 129 \text{ SecaMalange}$, obtida para o período estudado, mostra um decréscimo da precipitação, estatisticamente não significativo ao nível dos 5%, numa taxa mensal de -0,0159 ou anual de -0,1908, devido ao efeito da época seca. A Fig.V.1.13 mostra a recta de tendência com o decréscimo aparente.

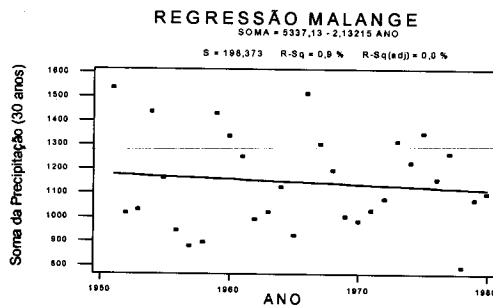
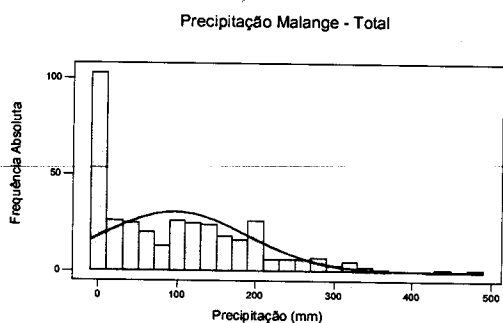


Fig.V.1. 12 – Histograma da estação de Malange Fig. V.1.13 – Análise de regressão para a estação de Malange

V.1.2.3 – HUAMBO

A Província do Huambo, situada no planalto central angolano, tem a estação localizada a uma altitude de 1700 m, 12°48´S de latitude e 15° 45´E de longitude, com um clima tropical de altitude, onde se registam temperaturas muito baixas na estação seca. Na Fig. V.1.14 o histograma da precipitação da estação meteorológica em estudo em que se observa assimetria acentuada.

ÉPOCA SECA – A época seca tem início em Maio e vai até Setembro e, para o período de estudo, os valores registados foram considerados normais. O desvio padrão apresentou valores dentro dos limites esperados. A temperatura mínima variou entre 7° e 11°C e a máxima entre 22° e 26°C.

ÉPOCA CHUVOSA – Esse período situa-se entre os meses de Outubro e Abril e, no período, foi verificada precipitação abundante, de origem convectiva em geral. No mês de Março, foi registada a maior média mensal do período de estudo, igual a 228mm, e, nesse mesmo mês, também verificou-se o máximo total mensal, igual a 500 mm. Os valores estiveram, de um modo geral, muito próximos da normal e o desvio padrão também apresentou valores dentro dos limites esperados. A mediana assumiu o valor de 95,5 mm. A temperatura mínima variou entre 12° e 15°C e a máxima entre 22° e 26°C

ANÁLISE DE TENDÊNCIA – A equação de regressão $Precipitação = 196 - 0,0656 \text{ Mês} - 178$ *seca* mostra um decréscimo da precipitação, estatisticamente significativo ao nível dos 5%, com uma taxa mensal de -0,0656 ou anual de -0,7872, devido ao efeito da época seca. A recta de tendência está na Fig.V.I.15

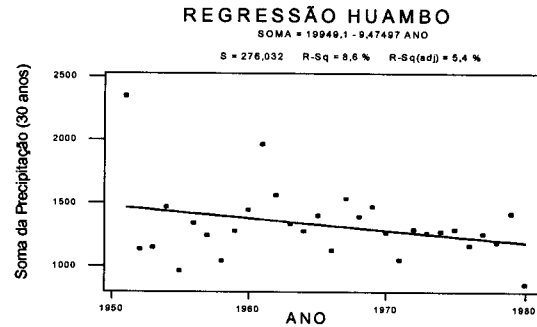
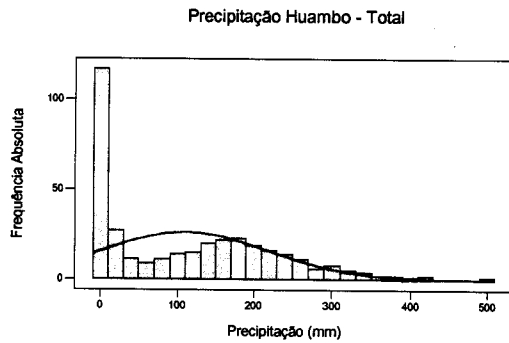


Fig.V .1.14 - Histograma da estação do Huambo Fig. V.1.15 - Análise de regressão para a estação do Huambo

V.1.2 .4- LUBANGO

A Província do Lubango, situada na parte sul, tem sua estação meteorológica a uma altitude de 1763 m, 14°54´S de latitude e 13°31´E de longitude. Apresenta um clima tropical semi-árido, onde se registam temperaturas baixas durante o período nocturno a estação seca. Na Fig. V.1.16 o histograma da precipitação da estação meteorológica em estudo em que se observa assimetria acentuada.

ÉPOCA SECA - A época seca tem início em Maio e vai até Setembro e os valores encontrados no período de estudo foram considerados normais. O desvio padrão apresentou valores dentro dos limites esperados.

ÉPOCA CHUVOSA -O período chuvosa situa-se entre os meses de Outubro e Abril e verificou-se precipitação abundante, com alguns valores acima da média climatológica. No mês de Março, foram registados a maior média mensal (185mm) e o máximo total mensal (404mm) do período estudado. Os valores estiveram, de um modo geral, muito próximos da normal e o desvio padrão também esteve dentro dos limites esperados. O valor da mediana foi 47,5 mm.

ANÁLISE DE TENDÊNCIA – Analisando a equação de regressão $Precipitação = 139 - 0,0618 \text{ Mês} - 126 \text{ seca}$ verifica-se que no período em análise existiu um decréscimo da precipitação, estatisticamente não significativo ao nível dos 5%, numa taxa mensal de $-0,0618$ ou anual de $-0,7416$, devido ao efeito da época seca. A Fig.V.1.17 representa esse decréscimo

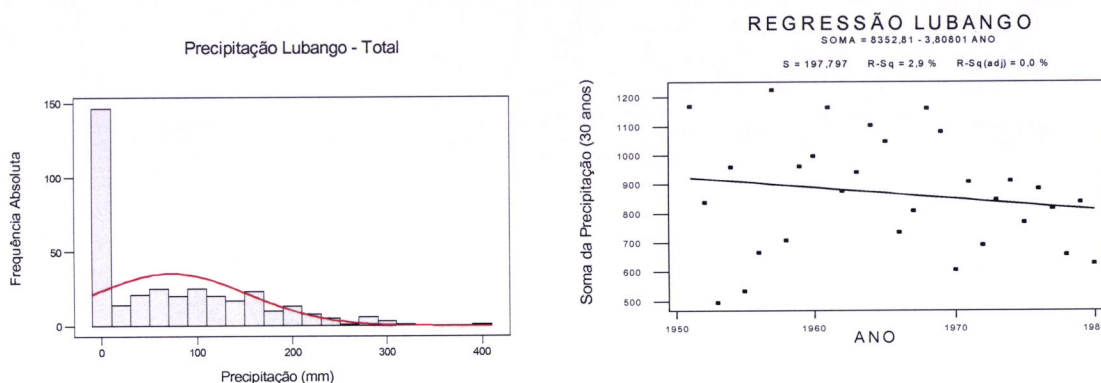


Fig.V. 1.16 –Histograma da estação do Lubango Fig.V.1.17 – Análise de regressão para a estação do Lubango

V.1.2.5 – NDALATANDO

A Província do Quanza Norte situada mais a norte, tem Ndalatando como capital. Sua estação situa-se a uma altitude de 798 m, $09^{\circ}17'S$ de latitude e $14^{\circ}55'E$ de longitude, com um clima tropical onde se verificam precipitações abundantes e temperaturas elevadas. Na Fig. V.1.18 o histograma da precipitação da estação meteorológica em estudo em que se observa assimetria acentuada.

ÉPOCA SECA – A época seca tem início em Junho e vai até Setembro e, para o período estudado, os valores registados foram considerados normais para o tipo de clima. O desvio padrão apresentou valores dentro dos limites esperados.

ÉPOCA CHUVOSA – O período chuvoso ocorre entre os meses de Outubro e Abril e foi observada precipitação pluviométrica alta. A maior média mensal foi igual a 239mm, tendo sido registada no mês de Abril. O máximo total mensal foi igual a 571mm e foi registado no mês de Janeiro. Os valores, de um modo geral, estiveram muito próximos da normal e o desvio padrão também se apresentou dentro dos limites esperados. A mediana apresentou valor igual a 45,5 mm.

ANÁLISE DE TENDÊNCIA – Analisando a equação de regressão $Precipitação = 134 + 0,0054 \text{ Mês} - 132 \text{ Seca}$ verifica-se que no período em análise existiu um aumento da precipitação, estatisticamente não significativo ao nível dos 5%, numa taxa mensal de +0,0054 ou anual de 0,0648. A Fig.V.I.19 apresenta esse aumento

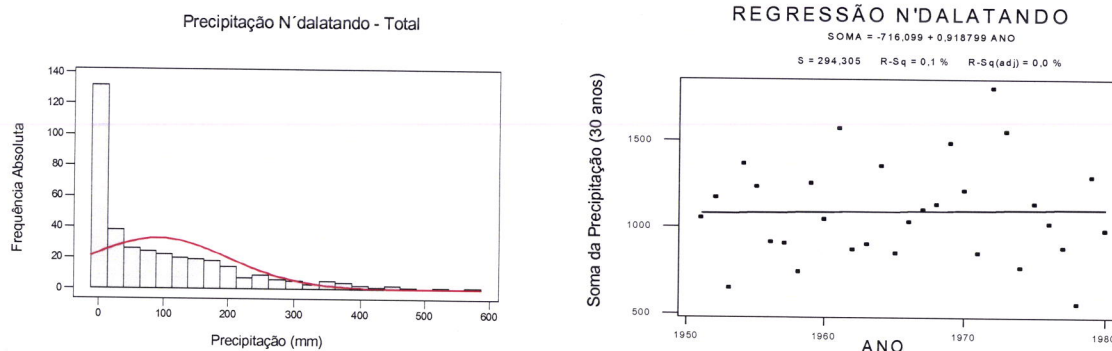


Fig.V.1.18 - Histograma da estação de N´dalatando Fig.V. 1.19 - Análise de regressão para a estação de N´dalatando

V.1.2.6 – DUNDO

A Província da Lunda Norte, situada a nordeste, tem como capital Lucapa, e sua estação Meteorológica situa-se na região do Dundo, a uma altitude de 726m, 07°22´S de latitude e 20°50´E de longitude. O clima é tropical e observam-se altas taxas de precipitação, associadas às baixas pressões equatoriais, que estendem uma ramificação secundária

para o território angolano. A convergência e a convecção dominam o País sendo, portanto, chuva de origem convectiva associada à ZCIT. Na Fig. V.1.20 o histograma da precipitação da estação meteorológica em estudo em que se observa assimetria acentuada.

ÉPOCA SECA – A época seca ocorre nos meses de Junho e Julho. No período estudado, os valores registados foram considerados normais para o tipo de clima. Como nos casos anteriores, o desvio padrão apresentou valores dentro dos limites esperados.

ÉPOCA CHUVOSA – O período chuvoso situa-se entre os meses de Agosto e Maio, nos quais ocorreu totais pluviométricos altos durante o período de estudo. A maior média mensal foi 281 mm, tendo sido registada no mês de Novembro enquanto o máximo total mensal, de 515 mm, foi registado no mês de Dezembro. De modo geral, os valores estiveram muito próximos da normal e o desvio padrão também dentro dos limites esperados. O valor da mediana foi igual a 134,5 mm.

ANÁLISE DE TENDÊNCIA – Analisando a equação de regressão $Precipitação = 179 - 0,0052 \text{ Mês} - 168 \text{ Seca}$ verifica-se que no período em análise existiu um decréscimo da precipitação, estatisticamente não significativo ao nível dos 5%, numa taxa mensal de $-0,0052$ ou anual de $-0,0624$, devido ao efeito da época seca. A Fig.V.1.21 apresenta esse decréscimo

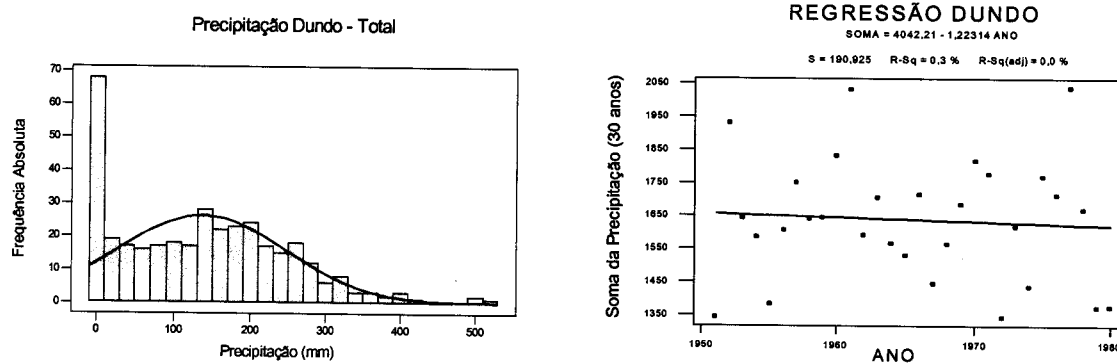


Fig.V.1.20 – Histograma da estação do Dundo Fig.V. 1.21 – Análise de regressão para a estação do Dundo

V.1.2.7 – LUENA

A Província do Moxico situada a nordeste, tem como capital Luena, e sua estação situa-se a uma altitude de 1320 m, 11°47´S de latitude e 19°55´E de longitude. O clima é tropical de altitude onde verificam altas taxas de precipitação de origem convectiva. Na Fig. V.1.22 o histograma da precipitação da estação meteorológica em estudo em que se observa assimetria acentuada.

ÉPOCA SECA – A época seca tem início em Maio e vai até Agosto. Nos 30 anos estudados, os valores registados foram considerados normais. O desvio padrão apresentou valores dentro dos limites esperados. As temperaturas mínimas registadas variaram entre 10° e 14°C e as máximas entre 24° e 28°C.

ÉPOCA CHUVOSA – Esse período situa-se entre os meses de Setembro e Abril e, no período em análise, observaram-se chuvas abundantes. A maior média mensal foi 214 mm e o máximo total mensal igual a 359 mm, ambos registados no mês de Dezembro. De um modo geral, os valores estiveram muito próximos da normal e o desvio padrão

também esteve dentro dos limites esperados. A mediana apresentou valor igual a 85,0 mm. As temperaturas mínimas variaram pouco dos 16°C e as máximas entre 26° e 31°C

ANÁLISE DE TENDÊNCIA – A equação de regressão $Precipitação = 176 - 0,0577 \text{ Mês} - 158 \text{ Seca}$ mostra, no período analisado, um decréscimo de precipitação estatisticamente **significativo** ao nível dos 5%, com taxa mensal de $-0,00577$ ou anual de $-0,006924$ devido ao efeito da época seca. O gráfico de tendência está representado na Fig.V.1.23

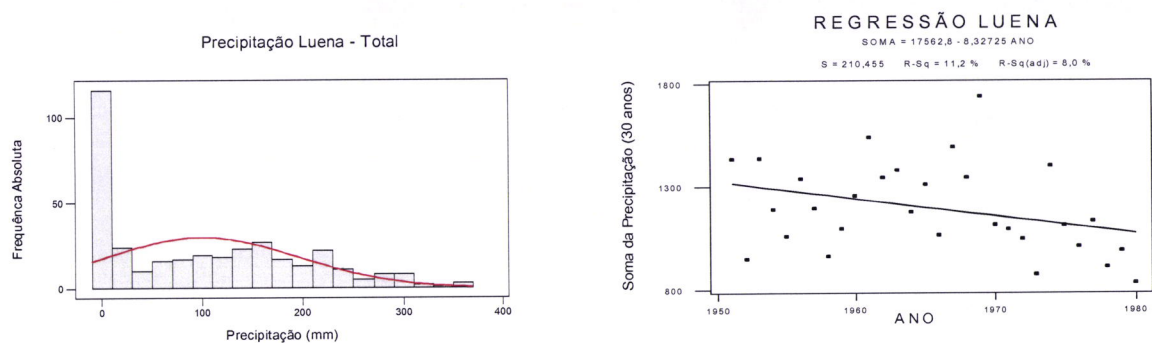


Fig.V .1.22 -Histograma da estação do Luena Fig V.1.23 - Análise de regressão para a estação do Luena

V 1.2.8 – UIGE

A Província do Uige está situada a norte. A estação em estudo situa-se a uma altitude de 824 m, 07°35´S de latitude e 15°00´E de longitude, com um clima tropical onde são observadas precipitações muito abundantes de origem convectiva. Na Fig. V.1.24 o histograma da precipitação da estação meteorológica em estudo em que se observa assimetria acentuada.

ÉPOCA SECA – A época é entre Junho e Setembro. No período estudado, os valores registados foram considerados normais e o desvio padrão apresentou valores dentro dos

limites esperados. As temperaturas mínimas variaram entre 18° e 22°C e as máximas entre 18° e 24°C.

ÉPOCA CHUVOSA – Situa-se entre os meses de Outubro e Maio e no período em análise verificaram-se totais pluviométricos altos pluviosidade muito abundante, com a maior média mensal igual a 315 mm e o máximo total mensal igual a 552 mm, ambos registados no mês de Abril. Os valores estiveram, de um modo geral, muito próximos da normal e o desvio padrão também esteve dentro dos limites esperados. A mediana assumiu o valor de 121,0 mm. As temperaturas mínimas variaram entre 22° e 24°C e as máximas entre 28° e 31°C.

ANÁLISE DE TENDÊNCIA – Analisando a equação de regressão $Precipitação = 205 - 0,114$ *Mês - 184 Seca* verifica-se que no período em análise existiu um decréscimo de precipitação estatisticamente significativo ao nível dos 5%, numa taxa mensal de -0,114 ou anual de -1,368, devido ao efeito da época seca. A Fig.V.1.25 apresenta esse decréscimo

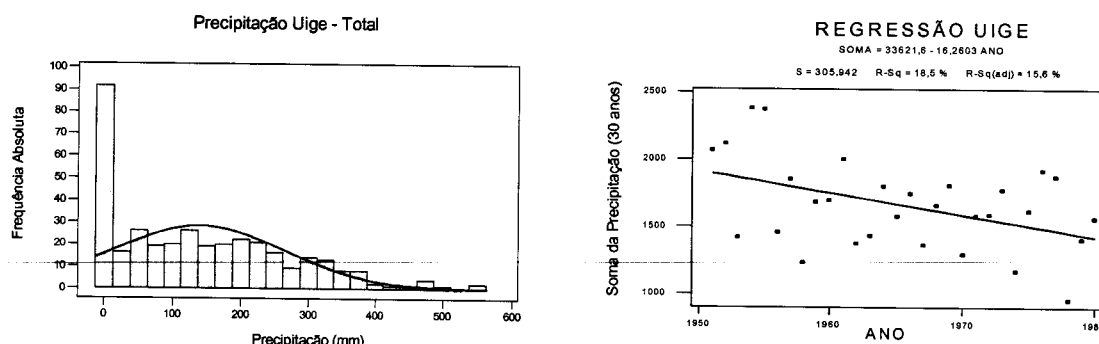


Fig.V.1. 24 – Histograma da estação do Uige Fig. V.1.25 – Análise de regressão para a estação do Uige

No período em referência (1951–1980), das doze estações analisadas, apenas duas, **Namibe** no litoral e **Ndalatando** no interior e suficientemente distanciadas uma da outra,

registaram uma taxa mensal não significativa de aumento de precipitação. Dentre as dez restantes, **Benguela**, (litoral) **Luena**, **Uige**, **Huambo** registaram um decréscimo de precipitação estatisticamente significativo ao nível dos 5% mas , para Benguela o decréscimo torna-se não significativo ao nível dos 10%. As estações de **Luanda** (litoral), **Cabinda** (litoral), **Malange**, **Dundo**, **Lubango** e **Bié** mostraram tendência de decréscimo não significativo estatisticamente.

Não se encontrou um argumento físico plausível para o decréscimo da precipitação. Nessa análise, também é necessário tomar em consideração os dados analisados bem como as estações do Uige e Luena em que algumas observações, foram obtidas por interpolação.

V.2 – VARIABILIDADE DECADAL DA CIRCULAÇÃO DE GRANDE ESCALA

Os dados do período 1948 a 2003, pertencentes ao conjunto dos dados de Reanálises do NCEP, foram utilizados para elaborar as secções verticais de velocidade vertical omega (ω), em unidades Pa/s. Os valores negativos de omega ($\omega < 0$) representam áreas de movimentos ascendentes, formação de nuvens e chuva, enquanto os valores positivos de omega ($\omega > 0$) representam áreas de movimentos descendentes, com inversão de temperatura associada, inibição de crescimento de nuvens e de chuva. A Fig.V.2.1 mostra a média de ω para os meses de Janeiro (verão) e de Julho (inverno) ao longo do meridiano 15°E, que corta o Território Angolano, entre as latitudes 10°N a 40°S.

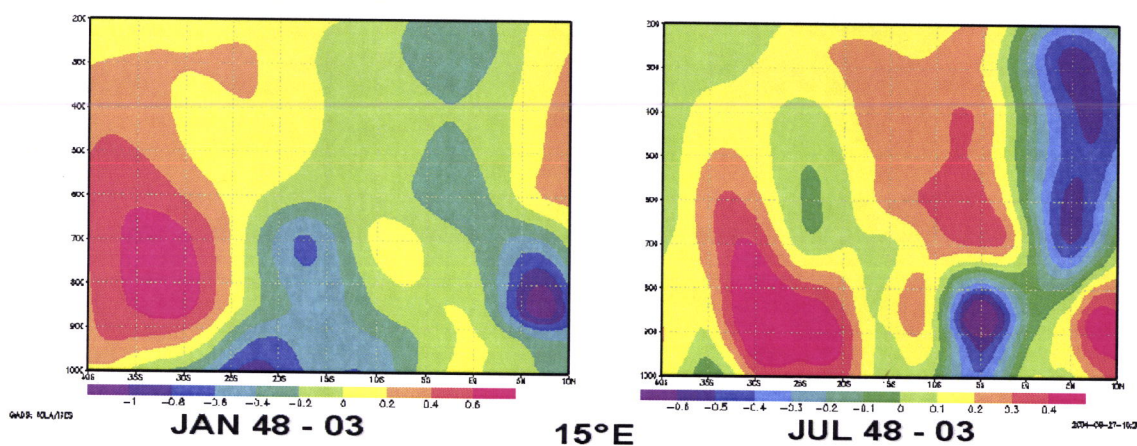


Figura V.2.1 – Perfil do movimento vertical médio ao longo do meridiano 15°E no período 1948-2003. Para: (a) Janeiro, (b) Julho entre as latitudes 10°N-40°S

Observa-se que, em Janeiro, uma faixa de latitude entre 3°S-25°S apresenta movimentos ascendentes ($\omega < 0$) em toda troposfera em média, com um máximo de -0,8 a -1,0 Pa/s centrado em 22°S. Já, em Julho, há movimentos descendentes ($\omega > 0$) entre 10°S-30°S, indicando o predomínio da estação seca nessa faixa latitudinal. Os movimentos

ascendentes mais intensos estão centrados em 5°S, que corresponde à latitude de Cabinda.

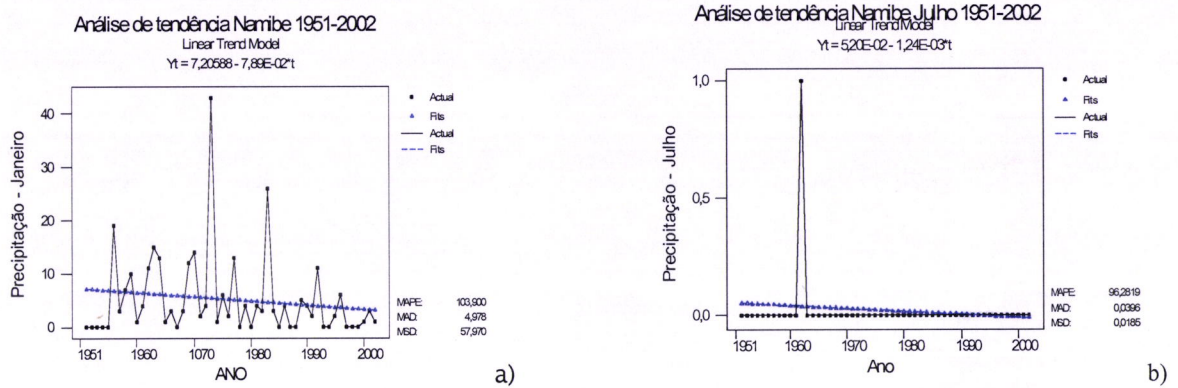


Figura V.2.2 – Ilustração da tendência da precipitação no Namibe 1951–2002, para: a) – Janeiro b) – Julho, observe as anomalias (irregularidades ou exceções)

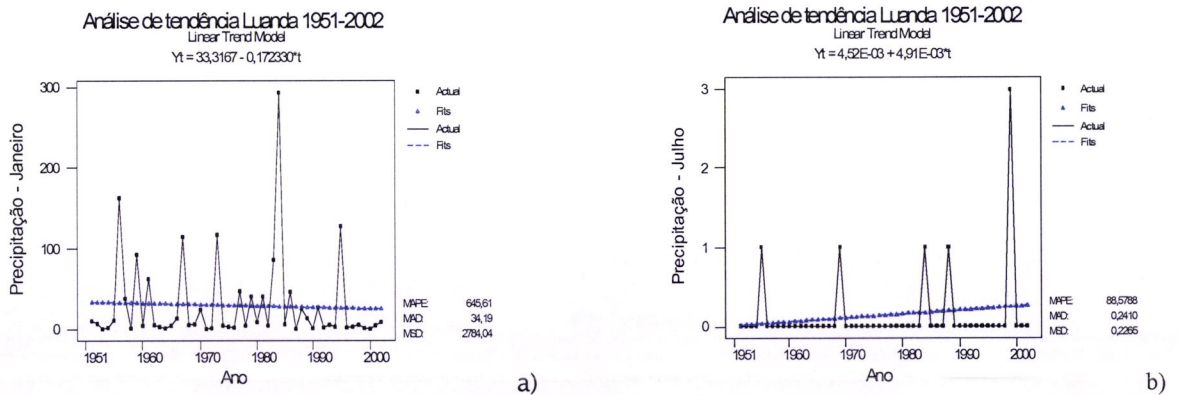


Figura V.2.3 – Ilustração da tendência da precipitação em Luanda 1951–2002, para: a) – Janeiro b) – Julho, observe as anomalias (irregularidades ou exceções)

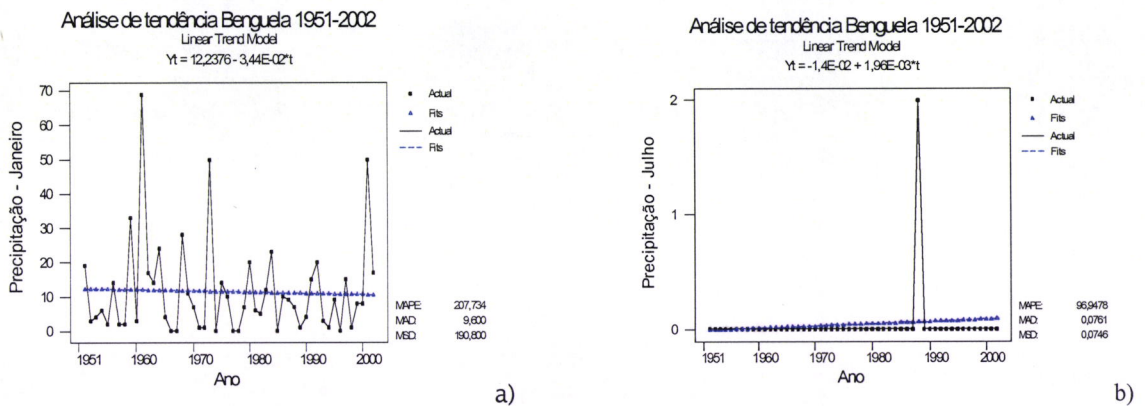


Fig.V.2.4 – Ilustração da tendência da precipitação em Benguela 1951–2002: a)-Janeiro b)- Julho observe as anomalias (irregularidades ou exceções)

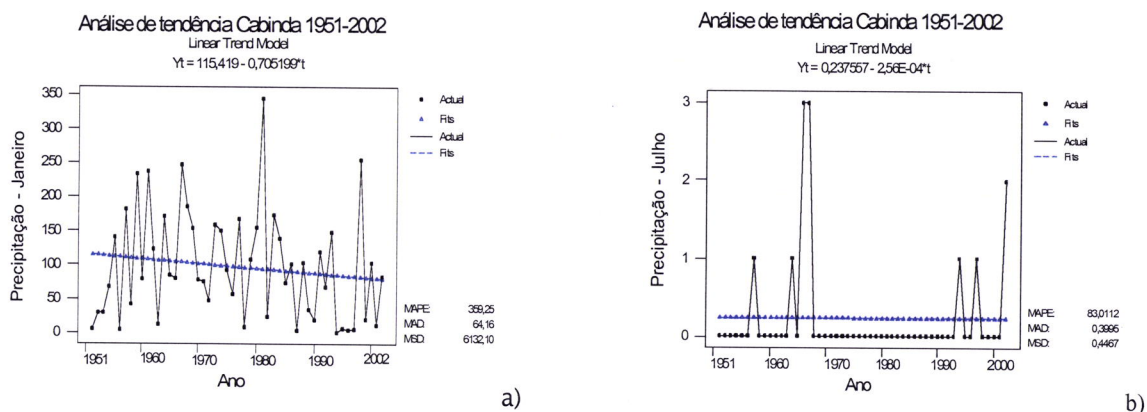


Fig.V.2.5 – Ilustração da tendência da precipitação em Cabinda para 1951–2002: a)–Janeiro b)– Julho observe as anomalias (irregularidades ou exceções)

Na Fig.V.2.6 comparam-se os movimentos verticais para o mês de Janeiro nos períodos 1948–1976 (a), que corresponde à fase fria da Oscilação Decadal do Pacífico (ODP), e 1977–2003 (b), correspondente à fase quente da ODP, ao longo de 15°E. Observa-se que, durante a fase fria, em média, os movimentos ascendentes predominaram em praticamente toda Angola ($\omega < -0,4$ Pa/s) ao sul de 8°S, enquanto foram fracos ou descendentes ao norte dessa latitude. Durante a fase quente (Fig.V.2.6b), em praticamente toda Angola, em torno de 15°E, os movimentos foram fracos, com fortes movimentos ascendentes ao norte de 15°S, com um núcleo de $\omega < -0,8$ entre 950–700 hPa. Essa é uma possível explicação para a pluviometria da maioria das estações meteorológicas, com exceção de Cabinda, mostrarem uma tendência crescente a partir de 1977. O comportamento distinto de Cabinda pode estar ligado a uma falha maior nos dados pluviométricos no período recente.

