

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
CURSO DE MESTRADO EM METEOROLOGIA**

**UMA ANÁLISE DO AMBIENTE SINÓTICO QUE CONTRIBUIU
PARA A BAIXA PLUVIOSIDADE NA PARAÍBA EM 1992.**

POR

HERNANI JOSÉ BRAZÃO RODRIGUES

**CAMPINA GRANDE - PB
AGOSTO - 1995**

HERNANI JOSÉ BRAZÃO RODRIGUES

**UMA ANÁLISE DO AMBIENTE SINÓTICO QUE CONTRIBUIU
PARA A BAIXA PLUVIOSIDADE NA PARAÍBA EM 1992.**

Dissertação apresentada ao curso de
mestrado em Meteorologia da Universidade
Federal da Paraíba, em cumprimento aos
requisitos exigidos para a obtenção do título
de mestre em Meteorologia.

Área de Concentração: Sinótica Dinâmica da Atmosfera Tropical

**Manoel Francisco Gomes Filho
Orientador**

**Campina Grande - PB
Agosto - 1995**



R696a Rodrigues, Hernani José Brazão.
Uma análise do ambiente sinótico que contribuiu para a baixa pluviosidade na Paraíba em 1992 / Hernani José Brazão Rodrigues. - Campina Grande, 1995.
121 f.

Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 1995.
Referências.
"Orientação : Prof. Manoel Francisco Gomes Filho".

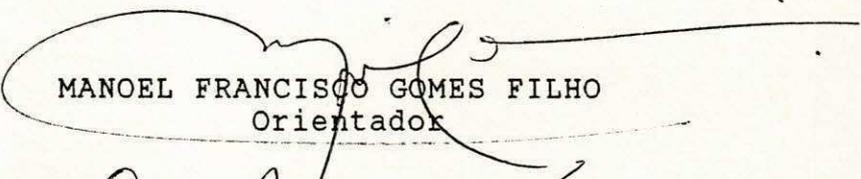
1. Climatologia Sinótica. 2. Frequência da Precipitação Atmosférica. 3. Pluviosidade - Paraíba. 4. Dissertação - Meteorologia. I. Gomes Filho, Manoel Francisco. II. Universidade Federal da Paraíba - Campina Grande (PB). III. Título

CDU 551.582(043)

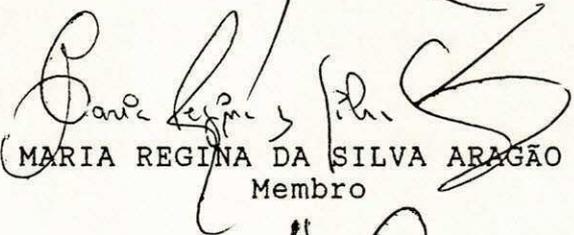
UMA ANÁLISE DO AMBIENTE SINÓTICO QUE CONTRIBUIU PARA A BAIXA
PLUVIOSIDADE NA PARAÍBA EM 1992.

HERNANI JOSÉ BRAZÃO RODRIGUES

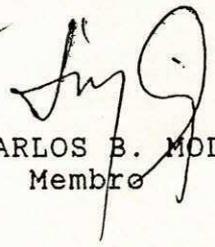
DISSERTAÇÃO APROVADA EM 15/09/95



MANOEL FRANCISCO GOMES FILHO
Orientador



MARIA REGINA DA SILVA ARAGÃO
Membro



LUIZ CARLOS B. MOLION
Membro

CAMPINA GRANDE
SETEMBRO -1995

OFERECIMENTOS

À minha esposa Aurení Maria Correia Rodrigues e minha querida filha
Alicia Andrezza Correia Rodrigues, pelo amor de que compartilhamos.

Aos meus pais Henrique Rodrigues e Alice Brazão Rodrigues, dignos de
todo meu reconhecimento.

Ao meritíssimo, Dr. José Cândido de Moraes, amigo e companheiro que
partiu e nos deixou um grande exemplo de caráter e dignidade (in memoriam).

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal da Paraíba-UFPB (Departamento de Ciências Atmosféricas), que me concedeu a oportunidade de subir mais um degrau na minha formação profissional.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPq, pela concessão da bolsa de estudo a nível de mestrado.

Ao professor Manoel Francisco Gomes Filho, pela orientação e incentivo em todos os momentos da elaboração deste estudo.

Aos professores José Ivaldo Barbosa de Brito e Zenaide Rosa Sobral, pela colaboração e sugestões valiosas aplicadas neste estudo.

À engenheira Eyres Diana Ventura e seu esposo Leônidas Maciel e aos funcionários do Laboratório de Meteorologia e Recursos Hídricos da Paraíba-LMRH-PB, que prestaram valiosa colaboração para realização deste estudo.

Ao amigo Ronaldo Haroldo Nascimento de Menezes, pelo apôio em diversas fases da elaboração deste estudo.

Ao amigo Renato Luiz Bréa Victória e família, pela demonstração de amizade e consideração que tiveram comigo e minha família. Externo aqui meu reconhecimento.

Ao Professor Dimitrie Nechet do Departamento de Meteorologia da UFPA, pelos conselhos e incentivos para vir cursar este mestrado.

E a todos os colegas que contribuíram de forma direta e indireta para realização deste estudo.

RESUMO

O ano de 1992 foi um ano seco no Estado da Paraíba, que apresentou uma redução na sua precipitação anual da ordem de 22%. Diante deste fato, este estudo foi conduzido com o objetivo de identificar quais os parâmetros e fenômenos meteorológicos que estiveram relacionados com a baixa pluviosidade observada neste ano.

Objetivando visualizar com mais detalhes a distribuição das chuvas em todo o Estado, fez-se uso de uma divisão deste em quatro sub-regiões pluviometricamente homogêneas (Sertão, Cariri, Agreste e Litoral) e, a partir daí, verificou-se quais as regiões da Paraíba que foram afetadas pela seca e quais as relações destas regiões com as anomalias climáticas observadas neste período.

Foram analisadas cartas e campos médios mensais de diversos parâmetros meteorológicos, extraídos principalmente do CAC/NWS. As análises mostraram que o Cariri foi a região que mais sofreu os efeitos da seca, com uma redução na sua precipitação anual de aproximadamente 60%, e o Litoral foi a região que menos sofreu estes efeitos. Verificou-se que estes efeitos foram mais observados na parte Oeste do Estado e com menos intensidade na parte Leste. Desse modo, supõem-se que os sistemas produtores de chuvas tenham atuado principalmente no Litoral, que é afetado pelos sistemas dinâmicos das circulações que atuam nas partes Norte e Leste do Nordeste.

Outra característica importante que foi observada é que os fenômenos comumente conhecidos como inibidores da precipitação sobre o Nordeste, não explicam completamente a baixa pluviosidade registrada ao longo do ano de 92 na Paraíba. O que nos levou a sugerir que os efeitos dos aerossóis vulcânicos, presentes na atmosfera desde maio de 1991 com a erupção do Pinatubo nas Filipinas, foram somados aos efeitos do fraco episódio quente ENOS, produzindo condições desfavoráveis às precipitações sobre o NEB e, em particular, sobre a Paraíba.

ABSTRACT

The annual precipitation in the state of Paraíba was reduced by about 22% during the dry year of 1992. Based on this fact a study was conducted with the objective of identifying which of the meteorological parameters and phenomena were related to the low precipitation observed during the year of 1992.

With the objective of conducting a detailed analysis of the rainfall distribution, the Paraíba State was divided into four sub-regions: Sertão, Cariri, Agreste and Litoral. Later it is verified to what extent these regions were affected by the drought and their relations with the climatic anomalies observed during this period.

Mean monthly fields of various meteorological parameters obtained from CAC/NWS were analyzed. The analyses show that the Cariri region of Paraíba suffered greatly from the drought of 1992 with a decrease of about 60% in its annual rainfall, the Litoral region suffered the least, drought conditions were more intense in the western part of the state than in the eastern part.

Another important characteristic observed is that some phenomena generally known as inhibitors of precipitation over NEB do not explain completely the low rainfall registered in the year of 1992 over the Paraíba State. It is suggested that other factors such as the combined effect of presence in the atmosphere of volcanic dust from the 1991 eruption of Pinatubo in the Phillipines and the ENSO episode seem to have played a part in producing unfavourable conditions for precipitation over NEB and particularly over the State of Paraíba.