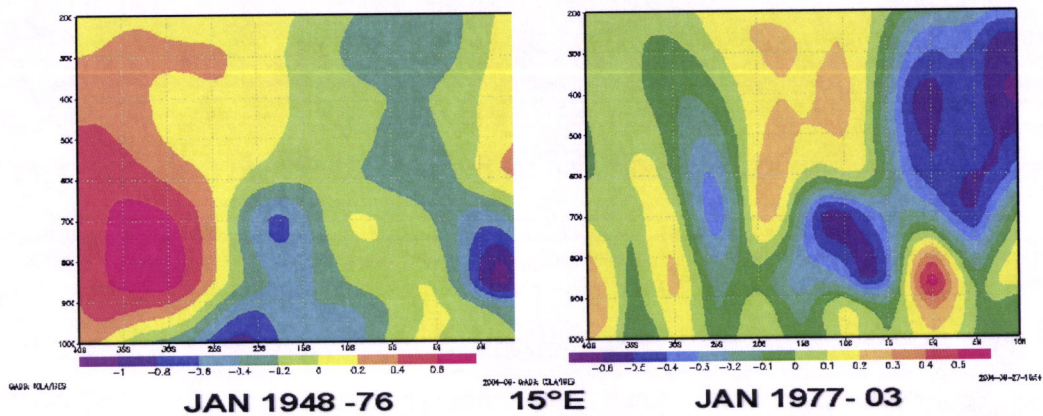


Figura V.2.6 – Perfil de movimentos verticais médios entre 10°N–40°s ao longo do meridiano 15°E para o mês de Janeiro de 2 períodos 1948–1976 (fase fria da ODP) e 1977– 2003 (fase quente da ODP)

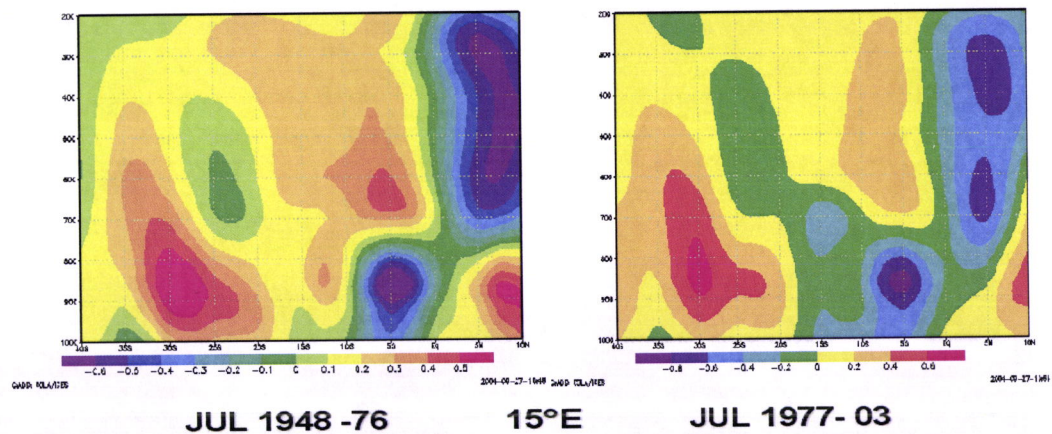


Figura V.2.7 – Perfil de movimentos verticais médios entre 10°N–40°s ao longo do meridiano 15°E para o mês de Julho de 2 períodos 1948–1976 (fase fria da ODP) e 1977– 2003 (fase quente da ODP)

A Fig.V.2.7 é semelhante à anterior mas para o mês de Julho. Durante a fase fria, nota-se a forte subsidência entre 10°S e 32°S enquanto, durante a fase quente, houve predominância de movimentos ascendentes entre o equador e 18°S. Essa análise sugere que o mês de Julho do período 1977–2003 tenha sido mais chuvoso que o do período anterior, o que é confirmado pela precipitação das estações (Figs.V.2.8, 9.) e também pelas médias verificadas, superiores nesse período. , Em Luanda, no 1º período, verificou-se uma média de 0,0769231, para 0,185185 de média, no 2º. Em Cabinda

verificou uma média de 0,307692 no 1º período e apenas 0,148148 de média no 2º pois a tendência de crescimento de precipitação verificou-se mais tarde, relativamente às outras estações. Para Benguela, também se verificou precipitação no 2º período, média 0,0740741, acompanhando a tendência, contra precipitação nula do 1º período. Ao sul de 20°S, a subsidência se intensificou durante a fase quente, o que está de acordo com o deslocamento do centro da Alta Subtropical para leste de sua posição média, em direcção ao continente africano, conforme descrito por Molion et al (2004)

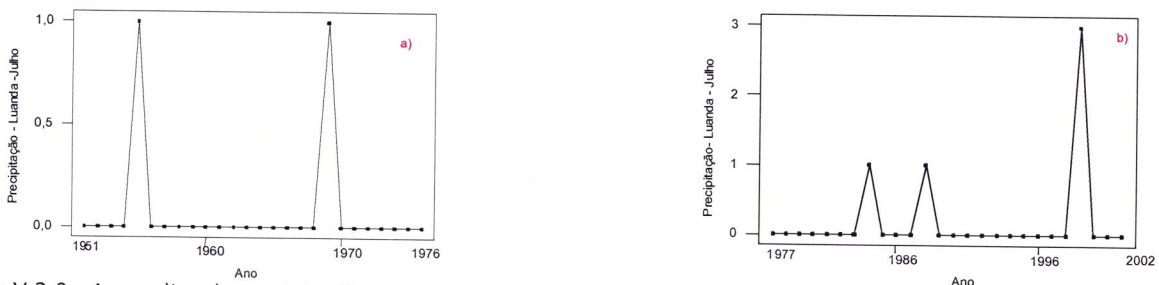


Fig.V.2.8 - Anomalias da precipitação para Luanda (8° 49´ S) mês de Julho a) (1951-1976 e b) 1977-2002)

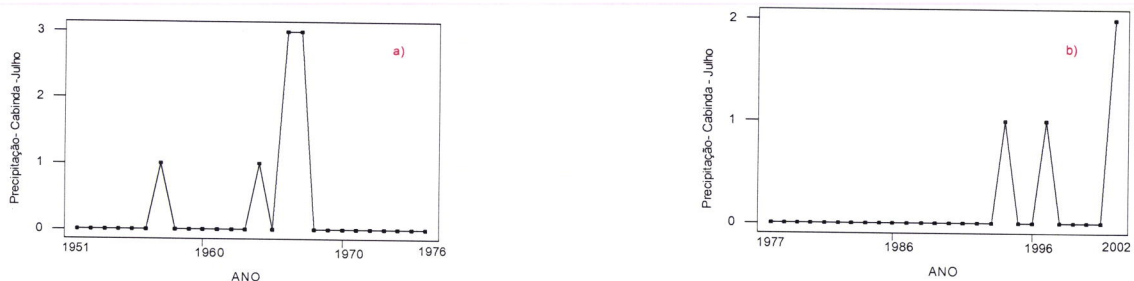


Fig.V.2.9 - Anomalias da precipitação para Cabinda (5°33´ S) mês de Julho a) (1951-1976 e b) 1977-2002)

Como tentativa de representar melhor sua variabilidade espacial, foram elaboradas secções de movimentos verticais ao longo da longitude 20°E e comparadas com as de 15°E para os dois períodos. Na Fig.V.2.11, compararam-se os movimentos verticais do mês de Janeiro (verão) do período 1948-76 (fase fria) nas duas longitudes 15°E (a) e 20°E (b). Observa-se, ao longo de 15°E, forte subsidência entre 25°S-35°S, enquanto predominaram movimentos ascendentes intensos até 500 hPa nas mesmas latitudes em 20°E. Movimentos ascendentes em 15°E entre 5°S-18°S foram substituídos por subsidência

em 20°E, que foi mais intensa entre 0°– 5°S. É possível que o interior de Angola tenha apresentado totais pluviométricos baixos nesse período, com tendências decrescentes, conforme pode se depreender das séries temporais de Dundo e Luena (Figs.V.2.10 a) e b)).

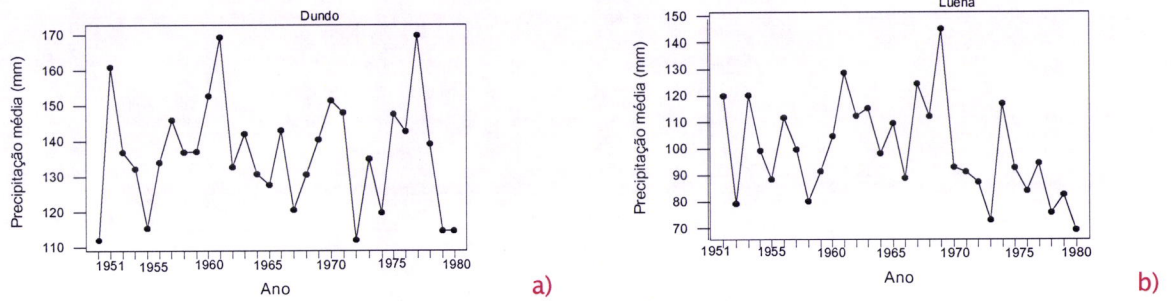


Fig.V.2.10 – Série Temporal da precipitação para a) Dundo, b) Luena

Para Julho na fase fria da ODP, observa-se na Fig.V.2.12b que os movimentos ascendentes em cerca de 5°S, na baixa troposfera, enfraqueceram, porém tornaram-se mais intensos entre 12°S–20°S, centro e sul de Angola. No lado equatorial dessa faixa, a subsidência passou a predominar até o nível de 700hPa. É possível que essas diferenças entre as duas longitudes sejam resultantes do deslocamento do centro da Alta Subtropical para noroeste durante a fase fria da ODP, conforme sugerido por Molion et al. (2004). Isso pode ter contribuído para o aumento das chuvas no interior nesse mês.

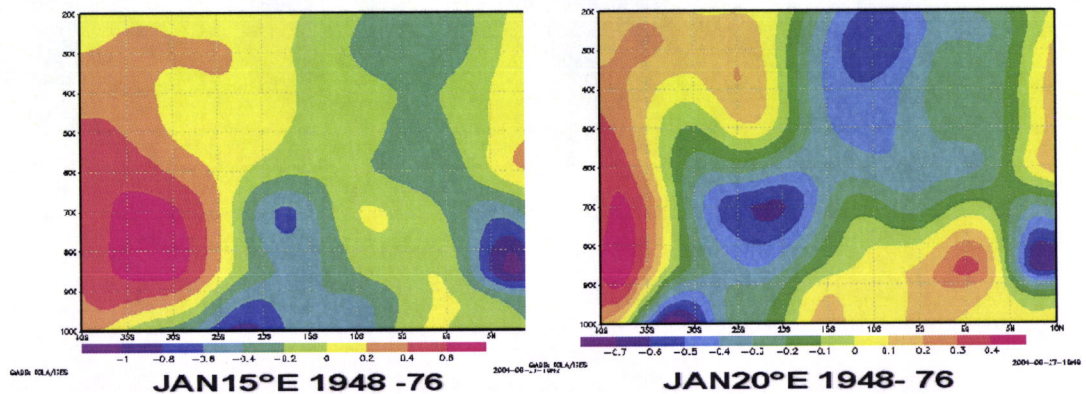


Fig.V.2.11.– Perfil de movimentos verticais médios para Janeiro (verão) em 15°E e 20°E para a fase fria da ODP (1948–1976)

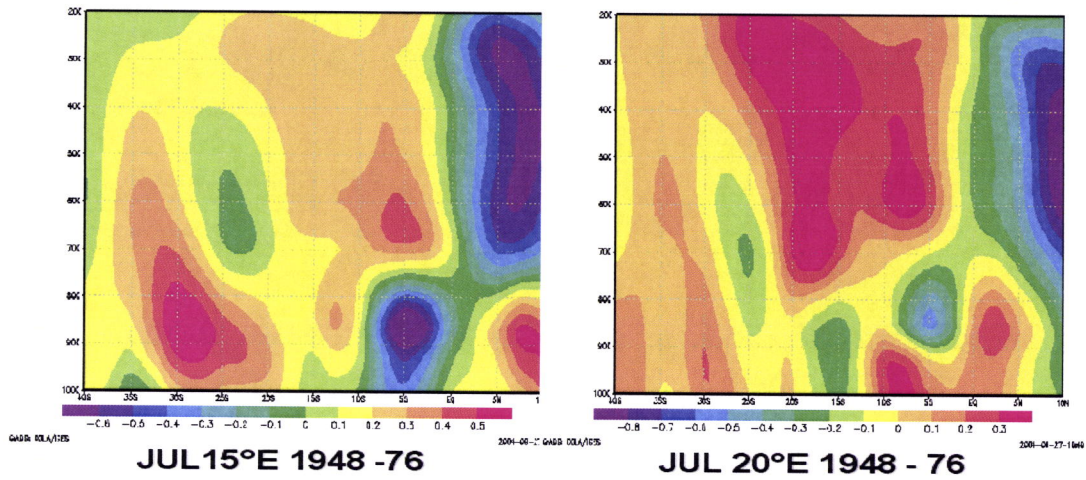


Fig.V.2.12 – Perfil de movimentos verticais médios para Julho (inverno) em 15°E e 20°E para a fase fria da ODP (1948–1976)

A Fig.V.2.13 é semelhante às figuras anteriores, porém elaboradas para o período coberto pela fase quente da ODP. Ao longo de 15°E, o lado equatorial da latitude 10°S (Fig.V.2.13a), em média, ficou sob a acção da subsidência enquanto predominaram movimentos ascendentes entre 12°S–17°S.

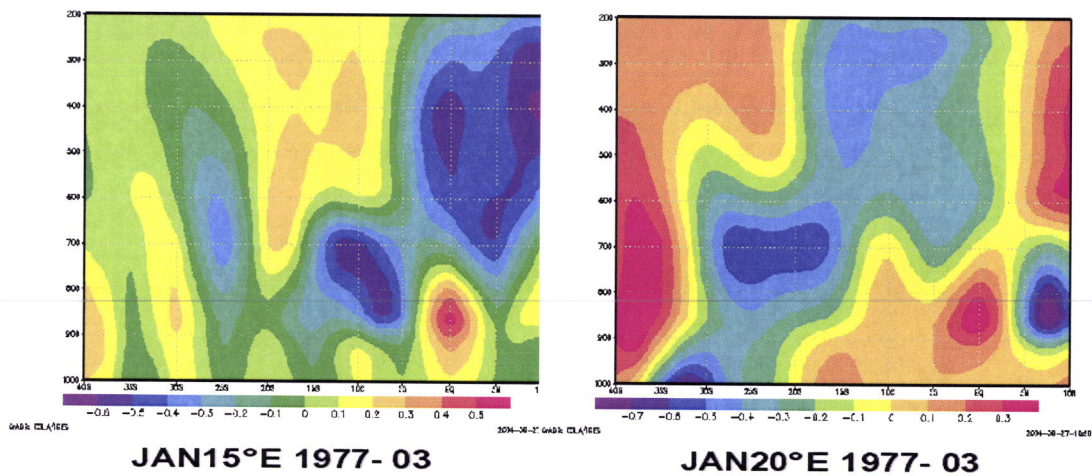


Fig.V.2.13.– Perfil de movimentos verticais médios para Janeiro (verão) em 15°E e 20°E para a fase quente da ODP (1977–2003)

Essas configurações estão coerentes com as tendências de precipitação positivas observadas em Benguela e Namibe (Figs.V.2.14 a) e b)) e as negativas observadas em Cabinda e Luanda (Figs.V.2.15 a) e b)). Já, ao longo de 20°E (Fig.V.2.11b), a latitude de 18°S foi a fronteira entre a subsidência do lado equatorial e movimentos ascendentes do lado sul. A causa da intensificação aparente dos movimentos ascendentes ao sul pode ter sido o deslocamento para nordeste da Alta Subtropical nesse mês, conforme relatado por Molion et al (2004).

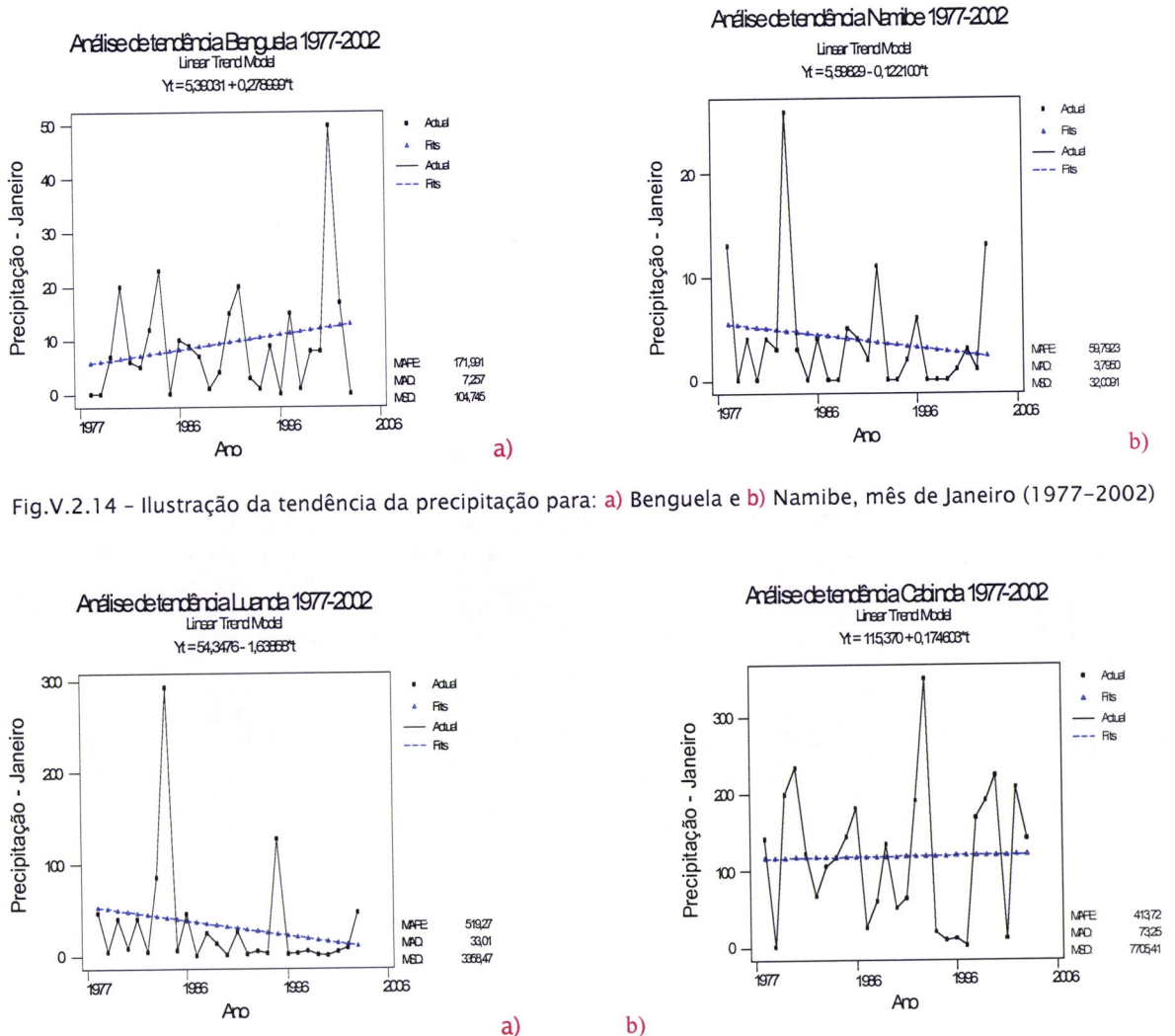


Fig.V.2.14 - Ilustração da tendência da precipitação para: a) Benguela e b) Namibe, mês de Janeiro (1977-2002)

Fig.V.2.15 - Ilustração da tendência da precipitação para: a) Luanda e b) Cabinda, mês de Janeiro (1977-2002)

Na secção vertical de 15°E (Fig.V.2.16a), a subsidência foi mais intensa ao sul de 20°S para a média de Julho da fase quente. Por outro lado, os movimentos ascendentes dominaram a região ao norte dessa latitude até cerca de 700hPa. No interior (Fig.V.2.16b), os movimentos ascendentes estiveram deslocados mais para o sul, até cerca de 26°S, e ocuparam praticamente toda a troposfera. Nos níveis baixos, a subsidência foi intensificada sobre o equador mas reduzida ao sul de 20°S. É possível que o aumento da área de movimentos ascendentes tenha sido devido ao maior aquecimento do continente em associação com uma troposfera tropical mais aquecida durante a fase quente da ODP.

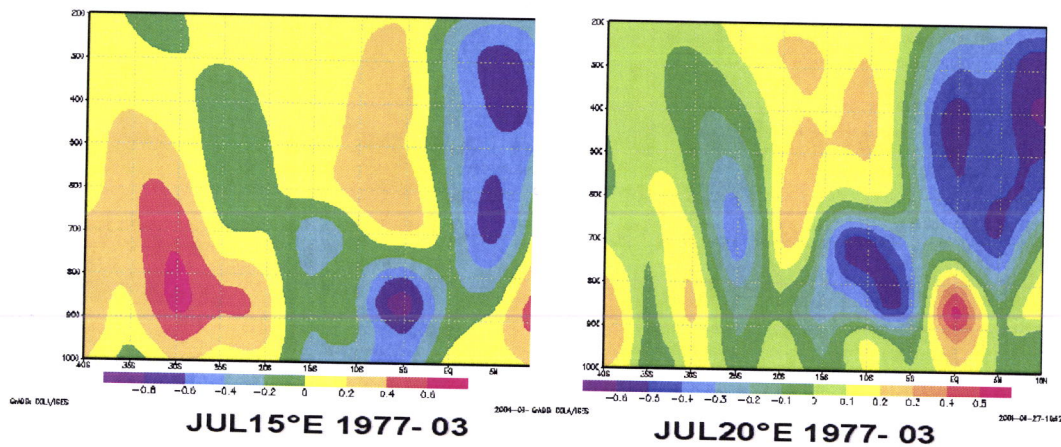


Fig.V.2.16.– Perfil de movimentos verticais médios para Julho (Inverno) em a)-15°E e b)-20°E para a fase quente da ODP (1977–2003)

Em adição, de acordo Molion et al. (2004), o centro de Alta Subtropical se deslocou para leste de sua posição média, o que pode ter intensificado o gradiente de pressão horizontal equador–subtrópico e aumentado a frequência de penetrações de sistemas frontais sobre o continente. A consequência teria sido um ligeiro aumento nos totais pluviométricos durante o mês de Julho sobre o interior.

V.3 – O LITORAL

V.3.1 – ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO

A Fig.V.3.1 representa a precipitação anual observada nas quatro estações do litoral de Angola. O comportamento das séries dessas estações é semelhante. Os totais de precipitação variam, com Cabinda apresentando os maiores totais, em média.

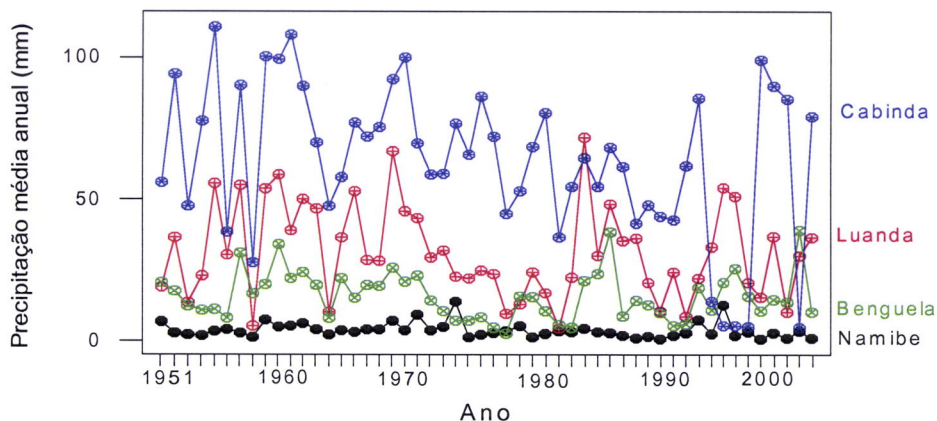


Fig. V.3.1- Comportamento sazonal da precipitação, de 1951 a 2002

Da análise do gráfico da precipitação das Figs.V.3.2 a 5, verifica-se que os meses de Junho a Setembro são os de fraca ou quase ausência de precipitação. Registos significativos de precipitação nesses meses são considerados de anomalias. A época chuvosa inicia-se em Outubro com um pico secundário em Novembro, um ligeiro decréscimo e um pico máximo em Março ou Abril.

No Litoral de Angola, as brisas e a corrente de Benguela fazem-se sentir tanto no período chuvoso (Outubro ou Novembro a Abril) como no período seco (Maio a Setembro ou Outubro). Nesse último, o ar mais seco e mais frio inibem a produção de chuva. No período chuvoso, os picos de precipitação parecem ser determinados pelo forte aquecimento por ocasião dos equinócios que, ao gerarem anomalias positivas da temperatura na superfície do mar, intensificam a actividade convectiva na atmosfera.

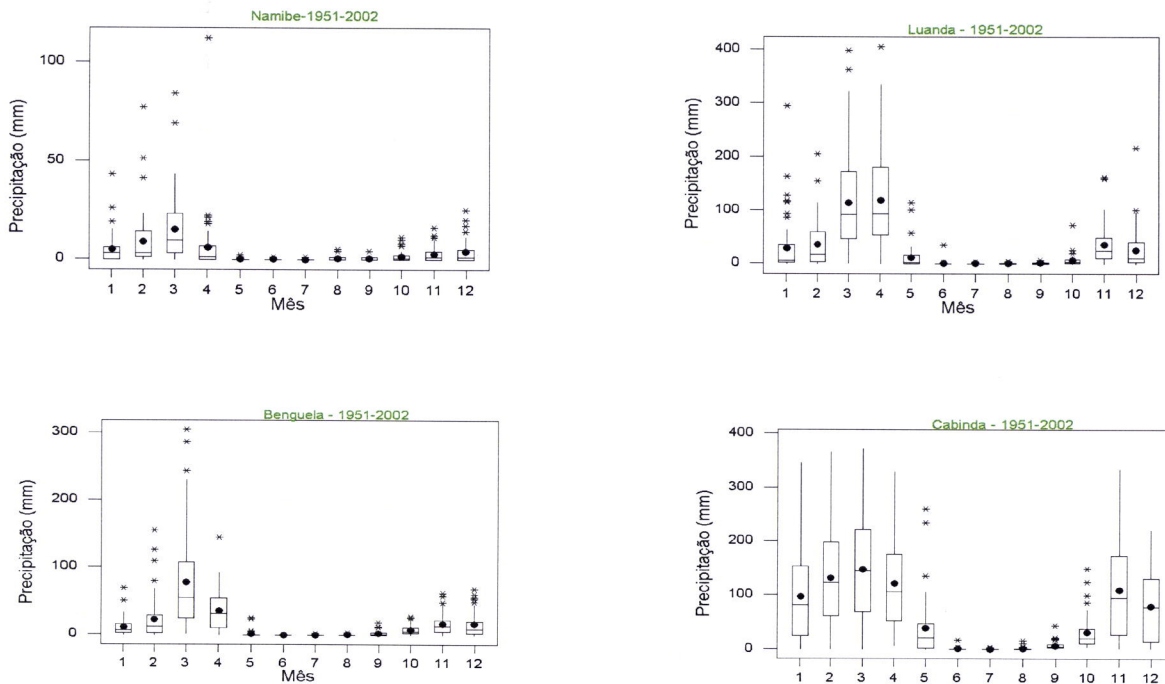


Fig.V.3.2 a Fig.V.3. 5 – Precipitação média mensal nas estações meteorológicas do: Namibe, Luanda, Benguela e Cabinda respectivamente

Da análise dos gráficos das Figs.V.3.6 a 9 da precipitação anual para cada uma das estações, verifica-se que foram registados, ao longo desses 51 anos, valores baixos e valores elevados, nomeadamente para o Namibe valores elevados nos anos 1974 (Março 42 mm e Abril 112 mm), 1971 (Março 84 mm e Fevereiro 77 mm) e 1995 Março 69 mm. Os restantes valores, no geral foram sempre muito baixos. Para Luanda valores baixos nos anos 1958 (Março 15 mm, Abril 20mm) e 1982 (Março 24mm, Abril 12mm), notar que a precipitação baixou abruptamente em 1958 voltou a subir e novamente baixou abruptamente em 1982 e altos nos anos 1955, Abril com 404mm, 1969 (Março 369 mm, Abril 319 mm), 1970 Março 398mm e 1984 um dos anos mais pluviosos da série com 294mm, 86mm, 245mm, 191mm respectivamente para Janeiro, Fevereiro, Março e Abril; em Benguela registram-se valores elevados nos anos 1986 (Março com 304mm e Abril com 61mm) e 2001 (Março com 286mm e Abril com 91mm); em Cabinda temos a registar um fenómeno de 4 anos (1994 a 1997) e novamente em 2001, de precipitação baixa. Os

meses de Março e Abril registaram para os 4 anos respectivamente: 36mm, 40mm; 8mm, 8mm; 13mm, 15mm; 10mm, 17mm; e 8mm, 10mm, no mesmo período em que as outras regiões em estudo estavam normais ou mesmo em alta. Os valores mais elevados registaram-se em Novembro de 1955 (333mm) Março de 1959 (371mm), Fevereiro de 1961 (365mm) e Março de 1998 (338mm)

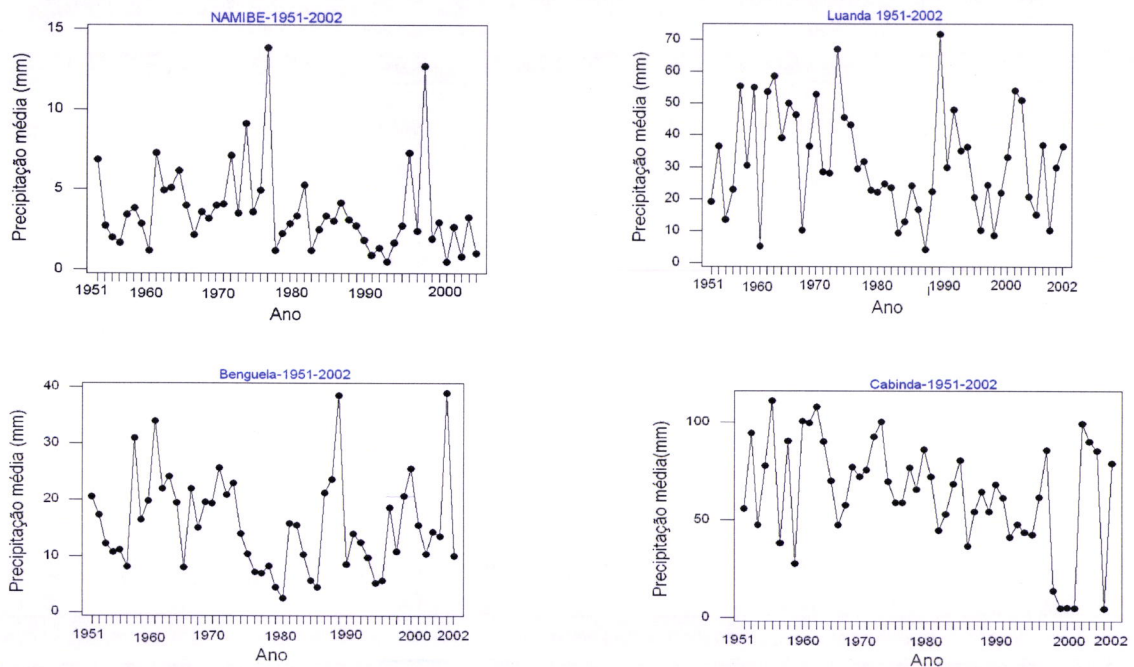


Fig.V.3.6 a Fig.V.3. 9 – Precipitação média anual nas estações meteorológicas do: Namibe, Luanda, Benguela e Cabinda respectivamente

Em relação a tendência anual desses 51 anos, verificou-se que, para as 4 estações, o comportamento foi idêntico de decréscimo na precipitação. Nesse período choveu, na soma total dos 51 anos, para o Namibe um total de 2.270mm, sendo a média climatológica igual a 45.4; para Luanda um total de 19.202mm, de média climatológica 384.04; Para Benguela um total de 9.742mm com média climatológica 194,84 e Cabinda um total de 38.864 mm com média climatológica 777,28. Mas, ao dividir-se a série em duas parte (1951–1976 e 1977–2001) o resultado analisado em gráfico de tendência quadrático, sugere a existência de dois ciclos para qualquer uma das estações em estudo

(ver figuras). No Namibe no primeiro ciclo choveu 1.372mm enquanto que no segundo apenas 898mm, uma redução de cerca de 30%. Em Luanda, o primeiro ciclo registou um total de 11148mm e o segundo 8.054mm, cerca de 22% de redução. Benguela registou no primeiro ciclo um total de 5.360mm e no segundo 4.383mm. Cabinda registou no primeiro ciclo 23.393mm enquanto que no segundo apenas 15.471mm. Tendo sido a maior diferença (7.922mm) cerca de 28% em média. As reduções generalizadas de precipitação sugerem que tenha havido uma alteração climática nesse segundo ciclo. Em Cabinda, por exemplo, registou-se 347mm entre 1994 e 1997, contra 2807mm registados nos quatro anos imediatamente anteriores, indicando uma grande variabilidade interanual no segundo ciclo.

Podem-se associar essas reduções a causas como o El Niño (curto prazo) ou Oscilação Decadal do Pacífico (longo prazo), considerando que o Oceano Pacífico ocupa um terço da superfície terrestre e que as temperaturas da superfície do mar (TSM) são a condição de contorno inferior mais importante para a atmosfera. Também o Niño Benguela pode ter desempenhado um papel importante.

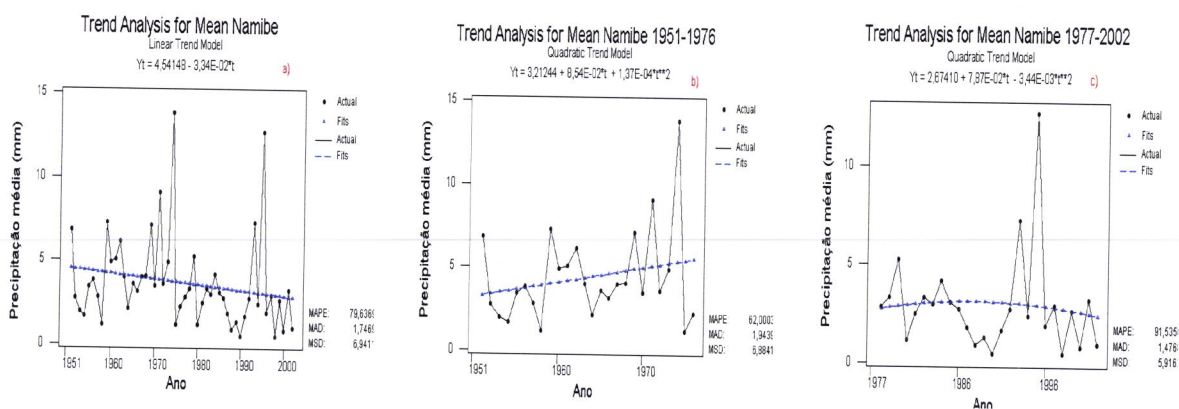


Fig.V.3.10 – Ilustração da tendência da precipitação no Namibe. Verifica-se: (a) com a série completa, um decréscimo. (b) na primeira metade da série, um aumento acentuado (c) na segunda metade, um decréscimo suave...

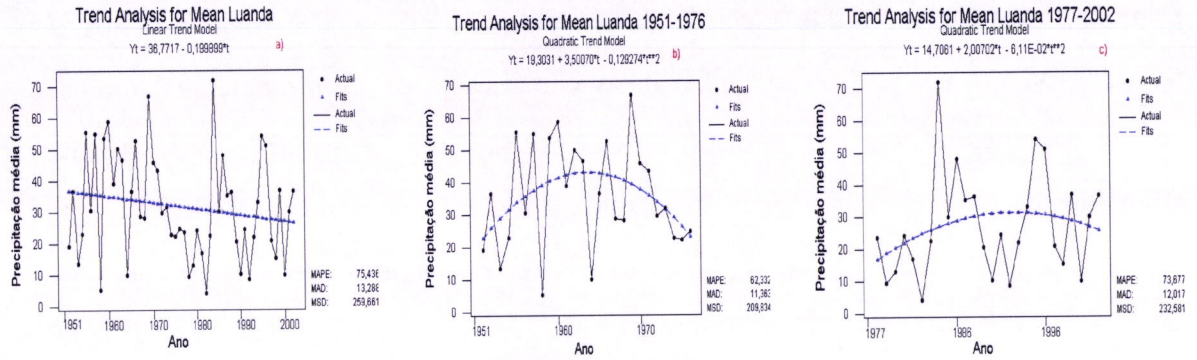


Fig.V.3.11 – Ilustração de tendência da precipitação em Luanda. Verifica-se (a) com a série completa, decréscimo (b) na primeira metade da série, já se verifica a subida até a um máximo com descida com um mínimo e (c) na segunda metade, subida muito suave que atinge também um máximo para depois descer suavemente

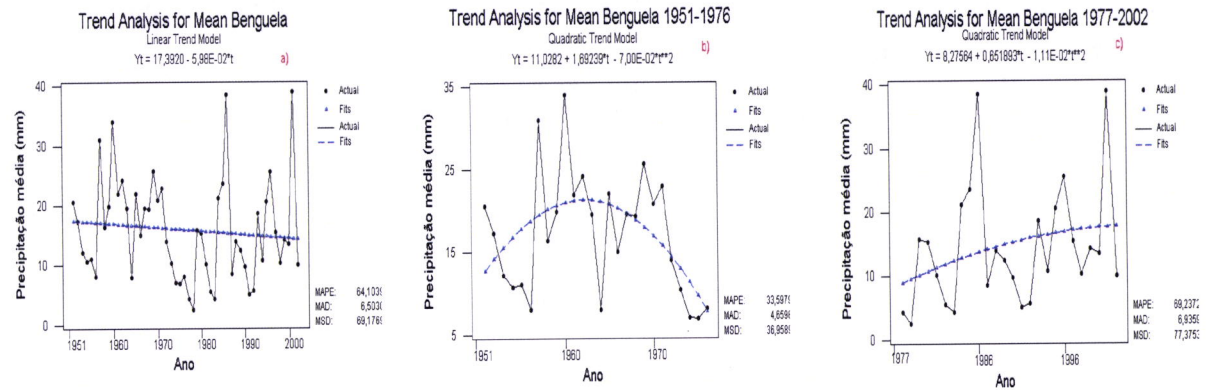


Fig.V.3.12 – Ilustração da tendência da precipitação em Benguela. Verifica-se (a) com a série completa, um decréscimo (b) na primeira metade da série, um máximo com descida acentuada (c) na segunda metade, subida com tendência a decrescer

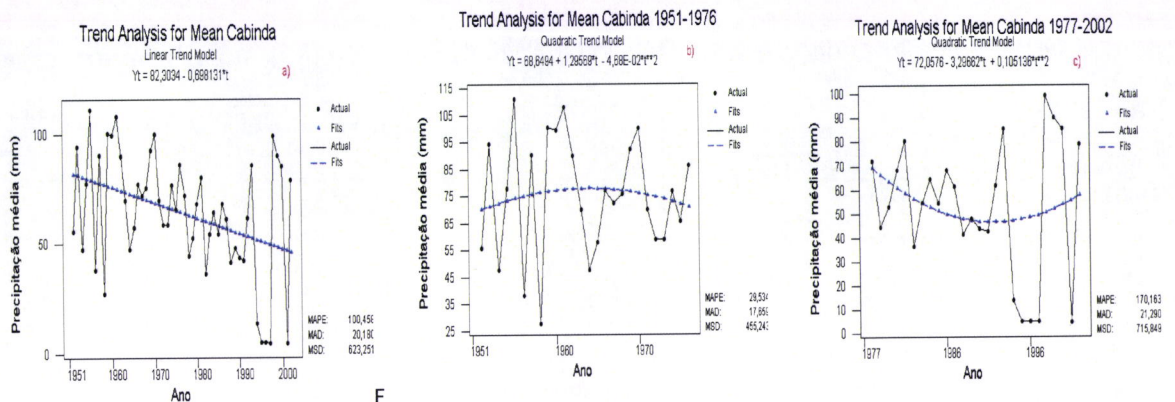


Fig.V.3.13 – Ilustração da tendência da precipitação em Cabinda Verifica-se, (a) na série completa um decréscimo acentuado. (b) na primeira metade da série um ligeiro pico de alta e um suave decréscimo (c) na segunda metade, um mínimo acentuado e o início de aumento da precipitação

É importante fazer-se a diferenciação da anomalia de precipitação registada nos dois períodos para a sua utilização em análises climáticas. Por exemplo, essas anomalias podem significar alterações climáticas relacionadas com a variação das estruturas atmosféricas na escala sinóptica e planetária, como o posicionamento das altas subtropicais e da ZCIT. A figura (Anexo B) apresenta a evolução dos índices multi-variados do ENOS desde 1950 a 2002 e permite concluir que no período de 1951-1976 houve o predomínio da fase fria do ENOS (*La Niña*), enquanto de 1981 a 2002 houve o predomínio da fase quente (*El Niño*). Aqui existe a nítida correlação entre a predominância de *La Niña* (*El Niño*) e a anomalia positiva (negativa) de precipitação. No período em que predominaram os *La Niña* existiu uma anomalia positiva de precipitação, isto é, valores mais elevados desta, enquanto, no período da predominância dos *El Niño*, existiu um decréscimo da precipitação.

Apesar de os fenómenos *El Niño/La Niña* ocorrerem no Oceano Pacífico, existem teleconexões atmosféricas (Anexo B.3) que provocam anomalias climáticas em regiões bem distantes dos fenómenos que lhes deram origem.

Um outro sistema actuando por meio de teleconexões seria a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP), considerando que o Oceano Pacífico ocupa um terço da superfície terrestre e que as temperaturas da superfície do mar (TSM) são a condição de contorno inferior mais importante para a atmosfera.

A ODP apresenta duas fases que duram cerca de 20 a 30 anos cada uma. A fase fria, em que o pacífico Equatorial está com anomalias de TSM negativas, enquanto o Pacífico fora dos trópicos, em ambos hemisférios, está com anomalias de TSM positivas, ocorreu entre 1947-1976, período em que predominaram os *La Niñas*. A fase quente, em que o Pacífico Equatorial apresenta anomalias de TSM positivas e o Pacífico Extratropical anomalias de

TSM negativa, ocorreu entre 1976–1998, período em que predominaram os El Niños. Pode ser, portanto, que a variabilidade das chuvas em Angola esteja relacionada a ODP.

Outro factor de muita importância e cujo evento é passado proximamente é o fenómeno denominado Niño de Benguela. Há registos de alguns nomeadamente nos anos 1963, 1984 e 1995 e também a probabilidade de ter havido no período 1972/1974.

Outros registos foram: durante 1982 e 1983 as temperaturas da superfície do mar (TSM) registadas, foi abaixo da média em alguns locais. Registou-se um aquecimento anómalo no sul em 1986 com incursão de águas da Corrente das Agulhas para o Atlântico Sudeste, especialmente durante o Inverno. Um arrefecimento a sul de Benguela em fins de 1988 início de 1989 associados com uma penetração na retroflexão das Agulhas e uma incursão de água quente de curta duração. Em finais de 1990 notou-se um período prolongado de ventos alísios abaixo da média no extremo sul e foi associado com o ENOS (El Niño–Oscilação Sul) Ventos anómalos de sudeste a sul de Benguela *no verão 1993–94 coincidindo com TSM muito dispersa e negativa no Atlântico Sul. O Niño Benguela registado em 1995 na parte norte e central foi caracterizado por um aquecimento muito disperso e circulação na direcção do pólo.*

Todos esses fenómenos passaram-se na segunda metade do ciclo em que de um modo geral nas 4 estações Meteorológicas houve um declínio de precipitação. Possivelmente a explicação para o período de 1994/1997 de precipitações tão baixas em Cabinda.

V.3.2 – ANÁLISE DO PERIODOGRAMA

A representação espectral de uma série de tempo estacionária mostra a decomposição da série numa soma de componentes sinusoidais com coeficientes aleatórios não correlacionados.

Os valores do periodograma podem ser interpretados em termos de fonte de variação dos dados nas respectivas frequências, ou seja, ele mede o poder de influência que cada frequência exerce sobre a série temporal. No caso de uma série temporal gerada por um processo completamente aleatório, todas as frequências exercem a mesma quantidade de influência ou efeito sobre a série temporal, ou seja, explicam de forma igual o movimento global da série temporal. Porém, no caso de a série temporal ter sido produzida por um processo caótico determinístico, as frequências menores exercem maior influência sobre a série temporal do que as frequências maiores.

A análise espectral indica a contribuição dos factores estacionais do espectro deixando por um lado o resto dos elementos que constituem a série. Mede a intensidade de cada ciclo para cada frequência dada – a frequência define-se como o número de ciclos por unidade de tempo.

O período especifica o tempo necessário para completar um ciclo de frequência ω_k . Associando períodos com as estimativas do periodograma pode ajudar a visualizar as escalas de tempo nas quais as variações importantes dos dados estão ocorrendo.

No trabalho efectuado, usando técnica linear, as figuras demonstraram que até a frequência angular de $0,12s^{-1}$, pode-se considerar significativas as frequências próximas de:

1. $0,02s^{-1}$ que corresponde ao período de 25–30 anos. (ODP)
2. $0,08s^{-1}$ para o período de ~ 7 anos. (ENOS)
3. $0,12s^{-1}$ para o período de ~ 3anos. (ENOS)

Por meio dos gráficos de controlo de qualidade, pode-se verificar o comportamento das médias simples bem como da amplitude de precipitação. Tomando como referência alguns dos períodos sugeridos pela análise do Periodograma (Figs.V.3.14 a 17). Assim, tomando a média efectuada para períodos de três anos, (Anexo D Fig.D.1) não há evidência de periodicidade na média simples. A periodicidade, nesse caso está presente sim, na amplitude da precipitação média no período em referência.

Para o período de 7 anos (Anexo D Fig.D.2), a maior evidência de periodicidade verifica-se para Benguela e Cabinda em que a média está mais próxima da linha recta e para todas as estações a periodicidade de grande evidência é de 25 anos.

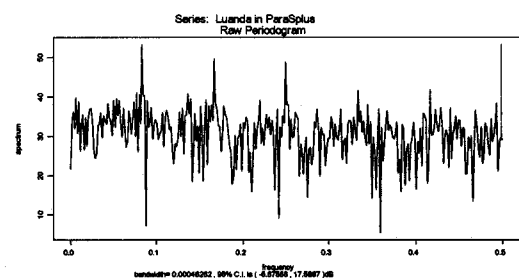
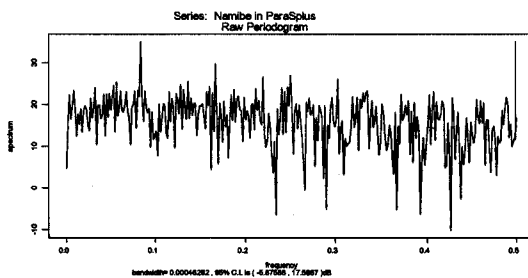


Fig.V.3.14 e Fig.V.3.15 – Periodograma da série de precipitação do Namibe e Luanda (1951–2002)

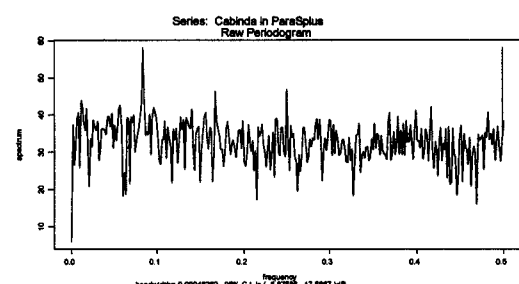
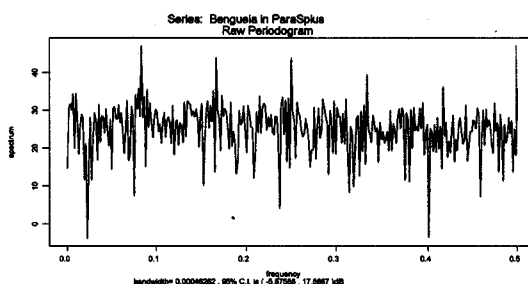


Fig.V.3.16 e Fig.V.3.17 – Periodograma da série de precipitação de Benguela e Cabinda (1951–2002)

V. 4 – O INTERIOR

V. 4. 1 – ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO

A Fig.V.4.1 representa a precipitação mensal observada nas oito estações do interior de Angola. O comportamento das séries dessas estações é semelhante. Da análise dos gráficos do comportamento da precipitação mensal verificou-se que os meses de Maio a Agosto/Setembro são os de menor precipitação. Registos significativos de precipitação nesses meses são considerados valores anormais assim como os valores muito afastados da normal. As causas desses valores anormais podem variar desde a fenomenologia até a erros de observação. A época chuvosa inicia-se em Outubro com um pico em Novembro ou Dezembro e outro em Março ou Abril, conforme o regime de precipitação do Hemisfério Sul cujo Verão e maior actividade convectiva ocorrem nessa época do ano.

O regime de precipitação tem um relacionamento estreito com a migração sazonal da ZCIT que no Verão do Hemisfério Sul, em Março-Abril, se encontra na sua posição mais ao sul, cerca de 4°S a 5°S e com penetração de uma ramificação no território Angolano. (Fig.II.3)

Pode-se observar, através dos gráficos, um decréscimo médio exponencial suave linear de Maio a Agosto e um crescimento acentuado linear de Agosto a Dezembro. No mês de Dezembro nota-se uma zona de inflexão. Entre Janeiro e Março há uma certa oscilação deixando antever uma outra zona de inflexão.

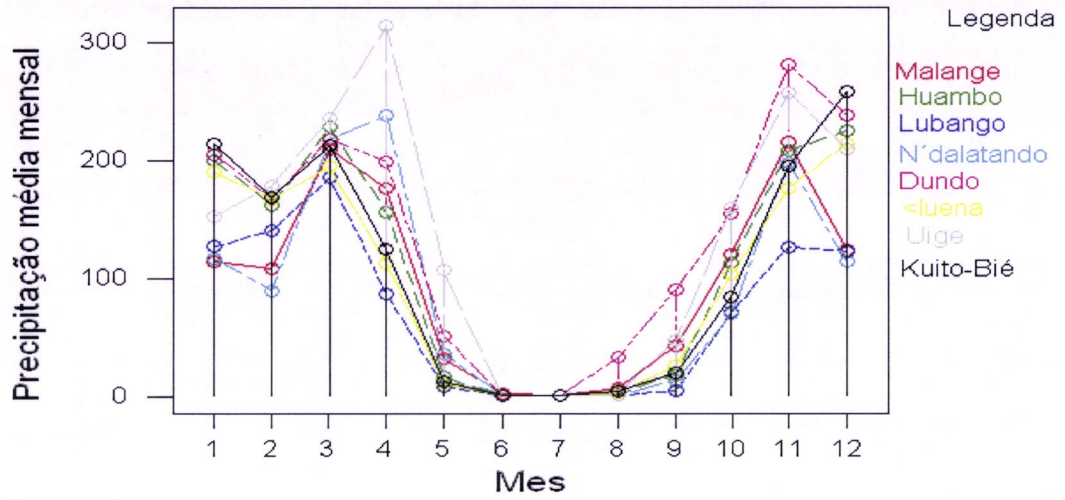


Fig.V.4.1 - Precipitação média mensal das estações meteorológicas Kuito-Bié, Malange, Huambo, Lubango, N´dalatando, Dundo, Luena, Uige

A Fig.V.4.2 representa a precipitação anual observada nas oito estações do interior de Angola. O comportamento de suas séries é semelhante.

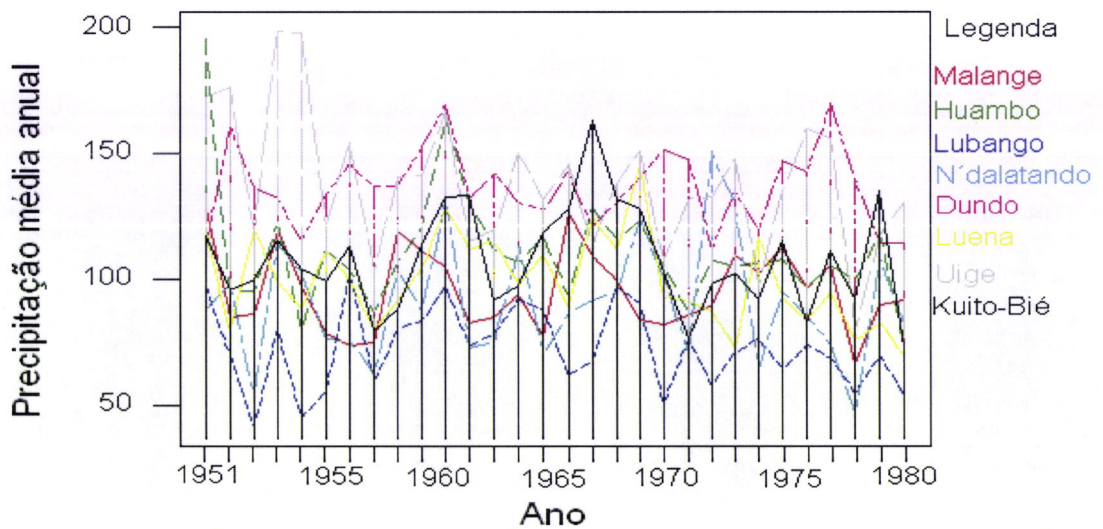


Fig.V.4.2 - Precipitação média anual das estações meteorológicas: Kuito, Malange, Huambo, Lubango, N´dalatando, Dundo, Luena, Uige.

Na Fig.V.4.2a) estão representadas as anomalias observadas no período em estudo. Nota-se que anomalias negativas maiores, foram mais comuns na segunda metade das séries.

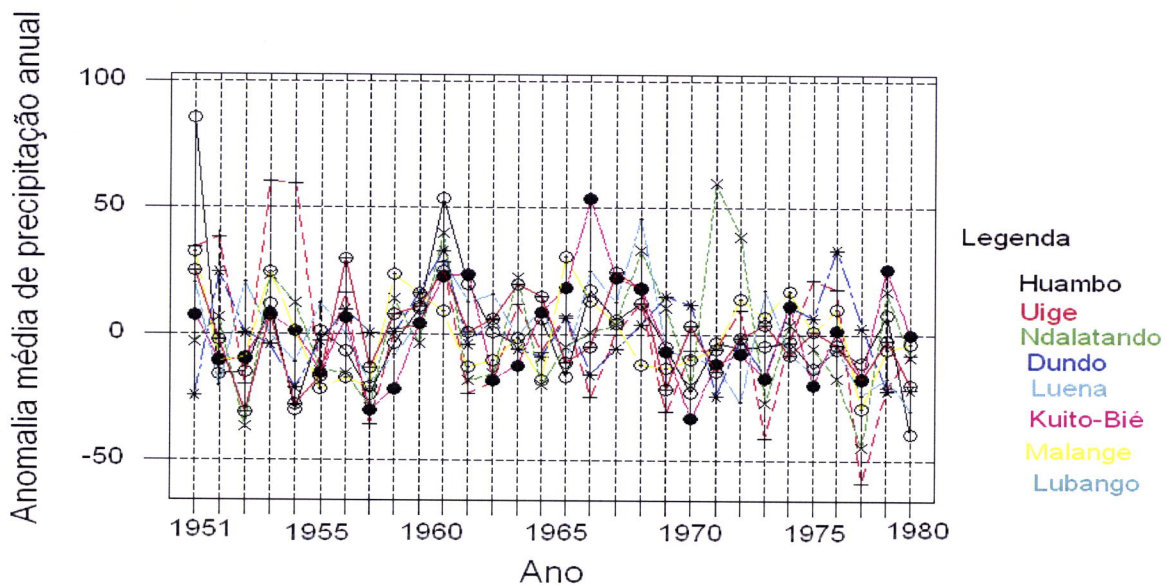


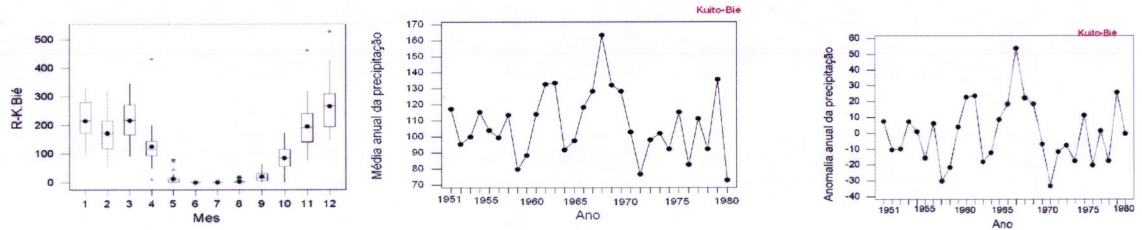
Fig.V.4.2a) – Anomalias anuais de precipitação das oito estações meteorológicas em estudo.

Ressalte-se que, no período 1970–1974, quase todas as oito estações apresentaram anomalias negativas (anos seguidos). Nesse período, esteve activo um El Niño moderado, enquanto nos anos restantes, ocorreu um evento La Niña. No período 1951–1980, fase fria da ODP, houve predominância de eventos La Niña.

No período 1972–1974, também há registos de actividade do Niño Benguela, aquecimento do Atlântico Tropical Oriental, semelhante ao ciclo sazonal, em que a água quente desloca-se para o sul e leste, ao longo da costa da Namíbia

V. 4. 2 – ANÁLISE POR ESTAÇÃO

V.4.2.1 – KUITO-BIÉ



Figs.V.4.3 – Comportamento da precipitação mensal . Os meses de menor precipitação foram os de Junho, Julho e Agosto. Tendo sido detectados extremos nos meses de Abril, Maio, Agosto, Novembro e Dezembro. 4- Precipitação média anual. O ano de maior precipitação foi 1967 o de menor foram 1958, 1971 e 1980 5- Anomalia média de precipitação

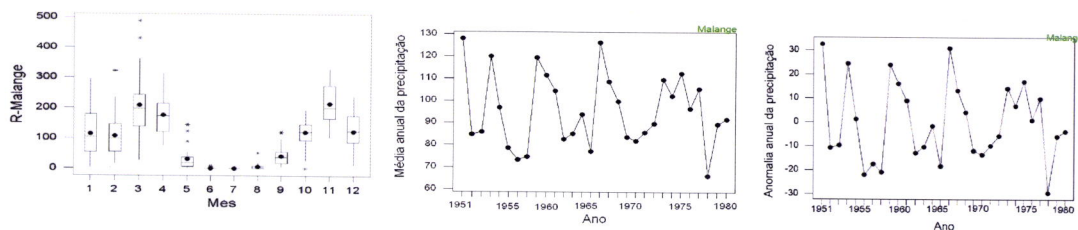
A Fig.V.4.3 mostra os extremos observados no período de 1951 a 1980. Registaram-se em Maio de 1951 um valor elevado para o mês (73mm) e o mesmo em 1959 (79mm) assim como em Agosto de 1966 (20mm), em Abril de 1964 um extremo negativo de (10mm), em Abril de 1967 (432mm) Novembro de 1967 (463mm) e Dezembro 1967 (429mm) e 1968 (529mm).

A Fig.V.4.4 apresenta a precipitação média anual onde se constata que o ano 1967 foi de grande pluviosidade. A Fig.V.4.5 apresenta a anomalia média anual do período em análise. Verifica-se que precisamente metade dos anos foi de anomalia negativa com especial referência aos 5 anos (1970–1974) seguidamente negativos.

V.4.2.2 – MALANGE

A Fig.V.4.6 mostra os extremos observados no período de 1951 a 1980. Registaram-se em Fevereiro de 1951 (323mm) em Março (432mm), Março de 1966 (489mm), Maio de 1954 (123mm) de 1959 (145mm) e 1975 (144mm), em Agosto de 1978 (51mm) e em Setembro (121mm) sendo estes cinco últimos valores anormais para a época

normalmente não pluviosa. Em Outubro 1976 (0mm) outro extremo negativo para a época chuvosa.

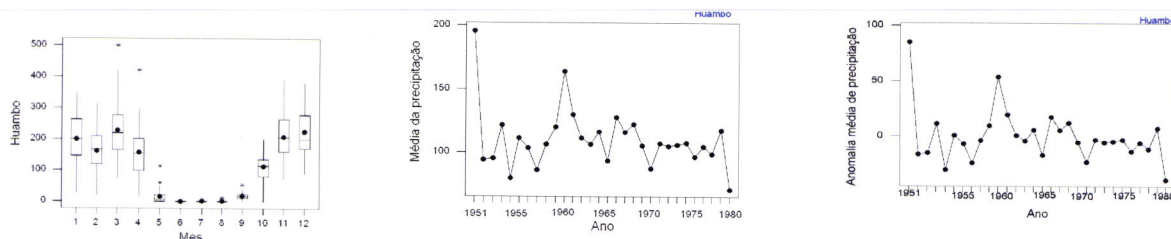


Figs.V.4. 6 – Comportamento da precipitação mensal Os meses de menor precipitação foram os de Junho, Julho e Agosto. Tendo sido detectados extremos nos meses de Fevereiro, Março, Maio, Agosto, Setembro e Outubro .7- Precipitação média anual. Os anos de maior precipitação foram 1951, 1954, 1959 e 1966 e o de menor foi 1978 . 8 – Anomalia média de precipitação

A Fig.V.4.7 mostra a precipitação média anual e ressalta a forma abrupta com que a precipitação passa aos extremos. A Fig.V.4.8 representa a anomalia média anual do período em análise. Verifica-se que 16 anos foram de anomalia negativa com referência aos anos 1956–1958, 1962–1965, 1969 –1972 e 1978–1980, seguidamente negativos.

V.4.2. 3 – HUAMBO

A Fig.V.4.9 mostra os extremos observados no período de 1951 a 1980. Registraram-se em Março de 1951 (500mm) e Abril (422mm), em Setembro de 1957 (52mm) em Maio de 1959 (113mm), sendo estes dois últimos valores anormais para a época normalmente não pluviosa.

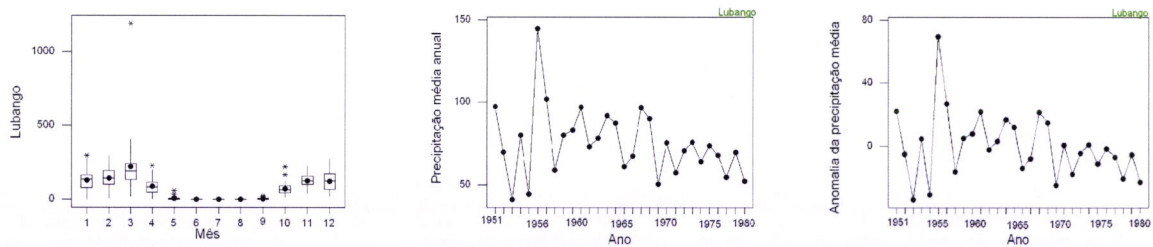


Figs.V.4.9- Comportamento da precipitação mensal. Os meses de menor precipitação foram Maio, Junho, Julho Agosto e Setembro. Verificaram-se extremos nos meses de Março, Abril, Maio e Setembro. 10 – Precipitação média anual. Os anos de maior precipitação foram 1951 e 1961 e o de menor foram 1955 e 1980. 11 – Anomalia média de precipitação

A Fig.V.4.10 mostra a precipitação média anual onde se verifica o volume anormal de precipitação no ano 1951. A Fig.V.4.11 representa a anomalia média anual do período em análise. Verifica-se que 18 dos 30 anos foram de anomalia negativa com especial referência aos anos 1957-1959 e os 9 anos (1970-1978) seguidamente negativos.

V.4.2. 4 - LUBANGO

A Fig.V.4.12 mostra os extremos observados no período de 1951 a 1980. Registaram-se Abril de 1951 (227mm), Outubro de 1952 (167mm) Outubro de 1957 (221mm) e Maio de 1967 (56mm), sendo estes três últimos valores anormais para a época normalmente não pluviosa. Janeiro de 1964 (296mm e em Março de 1971 (404mm).



Figs.V.4.12 - Comportamento da precipitação mensal. Os meses de menor pluviosidade são Maio, Junho, Julho, Agosto e Setembro. Registaram-se valores extremos em Janeiro, Março, Abril, Maio e Outubro. 13 - Precipitação média anual. Os anos de maior precipitação foram 1951 e 1956 e os de menor foram 1953 e 1955. 14 - Anomalia da precipitação média por ano

A Fig.V.4.14 representa a anomalia média anual do período em análise. Verifica-se que 15 dos 30 anos foram de anomalias negativas mas diferente das outras estações em análise, aqui verificamos 4 anos seguidos de anomalia no período 1977-1980. O período de maior anomalia foi o segundo (10 anos entre 1966 e 1980).

V.4.2. 5 – NDALATANDO

A Fig.V.4.15 mostra os extremos observados no período de 1951 a 1980. Registaram-se em Janeiro de 1959 (309mm), Março de 1970 (467mm), Novembro 1972 (390mm), Dezembro 1972 (523mm), Janeiro de 1973 (412mm) e Janeiro 1979 (571mm) em Março de 1978 (3mm) este valor absolutamente anormal para a época pluviosa, Setembro de 1969 (109mm), sendo este último valor anormal para a época normalmente não pluviosa.

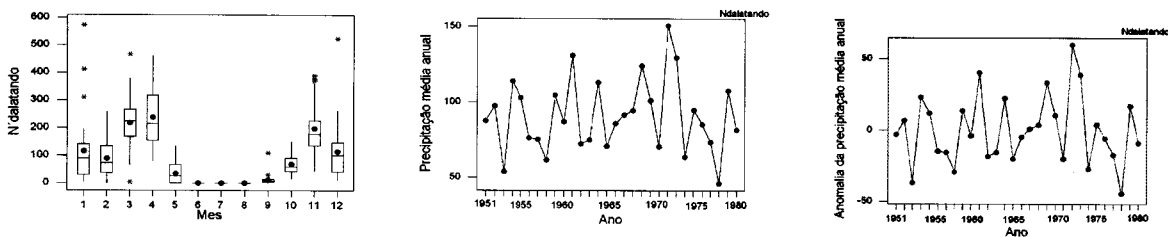
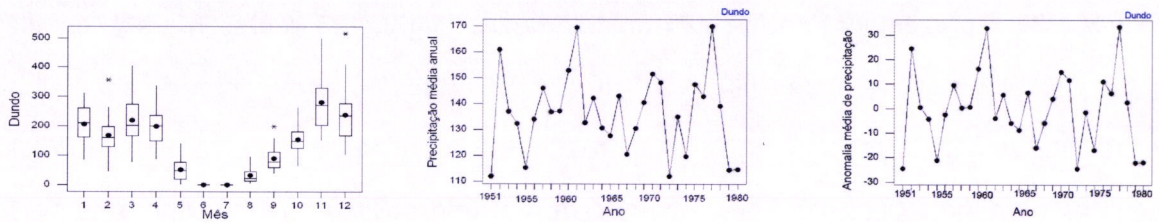


Fig.V.4.15 – Comportamento da precipitação mensal. Os meses de menor precipitação foram Junho, Julho Agosto e Setembro. Verificaram-se valores extremos nos meses de Janeiro, Março, Setembro, Novembro e Dezembro. 16 – Média anual da precipitação. Os anos de maior precipitação foram 1961 e 1972 e o de menor foram 1953 e 1978. 17 – Anomalia da precipitação média por ano

A Fig.V.4.16 apresenta a média anual de precipitação e destaca-se o ano de 1972 com pluviosidade acima do normal. A Fig.V.4.17 representa a anomalia média anual do período em análise. Verifica-se que 16 dos 30 anos foram de anomalias negativas assinalando-se também um período de 3 anos seguidos de anomalias nos períodos 1956–1958 e 1976–1978.

V.4.2. 6 – DUNDO

A Fig.V.4.18 mostra os extremos observados no período de 1951 a 1980. Registaram-se em Dezembro 1961 (515mm), em Setembro 1965 (199mm) e em Fevereiro de 1976 (356mm),

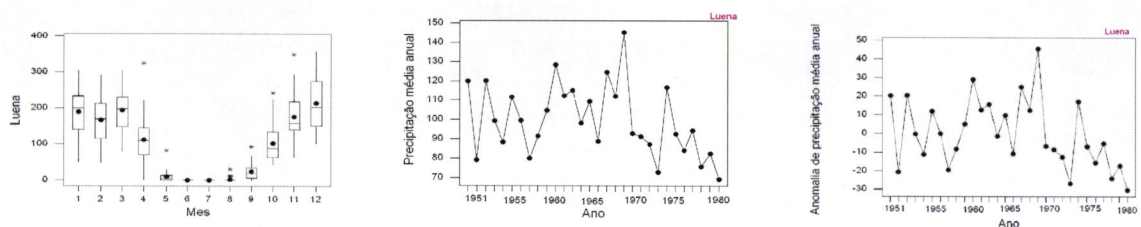


Figs.V.4.18 – Comportamento da precipitação mensal .Os meses de menor precipitação foram Junho e Julho. Verificaram-se valores extremos nos meses de Fevereiro, Setembro e Dezembro **19** – Precipitação média anual. Os anos de maior precipitação foram 1952, 1961 e 1977 e os de menor foram 1951, 1955, 1972, 1979 e 1980. **20** – Anomalia média de precipitação

A Fig.V.4.19 mostra a precipitação média anual com o destaque dos 2 anos seguidos de fraca pluviosidade. A Fig.V.4.20 representa a anomalia média anual do período em análise. Verifica-se que 14 dos 30 anos foram de anomalias negativas Nesta estação registaram-se 3 anos seguidos de anomalias negativas, 1954–1956, anos de actividade de El Niño e mais 3 anos seguidos (1972–74).