SUMÁRIO

	Página
1 - Introdução	01
2 - Revisão da Literatura	04
3 - Dados Utilizados e Metodologia.....	16
3.1 - Dados de Precipitação.....	16
3.2 - Dados relacionados com a interação oceano-atmosfera.	16
3.3 - Metodologia Aplicada.....	17
4 - Resultados e Discussões.....	26
4.1 - Distribuição da Precipitação nas sub-regiões da Paraíba em 1992.....	26
4.1.1 - Sertão.....	26
4.1.2 - Cariri.....	31
4.1.3 - Agreste.....	35
4.1.4 - Litoral.....	39
4.2 - Acompanhamento do fenômeno ENOS.....	44
4.3 - Outro Elemento Influenciador do Clima.....	46
4.4 - Monitoramento Mensal dos Fenômenos de Grande Escala e Aspectos Climáticos e Sinóticos Atuantes sobre o Estado da Paraíba em 1992.....	49
4.4.1 - Análise para o mês de Janeiro.....	49
4.4.2 - Análise para o mês de Fevereiro.....	59
4.4.3 - Análise para o mês de Março.....	68
4.4.4 - Análise para o mês de Abril.....	75
4.4.5 - Análise para o mês de Maio.....	81
4.4.6 - Análise para o mês de Junho.....	87
4.4.7 - Análise para o mês de Julho.....	92
4.4.8 - Análise para o mês de Agosto.....	97
4.4.9 - Análise para o mês de Setembro.....	102
4.4.10- Análise para o mês de Outubro.....	102

4.4.11-	Análise para o mês de Novembro.....	107
4.4.12-	Análise para o mês de Dezembro.....	107
5 -	Conclusões.....	112
6 -	Sugestões.....	115
7 -	Referências Bibliográficas.....	116

LISTA DE FIGURAS

		Página
Figura 1.1	Localização do Estado da Paraíba em relação ao Nordeste brasileiro.	03
Figura 1.2	Topografia do Estado da Paraíba	03
Figura 3.1	Distribuição espacial das 56 estações pluviométricas e climatológicas, selecionadas na Paraíba.	22
Figura 3.2	Distribuição climatológica da pluviometria no Estado da Paraíba.	23
Figura 3.3	Mapa da Paraíba com dos desvios normalizados de precipitação em relação à média de longo prazo para 1986 em porcentagem.	24
Figura 3.4	Mapa da Paraíba com os desvios normalizados de precipitação em relação à média de longo prazo para 1989 em porcentagem.	24
Figura 3.5	Mapa da Paraíba com os desvios normalizados de precipitação em relação à média de longo prazo para 1992 em porcentagem.	25
Figura 3.6	Mapa da Paraíba com os desvios normalizados de precipitação em relação à média de longo prazo para 1994 em porcentagem.	25
Figura 4.1	Gráfico comparativo do total da precipitação observada entre os meses de jan. a dez. de 1992, com a climatologia para o Sertão da Paraíba.	27
Figura 4.2	Gráfico do desvio absoluto, da precipitação observada entre os meses de jan. a dez. de 1992 com relação à climatologia para o Sertão da paraíba	27
Figura 4.3	Gráfico do desvio normalizado(%) da precipitação observada entre os meses de jan. a dez. de 1992, com relação à climatologia, para o Sertão da Paraíba.	28
Figura 4.4	Gráfico da distribuição quantitativa da precipitação anual para cada uma da estações utilizadas no Sertão da Paraíba, relacionada com sua respectiva climatologia.	28

	Página	
Figura 4.5	Gráfico comparativo do total de precipitação observada entre os meses de jan. a dez. de 1992, com a climatologia para o Cariri paraibano.	32
Figura 4.6	Gráfico do desvio absoluto da precipitação observada entre os meses de jan. a dez. de 1992, com relação à climatologia para o Cariri paraibano.	32
Figura 4.7	Gráfico do desvio normalizado(%) da precipitação observada entre os meses de jan. a dez. de 1992, com relação à climatologia, para o Cariri paraibano.	33
Figura 4.8	Gráfico da distribuição quantitativa da precipitação anual, para cada uma das estações utilizadas no Cariri paraibano, relacionada com sua respectiva climatologia.	33
Figura 4.9	Gráfico comparativo do total de precipitação observada entre os meses de jan. a dez. de 1992, com a climatologia, para o Agreste paraibano.	36
Figura 4.10	Gráfico do desvio absoluto da precipitação observada entre os meses de jan. a dez. de 1992, com relação à climatologia, para o Agreste paraibano.	36
Figura 4.11	Gráfico do desvio normalizado(%) da precipitação observada entre os meses de jan. a dez. de 1992, com relação à climatologia para o Agreste paraibano.	37
Figura 4.12	Gráfico da distribuição quantitativa da precipitação anual para cada uma das estações utilizadas no Agreste paraibano, relacionada com sua respectiva climatologia.	37
Figura 4.13	Gráfico comparativo do total de precipitação observada entre os meses de jan. a dez. de 1992, com a climatologia, para o Litoral da Paraíba.	40
Figura 4.14	Gráfico do desvio absoluto da precipitação observada entre os meses de jan. a dez. de 1992, com relação à climatologia, para o Litoral da Paraíba.	40

		Página
Figura 4.15	Gráfico do desvio normalizado(%) da precipitação observada entre os meses de jan. a dez. de 1992, com relação à climatologia, para o Litoral da Paraíba.	41
Figura 4.16	Gráfico da distribuição quantitativa da precipitação anual para cada uma das estações utilizadas no Litoral da Paraíba, relacionada com sua respectiva climatologia.	41
Figura 4.17	Representação esquemática da circulação atmosférica de Leste-Oeste (Célula de Walker).	45
Figura 4.18	Gráfico da transmissão atmosférica da radiação solar direta.	47
Figura 4.19	(A) Anomalia global da temperatura média na estratosfera, (B) Anomalia global da temperatura média na troposfera e (C) anomalia de temperatura na estratosfera tropical.	48
Figura 4.20	Isolinhas da precipitação média (climatologia), para janeiro na Paraíba.	51
Figura 4.21	Isolinhas dos totais de precipitação(mm) observada em janeiro de 1992 na Paraíba.	51
Figura 4.22	Isolinhas de desvios absolutos(mm) das precipitações observadas em janeiro de 1992 na Paraíba.	52
Figura 4.23	Isolinhas dos desvios normalizados(%) de precipitação, para janeiro de 1992 na Paraíba.	52
Figura 4.24	seção longitude-tempo das anomalias de radiação de onda longa, para o período de dez/91 a jul/92.	53
Figura 4.25	seção longitude-tempo das anomalias do vento zonal em 850mb, para o período de dez/91 a jul/92.	54
Figura 4.26	Campo de Divergência em 200mb para janeiro de 1992.	55
Figura 4.27	Campo do vetor vento em 200mb para janeiro de 1992.	55
Figura 4.28	Campo de anomalias de pressão ao nível médio do mar para janeiro de 1992.	56

	Página	
Figura 4.29	Campo de anomalias de temperatura da superfície do mar para janeiro de 1992.	56
Figura 4.30	Carta sinótica de superfície, para às 12:00 TMG do dia 07 de janeiro de 1992.	57
Figura 4.31	Campo de radiação de onda longa emitida para o espaço em janeiro/92.	58
Figura 4.32	Campo de anomalias de radiação de onda longa, para janeiro/92.	58
Figura 4.33	Campo de anomalias de temperatura da superfície do mar para fevereiro de 1992.	60
Figura 4.34	Isolinhas da precipitação média (climatologia) para fevereiro na Paraíba.	61
Figura 4.35	Isolinhas dos totais de precipitação(mm) observada em fevereiro de 1992 na Paraíba.	61
Figura 4.36	Isolinhas dos desvios absolutos(mm) das precipitações observadas no mês de fevereiro de 1992 na Paraíba.	62
Figura 4.37	Isolinhas dos desvios normalizados(%) de precipitação, para fevereiro de 1992 na Paraíba.	62
Figura 4.38	Imagem do satélite GOES-7 do dia 22 de fevereiro de 1992 às 15:00 TMG, onde observa-se um vórtice ciclônico de altos níveis sobre o NE.	63
Figura 4.39	Campo do vetor vento(A) e anomalia(B) em 200mb para fevereiro/92.	64
Figura 4.40	Carta sinótica de superfície, para às 12:00 TMG do dia 04 de fevereiro de 1992.	65
Figura 4.41	Carta sinótica de superfície, para às 12:00 TMG do dia 05 de fevereiro de 1992.	66
Figura 4.42	Carta sinótica de superfície, para às 12:00 TMG do dia 06 de fevereiro de 1992.	67

	Página
Figura 4.43	Isolinhas da precipitação média (climatologia), para março na Paraíba. 70
Figura 4.44	Isolinhas dos totais de precipitação(mm) observada em março de 1992 na Paraíba. 70
Figura 4.45	Isolinhas dos desvios absolutos(mm) das precipitações observadas em março de 1992 na Paraíba. 71
Figura 4.46	Isolinhas dos desvios normalizados(%) de precipitação para março de 1992 na Paraíba. 71
Figura 4.47	Campo de anomalias de pressão ao nível do mar para março/92. 72
Figura 4.48	Campo do vetor vento em 200mb, para março de 1992. 72
Figura 4.49	Campo de anomalias de temperatura da superfície do mar para março de 1992. 73
Figura 4.50	Campo de anomalias de radiação de onda longa emitida para o espaço em março de 1992. 73
Figura 4.51	(A)Campo do vetor vento em 850mb para março/92. (B) campo de anomalias do vento em 850mb para março/92. 74
Figura 4.52	Imagem do satélite GOES_E do dia 13 de Abril/92 que mostra a presença de um vórtice ciclônico de altos níveis sobre o Nordeste. 76
Figura 4.53	Isolinhas da precipitação média (climatologia) para abril na Paraíba. 77
Figura 4.54	Isolinhas dos totais de precipitação(mm) observada em abril de 1992 na Paraíba. 77
Figura 4.55	Isolinhas dos desvios absolutos(mm) das precipitações observadas em abril de 1992 na Paraíba. 78
Figura 4.56	Isolinhas dos desvios normalizados(%) de precipitação, para abril de 1992 na Paraíba. 78

	Página
Figura 4.57	Campo de anomalias de temperatura da superfície do mar em Abril/92. 79
Figura 4.58	Campo de anomalias de radiação de onda longa emitida para o espaço em abril de 1992. 79
Figura 4.59	Campo de pressão ao nível médio do mar (A) e anomalias (B) para abril de 1992. 80
Figura 4.60	Isolinhas da precipitação média (climatologia) para maio na Paraíba. 82
Figura 4.61	Isolinhas dos totais de precipitação(mm) observada em maio de 1992 na Paraíba. 82
Figura 4.62	Isolinhas dos desvios absolutos(mm) das precipitações observadas em maio de 1992 na Paraíba. 83
Figura 4.63	Isolinhas dos desvios normalizados(%) de precipitação, para maio de 1992 na Paraíba. 83
Figura 4.64	Mapa do Brasil com os desvios de precipitação(mm) em relação à normal climatológica, para maio de 1992. 84
Figura 4.65	Campo de anomalias de temperatura da superfície do mar, para maio/92 85
Figura 4.66	Campo de anomalias de radiação de onda longa emitida para o espaço em maio de 1992. 85
Figura 4.67	Campo de divergência em 200mb para maio de 1992. 86
Figura 4.68	Campo do vetor vento em 200mb para maio de 1992. 86
Figura 4.69	Isolinhas da precipitação média (climatologia) para junho na Paraíba. 88
Figura 4.70	Isolinhas dos totais de precipitação(mm) observada em junho de 1992 na Paraíba. 88
Figura 4.71	Isolinhas de desvios absolutos(mm) das precipitações observadas em junho de 1992 na Paraíba. 89

		Página
Figura 4.72	Isolinhas dos desvios normalizados(%) de precipitação, para junho de 1992 na Paraíba.	89
Figura 4.73	Campo de anomalias de temperatura da superfície do mar em junho/92	90
Figura 4.74	Campo de anomalias de radiação de onda longa emitida para o espaço em junho de 1992.	90
Figura 4.75	Campo do vetor vento em 850mb, para junho de 1992.	91
Figura 4.76	Campo da divergência em 200mb, para junho de 1992.	91
Figura 4.77	Campo de anomalias de pressão ao nível do mar para junho/92.	92
Figura 4.78	Isolinhas da precipitação média (climatologia) para julho na Paraíba.	93
Figura 4.79	Isolinhas dos totais de precipitação(mm) observada em julho de 1992.	93
Figura 4.80	Isolinhas de desvios absolutos(mm) das precipitações observadas em julho de 1992 na Paraíba.	94
Figura 4.81	Isolinhas dos desvios normalizados(%) de precipitação para julho de 1992 na Paraíba.	94
Figura 4.82	Campo de anomalias de temperatura da superfície do mar para julho/92.	95
Figura 4.83	Campo de anomalias do vetor vento em 850mb para julho de 1992.	95
Figura 4.84	Campo de anomalias de radiação de onda longa para julho de 1992.	96
Figura 4.85	Campo de anomalias de pressão ao nível do mar em julho de 1992.	96
Figura 4.86	Isolinhas da precipitação média(climatologia) para agosto na Paraíba.	98
Figura 4.87	Isolinhas dos totais de precipitação(mm) observada em agosto de 1992 na Paraíba.	98

	Página
Figura 4.88	Isolinhas dos desvios absolutos(mm) das precipitações observadas em agosto de 1992 na Paraíba. 99
Figura 4.89	Isolinhas dos desvios normalizados(%) de precipitação para agosto de 1992 na Paraíba. 99
Figura 4.90	Carta sinótica de pressão à superfície, para às 12:00 TMG do dia 06 de agosto de 1992. 100
Figura 4.91	Campo de anomalias de temperatura da superfície do mar em agosto/92 101
Figura 4.92	Isolinhas da precipitação média (climatologia) para setembro na Paraíba 103
Figura 4.93	Isolinhas dos totais de precipitação(mm) observada em setembro de 1992 na Paraíba. 103
Figura 4.94	Isolinhas dos desvios absolutos(mm) das precipitações observadas em setembro de 1992 na Paraíba. 104
Figura 4.95	Isolinhas dos desvios normalizados(%) de precipitação para setembro de 1992 na Paraíba. 104
Figura 4.96	Isolinhas da precipitação média (climatologia) para outubro na Paraíba. 105
Figura 4.97	Isolinhas dos totais de precipitação(mm) observada em outubro de 1992 na Paraíba. 105
Figura 4.98	Isolinhas de desvios absolutos(mm) das precipitações observadas em outubro de 1992 na Paraíba. 106
Figura 4.99	Isolinhas dos desvios normalizados(%) de precipitação para outubro de 1992 na Paraíba. 106
Figura 4.100	Isolinhas da precipitação média (climatologia) para novembro na Paraíba. 108
Figura 4.101	Isolinhas dos totais de precipitação(mm) observada em novembro de 1992 na Paraíba. 108

	Página
Figura 4.102 Isolinhas de desvios absolutos(mm) das precipitações observadas em novembro de 1992 na Paraíba.	109
Figura 4.103 Isolinhas dos desvios normalizados(%) de precipitação para novembro de 1992 na Paraíba.	109
Figura 4.104 Isolinhas da precipitação média (climatologia) para dezembro na Paraíba.	110
Figura 4.105 Isolinhas dos totais de precipitação(mm) observada em dezembro de 1992 na Paraíba.	110
Figura 4.106 Isolinhas dos desvios absolutos(mm) das precipitações observadas em dezembro de 1992 na Paraíba.	111
Figura 4.107 Isolinhas dos desvios normalizados(%) de precipitação para dezembro de 1992 na Paraíba.	111

LISTA DE TABELAS

		Página
Tabela 3.1	Relação das estações pluviométricas e climatológicas selecionadas no Estado da Paraíba para os anos de 1986, 1989, 1992 e 1994.	21
Tabela 4.1	Dados mensais das precipitações observadas em 1992, comparados com a climatologia, para o Sertão da Paraíba.	29
Tabela 4.2	Distribuição da precipitação na quadra chuvosa de 1992, comparados com a climatologia, para cada sub-região da Paraíba.	30
Tabela 4.3	Dados das precipitações observadas em 1992, comparados com a climatologia, para cada sub-região da Paraíba.	30
Tabela 4.4	Dados mensais das precipitações observadas em 1992, comparados com a climatologia, para o Cariri da Paraíba.	34
Tabela 4.5	Dados mensais das precipitações observadas em 1992, comparados com a climatologia, para o Agreste da Paraíba.	38
Tabela 4.6	Dados mensais das precipitações observadas em 1992, comparados com a climatologia, para o Litoral da Paraíba.	42
Tabela 4.7	Dados mensais das precipitações observadas em 1992, comparados com a climatologia para o Estado da Paraíba.	43