V.4.2. 7 – LUENA

A Fig..V.4.21 mostra os extremos observados no período de 1951 a 1980. Registaram-se em Abril 1956 (325mm), Novembro 1963 (350mm) e Outubro 1969 (242mm). em Maio de 1960 (83mm), Setembro 1965 (94mm) e em Agosto1978 (31mm), sendo estes três últimos valores anormais para a época normalmente não pluviosa.



Figs.V.4.21 – Comportamento da precipitação mensal . Os meses de menor precipitação foram Maio, Junho Julho e Agosto. Registaram-se valores extremos nos meses de Abril, Maio Agosto, Setembro e Novembro. **22** – Precipitação média anual. Os anos de maior precipitação foram 1951, 1953, 1961 e 1969 e o de menor foram 1952,1958, 1973 e 1980. **23** – Anomalia média de precipitação

A Fig.V.4.22 representa a precipitação média anual A Fig.V.4.23 representa a anomalia média anual do período em análise. Verifica-se que 17 dos 30 anos foram de anomalias negativas Também é no período referido nas outras estações que se verificou 4 anos seguidos de anomalia (1970–1973) seguido de um ano positivo (1974) e novamente 6 anos negativos (1975–1980). Na segunda metade foi onde se registou o maior número de anos de anomalias negativas (11 anos) Em relação a esta estação temos de tomar em consideração que alguns dados foram calculados por interpolação.

V.4.2.8 – UIGE

A Fig.V.4.24 mostra os extremos observados no período de 1951 a 1980. Registaram-se em Maio de 1968 (268mm), em Setembro 1976 (113mm).

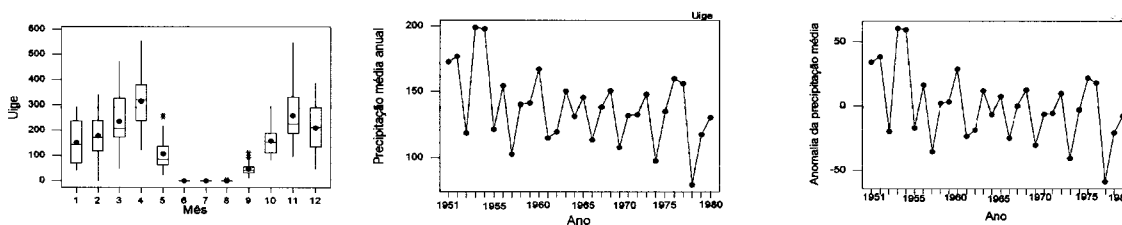


Fig.S.V.4.24 – Comportamento da precipitação mensal. Os meses de menor precipitação foram Junho, Julho, Agosto e Setembro. Registaram-se extremos nos meses de Maio e Setembro 25 – Precipitação média anual. Os anos de maior precipitação foram 1954 e 1955 e o de menor foi 1978. 26 – Anomalia da precipitação média por ano

A Fig.V.4.25 apresenta a precipitação média anual e o destaque de não existência de valores muito distantes uns dos outros. A Fig.V.4.26 representa a anomalia média anual do período em análise. Verifica-se que 15 dos 30 anos foram de anomalias negativas Nesta estação registou-se 3 anos seguidos (1970–72) de anomalia negativa, o seguinte positivo seguido de 2 anos negativos, 2 positivos e finalmente 3 negativos (1978–1980). Nesta estação também devemos tomar em consideração que alguns dados foram obtidos por interpolação.

V.5 – ANÁLISE DOS DADOS DE OBSERVAÇÃO E DE REANÁLISES PARA LUANDA

V.5.1 – DADOS DE OBSERVAÇÃO

As Figs.V.5.1 e 2 representam a variação sazonal da precipitação e da pressão nos períodos seco e chuvoso na estação de Luanda, 08°13'S e 13° 13'E para o período 1980–2000. Nota-se que o ano mais chuvoso foi 1984, mas, analisando o gráfico da pressão, encontrou-se uma redução acentuada nos anos 1983, 1984 e 1985. Neste último, a redução de pressão também está evidente no período seco mas a precipitação não foi tão elevada quanto a do ano 1984.

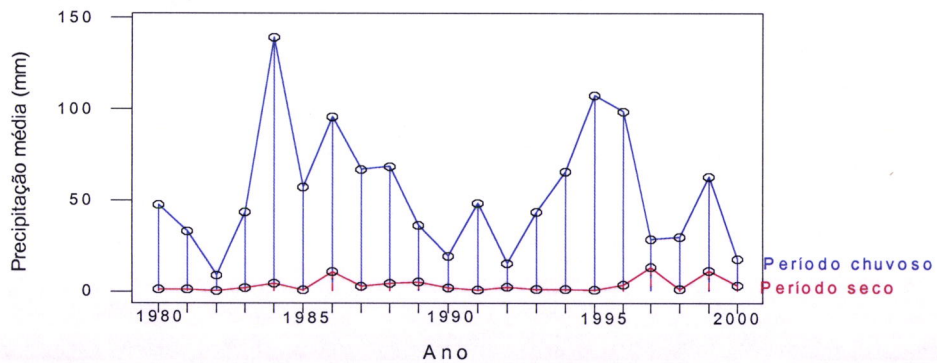


Fig.V.5.1 – Média mensal da precipitação em Luanda para o período seco (Maio, Junho, Julho, Agosto, Setembro, Outubro) e período chuvoso (Novembro, Dezembro, Janeiro, Fevereiro, Março e Abril).

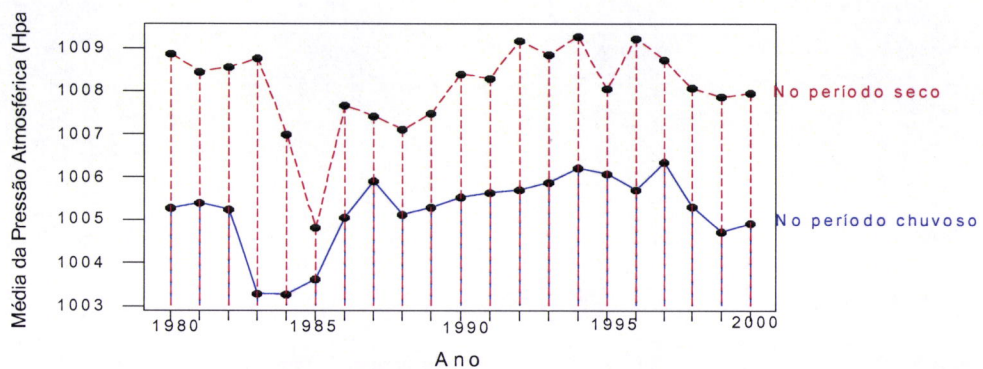


Fig.V.5.2 – Variação sazonal da pressão atmosférica, relativamente aos dois períodos de precipitação: Seco (Maio, Junho, Julho, Agosto, Setembro, Outubro) e chuvoso (Novembro, Dezembro, Janeiro, Fevereiro, Março e Abril)

No intuito de identificar as situações sinópticas causadoras da variabilidade da precipitação entre 1983 e 1985, foram analisados os seguintes campos de variáveis: pressão, geopotencial a 500Hpa, radiação de onda longa e suas anomalias, temperatura à superfície do mar, para médias dos anos e meses de Janeiro, Março e Abril, utilizando dados do NCEP.

O pico de precipitação, que ocorreu em Janeiro de 1984 (293,9 mm), foi anómalo pois a climatologia mostra que os totais mais elevados ocorrem nos meses de Março ou Abril. Nesse ano, esses meses registaram respectivamente 245,0 mm e 190,9 mm. O paradoxo é que em Janeiro de 1984 não se registou a pressão mais baixa (1003,1 mb) O mês seguinte, Fevereiro, a pressão registada foi de 1001,5 mb (a mais baixa) para 85,7 mm de precipitação, seguida de Abril (1001,8 mb).

V.5.2 – COMPARAÇÃO ENTRE OBSERVAÇÕES E REANÁLISES

Na Fig.V.5.3 verifica-se que existe uma boa concordância entre os valores da pressão observados e os de Reanálises para o ano de 1984. A maior discrepância é para os meses de Março e Abril, em que a pressão aumentou em Março e decresceu em Abril para o observado, enquanto os de Reanálises apresentaram um crescimento contínuo a partir de Março.

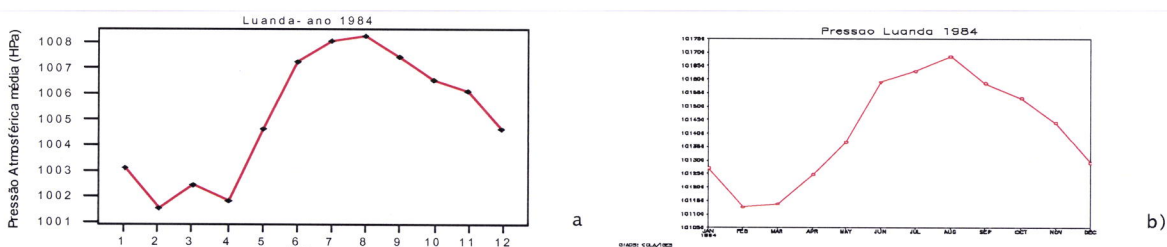
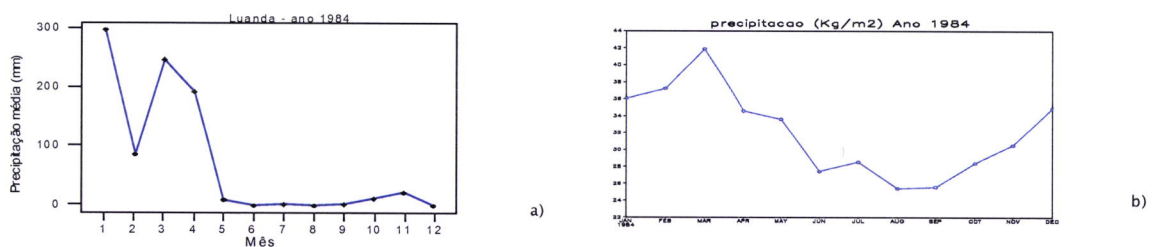
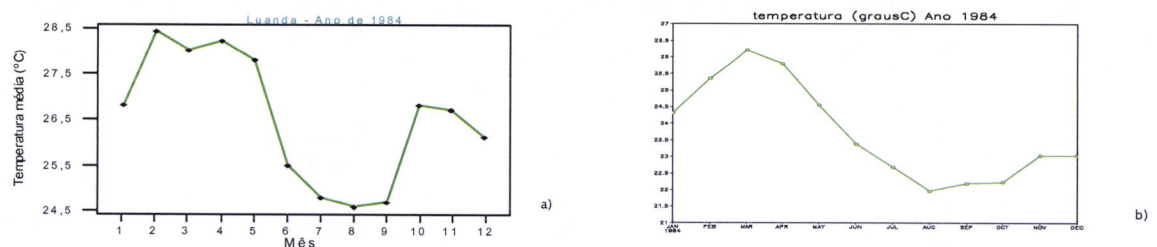


Fig.V.5.3 – a) pressões observadas e b) pressões do conjunto de dados de Reanálises

Não houve concordância total, entre os dados observados de precipitação e seus correspondentes de Reanálises para 1984. (Fig.V.5.4). No geral, há concordância entre os períodos de seca e de chuva. Há uma aparente discordância no mês de ocorrência dos máximos, nomeadamente Janeiro, mês em que ocorreu o pico (293,9mm) e Dezembro, com precipitação quase nula (0,2mm). Possivelmente isso pode acontecer devido à resolução espacial ($2,5^{\circ} \times 2,5^{\circ}$) dos dados de Reanálises. Nos trópicos, $2,5^{\circ}$ de latitude/longitude, correspondem a uma distância de 275Km aproximadamente, cobrindo uma área de 75 mil Kms entre dois pontos de grelha consecutivos. Como o gradiente de precipitação é grande entre o litoral e o interior, devido às circulações de grande escala e local, os totais do NCEP tendem a subestimar os totais observados.



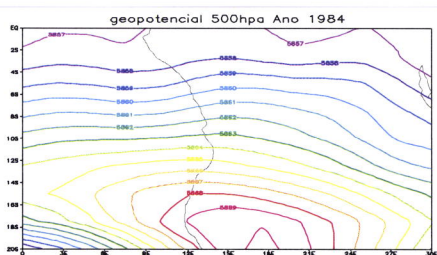
No tocante às temperaturas o problema parece também ser a resolução espacial, porquanto as temperaturas (Fig.V.5.5) embora mostrando uma boa concordância, os valores de Reanálises apresentam-se mais baixos, uma diferença de aproximadamente 2°C não espelhando, a anomalia verificada em Maio, anormalmente quente em 1984



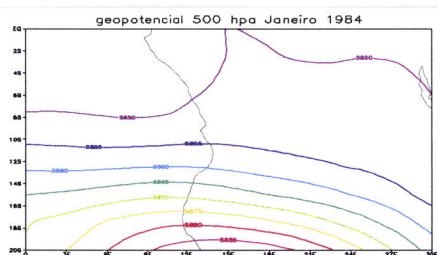
V.5.3 – O FENÓMENO VERIFICADO

Para Angola, os principais mecanismos causadores de chuva são a) – a Zona de Convergência Intertropical (ITCZ), cujo deslocamento determina as duas épocas: seca de Maio a Setembro/Outubro e chuvosa de Outubro/Novembro a Abril, com máximos pluviométricos em Março ou Abril e um outro menos acentuado em Novembro ou Dezembro e um mínimo entre Julho e Agosto b) – A temperatura da superfície do mar (TSM), relacionada com o campo de pressão à superfície c) – a corrente fria de Benguela, sob a influência da mal estudada “Frente Térmica Angola/Benguela” (FTAB), considerada como uma zona de convergência entre as correntes oceânicas fria de Benguela, escoando para o Norte e Nordeste, e a quente de Angola, dirigida para o Sul e Sudeste. Essa última é sazonal e caracterizada por água quente e salinidade elevada com um afloramento de franca intensidade.

Foi aventada a hipótese da existência de um fenómeno denominado “El Niño Benguela” (ENB), associado a essa corrente. Os ENB ocorreriam quando se verifica um aquecimento extremo no Atlântico tropical do leste e a água quente é movida para o sul e leste, ao longo da costa da Namíbia. Todos os anos acontecem normalmente uma intrusão de água quente da corrente de Angola para sul deslocando a corrente de Benguela. Durante um ENB, porém, a FTAB provoca advecção de calor, alterando o clima local.



a)



b)

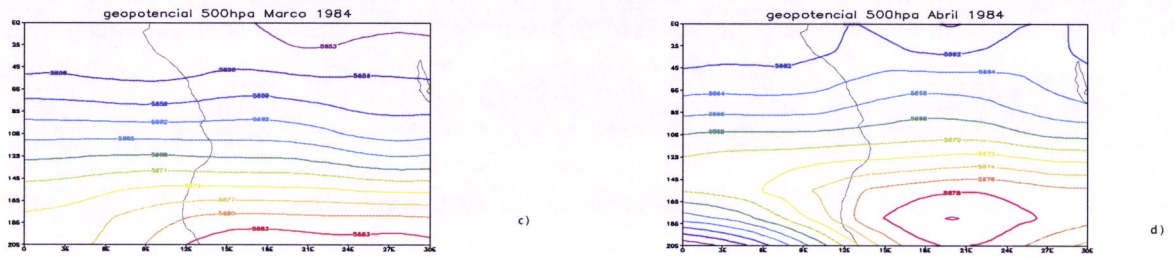


Fig. V.5.6 – Geopotencial 500HPa para o ano de 1984: a) Média, b) Janeiro, c) Março e d) Abril baseados em dados de Reanálises.

Analisando a Fig.V.5.6 verifica-se que os valores mais baixos da altura do geopotencial, especialmente no mês de Janeiro, se encontram próximo a Luanda, (08°49’S) e a valores baixos usualmente se associa aproximação de uma tormenta ou intensificação da mesma. Em relação a pressão à superfície verifica-se pelas imagens (Fig.V.5.7) que os valores próximo a Luanda, são inferiores a 1013 mb o que é um dos requisitos para o aparecimento de precipitação

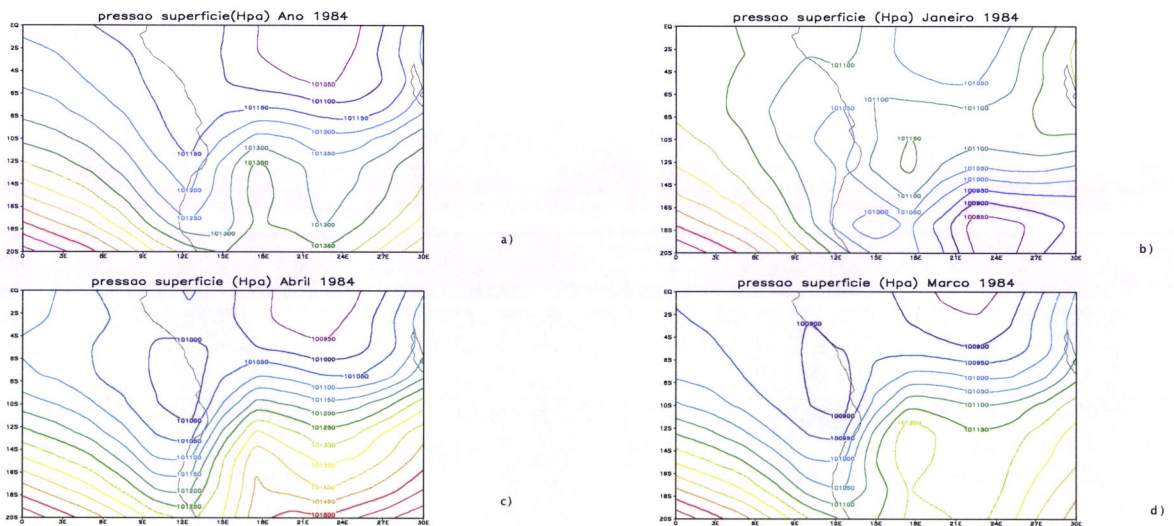


Fig.V.5.7 – Pressão atmosférica à superfície para o ano de 1984: a) Média, b) Janeiro, c) Março e d) Abril, utilizando dados de Reanálises

Para o mês de Janeiro, verificou-se uma distribuição não uniforme dos valores o que se pressupôs ser significativo de instabilidade atmosférica com condições propícias ao desenvolvimento de actividade convectiva, ou seja, PNM inferior a 1013 mb.

Na Fig.V.5.8, pode se verificar que as TSM próximas a Luanda ($8^{\circ}49'S$) foram bastante elevadas, superiores a $26,5^{\circ}C$, condição que favorece o desenvolvimento de tempestades tropicais (Hastenrath, 1985)

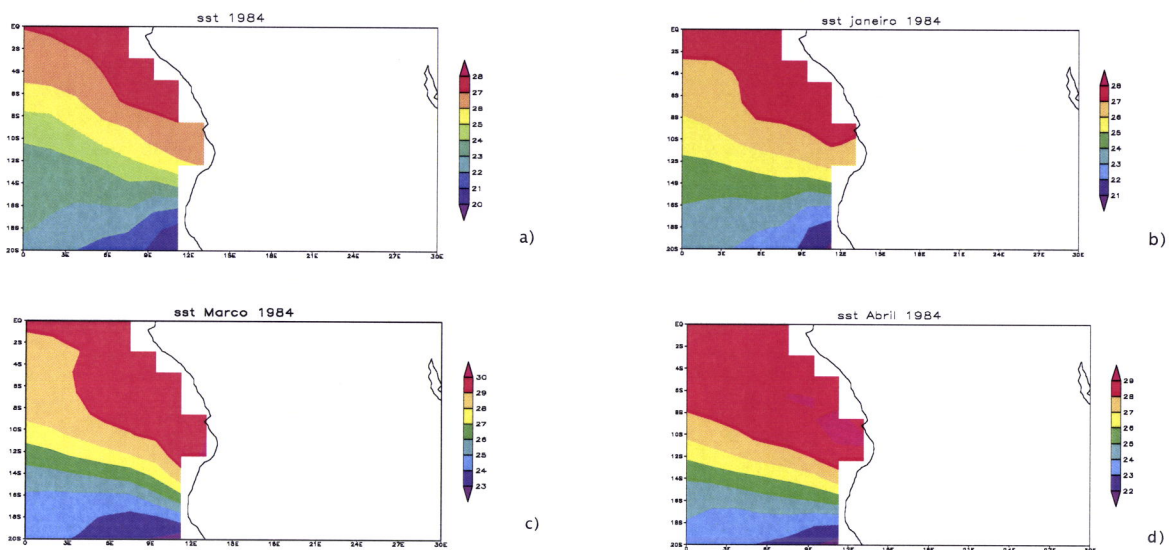
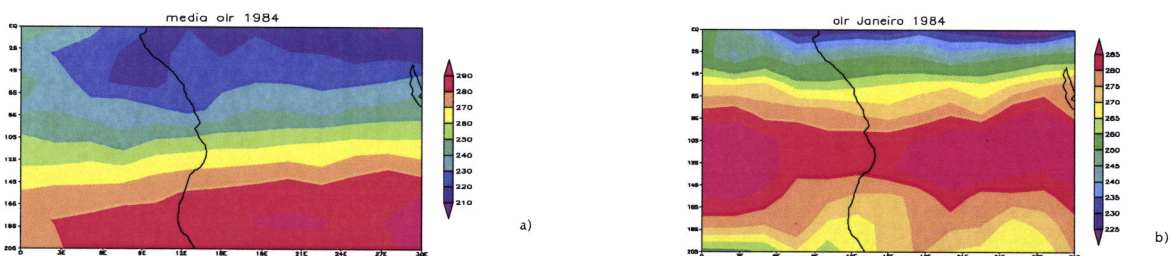


Fig.V.5.8 - Temperatura da superfície do mar (TSM) para 1984: a) Média, b) Janeiro, c) Março e d) Abril baseadas em dados de Reanálises.

Nos trópicos, a radiação de onda longa emergente (OLR) é um indicador de convecção e representa o campo de movimentos verticais. Uma anomalia positiva da OLR está associada a céu claro e redução da convecção ou à subsidência. Já anomalias negativas de OLR indicam regiões com convecção e precipitação intensas. Portanto, os campos de OLR representam um bom índice de chuva nos trópicos na ausência de dados convencionais.



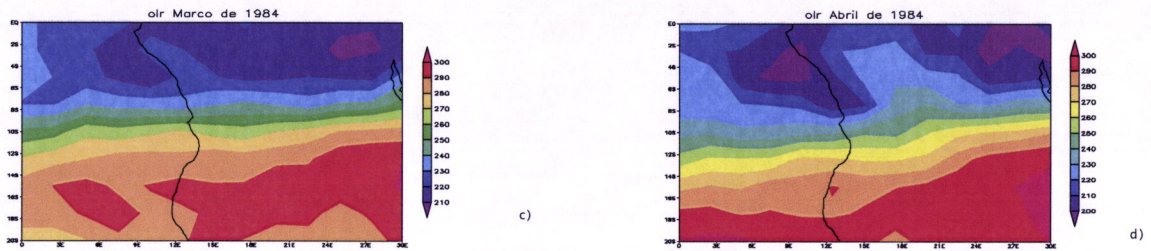


Fig.V.5.9 -- Radiação de onda longa para o ano de 1984: a) Média, b) Janeiro, c) Março e d) Abril, baseados em dados de Reanálises.

Na Fig.V.5.9 pode-se observar que a região que contém Luanda ($08^{\circ}49'S$) foi, em média bastante nublada no ano 1984, com fluxos em torno de $245 W/m^2$. Conforme a Fig.V.5.10 a), no mês de Janeiro, que correspondeu à maior precipitação, o fluxo emitido esteve alto com $266 W/m^2$ em média para Angola, atingindo um valor superior a $272 W/m^2$ na região próxima a Luanda, sugerindo que não houve predominância de nuvens de topo alto nesse mês e que, provavelmente, o alto total pluviométrico observado tenha sido decorrente de tormentas localizadas no espaço e no tempo, ou seja, algumas e poucas, porém intensas chuvas durante o mês. Já em Março, os valores do fluxo variaram entre 245 e $220 W/m^2$ e, no mês de Abril, atingiram valores inferiores a $202 W/m^2$. De acordo com a variação das anomalias de OLR (Fig.V.5.10b) durante 1984, os três primeiros meses apresentaram anomalias baixas o que se pressupõe nuvens convectivas e precipitação.

Na Fig.V.5.11 estão representados os campos de anomalias de OLR, médio para 1984 e para os meses chuvosos Janeiro, Março e Abril. A média das anomalias desse ano não apresentou diferenças significativas com relação à média do período 1979–1995, com anomalias de $\pm 5 W/m^2$. Janeiro também não apresentou diferenças significativas e, em Março e Abril, as anomalias foram negativas, cerca de $\pm 5 W/m^2$, sugerindo que esses meses tenham tido precipitações próximas as suas médias climáticas.

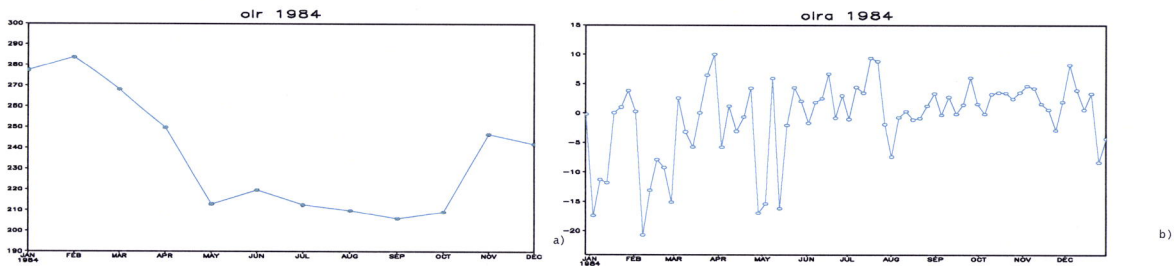


Fig. V.5.10 – Variação do fluxo de radiação de onda longa para 1984 a) OLR b) Anomalia de OLRA

Além dos parâmetros analisados, existem registros de uma perturbação quente e de curta duração no extremo sul do ecossistema de Benguela no princípio de 1983, associada com o ENOS de 1982–83 e coincidindo com o princípio de um período longo de vento. As TSM registadas foram abaixo da média na área da plataforma a norte e sul do ecossistema de Benguela durante 1982 e 1983 e registou-se um possível El Niño de Benguela em 1984.

A possível explicação das diferenças de comportamento da precipitação nos três anos (1983,1984 e 1985) seria a presença do El Niño Benguela que provocou as intensas precipitações registadas ao longo de quase todo ano 1984, com o pico em Janeiro. No Anexo E as figuras dos anos 1983 e 1985 também fazem sugerir.

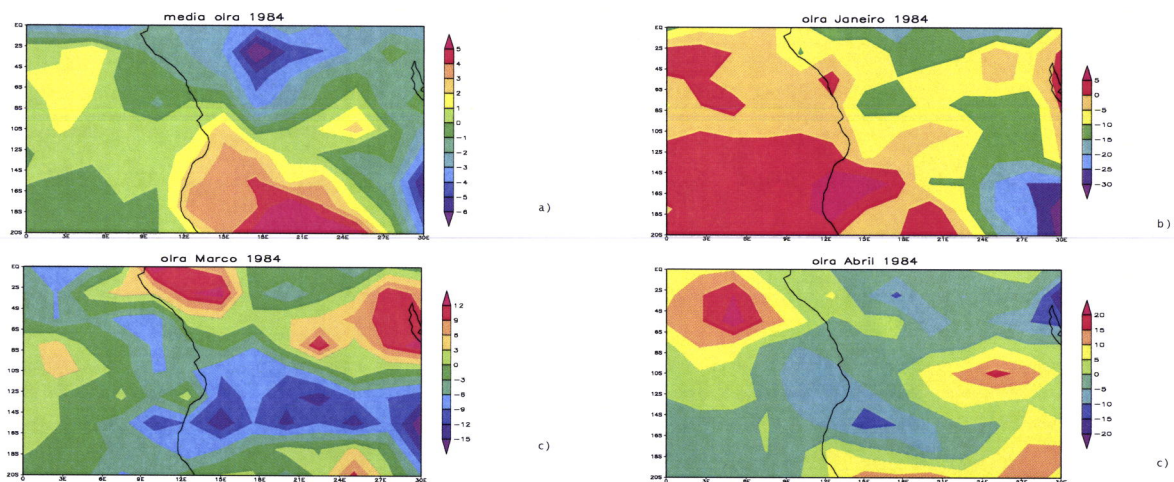


Fig. V.5.11 – Anomalias de radiação de onda longa para o ano de 1984: a) Média, b)Janeiro, c)Março e d) Abril), baseadas em dados de Reanálises.

V.6 – ANÁLISE CONFIRMATÓRIA

V.6.1 – ANÁLISE POR COMPONENTES PRINCIPAIS (ACP)

A interpretação dos resultados da ACP, realizada no conjunto de dados de OLR e Precipitação, baseia-se na análise das imagens componentes e nos gráficos de auto vectores. O gráfico de vectores próprios é uma série temporal.

Os dados são visualizados através da distribuição simétrica em torno do valor zero. Dessa forma é possível verificar a intensidade e a ocorrência dos valores positivos e negativos. Esses valores podem ser considerados anomalias positivas ou negativas.

Nas figuras V.6.1 e 2 a análise é feita entre os 6 meses menos chuvosos (Maio a Outubro) e respectivos meses da OLR e os seis meses mais chuvosos (Novembro a Abril) e respectivos meses da OLR. A sua interpretação tem também como suporte a Análise exploratória mensal (Anexo G).

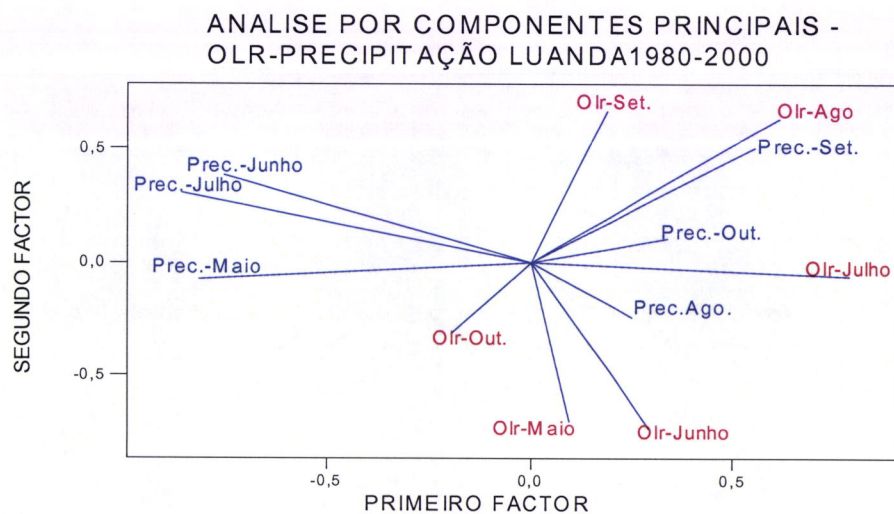


Fig. V.6.1 –Análise para os meses de Maio, Junho, Julho, Agosto, Setembro e Outubro (Precipitação e OLR)

No período seco observávamos na figura que os meses de Maio a Julho formam um grupo em oposição a Agosto, Setembro e Outubro no qual os meses de Agosto e Outubro têm uma influência pequena mas bastante bem correlacionados. A OLR de Julho está em oposição à precipitação de Maio, Junho e Julho mas verifica-se que existe correlação entre a precipitação de Julho e a OLR. O comprimento das setas indica que a variância está associada a algum carácter que neste caso deve ser o facto de serem meses de quase ausência de precipitação. Nota-se também a boa correlação entre a precipitação de Junho e Julho (os meses mais secos). A precipitação de Setembro está bem correlacionada com a OLR de Agosto. A OLR de Outubro em oposição à de Julho, Agosto e Agosto tem pouca influência no conjunto. As duas principais componentes representam cerca de 51% da variância total

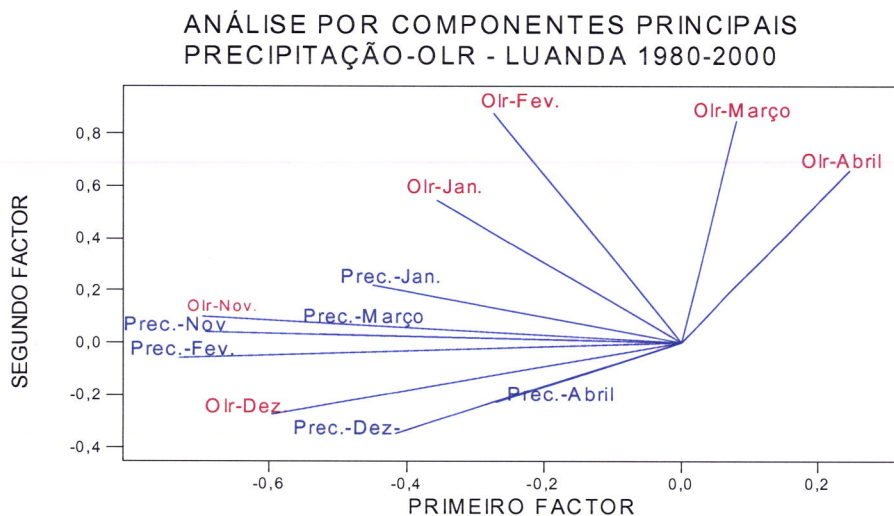


Fig. V.6.2 –Análise para os meses de Novembro, Dezembro, Janeiro, Fevereiro, Março, Abril, (Precipitação e OLR)

Em relação ao segundo período a Fig.V.6. 2 mostra-nos que existe uma oposição entre os valores da precipitação e os da OLR de Janeiro a Abril Os meses de Fevereiro, Março e Novembro (precipitação) estão bastante correlacionados. A OLR de Novembro e a precipitação de Março apresentam uma relação significativa, indicando que certos efeitos coincidem. A OLR de Dezembro está bastante correlacionada com a precipitação do

mesmo mês que tem uma relação significativa com a precipitação de Abril indicando que certos efeitos coincidem. O mês de Abril, precipitação e OLR, apresentam-se bem correlacionados. Representando as duas componentes 44,9% da variância total.

Para melhor compreensão dos fenómenos observados, uma divisão em três períodos foi feita sendo os primeiros os meses de Janeiro, Fevereiro, Março e Abril por ser de facto o de maior precipitação nos anos chuvosos; os segundos os meses de Maio, Junho, Julho e Agosto como os mais secos e por fim Setembro, Outubro, Novembro e Dezembro como o período de pluviosidade fraca ou transição entre os dois primeiros.

V.6.1.1 – ANÁLISE DO PERÍODO CHUVOSO

Analisando a Fig.V.6.3 verificamos que existe uma coesão dos meses sendo maior entre os meses de Janeiro, Fevereiro e Março, em oposição à OLR que se encontra em posição de perpendicularidade com a precipitação mas a precipitação de Abril apresenta-se correlacionada com a OLR do mesmo mês. Segundo a tabela G2 (anexo) o mês de Abril apresentou um p-valor 0,048, e pelas Fig.G4 (anexo) levam-nos a pensar que a precipitação nesse período tenha sido elevada e de origem convectiva. As duas principais componentes representam 60% da variância total

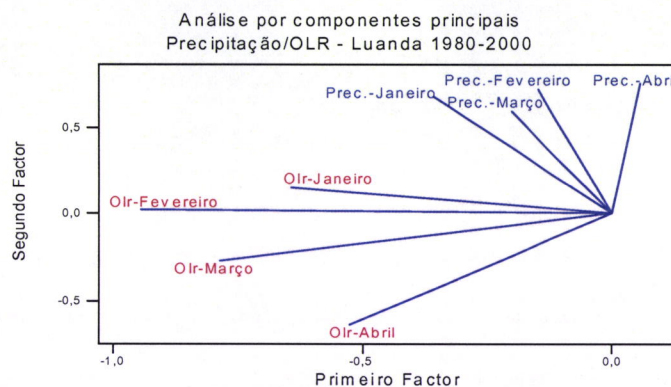


Fig. V.6.3 –Análise para os meses de Janeiro, Fevereiro, Março, Abril, (Precipitação e OLR)

V.6.1.2 – ANÁLISE DO PERÍODO SECO

Analisando a Fig.V.6.4 verificamos que o mês de Agosto em oposição aos meses de Junho e Julho, não tem grande influência no sistema que formam um conjunto em que Junho e Julho estão muito bem correlacionados (os meses mais secos) A OLR de Julho está correlacionada com a precipitação apresentando o p-valor 0,001, (Tabela G1, anexo) o melhor correlacionado com a OLR, e a possível explicação para as anomalias ocorridas nesse mês conforme a Fig.G7, anexo. As duas principais componentes representam cerca de 64,7 % da variância total

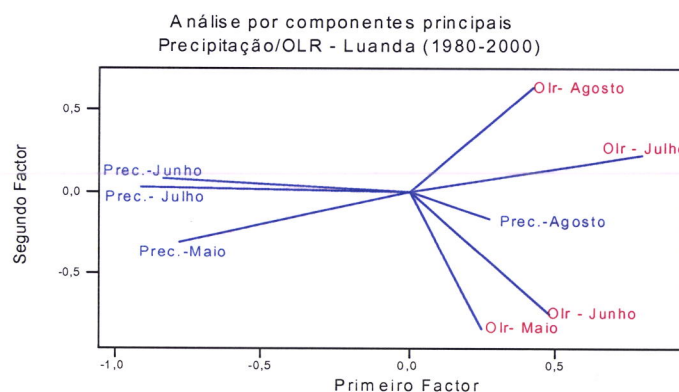


Fig. V.6.4 – Análise para os meses de Maio, Junho, Julho e Agosto, (Precipitação e OLR)

V.6.1.3 – ANÁLISE DO PERÍODO DE TRANSIÇÃO

Analisando a Fig.V.6.5 vislumbra-se a presença de duas afinidades: Setembro – Outubro e Novembro–Dezembro cujas precipitações se encontram muito bem correlacionadas ou seja, com comportamento comparável. A OLR de Dezembro e a precipitação de Novembro e Dezembro são quase coincidentes (no mesmo vector) mostrando que as relações são

significativas, indicando que certos efeitos coincidem. O p-valor 0,036 para o mês de Novembro, deverá explicar algumas anomalias ilustradas na Fig. G 11, (anexo). As duas principais componentes representam cerca de 55,8 % da variância total

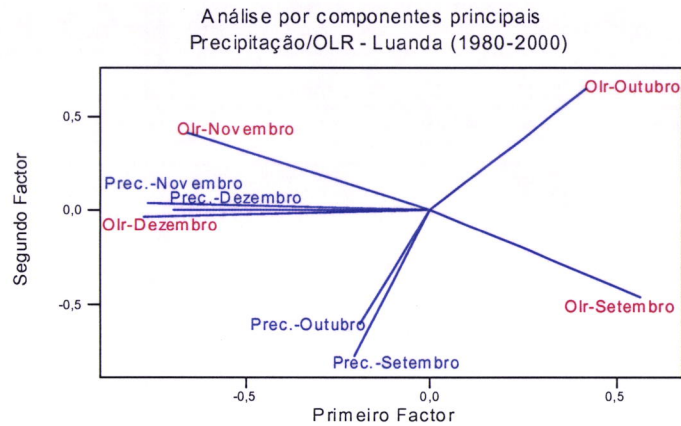


Fig. V.6.5 – Análise para os meses de Setembro, Outubro, Novembro e Dezembro, (Precipitação e OLR)

Como conclusão podemos afirmar que a maior parte da precipitação que se registou no período 1980–2000 não está associada 100% à OLR, o que ajuda na tese de que a anomalia registada em 1984, em Luanda, tenha tido origem no fenómeno Niño Benguela observado nesse ano. Não se tendo registado a mesma intensidade para os anos 1983 e 1985 embora também muito pluviosos (ver figuras no Anexo E). Também confirma os fenómenos verificados através da secção vertical ω .

CAPÍTULO VI

**Conclusões e Perspectivas
Futuras**

VI.1 – CONCLUSÕES

Os resultados indicaram que o regime de precipitação em todas as estações analisadas tem um ciclo anual bem marcado, com precipitação concentrada nos meses de Verão do Hemisfério Sul, que é o período de maior convecção, sendo os meses mais chuvosos Janeiro, Fevereiro, Março e Abril, havendo um período intermediário de Setembro a Dezembro. Observou-se, praticamente, ausência de chuvas nos meses de Maio, Junho, Julho e Agosto

Na situação sinóptica de Angola, há dois centros principais que actuam durante o ano. O Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul e a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). A influência da Corrente de Benguela, com águas frias, reforça a acção do Anticiclone, intensificando a estabilidade da baixa troposfera e a inversão psicotérmica associada ao movimento subsidente .

O início e término da estação chuvosa varia de ano para ano e de região para região, tendo-se observado que a região litoral, com excepção de Cabinda (ao norte), foi a de menor pluviosidade.

O interior está dividido em três áreas sendo a Zona Norte onde se observaram totais pluviométricos mais elevados, sem dúvida devido à maior actividade convectiva associada à ZCIT, cuja ramificação atinge o território angolano especialmente nos meses de Março e Abril; segue-se, em total pluviométrico, a Zona Alta, formada pela região do planalto central e, finalmente, a Zona SW, semi-desértica devido à proximidade do Deserto do Kalahari e que sofre a influência de grandes massas de ar tropical.

De um modo geral, houve uma tendência de decréscimo da precipitação bem evidenciada no Litoral na segunda metade das séries de totais pluviométricos do período 1951–2002.

No interior, também se nota essa tendência no período 1951–1980 embora sem ter sido possível chegar à mesma conclusão em virtude da interrupção da colecta de dados e, portanto, das séries correspondentes.

Durante o período em estudo, notou-se forte influência do chamado Niño Benguela, originando uma tendência crescente de precipitação com especial incidência no ano 1984

Nas secções de velocidade vertical ómega (ω), os valores negativos ($\omega < 0$) representam áreas de movimentos ascendentes, formação de nuvens e chuva, enquanto os positivos ($\omega > 0$) representam áreas de movimentos descendentes, com inversão de temperatura associada, inibição de crescimento de nuvens e de chuva. As secções foram traçadas ao longo dos meridianos 15°E, que corta o Território Angolano, e de 20°E. Pode-se verificar que, no período 1948–1976, que corresponde à fase fria da Oscilação Decadal do Pacífico (ODP), os movimentos verticais predominaram em praticamente toda Angola ($\omega < -0,4$ Pa/s) ao sul de 8°S, enquanto foram fracos ou descendentes ao norte dessa latitude durante o mês de Janeiro (verão). Já no período de 1977–2003, correspondente à fase quente da ODP, observou-se que, em média, os movimentos ascendentes foram fracos em quase toda Angola, com excepção da região ao norte de 15°S, que apresentou um núcleo forte de $\omega < -0,8$ Pa/s entre 950–700 hPa.

Durante a fase quente da ODP, tanto o mês de Janeiro como o mês de Julho mostraram-se mais chuvosos que no período anterior.

Comparando-se as secções verticais de 15°E e 20°E para Janeiro da fase fria da ODP, notaram-se movimentos descendentes sobre o interior de Angola, responsáveis pelos totais pluviométricos baixos e **tendências decrescentes**. E, no mês de Julho, tanto no período frio como no quente, os movimentos ascendentes foram aparentes, com uma tendência de **aumento** na precipitação do interior.

Portanto, a precipitação apresentou variabilidade de período longo que parece estar relacionada com a ODP (20 a 30 ANOS) e variabilidade de período mais curto aparentemente relacionada com eventos ENOS (3 a 7 anos).

Houve uma boa correlação entre os fluxos de Radiação de Ondas Longas emitidas para o espaço exterior (OLR) e os totais pluviométricos mensais ou diários. Maior (menor) correspondeu a maior (menor) nebulosidade que, por sua vez, esteve associada a maior (menor) registo de precipitação. Uma excepção foi o mês de Janeiro de 1984, em que se observou o pico de precipitação, e a nebulosidade aparentemente não foi tão elevada. Isso sugeriu a existência de que um outro fenómeno, de escala local, pudesse ter provocado o pico observado. A hipótese é que o fluxo de convergência de humidade tenha aumentado devido ao Niño de Benguela observado naquele ano. Nesse caso, observaram-se condições atmosféricas propícias para o desenvolvimento de tempestades severas, como existência de nuvens convectivas produtoras de chuva, pressão à superfície não superior a 1013 hPa, formação e propagação de perturbações ondulatórias originárias do continente e TSM superior a 27°C. Entretanto, um estudo mais detalhado será necessário para dar suporte a essa hipótese.

Verificou-se que existe uma boa concordância entre os dados observados e os de Reanálises do NCEP. Esse resultado valida ou dá maior confiabilidade a ambos conjuntos de dados e permitiu concluir que os fenómenos produtores de chuva sejam originados,

de um modo geral, de escalas espaciais mais amplas que as locais, escala planetária e mesoescala.

A interpretação dos resultados da ACP, realizada no conjunto de dados de OLR e precipitação, baseia-se na análise das imagens componentes e nos gráficos de auto vectores. O gráfico de auto vectores expressa uma série temporal. Pode – se afirmar que parte da precipitação, registada no período 1980–2000, não esteve associada directamente ao fluxo de OLR. Verificou-se que, anormalmente, o mês de Julho, geralmente seco, apresentou precipitação bem correlacionada com OLR durante a fase quente da ODP. Também significativamente correlacionadas com o fluxo de OLR foram as precipitações de Novembro e Dezembro, meses de transição de precipitação, e a de Abril, mês chuvoso. A presente análise, porém, não descartou a hipótese de que o evento crítico de Janeiro 1984, registado em Luanda, tenha sido intensificado pelo fenómeno Niño Benguela.

VI.2 – PERSPECTIVAS FUTURAS

Este estudo não pode, de modo algum, ser abrangente, quer pela complexidade, quer pelo tempo e séries temporais de observações disponíveis. Os objectivos propostos não foram tratados exaustivamente aqui, o que qualifica este estudo como uma análise inicial, porém inédita, da variabilidade espacial e temporal da precipitação em Angola. Como sequência, algumas interrogações surgiram, como as causas atmosférico–oceânicas das precipitações altas no mês de Maio de 1959 para as estações de Kuito (59mm), Malange (145mm), Huambo (113 mm) ou da precipitação de Lubango, em Março de 1971 (404 mm). Analogamente, quais teriam sido as causas da precipitação excessivamente baixa em Cabinda no período 1994–1997. Essas estão entre outras questões, cujas respostas gerarão um conhecimento mais adequado da fenomenologia dos eventos extremos que

afectam a precipitação e sua tendência em Angola. Por causar grandes desastres sociais e económicos, esses merecem tratamento imediato. Seguem exemplos de futuros trabalhos:

- Dar abrangência ao estudo do Interior e restantes estações do Litoral.
- Analisar os campos de vento nos diversos níveis.
- Fazer o estudo da convergência do fluxo de humidade nas duas épocas do ano, utilizando o conjunto de dados de Reanálises do NCEP.
- Analisar a variabilidade espacial e temporal da ZCIT, nomeadamente sua interacção com o Dipolo Atlântico e a possível relação desse Dipolo com os fenómenos ENOS e a ODP.
- Estudar casos de eventos extremos de precipitação, possivelmente relacionados com as TSM locais, isto é, com o fenómeno El Niño de Benguela.
- Realizar testes robustos de estatística com dados observados em Angola e, se possível, dos países vizinhos.

As sugestões acima certamente aprimorariam o escopo principal do presente trabalho:

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- [1]. Anuário de Angola 2003/2004
- [2]. Benefit (2001),- *Corrente fria de Benguela*, Projecto Angola, África do Sul, Namíbia.
- [3]. Box, G.E.P. and Jenkins, G.M. (1976). "*Time Series Analysis: Forecasting and Control*". San Francisco: Holden-Day.
- [4]. Brigham, E. Oran (1974),- "*The Fast Fourier Transform*", Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey
- [5]. Cerqueira, José - (15 de Agosto 2002) - *Círculos de fertilidade in terra Produtiva e Desenvolvimento Económico - 2*, Jornal de Angola, Impressões.
- [6]. Defant, A. (1961) - *Physical Oceanography*. MacMillan, N.Y
- [7]. Fedorava Natalia, (1999);- *Meteorologia Sinótica, Volume 1*, Editora e Gráfica Universidade UFPel.
- [8]. Ferreira, Nivaldo Silveira, (Out. 1996);- *Zona de convergência Inter tropical, Climanálise* Boletim de Monitoramento e Análise Climática, Edição Especial.
- [9]. Flohn, H. (1981)-*Scenarios of Cold and Warm Periods of the Past in Climatic Variations and Variability: Facts and Theories*. P.689-698, Reidel Pub.Co,
- [10]. Hartmann, Dennis L. (1994),- "*Global Physical Climatology*", Academic Press, New York.
- [11]. Hasteranth, Stefan (1985), -"*Climate and Circulation of the Tropics*" - D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, Holand.
- [12]. Hasteranth, S. (1985) -*Climate and Circulation of the Tropics*, Atmospheric Science Library, D. Reidel Pub., Boston, 455p

- [13]. **Hastenrath, S.** (1990) – *Decadal-scale changes of circulation in Tropical Atlantic Sector associated with Sahel drought* International Journal of Climatology, v.10,p.459–472,
- [14]. **Huschke, Ralph E.** (1959):- *Glossary of Meteorology*, Boston
- [15]. **Kousky, V.E.** (1979) – *Frontal influences on northeast Brasil*. Monthly Weather Review, vol 107(9) 1140–1153
- [16]. **Iracema F. A. Cavalcanti /Gilvan Sampaio de Oliveira,** (1996):- *Teleconexões - Climanálise Boletim de Monitoramento e Análise Climática*, Edição Especial. INPE / MCT.
- [17]. **M.I.Budyko** (1974),- *Climate and Life*, Academic Press,11–61.
- [18]. **Molion, L. C. B. & Bernardo, S. O.** (2000), –“*Dinâmica das Chuvas no Nordeste Brasileiro*”, Congresso Brasileiro de Meteorologia. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, pp1333– 1342.
- [19]. **Molion, L. C. B. & Bernardo, S. O; Oliveira, C.P.** (2000), – “*Variabilidade da Circulação de grande escala sobre o Atlântico subtropical*.”
- [20]. **Molion, L.C.B, S.O Bernardo e C.P. Oliveira,** (2004).- *Variabilidade da circulação de grande escala sobre o Atlântico Subtropical*, Anais do XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, SBMET, Fortaleza, 29 de Agosto a 3 de Setembro (em CD-ROM
- [21]. **Mustea, Eugénio** (1979), –*Livro de Meteorologia para meteorologistas classe I* – Instituto de Meteorologia e Geofísica de Angola INAMET.
- [22]. **Oliveira, A.S.** (1986) – *Interações entre Sistemas Frontais na América do Sul e a Convecção da Amazônia*. Dissertação de mestrado em Meteorologia, INPE– 4008–TDL/239 115p.INPE/MCT, São José dos Campos (SP),
- [23]. **Penhor, Manuel,** (2004),- *Variabilidade da Precipitação em S.Tomé e Príncipe*, Tese de Mestrado em Clima e Ambiente Atmosférico
- [24]. **RAM** – (Diciembre de 2002), *Revista del Aficionado a la Meteorologia*, nº6.

-
- [25]. Reid J.L. -(1989), On the total geostrophic Circulation of the South Atlantic Ocean:Prog. Oceanog, 23-244
- [26]. Regêncio Alves, Francisco, (1968).- *Estudo das chuvas em Angola, MEM 64*. Serviço Meteorológico de Angola.
- [27]. Reyment, Richard; Jöreskog, (1990), -Applied Factor Analysis in the Natural Sciences- Uppsala University.
- [28]. Rawson, C.B, (1908) - *The Anticyclonic Belt of the Southern Hemisphere*, Royal Meteorological Society, Vol. XXXIV, nº 147,
- [29]. Shannon, L.V. (1985) - *The Benguela Ecosystem*, I, Evolution of the Benguela, physical features and processes Oceanography and Marine Biology, 23, 105-182
- [30]. Shannon, L.V.A.J. Boyd, G.B. Brundrit and J.Tauton-Clark, (1986)-: *On the existence of an El Nino-type phenomenon in Benguela system*. Journal of Marine Research, 44,495-520
- [31]. Sharon E. Nicholson and Jeremy P. Grist, (2001),- *Journal of Climate*.
- [32]. Silveira, Mário de Matos - (1962) - "*Climas de Angola*". Serviço Meteorológico de Angola.
- [33]. Stramma, L. and R.G. Peterson, (1989):- *Geostrophic transport in the Benguela Current region*, Journal of Physical Oceanography, 19,1440-1448
- [34]. Storch, Hans Von; Zwiers, Francis W. (1999), - "*Statistical Analysis in Climate Research*" , Cambridge University Press, Cambridge.
- [35]. Teixeira, L.G. (1968). - *Estudo das chuvas em Angola, MEM 64*. Serviço Meteorológico de Angola.
- [36] Wei, Willian W.S. (1990) - *Time series Analysis*, Addison-Wesley Publishing Company, Inc, Menlo Park, Califórnia

Algumas moradas da Internet consultadas:

- [1]. <http://www.imarpe.gob.pe/tsm/Enso/Zcit/ZCIT.htm>.
- [2]. <http://www.imarpnso/Zcit/ZCIT.home.gob.pe/tsm/E>
- [3]. <http://www.climate.zone.com/climate./angola>.
- [4]. <http://www.meteored.com/ram/numero6>
- [5]. <http://www.gride.no/climate/vitalafrica>
- [6]. <http://www.wmo.ch/nino/updat.htm>
- [7]. <http://www.woredbook.com/students/around-climateindex.Asp>
- [8]. <http://www.dmc.co.zw>
- [9]. <http://www.netangola.com/p/pages/imagens/mapas/ang1.htm-3k>
- [10]. <http://www.cpc.noaa.gov/products/african-desk>
- [11]. http://www.smg.gov.mo/dm/learnmet/p_lsbreeze.htm

ANEXOS

ANEXO A – DIVISÃO DE AFRICA – CLIMAS

A.1 – MAPAS



Figura A.1.a) – Divisão regional de África. b) – Os 54 países c) – A África do Sul e a localização de Angola.

A . 2 – CLASSIFICAÇÃO DOS CLIMAS

Classificar os climas foi uma preocupação de há 2500 anos atrás. A primeira classificação foi feita com base nas relações geométricas Terra-Sol. Assim havia:

- a) Clima tórrido (entre os trópicos)
- b) Clima temperado (entre trópico e o círculo polar)

Era insuficiente e inexacta. Os climatologistas modernos utilizaram outros critérios de classificação:

- a) Os processos atmosféricos que formam o clima (classificação genética)
- b) A relação entre o clima e a distribuição observada da vegetação (classificação empírica)
- c) O balanço hidrológico (classificação hidrológica) e outros sistemas de classificação.

De entre várias classificações existentes, a de **Köppen**, ainda utilizada, baseia-se fundamentalmente na temperatura, na precipitação e na distribuição de valores de temperatura e precipitação durante as estações do ano.

Tabela A.1 - CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DE KOPPEN (empírica)

INDICE	TIPO DE CLIMA	OBS
A	<i>CLIMAS HÚMIDOS SUBTROPICAIS</i>	(Tm > +18°C)
Af	húmido de selva	Pp mês seco > 60mm
Am	húmido de floresta de monção	Pp mês seco > 60mm
Aw	tropical húmido de savana	Pp mês seco > 60mm
B	<i>CLIMAS SECOS</i>	Evapotranspiração > pp
Bw	árido ou de estepe	
Bs	Semi árido ou de estepe	
C	<i>CLIMAS TEMPERADOS CHUVOSOS</i>	T mês + frio -3 e +18°C
		T mês + quente > +10°C
Cf	Temperado húmido com chuvas todo ano	
Cs	Mediterrânico. Verão seco	
Cw	Temperado húmido Inverno seco	
D	<i>CLIMAS BOREAIS</i>	T mês + frio < -3°C
		T mês + quente > +10°C
Df	Frio de Inverno húmido	
Dw	Frio de Inverno seco	
E	<i>CLIMAS POLARES</i>	T mês + quente < +10°C
Et	De tundra	T mês + quente 0° e +10°C
Ef	Glacial	T mês + quente < 0°C

Tabela A.2 - Significado das letras (África)

1ª letra	2ª letra	3ª letra
A = clima quente e húmido	f = sempre húmido	h = quente
B = clima árido ou semi-árido	m = monsonico (com pequena estação seca)	a = verões quentes
C = clima subtropical ou temperado	s = chuvas de Inverno	b = verões brandos
	w = chuvas de verão	

ANEXO B – EL NIÑO OSCILAÇÃO SUL (ENSO)

B. 1 – INDICE MULTIVARIADO DO ENSO (IME)

EL Niño/Oscilação Sul (ENSO) é o fenómeno mais importante da interacção oceano-atmosfera para causar a variabilidade global do clima em escalas de tempo interanuais. O ENSO foi monitorizado, com base no chamado índice multivariado de ENSO (MEI) nas seis principais variáveis mais observadas sobre o Pacífico tropical que são: pressão ao nível do mar, componentes zonal do vento e componentes meridional do vento à superfície, temperatura de superfície do mar, temperatura de ar à superfície, e fracção total do céu coberto de nuvem. Essas observações foram feitas e publicadas em *Comprehensive Ocean-atmosphere Data Set* (COADS) durante vários anos

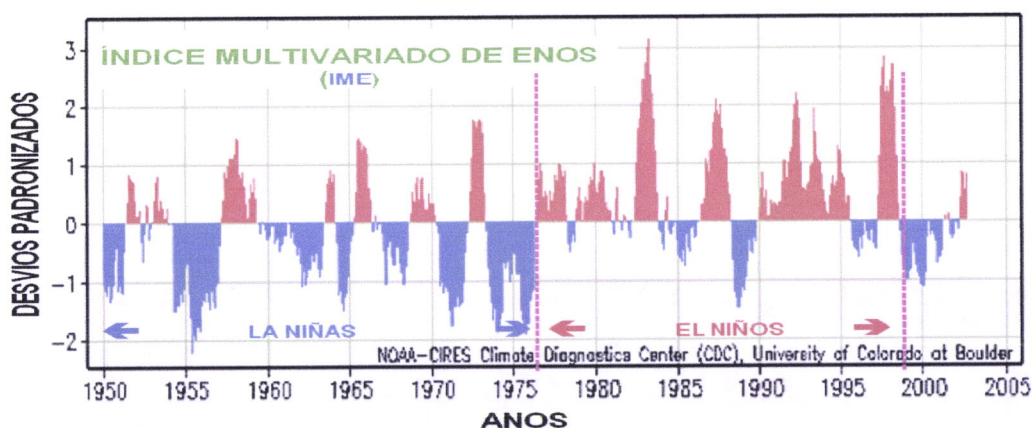


Figura B.1 – ilustra o Índice Multivariado do ENSO de 1950 a 2002 e mostra que durante o período de 1980 a 2000 houve domínio dos anos de El Niño Fonte: <http://www.cdc.noaa.gov/~kew/MEI/mei.html>

O IME é calculado bimensalmente para os doze meses do ano (Dez/Jan, Jan/Fev..., Nov/Dez). Depois dos campos individuais terem sido espacialmente filtrados dos conjuntos (Wolter, 1987), o IME é calculado como a primeira componente principal (CP) da combinação de todos os seis campos observados. Isto é realizado normalizando a variância total de cada campo primeiramente, e então executando a extracção da primeira CP na matriz de covariância dos campos combinados (Wolter e Timlin, 1993).

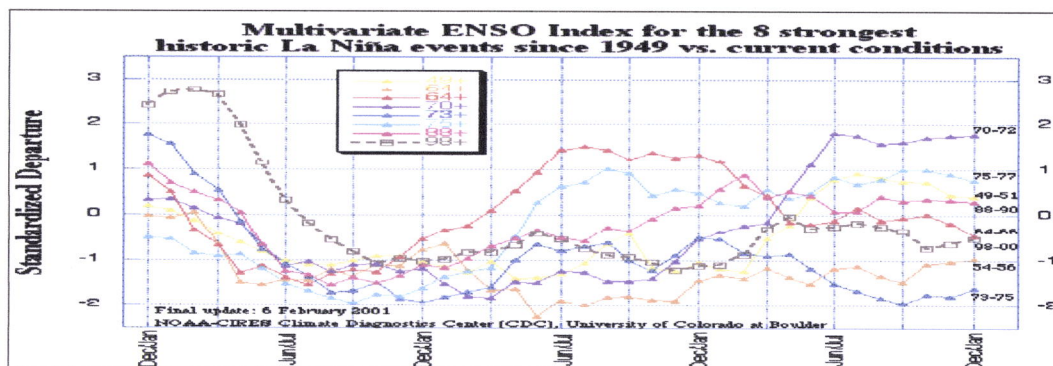


Figura B.2 – ilustra o Índice Multivariado do ENSO de oito eventos de La Niña mais fortes desde 1949
 Fonte: <http://www.cdc.noaa.gov/~kew/MEI/mei.html>

A fim de manter o IME comparável, todos os valores sazonais são padronizados em relação a cada estação e ao período de referência 1950–93. Os valores negativos do IME representam a fase fria de ENSO (*La Niña*), enquanto que os valores positivos de IME representarem a fase quente de ENSO (*El Niño*) como ilustra a Figura B.1.

A figura B.2 ilustra os índices Multivariado do ENSO de oito eventos de La Niña mais fortes desde 1949 enquanto que a figura B.3 ilustra os índices Multivariado do ENSO de oito eventos de *El Niño* mais fortes desde 1950.

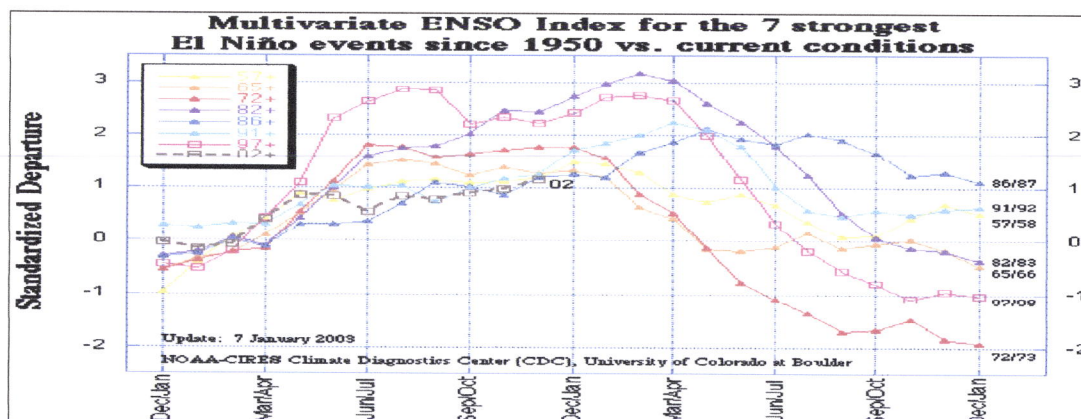


Figura B.3 – ilustra o Índice Multivariado do ENSO de oito eventos de El Niño mais fortes desde 1950
 Fonte: <http://www.cdc.noaa.gov/~kew/MEI/mei.html>

B . 2 – INDICE DE OSCILAÇÃO SUL (IOS)

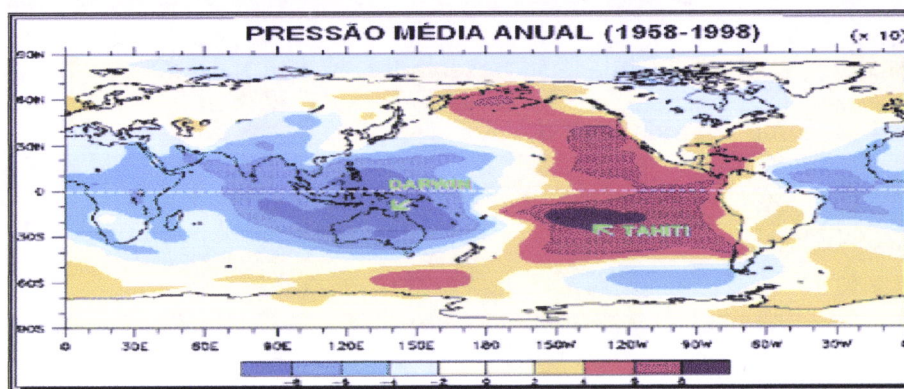


Figura. B.4 – Anomalia depressão média anual (1958-1998) Darwin e Tahiti

Além da temperatura do mar, o fenómeno ENOS pode ser medido pelo Índice de Oscilação Sul (IOS), que é a diferença média da pressão ao nível do mar entre os sectores do centro - leste (Taiti/Oceânia em 17.5°S,149.6°W) e oeste (Darwin/Austrália em 12.4°S e 130.9°E) por desvio-padrão do (Glenn e Simon, 1998). Ou seja:

$$IOS = \frac{\Delta P_T - \Delta P_D}{D\Delta(P_T - P_D)}$$

Onde ΔP_T é variação da pressão em Taiti, ΔP_D - variação de pressão em Darwin e $D\Delta(P_T - P_D)$ é o desvio - Padrão de pressão.

Esse índice está relacionado ao aquecimento/resfriamento das águas no Oceano Pacífico. Durante o El Niño, A pressão aumenta em Darwin e precipitação diminui. A pressão decresce no Taiti e a precipitação cresce na direcção leste (Hidore, 1993). Estes são fenómenos naturais que existem há vários anos e continuarão existindo como fenómenos cíclicos, entretanto sem um período regular.

O ENSO tem um papel fundamental nas variabilidades do clima global, interanual e na duração da variabilidade (Houghton J. T; Y. Ding, 2001)

Durante os episódios ENSO, anomalias são observadas, não só na região de aquecimento do Oceano Pacífico, como em todo o globo.