LISTA DE ABREVIATURAS

AB	- Alta da Bolívia
ATSM	- Anomalia de Temperatura da Superfície do Mar
CAC/NWS	- Climate Analysis Center / National Weather Service
Cb	- Cumulonimbo
CPTEC	- Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
DHN	- Diretoria de Hidrografia e Navegação
INMET	- Instituto Nacional de Meteorologia
EN	- El Niño
ENOS	- El Niño / Oscilação do Sul
FUNCEME	- Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
GOES	- Geostationary Orbit Earth Satellite
HN	- Hemisfério Norte
HS	- Hemisfério Sul
IOS	- Índice de Oscilação do Sul
INPE	- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
LCb	- Linhas de Cumulonimbus
NEB	- Nordeste do Brasil
NMC	- National Meteorological Center
PNM	- Pressão ao Nível do Mar
PB	- Paraíba
ROL	- Radiação de Onda Longa
SF	- Sistema Frontal
TMG	- Tempo no Meridiano de Greenwich
TSM	- Temperatura da Superfície do Mar
ZCAS	- Zona de Convergência do Atlântico Sul
ZCIT	- Zona de Convergência Intertropical
SUDENE	- Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste
WMO	- World Meteorological Organization

LISTA DE SÍMBOLOS

Da_i	- Desvio absoluto
Dn_i	- Desvio normalizado pela média
d_n	- Distância da estação ao ponto de grade
m	- metro
mm	- milímetro
mb	- milibar
m^2	- metro quadrado
Pe_i	- Total de precipitação (anual ou mensal)
Pm	- Média dos totais de precipitação (anuais ou mensais)
Km	- Quilômetro
s	- segundo
$^{\circ}N$	- Graus Norte
$^{\circ}S$	- Graus Sul
$^{\circ}E$	- Graus Leste
$^{\circ}W$	- Graus Oeste
$^{\circ}C$	- Graus Celsius
NE	- Nordeste
SE	- Sudeste
%	- Porcentagem
X_i	- Total mensal de precipitação observada
\bar{X}	- Média climatológica dos totais mensais de precipitação
W	- Watts
W_n	- Função Peso
λ	- Longitude
ϕ	- Latitude
$\Delta\lambda$	- Variação da Longitude
$\Delta\phi$	- Variação da Latitude

1 - INTRODUÇÃO

A variabilidade interanual da distribuição de chuvas sobre o nordeste brasileiro, tanto aos níveis espacial como temporal, está intimamente relacionada às configurações da circulação atmosférica e oceânica de larga escala sobre os trópicos. Alguns destes fenômenos climatológicos estão relacionados com a interação oceano-atmosfera (El Niño-Oscilação Sul, Dipolo do Atlântico, Oscilação 30-60 Dias, entre outros). O impacto causado por estes fenômenos pode ser sentido principalmente pela modificação no regime de precipitação e, dependendo da intensidade, esses eventos podem ter conseqüências catastróficas.

Outros sistemas de importância semelhante também devem ser considerados, visto que o posicionamento da Zona de Convergência Intertropical-ZCIT, a atividade convectiva associada a Zona de Convergência do Atlântico Sul-ZCAS, Vórtices Ciclônicos da Troposfera Superior, Ondas de Leste, Brisas e Penetrações de Sistemas extratropicais, também são elementos influenciadores na modificação do regime pluviométrico do Nordeste brasileiro (NEB).

No período de fevereiro a abril, freqüentemente ocorre sobre a Paraíba (Figura 1.1), propagação de sistemas de mesoescala, que se originam no oceano Atlântico e se propagam para o continente segundo uma trajetória zonal desde o litoral até o sertão. Estes sistemas costumam interagir especialmente com as serras da Borborema e do Teixeira (Figura 1.2). Este efeito é sentido de um modo particular na velocidade de propagação e na precipitação associada a esses sistemas.

A atuação de diversos sistemas de circulação atmosférica observados na região Nordeste, faz com que seu regime pluviométrico apresente grande variabilidade, tanto na escala temporal como espacial. Isso sugere que os sistemas produtores de chuvas no Nordeste são bastante diversificados. Portanto, a configuração da distribuição espacial da

precipitação de um ano chuvoso, não é necessariamente a mesma de um outro ano chuvoso. A mesma diversidade pode ser observada para anos secos.

Em geral, a distribuição de chuvas na região Nordeste caracteriza-se por apresentar um maior índice no litoral Norte e Leste, decrescendo para o interior, atingindo um mínimo no semi-árido e voltando a crescer em direção a Oeste.

Grande parte do Estado da Paraíba está situado no polígono das secas do Nordeste, como tal, caracteriza-se do ponto de vista climático, por apresentar grande variabilidade em seu regime pluviométrico, tendo anos com alto índice de precipitação e outros com precipitações abaixo da normal climatológica como ocorreu em 1992. A estação chuvosa, em geral, estende-se de janeiro a junho, porém geralmente concentra-se nos meses de março a maio. Em anos secos, o máximo de precipitação também é observado de março a maio, mas em uma proporção inferior à média climatológica do período.

Os oceanos Atlântico e Pacífico têm importância fundamental como elementos reguladores da distribuição da precipitação sobre o Nordeste brasileiro e como fonte de umidade para a atmosfera. As anomalias de temperatura, que ocorrem em suas superfícies, influenciam direta e indiretamente no aumento ou diminuição da precipitação sobre o Nordeste. O tempo de duração destes períodos secos ou chuvosos, está diretamente relacionado com a duração destas anomalias.

A seca não é a falta absoluta de chuvas, mas sim sua má distribuição no tempo e no espaço. A irregularidade na distribuição das chuvas é que define os fenômenos das secas e das enchentes, alterando o clima da região e fazendo com que muitos estudos tenham sido desenvolvidos por diversos pesquisadores com o objetivo de analisar interligações entre a precipitação e os fenômenos observados em regiões distantes e, a partir daí, estabelecer mecanismos que venham a explicar a causa de tais anomalias sobre o nordeste brasileiro.

No presente trabalho será efetuado um estudo sinótico-dinâmico, através de técnicas de análise objetiva e análise sinótica convencional, com o objetivo de identificar sistemas atmosféricos de meso e grande escala que tenham causado a baixa pluviosidade na Paraíba em 1992.

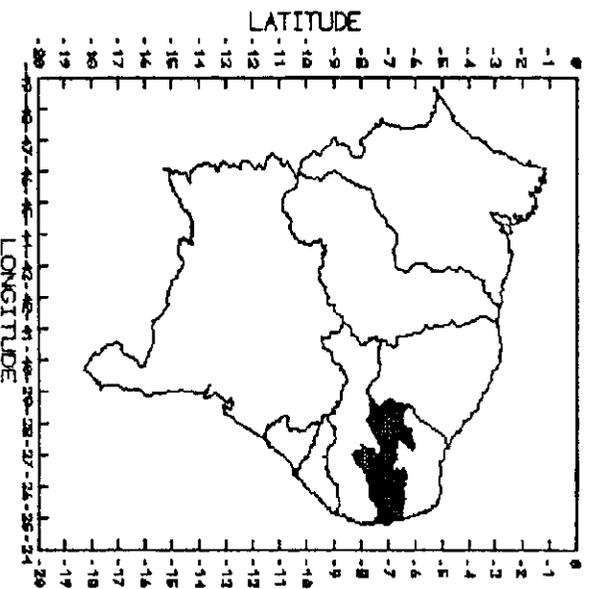


Figura 1.1 - Localização do Estado da Paraíba, em relação ao Nordeste brasileiro.