B. 3 - TELECONEXÕES

Os primeiros estudos de teleconexões foram relacionados com a Oscilação Sul. Analisando dados de pressão ao nível do mar, Walker and Bliss em 1932 encontraram correlações negativas entre as regiões do Oceano Pacífico Sul e da Austrália/ Oceano Índico (Cavalcanti, 1996).

A identificação de teleconexões e a análise de suas influências na estrutura horizontal da circulação atmosférica pode ser útil para a compreensão da ocorrência de eventos anômalos em várias regiões do globo. Análises de teleconexões compreendem uma visão geral da circulação atmosférica, onde forçantes locais agem para influenciar regiões remotas. Essas análises têm sido usadas principalmente para estudar as flutuações de grande escala, de baixa frequência, na atmosfera.

A propagação de ondas de Rossby e instabilidade baroclínica explica as configurações de teleconexões observadas. Essa teoria seria a de instabilidade em três dimensões, que poderia ser usada para examinar a ocorrência de anomalias de baixa frequência. Um outro aspecto de estudos de teleconexões é a utilidade destes para previsão de longo prazo. Quando algumas configurações de teleconexões no H.N. foram consideradas em um modelo de previsão, as anomalias encontradas em uma escala maior que a sinóptica puderam ser correctamente previstas (Cavalcanti, 1996).

O El Niño e sua teleconexão com padrões de precipitação na África tropical e sul têm sido observados. Também, um grande número conexões de padrões de anomalias de clima com as variações de TSM nos oceanos Atlântico e Índico, além do Pacífico (Moura, 1996). As teleconexões explica o facto de o El Niño/ La Niña se faz sentir em lugares tão distantes e distintos. Existem teleconexões nos Hemisférios Norte e Sul

ANEXO C – TABELAS DE PRECIPITAÇÃO

C.1 – ESTATÍSTICA DA PRECIPITAÇÃO

Tabela C.1 – Estatísticas da precipitação total (mm) das 12 estações no período de referência 1951 a 1980

	n	\bar{X}	s	CV	LI(95%)	LS(95%)	Md	Min	Max
Namibe	360	4,2306	10,3140	106,378	3,162	5,300	0	0,0	112
Luanda	360	33,30	65,9997	4355,97	26,459	40,141	3	0,0	404
Benguela	360	16,1583	32,4607	1053,70	12,794	19,523	2	0,0	243
Cabinda	360	72,9139	86,9342	7557,55	63,903	81,924	29	0,0	371
K. Bié	360	107,881	110,008	12101,8	96,478	119,283	90,5	0,0	529
Malange	360	95,5333	93,6586	8771,93	85,826	105,241	77,5	0,0	489
Huambo	360	110,506	109,851	12067,2	99,120	121,891	95,5	0,0	500
Lubango	360	72,3472	81,3263	6613,97	63,918	80,777	47,5	0,0	404
N´dalatando	360	90,817	110,667	12247,3	79,346	102,287	45,5	0,0	571
Dundo	360	136,511	109,642	12021,4	125,147	147,875	134,5	0,0	515
Luena	360	99,6306	96,8204	9374,19	89,595	109,666	85	0,0	359
Uige	360	138,500	126,781	16073,5	125,359	151,641	121	0,0	552

n–Amostra; \bar{X} – Média; s – Desvio Padrão; CV – Coeficiente de Variação; LI (95%) – Limite Inferior do Intervalo de Confiança para a média com 95% de confiança; LS(95%) – Limite Superior do Intervalo de Confiança para a média com 95% de confiança; Md – Mediana; MIN – Valor Mínimo; Max – Valor Máximo.

C.2 – ANOMALIAS DE PRECIPITAÇÃO

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Set	Out	Nov	Dez	Ano a)
1951	1.39	0.16	0.04	0.68	2.99	-1.21	-2.00	-0.85	0.47	7.55
1952	-0.52	-0.71	-1.70	0.00	0.00	0.00	0.60	1.33	-0.64	-10.45
1953	-0.44	-0.61	2.00	-0.27	-0.54	-0.98	0.48	-0.51	-1.15	-9.79
1954	-1.49	2.03	0.78	1.00	0.50	0.28	-1.07	-0.51	0.00	7.21
1955	-0.28	-1.50	1.21	-0.22	-0.29	-0.86	1.37	0.00	0.47	1.05
1956	0.0	-1.34	0.35	0.64	-0.64	0.51	-1.16	0.86	-1.33	-15.51
1957	0.95	-1.03	1.56	-0.88	-0.64	0.75	0.09	-0.21	0.28	6.28
1958	-1.58	-0.80	-1.51	-0.58	-0.59	-0.23	-0.67	-0.67	0.56	-30.20
1959	0.7	-0.75	-1.93	-0.31	3.29	-0.34	-0.88	-1.54	-0.14	-21.62
1960	-0.13	1.74	-0.45	-0.22	0.20	1.38	-0.72	0.83	-1.09	4.13
1961	-0.34	0.7	0.08	0.1	1.60	-0.34	0.88	0.70	1.27	22.88
1962	1.31	-0.46	1.29	0.22	-0.64	0.17	1.11	-0.06	0.95	23.71
1963	-1.18	-0.15	-0.91	-1.04	-0.64	-0.46	0.55	1.01	-0.73	-18.04
1964	0.38	0.56	-0.82	-1.61	-0.64	1.15	-0.70	-1.06	0.47	-12.37
1965	0.70	0.64	-0.77	-0.06	-0.64	2.48	-0.23	-0.48	0.89	8.55
1966	1.23	0.96	-0.36	0.51	0.05	1.90	1.18	-0.80	0.10	18.38
1967	-1.49	0.23	-0.15	4.25	-0.09	0.98	-0.02	3.40	1.83	53.71
1968	0.8	0.5	-0.54	-0.43	-0.09	-1.21	-0.98	0.45	2.96	22.30
1969	1.44	1.643	0.39	-0.22	-0.64	-0.80	2.04	0.51	-1.23	18.38
1970	1.02	0.4	0.658	-0.66	-0.44	-0.40	0.20	-0.91	-1.16	-6.79
1971	-0.80	-0.63	-1.08	-0.40	-0.59	-0.98	-0.67	-0.95	-0.67	-33.12
1972	-0.3	-1.67	0.1	0.04	-0.64	-0.46	1.49	-0.43	-0.20	-11.70
1973	0.32	-0.0	-0.43	0.01	0.25	-0.92	0.48	0.07	-1.13	-7.79
1974	-1.50	-1.10	-1.20	0.33	-0.24	-0.57	1.21	-0.53	0.37	-17.54
1975	0.05	1.7	0.28	-0.34	0.75	0.00	-0.00	0.00	0.00	11.46
1976	0.00	0.00	-0.05	0.00	0.00	-1.21	-2.00	-1.13	-0.46	-20.20
1977	-0.41	-0.16	1.16	-0.54	-0.64	2.01	0.11	-0.10	0.08	1.55
1978	-1.65	-1.02	0.98	1.04	-0.64	-0.34	-0.44	0.02	-1.35	-17.54
1979	1.62	0.49	1.04	-1.07	-0.44	-0.28	-0.23	1.57	0.53	25.71
1980	0.00	0.00	-0.05	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.20

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Ano b)
1951	-1.43	1.78	0.00	0.53	2.23	-0.62	0.27	0.27	1.82	0.38	32.56
1952	-1.29	0.04	-0.52	0.25	-0.74	-0.21	-0.12	0.08	-0.19	0.85	-10.77
1953	-1.08	-1.15	-1.79	-0.267	-0.57	4.53	2.66	1.01	-1.79	-0.30	-9.60
1954	-1.03	-0.97	-0.73	1.39	-0.50	-0.62	-0.52	0.97	-1.25	0.17	24.40
1955	-1.01	-0.97	0.28	-0.99	-0.74	-0.01	-1.09	0.38	0.99	-1.41	1.31
1956	-1.01	1.47	0.26	-0.42	-0.01	0.28	0.44	0.38	1.66	-1.94	-21.88
1957	-0.91	0.81	-0.69	-0.48	-0.77	-0.11	1.85	-0.18	-0.32	-0.58	-17.44
1958	-0.73	-0.12	-0.13	-0.89	-0.62	-0.62	0.58	-0.59	-0.93	1.26	-20.85
1959	-0.65	-0.14	-0.03	0.76	-0.30	-0.62	-0.93	-0.38	-0.33	-0.25	23.81
1960	-0.62	-1.29	-0.12	-0.85	-0.74	-0.62	0.48	-0.63	-0.28	1.00	15.98
1961	-0.58	-0.40	-0.83	-1.56	-0.62	0.28	-0.12	1.46	0.74	-1.56	8.98
1962	-0.50	-0.03	-0.55	-0.06	-0.57	0.26	-0.15	0.22	-0.46	0.52	-12.85
1963	-0.50	-0.65	0.87	0.33	-0.35	0.99	0.44	-0.52	1.06	0.07	-10.35
1964	-0.47	-0.66	1.01	2.13	0.03	-0.01	0.51	0.47	-0.28	-0.98	-1.60
1965	-0.14	-0.59	0.16	0.47	0.18	-0.62	-0.46	0.31	-1.16	-0.79	-18.35
1966	-0.14	-0.38	-0.41	1.21	0.54	0.69	-1.23	-2.71	0.94	1.31	30.81
1967	-0.01	0.62	2.76	0.28	-0.74	-0.21	-0.22	-0.47	1.67	-0.39	13.15
1968	0.01	1.32	-0.47	-0.03	1.40	-0.62	-0.05	-0.61	0.88	1.19	4.15
1969	0.04	3.01	2.20	1.33	-0.60	-0.62	-0.19	-0.27	-0.87	-0.58	-11.94
1970	0.34	0.51	-0.90	0.08	0.32	-0.52	2.59	-1.17	-0.84	-0.06	-13.52
1971	0.41	-1.12	0.48	-1.48	0.01	1.29	-1.06	1.40	-1.54	1.36	-9.77
1972	0.60	0.74	-0.10	1.27	0.13	-0.62	0.44	0.42	-0.47	-1.25	-5.77
1973	0.79	-1.00	-1.01	-0.80	-0.50	-0.01	-0.79	1.37	1.42	-0.16	14.06
1974	0.92	-0.47	-0.10	-0.51	-0.57	0.18	-0.52	-2.15	-0.13	0.07	6.73
1975	0.95	-1.24	-0.17	-0.42	-0.03	-0.62	0.11	-0.65	-0.08	1.98	16.98
1976	0.96	0.20	-1.21	1.73	2.74	-0.11	-0.42	-0.04	-0.55	1.10	0.98
1977	1.00	-0.19	1.52	0.44	-0.25	-0.01	-1.13	1.03	-0.17	-1.35	9.90
1978	1.73	0.27	1.19	-1.06	-0.30	-0.62	-1.03	-0.31	0.93	-0.54	-29.35
1979	2.04	0.48	0.14	-0.88	2.76	-0.52	0.64	-0.72	0.36	0.29	-5.94
1980	2.34	0.13	-1.07	-1.53	-0.74	0.08	-0.96	1.62	-0.78	0.59	-3.77

Tabela C.2 - Anomalias de precipitação mensal e por ano: a) Kuito-Bié e b) Malange

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Set	Out	Nov	Dez	Ano a)
1951	342.65	235.76	497.51	420.14	50.38	-1.41	197.41	315.19	273.08	85.33
1952	59.65	179.76	170.51	98.14	-0.61	9.58	145.41	293.19	159.08	-16.00
1953	296.65	157.76	136.51	166.14	5.38	-1.41	106.41	137.19	121.08	-15.08
1954	194.65	199.76	337.51	228.14	25.38	12.58	105.41	237.19	105.08	11.58
1955	71.65	21.76	159.51	155.14	16.38	-1.41	101.41	186.19	232.08	-30.33
1956	255.65	131.76	131.51	259.14	-0.61	19.58	131.41	164.19	226.08	1.00
1957	163.65	146.76	165.51	70.14	0.38	50.58	64.41	232.19	330.08	-6.92
1958	142.65	90.76	161.51	54.14	-0.61	17.58	105.41	164.19	284.08	-23.92
1959	214.65	149.76	171.51	166.14	112.38	17.58	32.41	174.19	222.08	-3.83
1960	196.65	244.76	222.51	144.14	58.38	29.58	75.41	263.19	190.08	9.83
1961	345.65	239.76	282.51	208.14	38.38	16.58	183.41	261.19	374.08	53.58
1962	209.65	71.76	417.51	179.14	-0.61	31.58	129.41	246.19	259.08	19.75
1963	197.65	165.76	288.51	150.14	9.38	2.58	115.41	221.19	167.08	0.92
1964	286.65	160.76	244.51	43.14	-0.61	15.58	91.41	93.19	323.08	-4.08
1965	275.65	196.76	186.51	113.14	-0.61	20.58	57.41	219.19	311.08	6.08
1966	223.65	123.76	249.51	41.14	22.38	31.58	127.41	98.19	185.08	-17.00
1967	90.65	194.76	272.51	296.14	3.38	13.58	124.41	262.19	260.08	17.58
1968	304.65	204.76	237.51	121.14	6.38	13.58	67.41	252.19	167.08	5.67
1969	245.65	214.76	117.51	212.14	3.38	22.58	148.41	289.19	200.08	12.25
1970	224.65	173.76	182.51	152.14	4.38	15.58	126.41	204.19	161.08	-5.17
1971	142.65	168.76	140.51	70.14	19.38	6.58	132.41	124.19	225.08	-23.08
1972	227.65	34.76	227.51	170.14	7.38	14.58	109.41	131.19	347.08	-3.08
1973	312.65	84.76	188.51	196.14	3.38	2.58	192.41	71.19	192.08	-5.25
1974	47.65	15.76	265.51	195.14	2.38	6.58	140.41	202.19	378.08	-4.42
1975	166.65	266.76	152.51	145.14	48.38	11.58	114.41	175.19	191.08	-2.92
1976	170.65	146.76	213.51	130.14	9.38	12.58	107.41	179.19	174.08	-13.58
1977	140.65	160.76	241.51	110.14	-0.61	30.58	77.41	390.19	87.08	-5.75
1978	23.65	64.76	357.51	227.14	-0.61	7.58	120.41	196.19	166.08	-11.33
1979	186.65	311.76	291.51	15.14	-0.61	38.58	74.41	291.19	173.08	7.58
1980	181.653	207.769	71.513	93.14	-0.613	9.581	-2.585	98.199	177.085	-39.25

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Set	Out	Nov	Dez	Ano b)
1951	102.17	182.23	234.9	225.45	19.47	4.3	81.34	103.27	203.11	25.15
1952	133.17	153.23	174.9	46.45	5.47	5.3	165.34	83.27	59.11	-2.35
1953	12.17	9.23	180.9	74.45	-0.53	-0.7	54.34	99.27	52.11	-31.10
1954	76.17	289.23	121.9	123.45	32.47	5.3	98.34	138.27	62.11	7.73
1955	83.17	35.23	98.9	52.45	-0.53	-0.7	58.34	128.27	65.11	-27.85
1956	157.17	78.23	116.9	110.45	1.47	-0.7	22.34	126.27	39.11	-16.85
1957	86.17	101.23	319.9	131.45	-0.53	0.3	219.34	153.27	200.11	29.73
1958	146.17	101.23	167.9	16.45	-0.53	1.3	32.34	163.27	65.11	-13.43
1959	134.17	217.23	77.9	108.45	4.47	-0.7	63.34	194.27	149.11	7.82
1960	70.17	103.23	256.9	56.45	33.47	13.3	52.34	129.27	270.11	10.90
1961	276.17	241.23	133.9	195.45	6.47	5.3	40.34	92.27	161.11	24.82
1962	108.17	110.23	204.9	66.45	-0.53	-0.7	98.34	104.27	172.11	0.73
1963	169.17	196.23	285.9	132.45	1.47	2.3	29.34	42.27	69.11	6.15
1964	294.17	157.23	189.9	43.45	-0.53	1.3	78.34	163.27	164.11	19.73
1965	138.17	282.23	228.9	70.45	-0.53	6.3	9.34	128.27	171.11	14.98
1966	164.17	4.23	227.9	28.45	13.47	-0.7	50.34	52.27	181.11	-11.10
1967	28.17	151.23	17.9	104.45	55.47	1.3	33.34	208.27	195.11	-4.93
1968	159.17	137.23	272.9	158.45	5.47	-0.7	74.34	220.27	121.11	24.48
1969	222.17	233.23	133.9	108.45	-0.53	0.3	49.34	153.27	168.11	17.82
1970	164.17	120.23	100.9	2.45	-0.53	0.3	84.34	44.27	75.11	-21.93
1971	76.17	145.23	402.9	96.45	4.47	0.3	37.34	37.27	95.11	3.40
1972	67.17	12.23	158.9	30.45	-0.53	-0.7	95.34	96.27	218.11	-14.77
1973	230.17	105.23	180.9	57.45	-0.53	-0.7	119.34	101.27	41.11	-1.68
1974	81.17	27.23	296.9	165.45	0.47	1.3	97.34	114.27	115.11	3.73
1975	136.17	104.23	106.9	96.45	0.47	4.3	65.34	115.27	126.11	-8.27
1976	133.17	153.23	188.9	80.45	5.47	3.3	65.34	115.27	125.11	1.32
1977	132.17	152.23	188.9	79.45	4.47	8.3	34.34	172.27	31.11	-4.27
1978	-1.83	94.23	189.9	55.45	-0.53	22.3	47.34	154.27	82.11	-17.60
1979	105.17	269.23	205.9	13.45	2.47	-0.7	55.34	153.27	21.11	-2.43
1980	64.17	191.23	50.9	-0.55	-0.53	3.3	65.34	115.27	125.11	-20.02

Tabela C.3 - Anomalias de precipitação mensal e por ano: a) Huambo e b) Lubango

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Set	Out	Nov	Dez	Ano a)
1951	32.07	119.75	179.64	154.74	2.04	3.40	126.08	183.00	238.89	-3.07
1952	20.07	45.75	233.64	459.74	-0.96	8.40	70.08	201.00	118.89	6.68
1953	7.07	154.75	131.64	182.74	16.04	-0.60	52.08	77.00	11.89	-36.99
1954	23.07	125.75	156.64	445.74	69.04	22.40	102.08	337.00	72.89	23.18
1955	131.07	-1.25	274.64	239.74	64.04	14.40	148.08	205.00	144.89	12.01
1956	29.07	34.75	101.64	416.74	-0.96	-0.60	14.08	163.00	142.89	-14.65
1957	30.07	54.75	203.64	172.74	19.04	4.40	79.08	176.00	151.89	-15.40
1958	28.07	-1.25	64.64	99.74	-0.96	6.40	61.08	377.00	91.89	-29.15
1959	308.07	200.75	177.64	163.74	88.04	29.40	67.08	195.00	12.89	13.85
1960	93.07	126.75	275.64	76.74	59.04	11.40	40.08	143.00	204.89	-3.82
1961	183.07	256.75	303.64	285.74	70.04	0.40	146.08	179.00	133.89	40.18
1962	134.07	31.75	85.64	328.74	-0.96	-0.60	60.08	201.00	15.89	-18.40
1963	56.07	45.75	167.64	336.74	80.04	5.40	71.08	91.00	34.89	-15.65
1964	193.07	40.75	257.64	100.74	-0.96	8.40	112.08	369.00	261.89	22.18
1965	133.07	36.75	239.64	217.74	-0.96	9.40	21.08	56.00	123.89	-19.99
1966	113.07	13.75	245.64	354.74	2.04	15.40	31.08	166.00	76.89	-4.82
1967	83.07	151.75	244.64	205.74	39.04	3.40	37.08	281.00	40.89	0.85
1968	83.07	104.75	330.64	342.74	33.04	12.40	33.08	172.00	8.89	3.68
1969	110.07	81.75	375.64	193.74	30.04	108.40	123.08	370.00	81.89	33.18
1970	36.07	163.75	464.64	140.74	-0.96	6.40	80.08	131.00	178.89	10.35
1971	9.07	43.75	225.64	257.74	19.04	9.40	55.08	135.00	80.89	-20.07
1972	119.07	61.75	223.64	286.74	81.04	6.40	105.08	368.00	521.89	59.76
1973	411.07	203.75	261.64	246.74	134.04	20.40	86.08	149.00	28.89	38.76
1974	24.07	32.75	175.64	307.74	-0.96	5.40	44.08	106.00	57.89	-26.99
1975	64.07	95.75	221.64	310.74	82.04	6.40	56.08	178.00	108.89	3.93
1976	140.07	86.75	212.64	198.74	31.04	5.40	50.08	176.00	107.89	-5.65
1977	140.07	86.75	208.64	192.74	32.04	8.40	42.08	131.00	26.89	-17.32
1978	4.07	-0.25	0.64	89.74	-0.96	1.40	45.08	359.00	42.89	-44.57
1979	570.07	12.75	269.64	147.74	61.04	0.40	26.08	42.00	149.89	16.93
1980	142.07	216.75	149.64	133.74	19.04	5.40	48.08	144.00	108.89	-9.07

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano b)
1951	100.66	136.11	150.17	128.88	17.60	3.68	96.70	142.71	322.92	218.37	-24.50
1952	306.66	190.11	169.17	306.88	6.60	11.68	134.70	155.71	378.92	245.37	24.50
1953	158.66	139.11	197.17	162.88	137.60	3.68	53.70	146.71	208.92	408.37	0.42
1954	231.66	150.11	253.17	203.88	61.60	10.68	69.70	209.71	264.92	105.37	-4.25
1955	134.66	261.11	138.17	243.88	77.60	9.68	63.70	114.71	167.92	146.37	-21.17
1956	163.66	112.11	242.17	332.88	25.60	17.68	48.70	61.71	249.92	326.37	-2.58
1957	170.66	122.11	401.17	201.88	32.60	21.68	84.70	129.71	198.92	361.37	9.42
1958	204.66	43.11	229.17	216.88	56.60	42.68	156.70	245.71	254.92	165.37	0.33
1959	254.66	187.11	75.17	190.88	95.60	14.68	112.70	82.71	351.92	253.37	0.58
1960	213.66	181.11	298.17	207.88	103.60	77.68	57.70	179.71	295.92	191.37	16.25
1961	281.66	196.11	201.17	196.88	89.60	13.68	72.70	160.71	281.92	512.37	32.92
1962	179.66	149.11	295.17	271.88	74.60	32.68	107.70	156.71	153.92	143.37	-3.92
1963	209.66	190.11	262.17	149.88	47.60	40.68	67.70	123.71	304.92	282.37	5.58
1964	277.66	175.11	177.17	167.88	21.60	38.68	55.70	125.71	271.92	230.37	-5.83
1965	141.66	99.11	177.17	252.88	-0.40	14.68	196.70	160.71	149.92	313.37	-8.83
1966	81.66	127.11	376.17	330.88	17.60	64.68	135.70	112.71	339.92	103.37	6.50
1967	180.66	95.11	190.17	115.88	65.60	93.68	91.70	144.71	276.92	165.37	-16.00
1968	213.66	210.11	300.17	187.88	16.60	3.68	67.70	98.71	176.92	264.37	-6.00
1969	276.66	142.11	228.17	208.88	3.60	66.68	56.70	185.71	226.92	263.37	3.92
1970	261.66	233.11	181.17	84.88	16.60	57.68	73.70	251.71	396.92	234.37	15.00
1971	301.66	129.11	168.17	228.88	-0.40	10.68	138.70	176.71	495.92	101.37	11.58
1972	169.66	175.11	139.17	122.88	68.60	15.68	100.70	129.71	257.92	138.37	-24.50
1973	227.66	122.11	202.17	132.88	84.60	19.68	94.70	177.71	284.92	246.37	-1.58
1974	242.66	128.11	222.17	117.88	50.60	29.68	36.70	126.71	182.92	272.37	-16.83
1975	202.66	163.11	308.17	247.88	108.60	33.68	108.70	141.71	252.92	176.37	11.00
1976	134.66	353.11	187.17	214.88	46.60	31.68	75.70	102.71	314.92	225.37	6.25
1977	271.66	194.11	317.17	187.88	7.60	49.68	44.70	259.71	401.92	278.37	33.42
1978	158.66	119.11	111.17	196.88	45.60	68.68	46.70	177.71	492.92	225.37	2.58
1979	208.66	209.10	147.17	109.88	66.60	18.68	37.70	105.71	181.92	262.37	-22.00
1980	97.66	202.11	127.17	152.88	40.60	8.68	133.70	160.71	200.92	224.37	-21.92

Tabela C.4 – Anomalias de precipitação mensal e por ano: a) Ndalatando e b) Dundo

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Set	Out	Nov	Dez	Ano a)
1951	156.09	212.38	268.63	141.27	13.39	4.96	103.96	162.26	356.14	20.29
1952	207.09	161.38	85.63	67.27	-0.61	66.96	83.96	153.26	105.14	-20.46
1953	301.09	192.38	222.63	219.27	-0.61	5.96	148.96	147.26	184.14	20.45
1954	185.09	200.38	284.63	113.27	0.39	3.96	67.96	102.26	214.14	-0.30
1955	229.09	74.38	223.63	110.27	10.39	-1.03	54.96	138.26	201.14	-11.21
1956	202.09	115.38	178.63	323.27	-0.61	26.96	76.96	154.26	244.14	12.12
1957	203.09	97.38	217.63	69.27	-0.61	65.96	89.96	133.26	300.14	0.04
1958	203.09	97.38	217.63	69.27	-0.61	65.96	89.96	133.26	300.14	-19.46
1959	177.09	226.38	183.63	68.27	10.39	9.96	53.96	162.26	185.14	-8.21
1960	144.09	185.38	270.63	88.27	82.39	27.96	147.96	151.26	138.14	5.04
1961	228.09	279.38	185.63	125.27	29.39	-1.03	53.96	286.26	336.14	28.95
1962	239.09	150.38	234.63	102.27	-0.61	16.96	63.96	217.26	303.14	12.62
1963	236.09	185.38	209.63	115.27	9.39	17.96	81.96	347.26	159.14	15.54
1964	180.09	204.38	203.63	-0.72	-0.61	0.96	173.96	122.26	275.14	-1.38
1965	295.09	209.38	146.63	36.27	-0.61	92.96	41.96	264.26	207.14	9.79
1966	199.09	237.38	144.63	85.27	3.39	16.96	42.96	155.26	161.14	-10.80
1967	222.09	289.38	149.63	202.27	3.39	3.96	118.96	291.26	194.14	24.95
1968	281.09	174.38	258.63	130.27	2.39	-1.03	70.96	149.26	260.14	12.54
1969	195.09	259.38	303.63	107.27	-0.61	32.96	239.96	231.26	354.14	45.62
1970	240.09	210.38	131.63	118.27	3.39	15.96	68.96	163.26	143.14	-6.71
1971	106.09	119.38	239.63	63.27	1.39	3.96	74.96	146.26	320.14	-8.38
1972	177.09	46.38	164.63	72.27	1.39	60.96	140.96	91.26	272.14	-12.38
1973	72.09	179.38	127.63	71.27	0.39	8.96	130.96	62.26	201.14	-26.80
1974	295.09	88.38	216.63	183.27	25.39	6.96	138.96	215.26	213.14	17.29
1975	138.09	161.38	211.63	88.27	3.39	19.96	90.96	165.26	213.14	-6.96
1976	104.09	136.38	144.63	151.27	27.39	19.96	51.96	191.26	150.14	-15.55
1977	117.09	98.38	219.63	157.27	10.39	33.96	114.96	249.26	100.14	-5.21
1978	47.09	49.38	131.63	149.27	11.39	44.96	115.96	186.26	122.14	-23.88
1979	136.09	139.38	183.63	48.27	22.39	21.96	92.96	152.26	159.14	-17.21
1980	110.09	140.38	76.63	108.27	20.39	62.96	50.96	113.26	129.14	-30.30

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Set	Out	Nov	Dez	Ano b)
1951	96.15	290.00	470.86	320.92	26.34	27.16	184.16	308.52	326.81	34.08
1952	39.15	233.00	382.86	548.91	161.34	30.16	165.16	328.52	205.81	38.25
1953	60.15	310.00	288.86	347.91	22.34	9.16	102.16	178.52	77.81	-19.83
1954	58.15	334.00	378.86	462.91	132.34	50.16	187.16	542.52	218.81	60.33
1955	290.15	15.00	461.86	436.91	119.34	42.16	216.16	474.52	294.81	59.42
1956	41.15	80.00	178.86	492.91	28.34	32.16	134.16	297.52	152.81	-17.00
1957	273.15	95.00	197.86	314.91	123.34	31.16	294.16	357.52	148.81	16.17
1958	39.15	94.00	89.86	409.91	70.34	53.16	106.16	215.52	134.81	-35.75
1959	219.15	272.00	122.86	220.91	214.34	29.16	89.16	243.52	255.81	2.08
1960	143.15	173.00	199.86	317.91	190.34	50.16	156.16	163.52	283.81	3.00
1961	234.10	338.00	194.86	269.91	249.34	72.16	249.16	220.50	156.81	28.58
1962	47.15	126.00	203.86	325.91	42.34	42.16	156.16	188.52	225.81	-23.67
1963	171.15	204.00	182.86	309.91	104.34	37.16	219.16	101.52	84.81	-18.92
1964	240.15	248.00	205.86	169.91	55.34	11.16	98.16	371.52	383.81	11.83
1965	221.15	146.00	150.86	347.91	82.34	57.16	116.16	189.52	246.81	-7.00
1966	127.15	224.00	202.86	400.91	64.34	32.16	163.16	279.52	233.81	7.17
1967	237.15	208.00	313.86	185.91	74.34	54.16	110.16	114.52	44.81	-24.92
1968	93.15	164.00	239.86	317.91	259.34	100.16	119.16	288.52	59.81	0.00
1969	240.15	73.00	353.86	238.91	40.34	42.16	137.16	354.50	309.81	12.33
1970	80.15	122.00	205.86	183.91	91.34	22.16	80.16	221.52	267.81	-30.58
1971	108.15	167.00	226.86	392.91	67.34	90.16	147.16	152.52	211.81	-6.50
1972	70.15	126.00	210.86	304.91	83.34	32.16	107.16	282.52	355.81	-5.75
1973	251.15	185.00	361.86	225.91	133.34	13.16	118.16	333.52	134.81	9.58
1974	182.15	110.00	125.86	140.91	41.34	15.16	154.16	194.52	185.81	-11.00
1975	244.15	118.00	68.86	268.91	141.34	48.16	102.16	224.52	384.81	-3.42
1976	168.15	179.00	249.86	318.91	80.34	111.16	275.16	207.52	309.81	21.50
1977	139.15	152.00	365.86	299.91	176.34	84.16	244.16	203.52	190.81	17.83
1978	45.15	-1.99	45.86	117.91	65.34	52.16	155.16	349.52	105.81	-58.92
1979	234.15	199.00	199.86	290.91	73.34	37.16	144.16	92.52	119.81	-20.92
1980	125.15	322.00	115.86	370.91	120.34	34.16	157.16	175.52	124.81	-8.00

Tabela C.5 – Anomalias de precipitação mensal e por ano: a) Luena e b) Uige

ANEXO D – CARTAS DE CONTROLO DE QUALIDADE

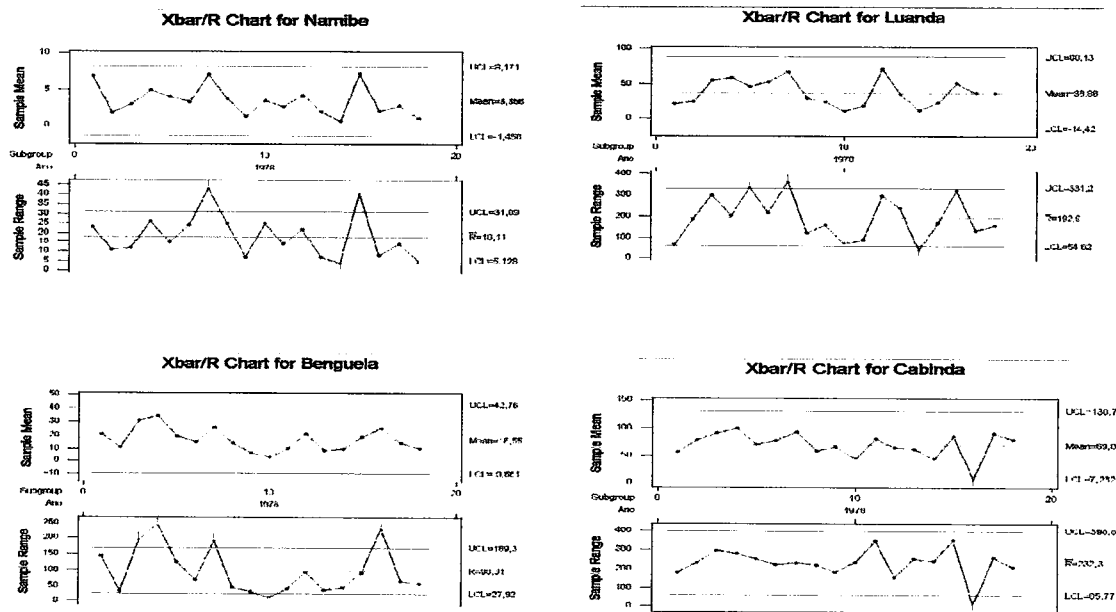


Fig.D.1 – Controlo de qualidade da média simples e da amplitude para períodos de 3 anos