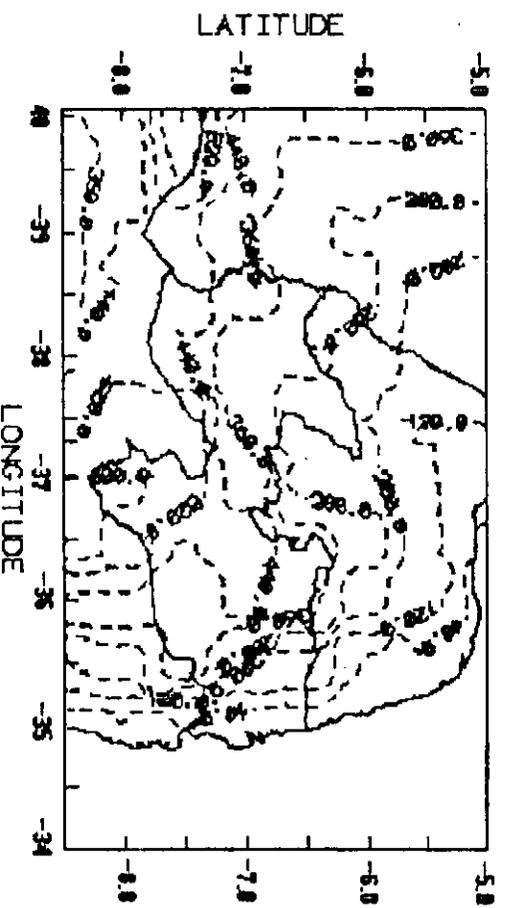


Figura 1.2 - Topografia do Estado da Paraíba. As linhas tracejadas representam as curvas de níveis

2 - REVISÃO DA LITERATURA

A grande variabilidade da precipitação no Nordeste brasileiro, tem sido objeto de vários estudos teóricos e experimentais na tentativa de explicar quais os mecanismos que levam às condições anômalas observadas.

2.1 - A DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DA PRECIPITAÇÃO SOBRE O NEB.

STRANG (1972) e MONTE (1986) identificaram a atuação de três regimes pluviais que atingem a região Nordeste em épocas distintas do ciclo anual, e penetram por direções diferentes na região. Os meses centrais de atuação de cada sistema são: **dezembro**, que foi identificado como regime (12) - Sistemas Frontais que atuam sobre a parte sul do Nordeste; **março**, regime (3) - Posicionamento e intensidade da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) que penetra pela parte norte do Nordeste e **maio**, regime (5) - Sistemas de Brisas, Ondas de Leste e atuação dos sistemas frontais que deslocam a ZCAS sobre a costa Leste da região e aumentam a convergência dos alísios, e que a atuação desses três regimes, determina os regimes de chuvas anuais nas áreas de suas influências.

Com o objetivo de investigar as escalas espacial e temporal dos fenômenos que atuam no regime de chuvas do NEB, MOURA e KAYANO (1986) estudaram a distribuição espacial dos desvios normalizados de precipitação sobre a faixa tropical da América do Sul e parte ocidental da África, utilizando dados disponíveis desde o início do século, até a década de 70 e baseando-se na pluviosidade do período de fevereiro a maio dos anos de precipitação anômala do Nordeste.

A configuração espacial dos desvios de precipitação encontrada, mostra que a precipitação no Nordeste apresenta uma correlação inversa à das Guianas, porém apresenta bastante semelhança com a distribuição de precipitação sobre a região Sul equatorial da África, sugerindo que os fenômenos atmosféricos e oceânicos associados com a seca no NEB não são regionais, mas parecem estender-se desde a América do Sul até a África.

ALVES e REPELLI (1992), com o objetivo de verificar a distribuição de chuvas sobre o setor norte do NEB durante os anos de eventos de (ENOS), analisaram a influência de tal fenômeno sobre a região como um todo e nas várias micro-regiões homogêneas da mesma. Os resultados mostraram que existe uma tendência muito forte de que nos anos de ocorrência de eventos ENOS, a quadra chuvosa do setor Norte do NEB, situe-se bem abaixo da Climatologia, principalmente se a fase madura do fenômeno coincidir com as estações de verão e outono do hemisfério sul. Por outro lado, a resposta a este fenômeno, no que diz respeito à distribuição de chuvas intra-regional, é bastante variada. Esta resposta depende de características específicas de cada sub-região, principalmente a sua posição geográfica, seu quadrimestre mais chuvoso e os principais sistemas atmosféricos responsáveis por suas chuvas.

LIMA, RAO e FRANCHITO (1993) estudando a precipitação do litoral Leste do Nordeste brasileiro, mostraram em seus resultados que as chuvas são mais intensas no quadrimestre (abril a julho - AMJJ), contribuindo com 60% para a média anual e possuem um curto período seco de setembro a dezembro (SOND), cuja contribuição para a média anual é de 10%.

A variabilidade interanual da precipitação foi estudada através do cálculo de índices pluviométricos (I_p) anual e sazonal, de acordo com a metodologia descrita por Nobre e Paião (1986). Eles encontraram que a região é caracterizada por uma

variabilidade interanual de precipitação relativamente alta, apresentando anos de secas e enchentes severas, as quais abrangem toda a região, e que o litoral é afetado pelos sistemas dinâmicos das circulações que atuam nas partes Norte e Sul do NEB.

2.2 - RELAÇÕES DINÂMICAS ENTRE PARÂMETROS METEOROLÓGICOS DOS OCEANOS ATLÂNTICO E PACÍFICO E AS PRECIPITAÇÕES NO NORDESTE DO BRASIL

WALKER (1928) sugeriu uma possível relação entre a Oscilação do Sul e a precipitação sobre o Nordeste. Esta Oscilação é representada pela diferença de Pressão ao Nível do Mar (PNM) entre a região da alta subtropical do Pacífico Oeste (Tahiti) e a região de baixa pressão que se estende através do Oceano Índico (Darwin). Sua intensidade é definida por um índice chamado de Índice de Oscilação do Sul (IOS), que é utilizado também como indicador das fases de atividade do fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS).

MARKHAM e McLAIN (1977) apresentaram evidências observacionais de uma possível relação entre as anomalias de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) sobre o Atlântico Tropical e as precipitações sobre o NEB. Eles correlacionaram as anomalias de TSM para dezembro sobre uma área a Oeste da África no Atlântico Sul, com as precipitações de janeiro, fevereiro e março para Fortaleza e Quixeramobim entre os anos de 1947 e 1967. Os mapas de correlação mostraram o deslocamento de uma área de auto correlação dirigindo-se para Oeste.

HASTENRATH e HELLER (1977), partindo de características da circulação de larga escala, estudaram as relações de anos extremamente secos e chuvosos no Nordeste brasileiro, com as variações de PNM, vento e TSM no Atlântico Tropical Norte

e Sul e Pacífico Leste. Eles encontraram que o padrão de temperatura da superfície do mar, durante um período de deficiência de precipitação no NEB, é caracterizado por áreas positivas de TSM na ampla faixa através do Atlântico Tropical Norte e Leste do Pacífico, e águas anormalmente frias no Atlântico Tropical Sul.

Observaram, também, que durante o evento de uma seca NEB, a alta subtropical do Atlântico Norte é enfraquecida pelas baixas pressões geradas nas áreas positivas de TSM, enquanto a alta subtropical do Atlântico Sul é intensificada e expande-se mais para Noroeste, deslocando, conseqüentemente, a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e reduzindo, dessa maneira, a precipitação sobre a região.

Alguns anos depois, MOURA e SHUKLA (1981) observaram relações dinâmicas entre a TSM anômala no Oceano Atlântico Tropical e os períodos de seca no Nordeste do Brasil. Eles concluíram que, para anos secos, encontram-se áreas de TSM anômalas positivas no Atlântico Tropical Norte e áreas de TSM anômalas negativas no Atlântico Tropical Sul simultaneamente. Para esta situação, há o surgimento de uma circulação meridional termicamente direta, com um ramo ascendente no Atlântico Tropical Norte, que produz uma intensa zona de convergência, acompanhada de chuva e circulação ciclônica nos baixos níveis. E um ramo descendente no Atlântico Tropical Sul, produzindo circulação anticiclônica nos baixos níveis e uma zona de divergência que inibe a convecção úmida, reduzindo a precipitação.

KAYANO (1982) estudou as relações entre temperatura da superfície do mar e divergência ao nível do mar no Atlântico Tropical, com as precipitações nas regiões Amazônica e Nordeste do Brasil, encontrando resultados consistentes com o mecanismo proposto por Moura e Shukla (1981).

XAVIER et al (1985) definiram duas áreas, a Norte e ao Sul do equador no Atlântico Tropical e estudando um período de 90 anos, mostraram a sincronia dos coeficientes de correlação entre TSM e PNM para um mesmo período. Eles observaram que para um atraso de fase de um mês, as correlações entre TSM e PNM no Atlântico Norte apresentavam um forte índice de correlação. Observaram também fortes correlações entre a TSM no Atlântico Sul e as precipitações no NEB.