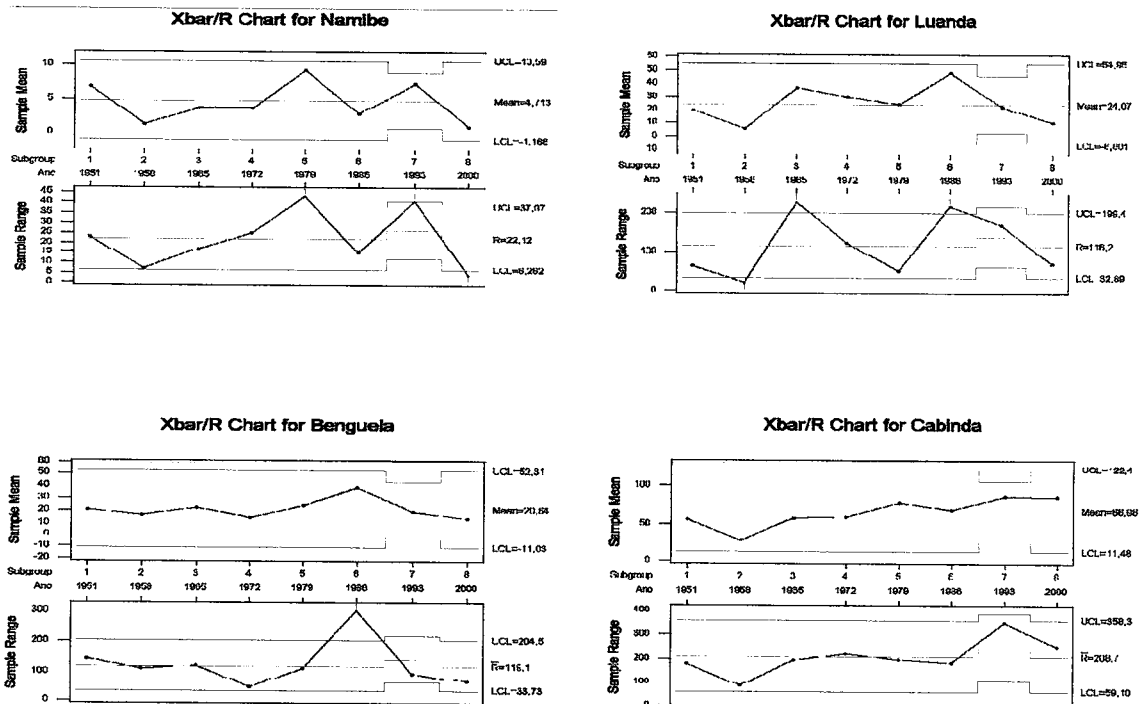
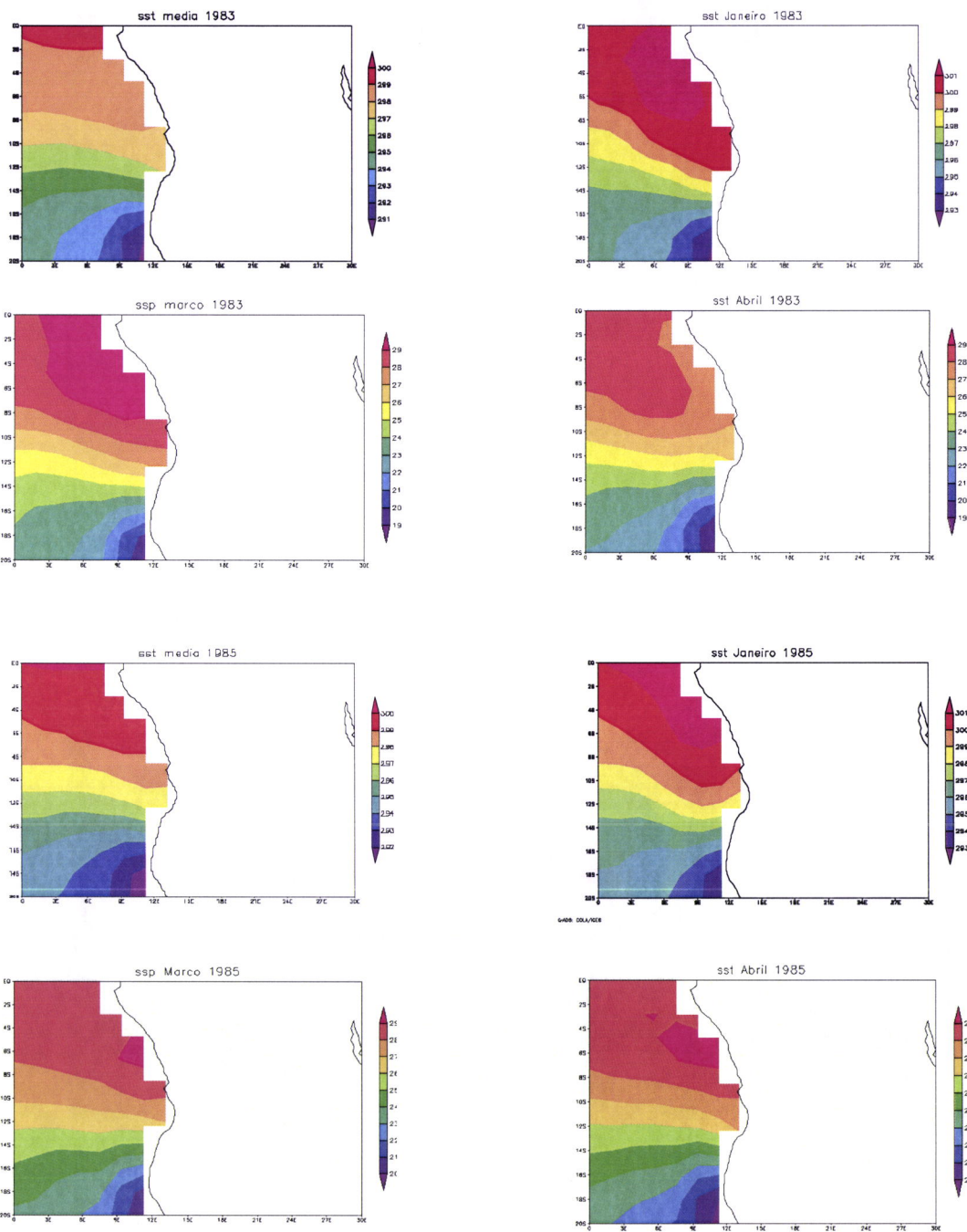


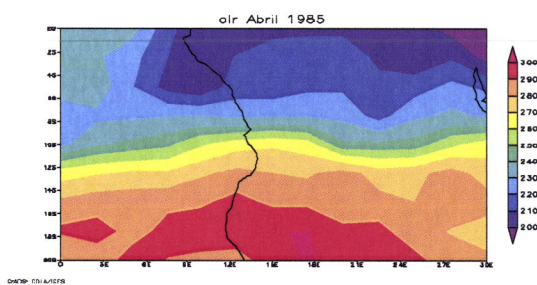
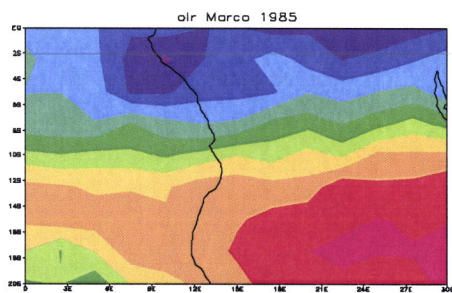
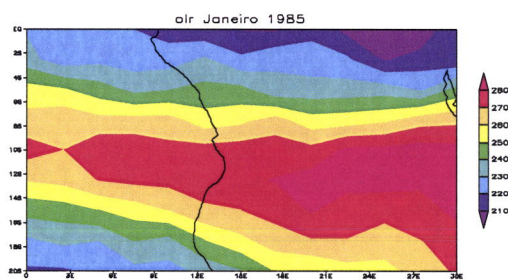
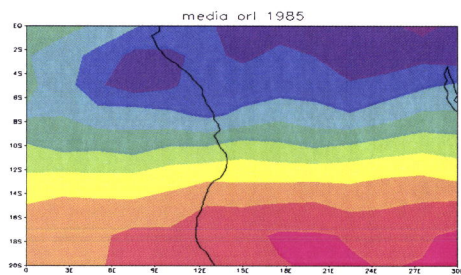
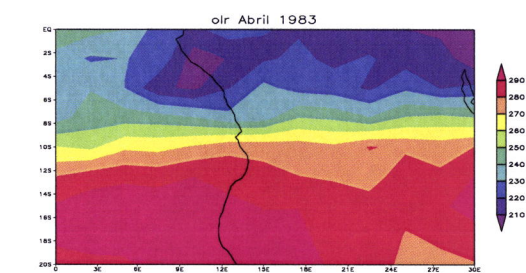
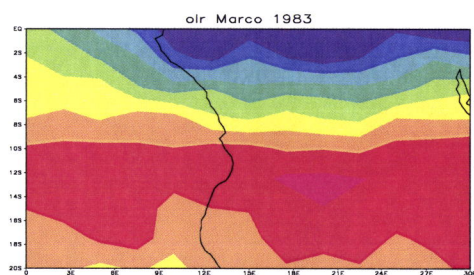
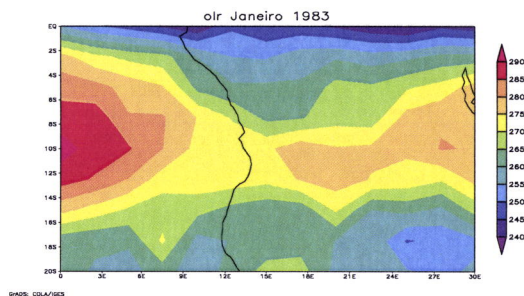
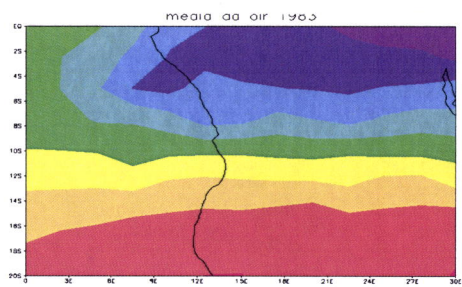
Fig.D.2 – Controlo de qualidade da média simples e do alcance para o período de 7 anos

ANEXO E – GRÁFICOS

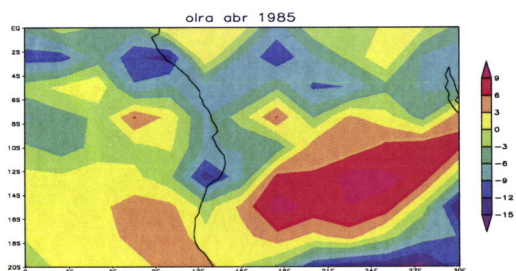
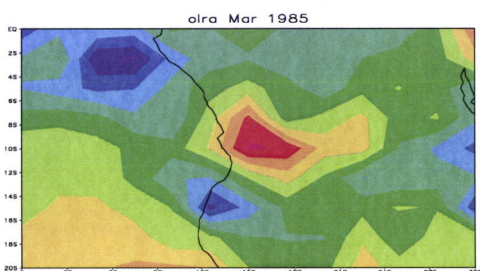
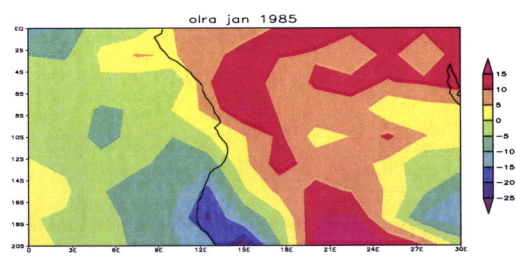
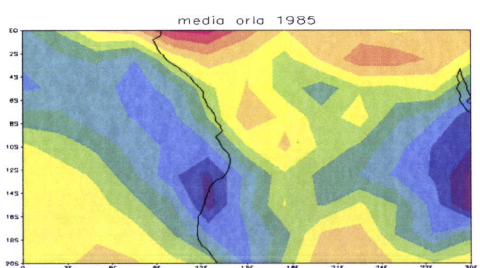
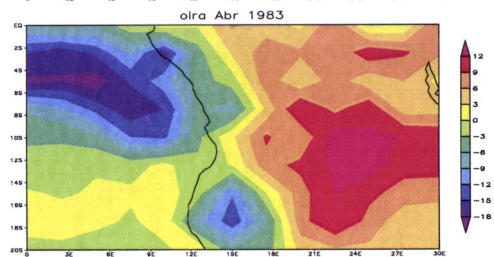
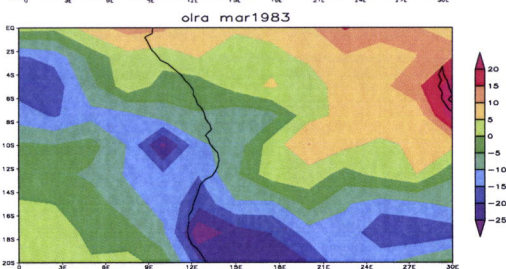
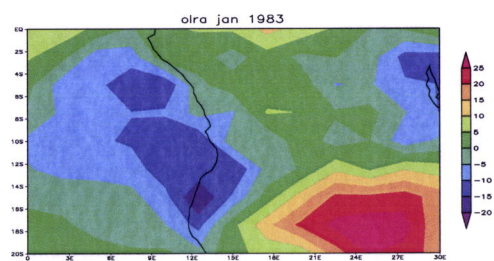
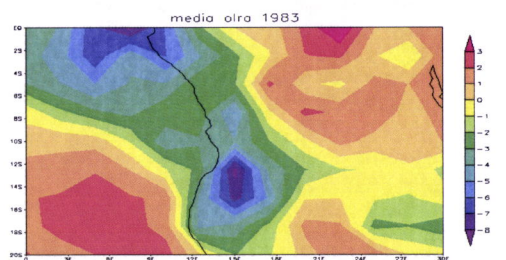
E.1 – DA TEMPERATURA DA ÁGUA DO MAR (TSM) – MÉDIAS E MESES JANEIRO, MARÇO E ABRIL (1983 E 1985)



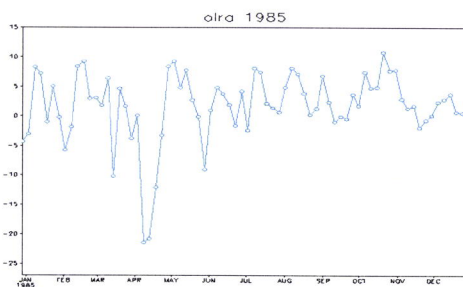
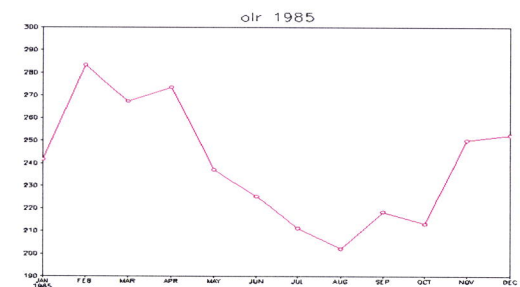
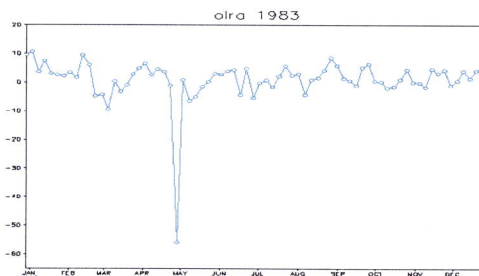
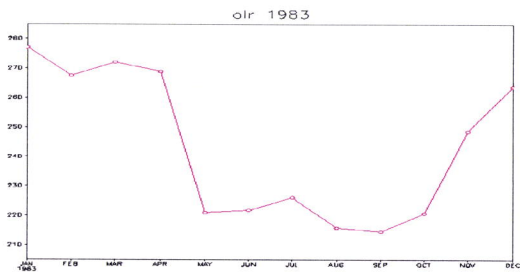
E.2 – DA RADIAÇÃO DE ONDA LONGA (OLR) – MÉDIAS E MESES JANEIRO, MARÇO E ABRIL (1983 E 1985)



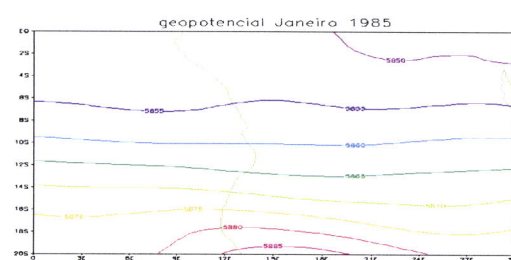
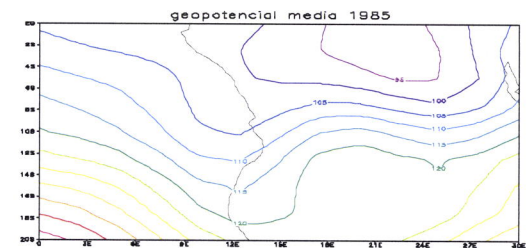
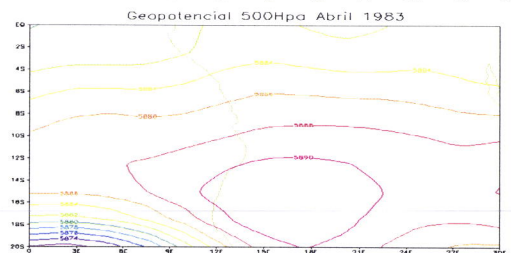
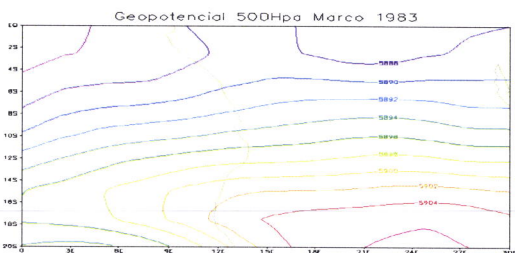
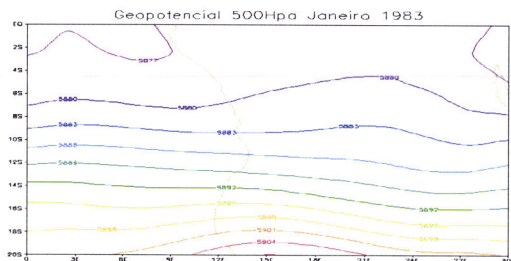
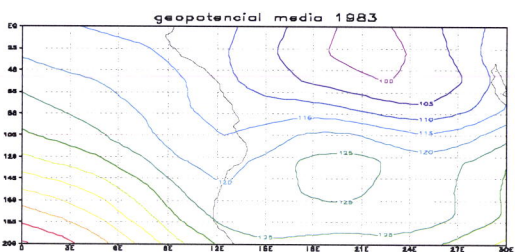
E.3 - DA ANOMALIA DE RADIAÇÃO DE ONDA LONGA (OLRA) - MÉDIAS E MESES
 JANEIRO, MARÇO E ABRIL (1983 E 1985)

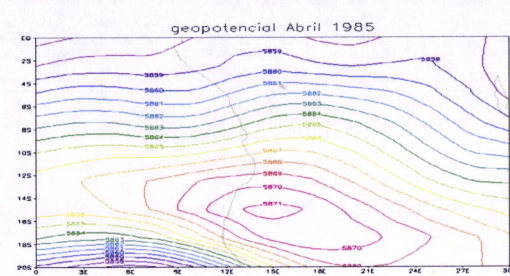
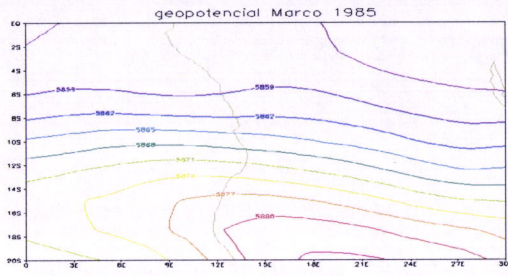


E.4 -CICLO DE RADIAÇÃO DE ONDA LONGA E ANOMALIA DE OLR PARA 1983 E 1985

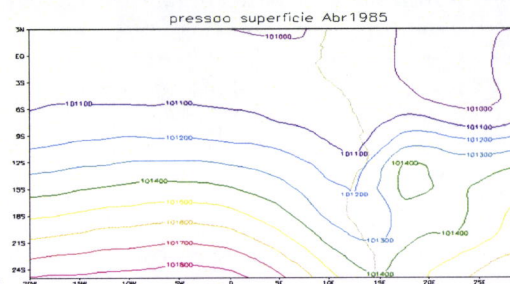
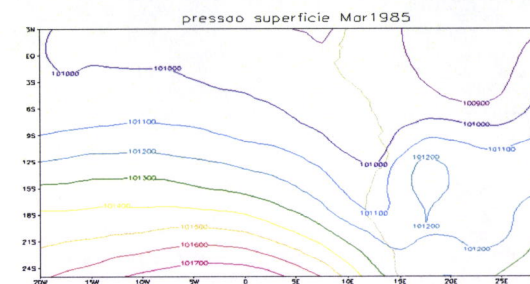
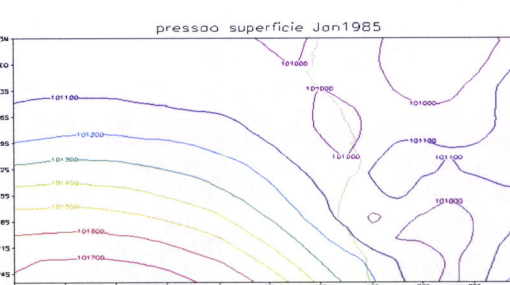
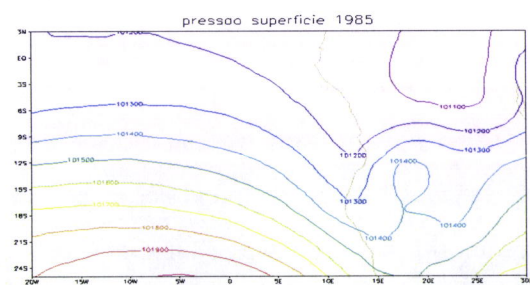
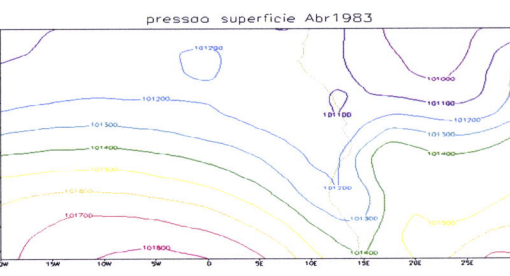
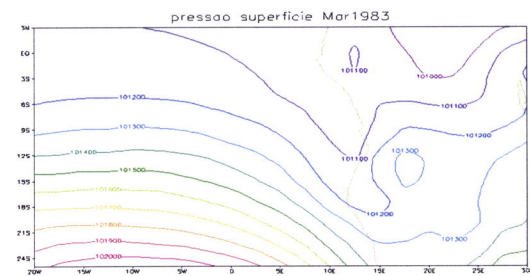
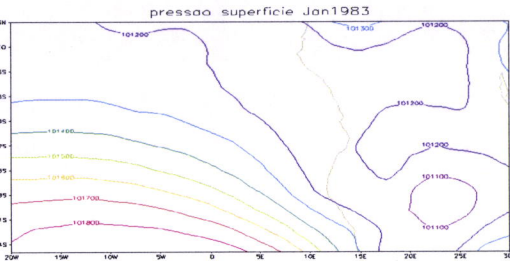
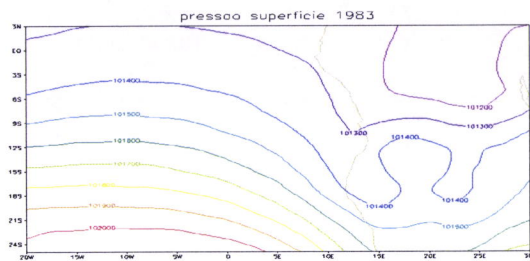


E.5 -GEOPOTENCIAL A 500HPA MÉDIA, E MESES DE JANEIRO, MARÇO, ABRIL DE 1983 E 1985





E.6 - MÉDIA PRESSÃO À SUPERFÍCIE E MESES JANEIRO, MARÇO E ABRIL DE 1983 E 1985



ANEXO F –O MÉTODO DAS CORRELAÇÕES DE PEARSON

Quando se estuda a relação entre duas variáveis X e Y, introduz-se um novo conceito que é a covariância. Através da covariância chegamos ao coeficiente de correlação que mede o grau de associação “linear” entre duas variáveis aleatórias, X e Y. Assim, o coeficiente de correlação de Pearson, pode ser visto como essa medida do grau de relacionamento linear.

Foi o matemático inglês *Karl Pearson* (1857–1936) quem desenvolveu a fórmula matemática para se determinar esse grau de relacionamento. Na representação do coeficiente de correlação é utilizado o símbolo r , que vem da primeira letra do termo “*regressão*”.

a) – Propriedades da correlação de Pearson

Como toda a medida de relacionamento entre quaisquer variáveis tende a apresentar características próprias, o coeficiente de correlação de Pearson é definido pelas propriedades seguintes:

- i. O valor de r é um número adimensional;
- ii. O valor de r não depende da rotulação dos dados, ou seja, qual X e qual Y, mas simplesmente da associação linear entre as duas variáveis;
- iii. O r toma valores entre $-1 \leq r \leq 1$. O valor de r positivo significa que a associação linear é positiva, enquanto que valores negativos de r indicam um relacionamento linear negativo. O valor de $r \approx \pm 1$ só acontece quando todos os pontos do gráfico das variáveis se alinham exactamente sobre uma recta.

Embora dependa do tamanho da amostra, geralmente define-se valores de $|r| \geq 0,8$, de $0,5 < |r| < 0,8$ e de $|r| \leq 0,5$ como existência entre as variáveis de uma correlação forte, moderada e fraca, respectivamente. No que diz respeito aos campos globais, aceitam-se intervalos de valores geralmente muito menores. Valores de r próximos de zero são sinal de que não existe uma correlação entre as populações em análise.

b) – Representação gráfica

Talvez a melhor maneira de compreender as variações de correlação seja através da representação dos valores de cada uma das variáveis num gráfico bidimensional, onde cada valor de X_i é relacionado com o respectivo valor de Y_i ilustrado pela seguinte figura:

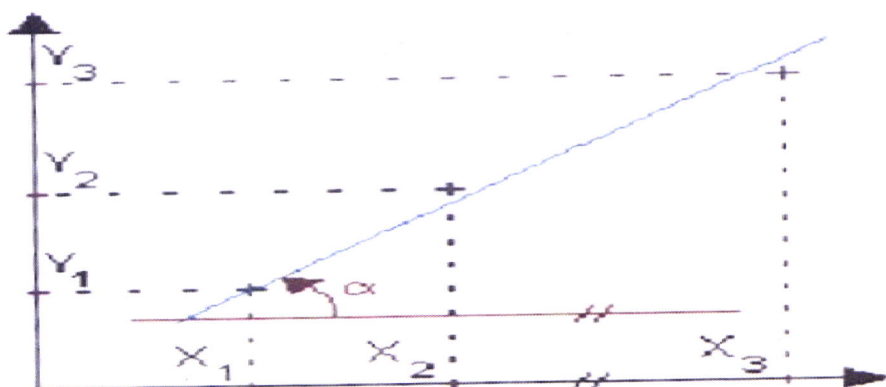


Fig.F.1 – gráfico esquemático da representação da variável X com a variável Y

Pode-se ver que a recta diagonal que representa o melhor ajuste dos valores fornece informações bastante importantes sobre a correlação existente entre as duas variáveis.

Quando mais os pontos se aproximam desta recta, maior é o módulo da correlação. Quanto mais próximo o ângulo for de 45° , mais o coeficiente se aproxima de 1. Por outro lado, quanto mais perto estiver de 135° , mais se aproxima do valor -1 .

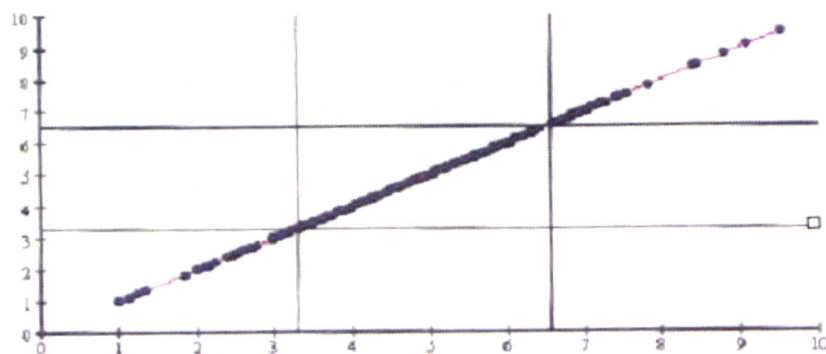


Fig.F.2 – Gráfico que ilustra uma circunstância em que as variáveis são positivamente correlacionadas

Este gráfico indica que os valores das componentes das duas variáveis são positivamente correlacionadas, o que significa que quando uns aumentam, os outros também aumentam e vice-versa.

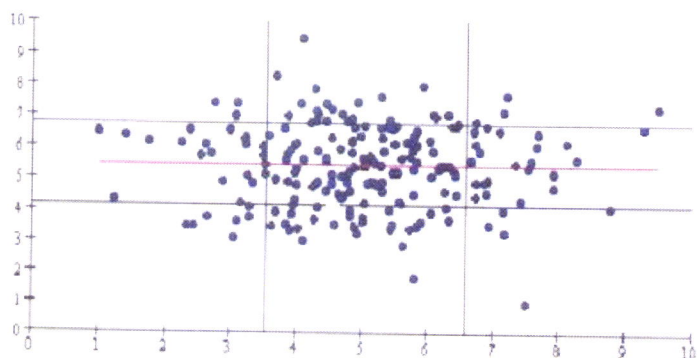


Fig.F.3 – Gráfico que ilustra uma circunstância em que as variáveis não são correlacionadas.

O gráfico acima em que o coeficiente de correlação é igual a zero, indica os casos em que existe uma total ausência de relacionamento linear entre as duas variáveis.

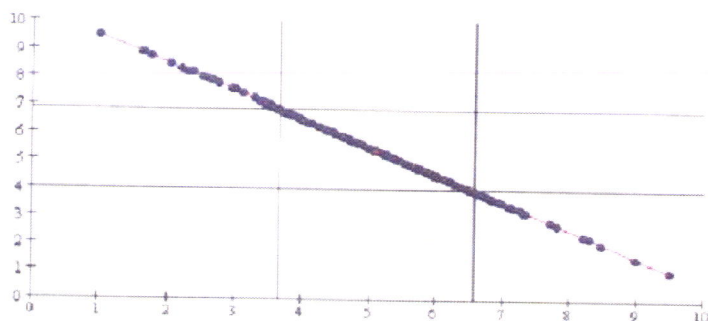


Fig. F.4– Gráfico que ilustra quando as variáveis apresentam correlações negativas.

Este gráfico mostra um coeficiente de correlação de -1 , indicador de que as duas variáveis são negativamente correlacionadas, ou seja, quando uma cresce a outra diminui.

c) – A fórmula de correlação de Pearson

A fórmula matemática da correlação de Pearson toma formas diversas, muitas vezes complexas, como é o caso do exemplo seguinte:

$$r_{jk} = \frac{\sum_i^n x_{ij} x_{ik} - \frac{\sum_i^n x_{ij} \sum_j^n x_{ik}}{N}}{\left[\left(\sum_i^n x_{ij}^2 - \frac{\left(\sum_i^n x_{ij} \right)^2}{n} \right) \left(\sum_i^n x_{ik}^2 - \frac{\left(\sum_i^n x_{ik} \right)^2}{n} \right) \right]^{1/2}}$$

No entanto, a forma mais comum para a equação, onde X e Y representam as variáveis observadas e N a dimensão da população, é:

$$r = \frac{\sum XY - \frac{\sum X \sum Y}{N}}{\sqrt{\left(\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{N} \right) \left(\sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{N} \right)}}$$

Que pode ser escrita de forma mais simples como:

$$r = \frac{\sum (X - \bar{X})(Y - \bar{Y})}{\sqrt{\sum (X - \bar{X})^2 \sum (Y - \bar{Y})^2}}$$

Para determinar o nível de significância das correlações podem ser utilizados vários métodos, entre os quais o t-teste. Esse teste consiste num método estatístico que foi desenvolvido por "Student" (nome real: W.S. Gossett, 1876-1937) e permite analisar problemas associados a populações cujas médias calculadas e os desvios padrões, por simples hipótese, podem-se desviar dos valores reais.

Pode-se aplicar o t-teste conhecendo somente a média, o desvio padrão e o número real de cada população. Para duas populações tidas como independentes, a equação é a seguinte:

$$t = \left| \bar{X}_1 - \bar{X}_2 \right| \div \sqrt{A * B}$$

em que $A = (n_1 - n_2) \div n_1 n_2$ e

$$B = \left[(n_1 - 1) \sigma_1^2 + (n_2 - 1) \sigma_2^2 \right] / [n_1 + n_2 - 2]$$

onde \bar{X}_1 e \bar{X}_2 são médias, σ_1 e σ_2 são os desvios padrões e n_1 e n_2 são as dimensões das populações. O numerador da fórmula é a diferença entre as médias e o denominador é a medida do erro experimental na combinação das duas populações.