HANDLER (1989) defende a hipótese de que os El Niños sejam iniciados, e mantidos pela presença de aerossóis vulcânicos em baixas latitudes na atmosfera, e em fase com o ciclo anual. Para a América do Sul, como a maior parte de sua massa continental está nos trópicos, a fase mais apropriada para os aerossóis ocorrerem em fase com o ciclo anual, seria entre setembro e fevereiro. Handler mostrou doze casos acontecidos entre 1882 e 1988, em que há essa coincidência. Portanto, segundo Handler, os aerossóis em baixas latitudes provocam eventos ENOS.

Por outro lado, a presença de aerossóis em latitudes acima de 30 graus e sua ausência em baixas latitudes, induziriam a um evento de La Niña.

SIEFFERMANN (1990) observa que os efeitos dos aerossóis no clima em um prazo mais longo, depende principalmente da quantidade de SO_2 , uma vez que em presença de vapor d'água, se transforma em gotículas de ácido sulfúrico, que permanecem em suspensão por um a dois anos na atmosfera. Dado esse longo tempo de vida, espalham-se globalmente e aumentam o albedo planetário, reduzindo o fluxo de radiação solar que chega a superfície, com conseqüente resfriamento de alguns décimos de graus na troposfera, o que é suficiente para causar alteração no clima.

LIMA (1991) conclui em seu estudo sobre a variabilidade da precipitação no litoral leste da região Nordeste do Brasil, que vários são os sistemas da circulação que

afetam o regime de chuvas no litoral Leste do NEB. Entretanto, a posição e a intensidade da alta subtropical do Atlântico Sul, parece ser o mecanismo que melhor determina a qualidade da estação chuvosa nessa região, quando as condições atmosféricas e oceânicas são favoráveis. Ela estabelece a seguinte relação: maiores TSM's podem propiciar maior evaporação sobre o Atlântico Sul, causando maior nebulosidade, dependendo da direção do vento, o qual normalmente sopra mais intenso e perpendicular à costa do NEB, na estação chuvosa dessa região. Tem-se então, um transporte maior de vapor d'água para o continente, aumentando assim a precipitação nessa região. Nos anos secos, águas mais frias reduzem a evaporação e, conseqüentemente, a nebulosidade. Este fato, associado a ventos de Sudeste mais fracos, reduzem o transporte de vapor d'água para o continente, reduzindo assim a precipitação. Lima verificou, também, com este estudo, que a correlação entre TSM e a precipitação no litoral leste do Nordeste foi da ordem de 0,53 enquanto que a correlação vento de SE com precipitação foi da ordem de 0,72.

ARAGÃO et al (1994), utilizando um modelo de circulação geral da atmosfera para estudar a estrutura dinâmica da atmosfera sobre o semi-árido do Nordeste brasileiro, encontrou que as relações entre os Oceanos Pacífico e Atlântico são significantes e evidenciam a sensibilidade da precipitação sobre o Nordeste às temperaturas da superfície do mar. O resultado é que as flutuações interanuais estão ligadas àquelas dos oceanos tropicais, em resposta aos fenômenos El Niño-Oscilação Sul e o Dipolo do Atlântico.

MOLION (1994) sugere a hipótese de que a presença de aerossóis vulcânicos na estratosfera impõem efeitos climáticos significativos sobre o clima do planeta. Ele observa que o material particulado disperso na estratosfera sedimenta rapidamente, de tal forma que de 5 a 6 meses após uma explosão, menos de 10% da quantidade estimada inicialmente está presente. O mesmo, porém, não acontece com o dióxido de enxofre (SO₂) que, em presença do vapor d'água, se converte em pequenas gotas de ácido sulfúrico que

permanecem em suspensão por um a dois anos. Dado esse longo tempo de vida, espalham-se globalmente e aumentam o albedo planetário, reduzindo o fluxo de radiação solar que chega à superfície, com um conseqüente resfriamento de alguns décimos de graus, dessa forma a convecção é reduzida e, conseqüentemente, a precipitação pluvial. Propõe, também nesse estudo, que a presença de aerossóis nas baixas latitudes, aumente a freqüência de bloqueios sobre a América do Sul e intensifique a ZCAS, causando estiagem na Amazônia e Nordeste e excesso de chuvas nas regiões Sul e Sudeste do Brasil.

2.3 - A INFLUÊNCIA DOS SISTEMAS SINÓTICOS NO REGIME PLUVIOMÉTRICO DO NEB.

As Ondas de Leste, que atingem o litoral do NEB no período de maio a agosto, estão entre os sistemas produtores de chuvas menos estudados. NEIVA (1975) foi o primeiro a documentar tal distúrbio utilizando dados do NMC em pontos de grade, além de algumas estações de radiossondagem localizadas no Atlântico Equatorial Sul e litoral norte e nordeste do Brasil. Ele observou que as ondas se propagavam com períodos de 4 a 6 dias, tendo comprimento de onda de aproximadamente 6.000km e velocidade de fase de 11 graus de longitude por dia.

YAMAZAKI e RAO (1977), utilizando seqüências temporais de imagens de satélite para o período de 01 de junho a 31 de agosto de 1967, na banda latitudinal de 5 a 10 graus Sul, detectaram aglomerados de nuvens que se propagavam de Leste para Oeste, com velocidade média de 10m/s e comprimento de onda de 4.000km.

KOUSKY (1979), usando três observações diárias de superfície para um período de 10 anos (1961-1970), investigou penetrações de frentes frias e sua influência na precipitação, pressão e nebulosidade sobre o Nordeste brasileiro. Foi selecionada a

estação de Caravelas (BA) para observar as passagens dos sistemas frontais, com base nas seguintes características: direção do vento, queda da temperatura do bulbo úmido e continuidade com as estações mais ao sul do Brasil. Kousky observou, ainda, que nos anos em que há mais chuvas, ocorre igualmente uma maior frequência de passagens frontais e quando o número de passagens de frentes diminui consideravelmente, as variações de pressão, que ocorrem na estação de Caravelas, ocorrem também em estações de latitudes mais baixas, embora a maior parte delas não experimentem as penetrações frontais. Esta ligação latitudinal, concorre para a diminuição da pressão à superfície, causa efeitos convectivos e, conseqüentemente, a precipitação.

Kousky detectou em 10 anos, a passagem de 152 casos de penetrações frontais, concluindo que frentes frias, ou seus vestígios (frentes em dissipação), estão presentes o ano inteiro com maior ou menor intensidade e que estas concorrem para os períodos secos e chuvosos sobre o Nordeste, particularmente sobre a costa leste.

BUCHMANN (1981), estudando as variações dos sistemas sinóticos de pressão nas latitudes médias e altas do Hemisfério Norte, que poderiam ter influência na ocorrência de períodos secos e chuvosos no NEB, observou que os campos de anomalias do vento, com relação aos campos dos ventos normais climatológicos, durante a estação chuvosa do NEB, são relativamente mais intensos nos anos chuvosos e relativamente mais fracos nos anos secos. Ele observou, também, que nos anos chuvosos do NEB, o centro da alta semi-permanente do Atlântico Sul, encontra-se com relação a sua normal climatológica, mais ao Sul e mais ao Norte durante os anos secos.

MARQUES (1981), estudou a energética e o fluxo de vapor d'água na atmosfera sobre o NEB e observou que, durante uma estação de chuva deficiente, não há falta de umidade em baixos níveis na atmosfera sobre o Nordeste. O que falta é um mecanismo dinâmico capaz de transformar vapor d'água em chuva.

O surgimento de vórtices ciclônicos na alta troposfera da América do Sul, está relacionado com mudanças no escoamento de ar superior corrente acima. Estes vórtices consistem em sistemas de baixa pressão em grande escala que se formam na alta troposfera e cuja circulação ciclônica fechada possui o centro mais frio que a periferia. GAN e KOUSKY (1986), analisando o período de setembro/74 a agosto/81, observaram que estes vórtices formam-se com maior frequência nos meses de verão. A formação ou intensificação de sistemas individuais, favorece o fortalecimento da crista nos altos níveis e, conseqüentemente, o cavado, que está a Leste desta, também é intensificado, formando-se o ciclone na alta troposfera. Quando estes penetram no Brasil, afetam a distribuição e a intensidade da precipitação sobre o território brasileiro, em particular sobre o Nordeste.

NOBRE e UVO (1988), estudaram a variabilidade do posicionamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) na faixa equatorial para vários anos e concluíram que, em termos de previsão das anomalias de precipitação sobre o Nordeste, o aspecto mais crítico é que a correlação entre a posição da ZCIT e as anomalias de precipitação naquela região, é relativamente baixa, o que tende a indicar que apenas a posição da ZCIT não é um bom previsor das anomalias de precipitação que ocorrem sobre o Nordeste brasileiro. Porém foi considerada mais um dos elementos influenciadores na variabilidade de precipitação da região.

Utilizando dados de Radiação de Onda Longa (ROL) do NMC, CHAN (1990) estudou os distúrbios de Leste sobre o Oceano Atlântico Equatorial e encontrou sinais de distúrbios durante todo o ano no campo do vento meridional. As ondas se propagavam para Oeste com velocidade de 9,5m/s e comprimento de onda de 3.300km de março a maio, e velocidade de 15m/s e comprimento de onda de 5.200km de junho a agosto.

KAYANO et al (1990) e BRITO (1990), avaliando o desempenho da Oscilação 30-60 Dias nas variações intrasazonais das chuvas no Nordeste brasileiro, sugeriram que a distribuição temporal da precipitação durante o verão e outono de 1990, esteve diretamente relacionada com a Oscilação 30-60 Dias.

UVO e BRITO (1992), através de um estudo de monitoramento da pré-estação e da estação chuvosa no semi-árido do Nordeste brasileiro de 1992, constataram que o fenômeno El Niño estava associado ao baixo índice pluviométrico observado na região, confirmando a previsão do INPE (Climanálise vol. 6 N°12) que, após configurar as características do fenômeno El Niño em dezembro de 1991, previu que a estação chuvosa da região semi-árida do Nordeste seria abaixo da média. Ficou também evidente, neste estudo, a idéia de que anos secos no Norte do NEB, está associada ao retorno prematuro da ZCIT para posições mais a Norte do equador, pois no início de abril, o recuo da ZCIT encerrou prematuramente a estação chuvosa do semi-árido, fazendo com que os meses de abril e maio apresentassem totais de precipitação bem abaixo da média climatológica.

SAKAMOTO (1993), analisou as características gerais da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e observou que a formação desta está intimamente ligada às penetrações de sistemas frontais (SF) em latitudes mais baixas da América do Sul. Estes sistemas eventualmente estacionam principalmente na região Sudeste, passando a interagir, no seu ramo mais ao Norte, com a convecção tropical sobre a Amazônia. Esta área de convecção, responsável por uma grande liberação de calor latente, cria condições propícias para a manutenção desta zona de convergência.

A variabilidade intrasazonal da ZCAS, da ordem de uma a três semanas, está relacionada com situações de bloqueios (CASARIN, 1982), que caracterizam-se por um sistema de alta pressão, também conhecido como alta de bloqueio, na região onde os

ventos são de Oeste. Quando a alta se estabelece, torna-se persistente e impede a propagação de sistemas transitórios.

Em situações de ZCAS intensa, eventualmente observa-se a alta de bloqueio próxima a América do Sul. Assim, o decaimento ou descaracterização da zona de convergência, resultam em certos eventos de enfraquecimento da alta de bloqueio.

2.4 - A INFLUÊNCIA DE SISTEMAS DE MESOESCALA NO REGIME PLUVIOMÉTRICO DO NEB.

KOUSKY (1980) investigou a variação diurna da precipitação na região Nordeste do Brasil para o período de 1961-1970 e concluiu que, na costa Leste do Nordeste brasileiro, o fluxo médio de precipitação apresenta um máximo noturno ao longo da costa, devido a convergência entre as brisas marítimas e terrestres. E um máximo diurno de até 300km de penetração no continente que estão associados com o avanço da brisa marítima sobre a região. Do mesmo modo, a precipitação na costa do Nordeste é também influenciada pela propagação de aglomerados de nuvens no sentido Leste para Oeste, durante os meses de maio a junho.

PERRELLA (1993) observa, em seus estudos sobre interpretação de imagens de satélite, que as linhas de instabilidade sobre o Nordeste estão associadas à penetração da brisa marítima. Elas são formadas a partir de cumulonimbos de diversos tamanhos que se organizam em linhas ou em curvas. Estas linhas constituem um sistema que se desenvolve associado à circulação de mesoescala, podem persistir por vários dias e propagam-se por muitos quilômetros continente adentro.

GOMES FILHO et al (1994) descrevem a propagação de um sistema de mesoescala, que se origina no dia 15 de março de 1994 no Oceano Atlântico e segue uma

trajetória zonal desde o litoral paraibano até o sertão, onde se dissipa. Nesse estudo, apresenta-se a distribuição da precipitação e a velocidade de propagação do sistema ao longo da sua trajetória e, ao mesmo tempo, é observado como a topografia do terreno interage com este. As figuras, exibidas nesse trabalho, mostram que o sistema em estudo interagiu com as serras da Borborema e do Teixeira, o que causou alterações na sua intensidade ao longo de sua trajetória.

Observa-se com esta revisão, que a variabilidade interanual da precipitação no Nordeste do Brasil, é resultante de uma diversidade de sistemas atmosféricos de escala global, sinótica e mesoescala, que atuam nesta região e concorrem para os períodos secos e chuvosos que se verificam ao longo dos anos.

3 - DADOS UTILIZADOS E METODOLOGIA

Para o estudo da pluviosidade na Paraíba em 1992, foram utilizados os seguintes dados:

3.1 - DADOS DE PRECIPITAÇÃO

Foram utilizados totais mensais de precipitação de 1986, 1989, 1992 e 1994 e médias de 56 estações climatológicas e pluviométricas selecionadas no Estado da Paraíba (Tabela 01), obtidos do banco de dados hidroclimatológicos da SUDENE. Em média estas estações possuem sessenta e três ou mais anos de observações, entre os anos de 1910 e 1992.

Os dados de precipitação dos anos de 1986, 1989 e 1994, assim como os dados do mapa climatológico da precipitação anual da Paraíba, foram utilizados na comparação com os campos dos desvios normalizados do ano de 1992.

3.2 - DADOS RELACIONADOS COM A INTERAÇÃO OCEANO-ATMOSFERA

Para acompanhamento do comportamento das condições oceânicas e atmosféricas, foram usados os campos médios e anomalias mensais dos seguintes parâmetros: Temperatura da Superfície do Mar (TSM), Pressão ao Nível do Mar (PNM), Radiação de Onda Longa (ROL), Ventos em 850 e 200mb, Divergência em altitude (200mb) e o posicionamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) provenientes do: Climate Analysis Center (CAC) Washington-EUA (Climate Diagnostics Bulletin N° 91/10 a 92/12), Boletim de Monitoramento e Análise Climática (CLIMANÁLISE, Vol. 06 do N°10 ao N°12 e Vol. 07 do N°01 ao N°12) do Centro de Previsão de Tempo e

Estudos Climáticos (CPTEC) e do Monitor Climático (Nº91/10 a 92/12) da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME).

Com exceção da ZCIT, que é analisada numa grade de 2° entre os paralelos de 30°N e 20°S, e os meridianos de 10°E e 60°W, os demais dados são acumulados e as médias são feitas em áreas dispostas em pontos de grade, espaçados em 2,5° de latitude e longitude, para uma área compreendida entre os paralelos de 60°N e 60°S e os meridianos de 90°E e 90°W.

Foram também utilizados neste estudo, as cartas sinóticas de superfície da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) para o mesmo período acima citado.

3.3 - METODOLOGIA APLICADA

A metodologia utilizada, pode ser dividida em quatro partes principais:

A primeira parte, é o cálculo do desvio normalizado anual da precipitação dado por:

$$Dn_i = \frac{(Pe_i - Pm)}{Pm} \times 100\% \quad \text{onde:}$$

Dn_i - Desvio Normalizado anual de Precipitação

Pe_i - Total anual de precipitação de cada estação

Pm - Média dos totais anuais de precipitação para cada estação

Estes desvios normalizados foram calculados e plotados sobre o Estado da Paraíba. Em seguida foram traçadas manualmente suas isolinhas e obtidos os campos de desvio normalizado de precipitação para os anos de 1986, 1989 e 1994 (Figuras 3.3, 3.4 e 3.6) classificados no modelo conceitual de previsão da qualidade da estação chuvosa da região Nordeste do Brasil como: Muito Chuvoso, Chuvoso e Normal, respectivamente. Estes anos foram utilizados para compararmos com o campo dos desvios normalizados de precipitação de 1992, classificado como ano seco (Figura 3.5).