ANEXO G – ANÁLISE DESCRITIVA

G.1 – ANÁLISE EXPLORATÓRIA MENSAL DA PRECIPITAÇÃO E OLR

G.1.1 – Janeiro

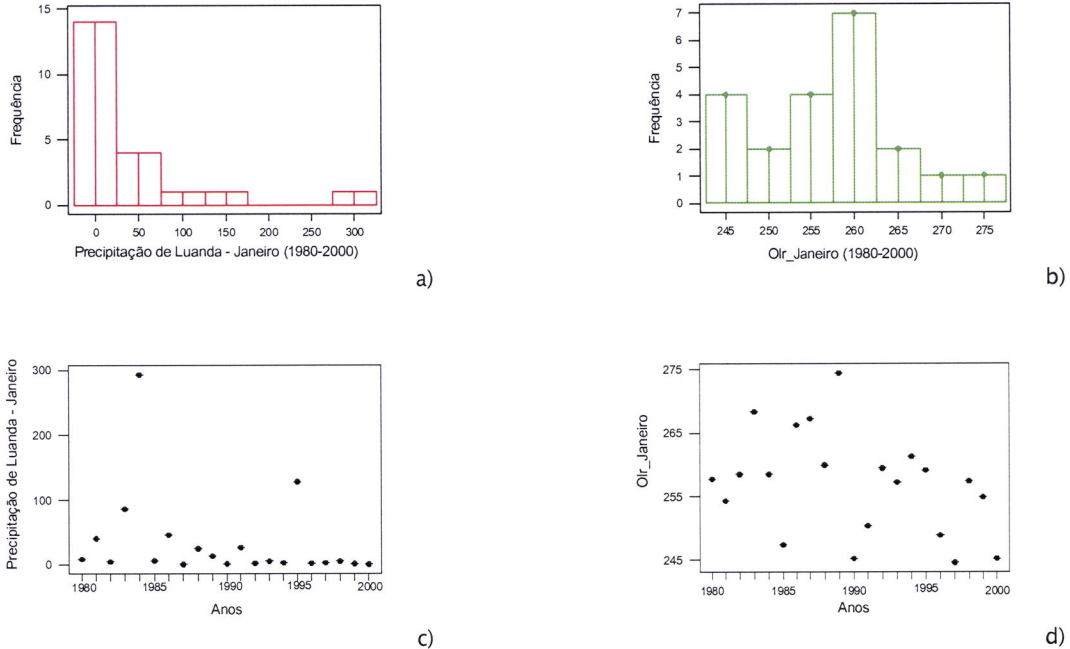
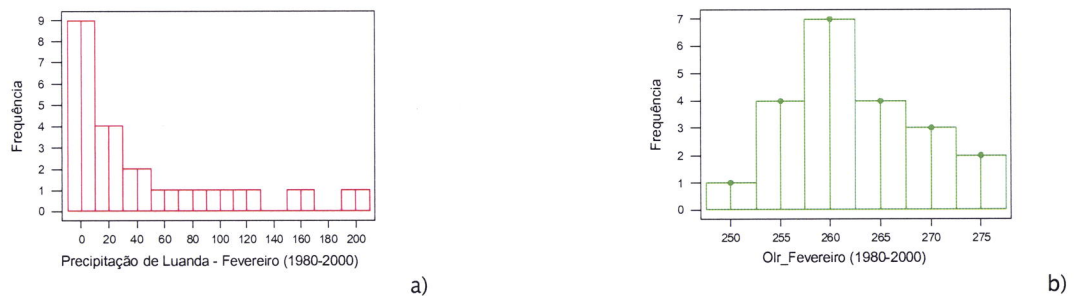


Fig.G.1.–Comportamento dos regimes de precipitação (esquerda) e OLR (direita): a), b) – gráficos de pontos e c), d) histogramas para o mês de Janeiro (1980–2000)

Pela figura acima verifica-se uma forte assimetria que favorece valores baixos de precipitação. Neste período em análise (1980–2000) algumas anomalias são verificadas onde se destaca os anos de 1984 que conforme estudo realizado devem ter tido origem na presença do denominado Niño Benguela e o ano de 1995. A distribuição empírica da OLR é relativamente simétrica com alguns picos de frequência para valores inferiores à 260.

G.1.2 – Fevereiro



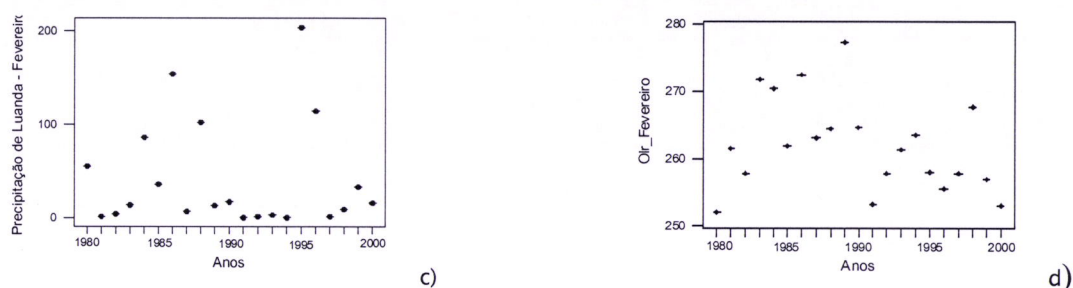


Fig.G.2.- Comportamento dos regimes de precipitação (esquerda) e OLR (direita): a, b) - gráficos de pontos e c, d) histogramas para o mês de Fevereiro (1980-2000)

O mês de Fevereiro tendo denotado as mesmas tendências como Janeiro, ressaltou cinco anos anómalos nomeadamente 1984, 1986, 1988, 1995 e 1996. A distribuição empírica da OLR é quase simétrica com alguns picos de frequência para valores inferiores à 260.

G.1.3 - Março

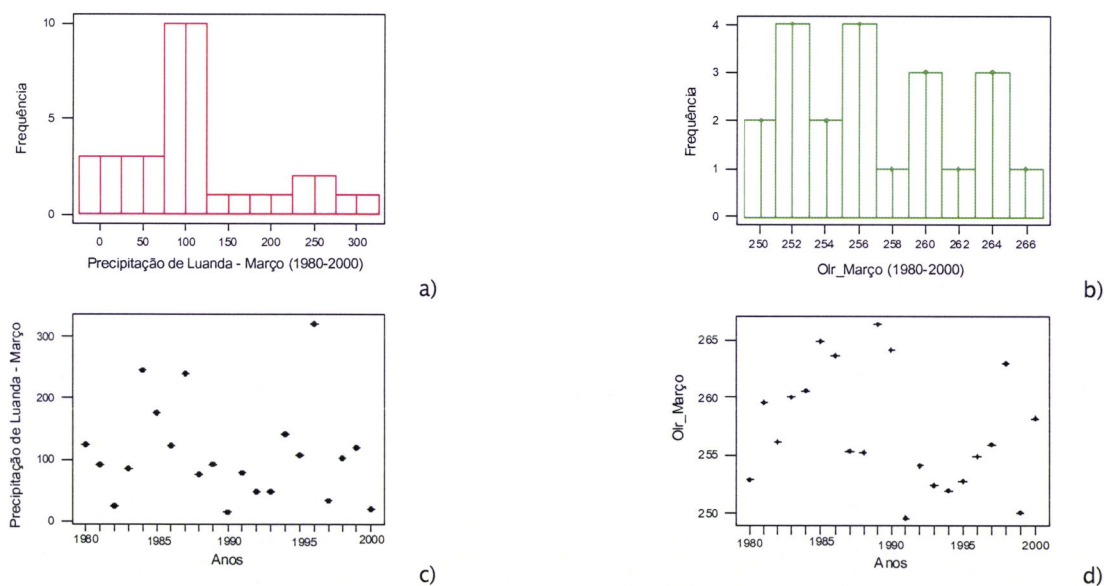


Fig.G.3.- Comportamento dos regimes de precipitação (esquerda) e OLR (direita): a, b) - gráficos de pontos e c, d) histogramas para o mês de Março (1980-2000)

O mês de Março, é considerado como um dos mais pluviosos. Pela figura acima verifica-se uma relativa simetria o que favorece valores mais elevados de precipitação. Apresentou, no entanto, valores anómalos em 1984, 1986 e 1987 A distribuição empírica da OLR é mais assimétrica com alguns picos de frequência.

G.1.4 – Abril

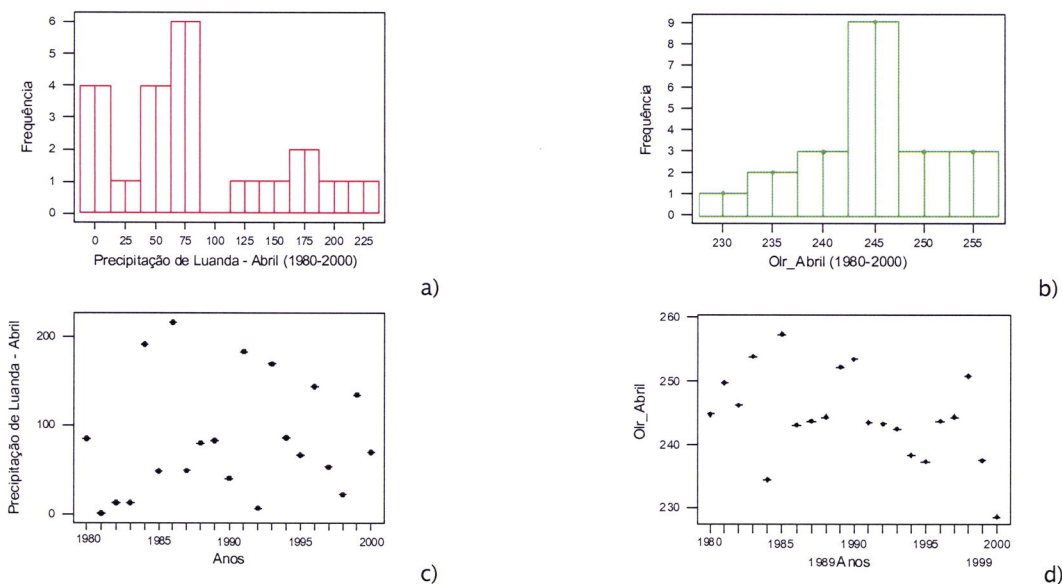


Fig.G.4.- Comportamento dos regimes de precipitação (esquerda) e OLR (direita): a), b) – gráficos de pontos e c), d) histogramas para o mês de Abril (1980–2000)

O mês de Abril tal como o de Março, é considerado como um dos mais pluviosos. Pela figura acima verifica-se uma relativa simetria o que favorece valores mais elevados de precipitação. Apresentou, no entanto, valores anómalos em 1984, 1986 e 1991. A distribuição empírica da OLR é relativamente simétrica concentrada em torno de uma frequência alta..

G.1.5 – Maio

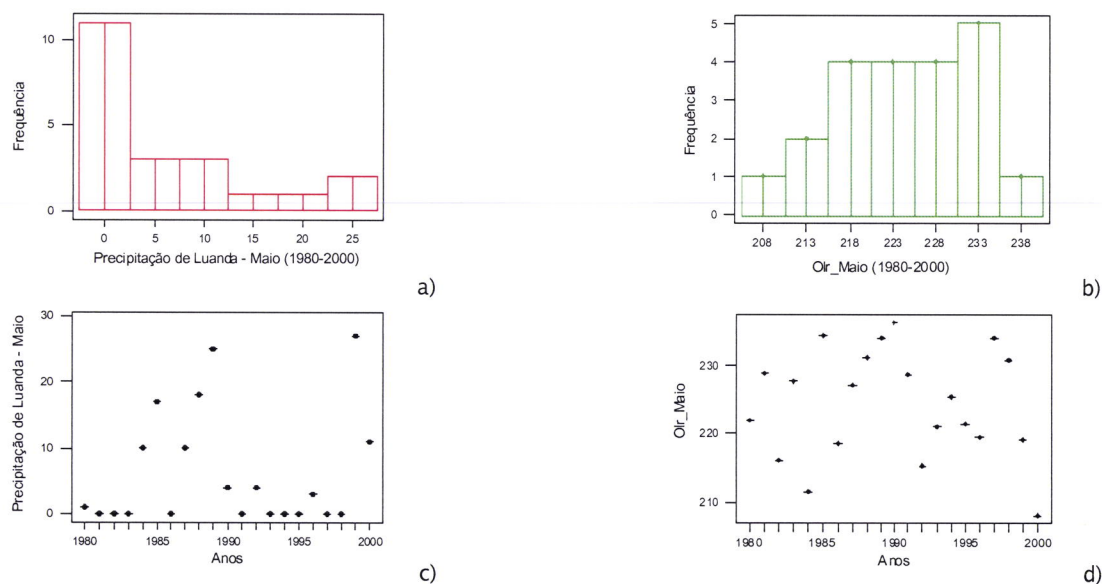


Fig.G.5.- Comportamento dos regimes de precipitação (esquerda) e OLR (direita): a), b) – gráficos de pontos e c), d) histogramas para o mês de Maio (1980–2000)

O mês de Maio é o primeiro da época seca (precipitação quase inexistente e temperaturas mais baixas) Sendo a transição entre o final do período chuvoso e o seguinte, torna-se evidente que se verifique alguma precipitação. No período em estudo verifica-se uma forte assimetria que favorece valores baixos de precipitação e anomalias nos anos 1984, 1985, 1987, 1988, 1989 e 1999. A distribuição empírica da OLR é assimétrica distribuída por baixas frequências observando-se uma concentração abaixo da frequência 233.

G.1.6 - Junho

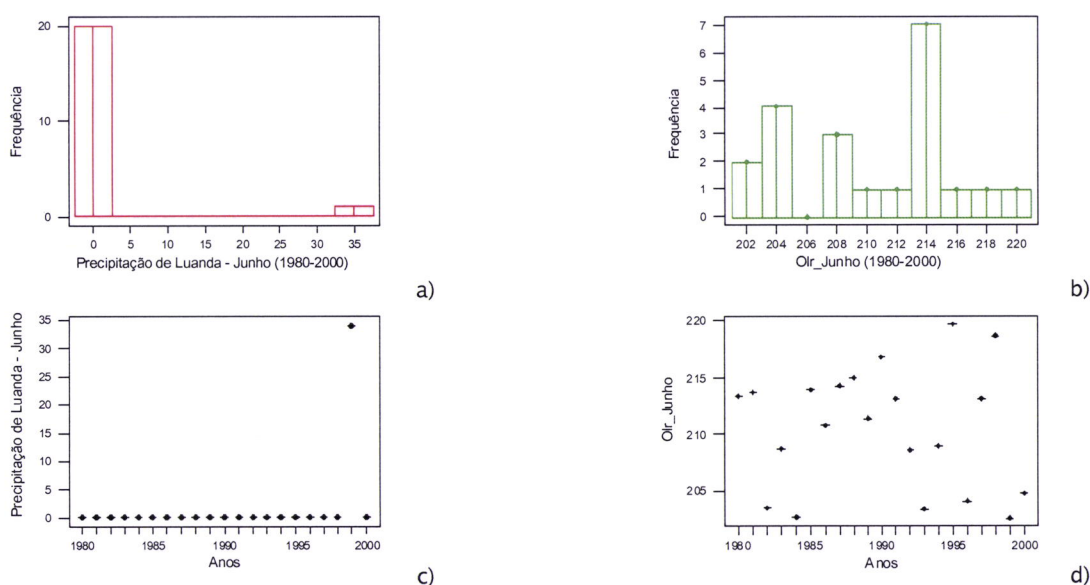
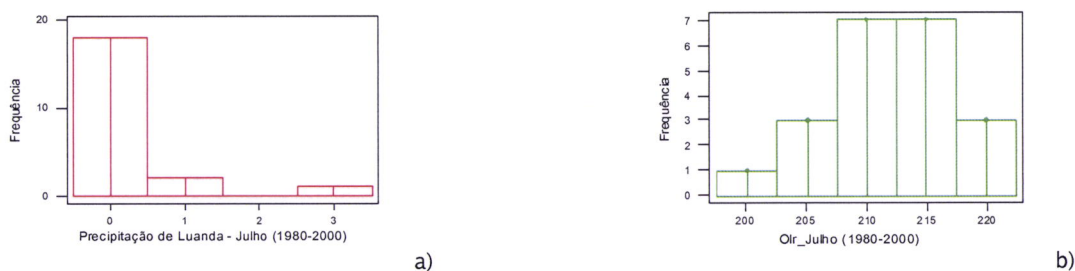
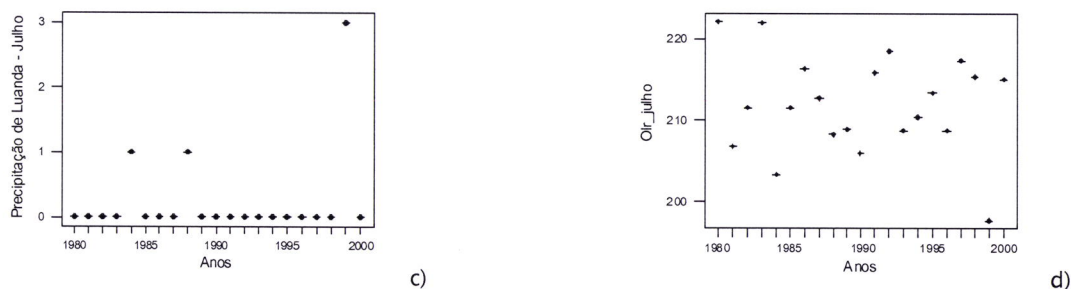


Fig.G.6.- Comportamento dos regimes de precipitação (esquerda) e OLR (direita): a), b) - gráficos de pontos e c), d) histogramas para o mês de Junho (1980-2000)

O mês de Junho sendo o segundo do período é considerado um dos mais secos. Pela figura acima verifica-se uma forte assimetria que atesta valores muito baixos de precipitação onde uma anomalia como a registada em 1999 merece ser estudada. A distribuição empírica da OLR é assimétrica com um pico concentrado em torno de uma frequência baixa.

G.1.7 - Julho





O mês de Julho é o terceiro do período e tal como o anterior, um dos mais secos; Pela figura acima verifica-se uma forte assimetria que atesta valores muito baixos de precipitação mas, algumas anomalias foram verificadas em 1984,1988 e 1999. A distribuição empírica da OLR é relativamente simétrica com valores distribuídos por frequências baixas.

G.1.8 - Agosto

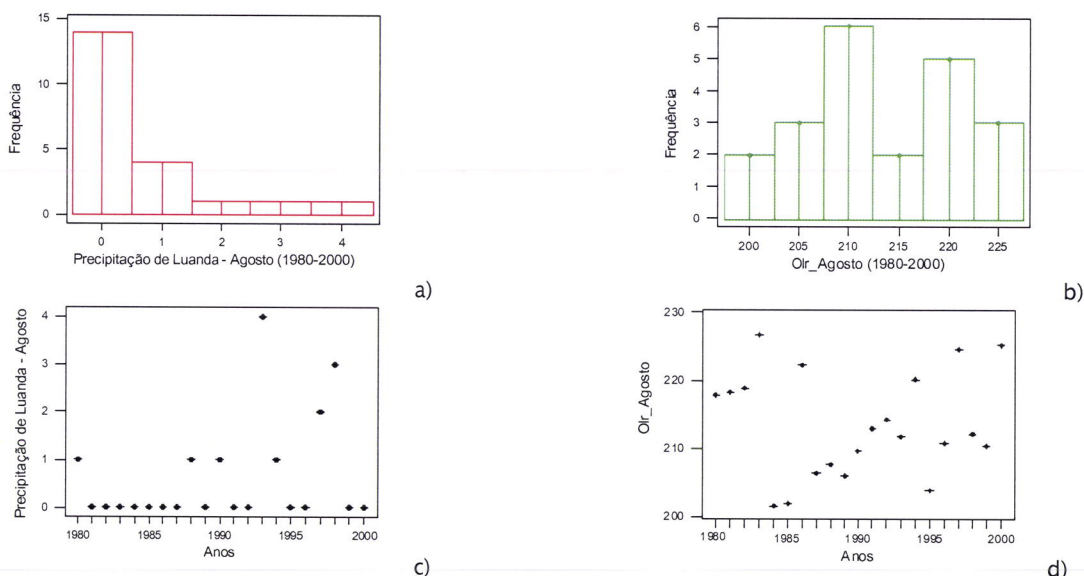


Fig.G.8. - Comportamento dos regimes de precipitação (esquerda) e OLR (direita): a, b) - gráficos de pontos e c, d) histogramas para o mês de Agosto (1980-2000)

Pela figura acima verifica-se uma forte assimetria que favorece valores baixos de precipitação. Neste período em análise (1980-2000) algumas anomalias são verificadas nos anos 1993,1997 e 1998. A distribuição empírica da OLR é relativamente simétrica com dois picos de frequência.

G.1.9 – Setembro

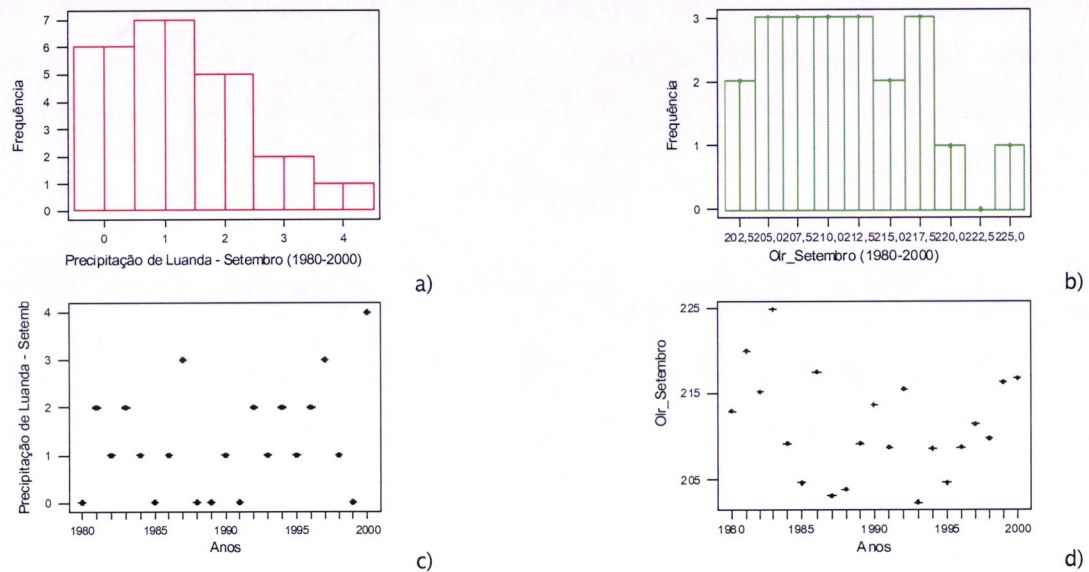


Fig.G.9.– Comportamento dos regimes de precipitação (esquerda) e OLR (direita): a), b) – gráficos de pontos e c), d) histogramas para o mês de Setembro (1980–2000)

No mês de Setembro pela figura acima verifica-se uma forte assimetria que favorece valores baixos de precipitação. Neste período em análise (1980–2000) registou-se uma anomalia no ano 2000. A distribuição empírica da OLR é assimétrica distribuída por frequências baixas.

G.1.10 – Outubro

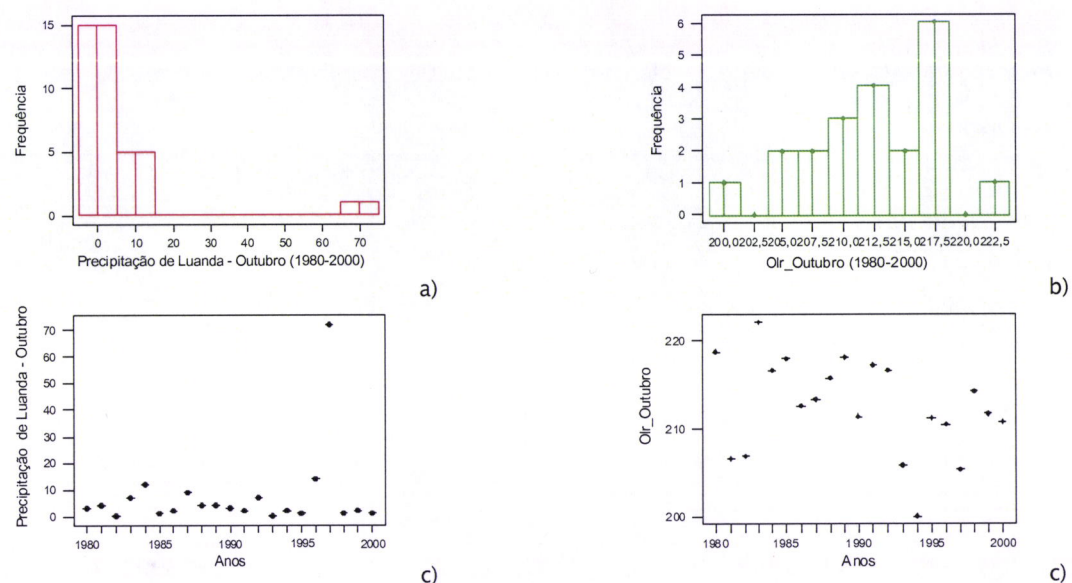


Fig.G.10. – Comportamento dos regimes de precipitação (esquerda) e OLR (direita): a), b) – gráficos de pontos e c), d) histogramas para o mês de Outubro (1980–2000)

Pela figura acima verifica-se uma forte assimetria que atesta valores muito baixos de precipitação mas tendo-se verificado uma anomalia em 1997 A distribuição empírica da OLR é relativamente simétrica com um pico concentrado em torno de uma frequência baixa. (217,5)

G.1.11 – Novembro

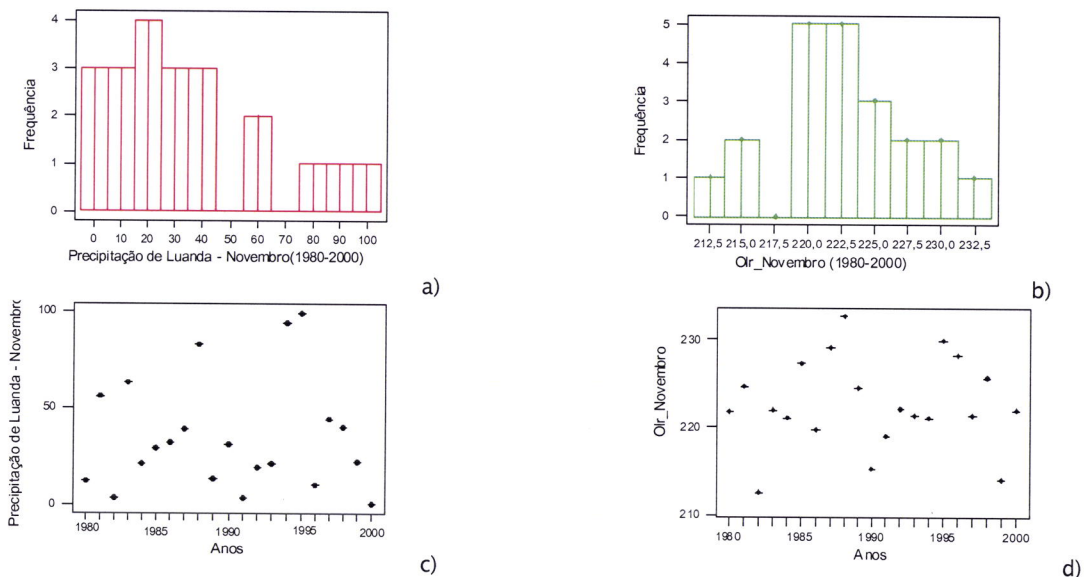
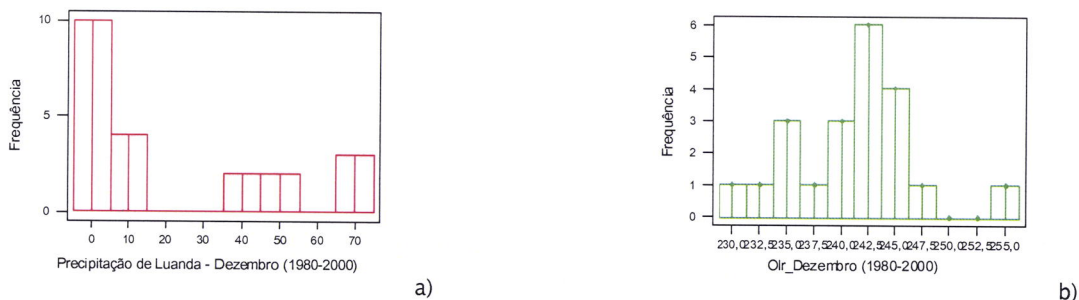


Fig.G.11.- Comportamento dos regimes de precipitação (esquerda) e OLR (direita): a), b) – gráficos de pontos e c), d) histogramas para o mês de Novembro (1980–2000)

Pela figura acima verifica-se uma relativa assimetria o que favorece valores de precipitação um pouco mais elevados. Apresentou, no entanto, valores anómalos em 1988, 1994 e 1995 A distribuição empírica da OLR é relativamente simétrica concentrada em torno de duas frequências baixas

G.1.12 – Dezembro



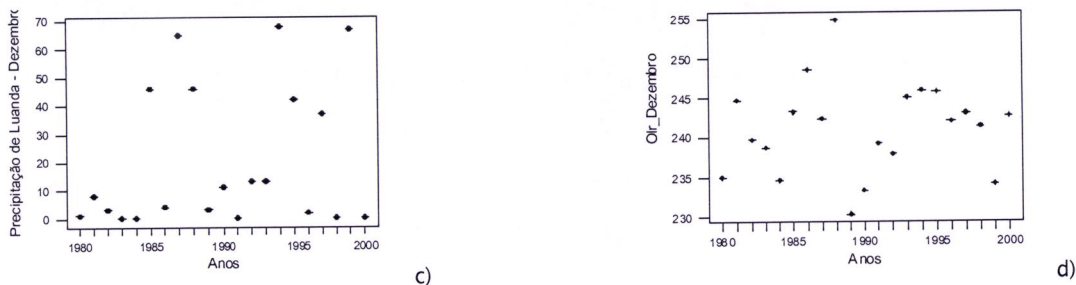


Fig.G.12.- Comportamento dos regimes de precipitação (esquerda) e OLR (direita): a), b) – gráficos de pontos e c), d) histogramas para o mês de Dezembro (1980-2000)

Pela figura acima verifica-se uma assimetria que favorece a ocorrência de valores de precipitação um pouco mais elevados. A distribuição empírica da OLR é relativamente simétrica com um pico de frequências em torno de 245

G.2. TABELA DA CORRELAÇÃO

Tabela G1- Correlação entre a precipitação e a OLR

Correlação – Precipitação/OLR (1980-2000)

	<i>Correlação de Pearson</i>	<i>p- valor</i>
Janeiro	0,186	0,418
Fevereiro	0,072	0,756
Maço	-0,007	0,975
Abril	-0,437	0,048
Maio	0,082	0,722
Junho	-0,337	0,135
Julho	-0,653	0,001
Agosto	0,075	0,745
Setembro	0,245	0,285
Outubro	-0,231	0,315
Novembro	0,459	0,036
Dezembro	0,308	0,174

G.3 – TABELA DA ANÁLISE DAS COMPONENTES PRINCIPAIS

TABELA G.2-ANÁLISE POR COMPONENTES PRINCIPAIS DA MATRIZ DE CORRELAÇÃO								
Período seco			Período chuvoso					
Variable	Factor1	Factor2	Variable			Variable		
			Factor1	Factor2	Factor1	Factor2	Factor1	Factor2
Lua_5	-0,815	-0,080	Lua_1	-0,448	-0,220			
Lua_6	-0,756	0,383	Lua_2	-0,729	0,060			
Lua_7	-0,857	0,300	Lua_3	-0,527	-0,034			
Lua_8	0,250	-0,248	Lua_4	-0,268	0,227			
Lua_9	0,553	0,503	Lua_11	-0,692	-0,042			
Lua_10	0,339	0,101	Lua_12	-0,416	0,348			
Olr_5	0,094	-0,705	Olr_1	-0,355	-0,544			
Olr_6	0,296	-0,745	Olr_2	-0,272	-0,879			
Olr_7	0,781	-0,065	Olr_3	0,081	-0,849			
Olr_8	0,611	0,626	Olr_4	0,248	-0,662			
Olr_9	0,184	0,663	Olr_11	-0,696	-0,099			
Olr_10	-0,199	-0,319	Olr_12	-0,597	0,276			
Variance	3,6056	2,5560	Variance	2,8432	2,5412			
% Var	0,300	0,213	% Var	0,237	0,212			
Período chuvoso			Período seco			Período de transição		
Variable	Factor1	Factor2	Variable	Factor1	Factor2	Variable	Factor1	Factor2
Lua_1	-0,358	0,672	Lua_5	-0,782	-0,316	Lua_9	-0,212	-0,767
Lua_2	-0,149	0,722	Lua_6	-0,838	0,080	Lua_10	-0,193	-0,599
Lua_3	-0,204	0,590	Lua_7	-0,915	0,023	Lua_11	-0,771	0,042
Lua_4	0,057	0,754	Lua_8	0,277	-0,168	Lua_12	-0,699	0,006
Olr_1	-0,644	0,151	Olr_5	0,246	-0,833	Olr_9	0,567	-0,458
Olr_2	-0,948	0,025	Olr_6	0,477	-0,743	Olr_10	0,420	0,644
Olr_3	-0,787	-0,270	Olr_7	0,803	0,221	Olr_11	-0,663	0,417
Olr_4	-0,526	-0,636	Olr_8	0,425	0,635	Olr_12	-0,780	-0,031
Variance	2,4043	2,3915	Variance	3,3403	1,8326	Variance	2,7109	1,7482
% Var	0,301	0,299	% Var	0,418	0,229	% Var	0,339	0,219