Além disso, foi confeccionado o mapa climatológico da precipitação anual na Paraíba para se definir a distribuição espacial deste parâmetro sobre todo o Estado (Figura 3.2).

A segunda parte foi uma análise estatística da precipitação na Paraíba, utilizando-se basicamente de desvios absolutos (Da_i) dados por:

$$Da_i = (X_i - \bar{X}), \quad \text{onde:}$$

Da_i - Desvio absoluto

X_i - Total mensal observado

X - Média mensal

E os Desvios normalizados de precipitação (Dn_i) em porcentagem para cada mês do ano de 1992, dado por: $Dn_i = ((Pe_i - Pm) / Pm) \times 100\%$

Onde:

Dn_i - Desvio normalizado mensal

Pe_i - Total mensal de precipitação de cada estação

Pm - Média dos totais mensais para cada estação

A média mensal de precipitação de uma determinada sub-região, é dada pelo somatório dos totais mensais observados em cada estação, dividido pelo número de estações desta sub-região.

Ainda nesta parte, com o objetivo de visualizar mais detalhadamente a distribuição das chuvas em todo o Estado, foi feita uma divisão deste em quatro sub-regiões (Sertão, Cariri, Agreste e Litoral), baseado no estudo de Braga e Silva (1990) que utilizaram o método de análise multivariada, mais precisamente o de agrupamento hierárquico ascendente e fazem uma divisão da Paraíba em seis sub-regiões pluviometricamente homogêneas (Sertão, Alto Sertão, Cariri, Agreste, Brejo e Litoral). Para este estudo considerou-se Sertão e Alto Sertão como uma única região que

denominamos de Sertão e Agreste e Brejo também como única região denominada Agreste (figura 3.1).

A terceira parte da metodologia, foi a execução do traçado de cartas das médias climatológicas, total mensal de precipitação para o ano de 1992, desvios absolutos e desvios normalizados pela média, através do aplicativo gráfico SURFER, o qual usa o método de média Ponderada para interpolar os pontos de grade dos valores de X,Y,Z (longitude, latitude e valor da variável que se deseja traçar as isolinhas). A grade utilizada neste estudo, foi de 6 x 4, isto é, seis colunas por quatro linhas. Os pesos são inversamente proporcionais ao quadrado da distância dos pontos da grade, os dados que estiverem fora da grade terão menos influência. O inverso do quadrado da distância foi a função utilizada. Este método é dado por:

$$f(i, j) = \frac{\sum_{n=1}^N f(\lambda, \phi) W_n}{\sum_{n=1}^N W_n} ; \quad \text{onde:}$$

$f(\lambda, \phi)$: é o valor para o ponto de grade

W_n : é uma função peso

N : é o número de pontos de observações

λ : longitude

ϕ : latitude

Para o inverso da distância a uma potência, o peso é dado como:

$$W_n = \frac{1}{d_n^k} ; \quad k=2, k=3 \quad \text{e} \quad d_n = \sqrt{\Delta\lambda^2 + \Delta\phi^2}$$

d_n : é a distância

$\Delta\lambda$: variação de longitude

$\Delta\phi$: variação de latitude

Finalmente, foram traçados os gráficos que mostram a distribuição da precipitação de 1992 em relação a sua Climatologia, para cada uma das 56 estações distribuídas sobre o Estado da Paraíba. Em seguida, foram calculados o percentual da variação da precipitação observada em 92, comparada com a Climatologia para o Estado da Paraíba, para a quadra chuvosa de 92 em relação à Climatologia de cada sub-região e para o ano de 92 como um todo, também para cada uma das regiões já citadas. (Tabelas 4.1 a 4.7)

A quarta parte compreende o emprego de técnicas de análise objetiva e análise sinótica convencional dos campos de precipitação gerados no SURFER, cartas sinóticas de superfície da DHN, campos médios mensais e anomalias dos diversos parâmetros meteorológicos relacionados com a interação oceano-atmosfera, já citados no item 3.2, além das imagens de satélite (de eventos significativos que ocorreram neste período), obtidas do GOES_E, com vistas ao estabelecimento dos sistemas meteorológicos atuantes na região no período estudado e que, espera-se, tenham sido responsáveis pela baixa pluviosidade observada na Paraíba em 1992.

Tabela 3.1: Relação das Estações pluviométricas e climatológicas selecionadas no Estado da Paraíba para os anos de 1986, 1989, 1992 e 1994.

ORDEM	CÓDIGO (Número)	ESTAÇÃO (Nome)	LATITUDE (°:')	LONGITUDE (°:')	ALTITUDE (metros)	PERÍODO (anos)
1	3824396	B.B. Cruz	06:11	37:32	190	52
2	3824751	C. Rocha	06:21	37:45	250	55
3	3825701	B. Cruz	06:21	37:30	190	68
4	3832398	Piloes	06:40	38:31	255	45
5	3832789	Cajazeiras	06:53	38:34	291	77
6	3833413	A. Navarro	06:44	38:27	240	80
7	3833554	Souza	06:45	38:14	200	71
8	3833835	Nazarezinho	06:55	38:20	265	49
9	3834877	Condado	06:54	37:37	260	51
10	3834894	Malta	06:54	37:32	340	68
11	3836715	Sta. Luzia	06:52	36:56	290	81
12	3837028	Picui	06:31	36:22	450	75
13	3837488	Barra Sta. Rosa	06:43	36:04	440	54
14	3837953	Olivedos	06:59	36:15	545	60
15	3838055	Araruna	06:31	35:44	580	78
16	3838575	Bananeiras	06:46	35:38	552	63
17	3838675	Serraria	06:49	35:38	360	51
18	3838962	Areia	06:58	35:42	445	73
19	3839679	Mamanguape	06:50	35:07	54	75
20	3839704	Guarabira	06:51	35:29	89	53
21	3842698	Bonito Sta. Fe	07:19	38:31	575	57
22	3843166	Aguiar	07:05	38:11	280	57
23	3843537	Serra grande	07:15	38:19	585	56
24	3843667	Itaporanga	07:18	38:10	230	72
25	3843992	Nova Olinda	07:28	38:03	315	60
26	3844008	Curemas	07:01	37:58	220	48
27	3844279	Catingueira	07:08	37:37	290	59
28	3844313	Pianco	07:11	37:57	250	69
29	3844448	Olho d agua	07:13	37:46	275	58
30	3845045	Patos	07:01	37:17	250	71
31	3845448	Teixeira	07:13	37:16	770	76
32	3845514	Mae A. Dentro	07:15	37:26	370	54
33	3845583	Desterro	07:17	37:06	590	68
34	3845703	Imaculada	07:23	37:30	750	60
35	3846231	Salgadinho	07:06	36:51	410	57
36	3846434	Taperoa	07:12	36:50	500	71
37	3846894	S. Joao Cariri	07:24	36:32	445	74
38	3847128	Soledade	07:04	36:22	560	75
39	3847188	Pocinhos	07:04	36:04	624	66
40	3848145	Alagoa Nova	07:04	35:47	500	79
41	3848174	Alagoa Grande	07:03	35:38	180	55
42	3848428	Campina Grande	07:13	35:52	508	61
43	3848579	Inga	07:17	35:37	144	80
44	3849006	Mulungu	07:02	35:29	100	53
45	3849254	Sape	07:06	35:14	125	68
46	3849545	Pilar	07:16	35:17	35	44
47	3849636	Itabaiana	07:20	35:20	45	79
48	3853467	Manaira	07:42	38:10	605	57
49	3853499	Princesa Isabel	07:44	38:01	660	83
50	3855779	Monteiro	07:53	37:07	590	64
51	3856314	Sume	07:39	36:56	510	49
52	3857044	Cabaceiras	07:30	36:17	390	66
53	3858467	Umbuzeiro	07:42	35:40	553	82
54	3865397	S. S. do Umbuzeiro	08:09	37:01	600	11
55	3940225	Joao Pessoa	07:07	34:53	5	59
56	3940819	Alhandra	07:26	34:55	49	58

REDE PLUVIOMÉTRICA DA PARAÍBA

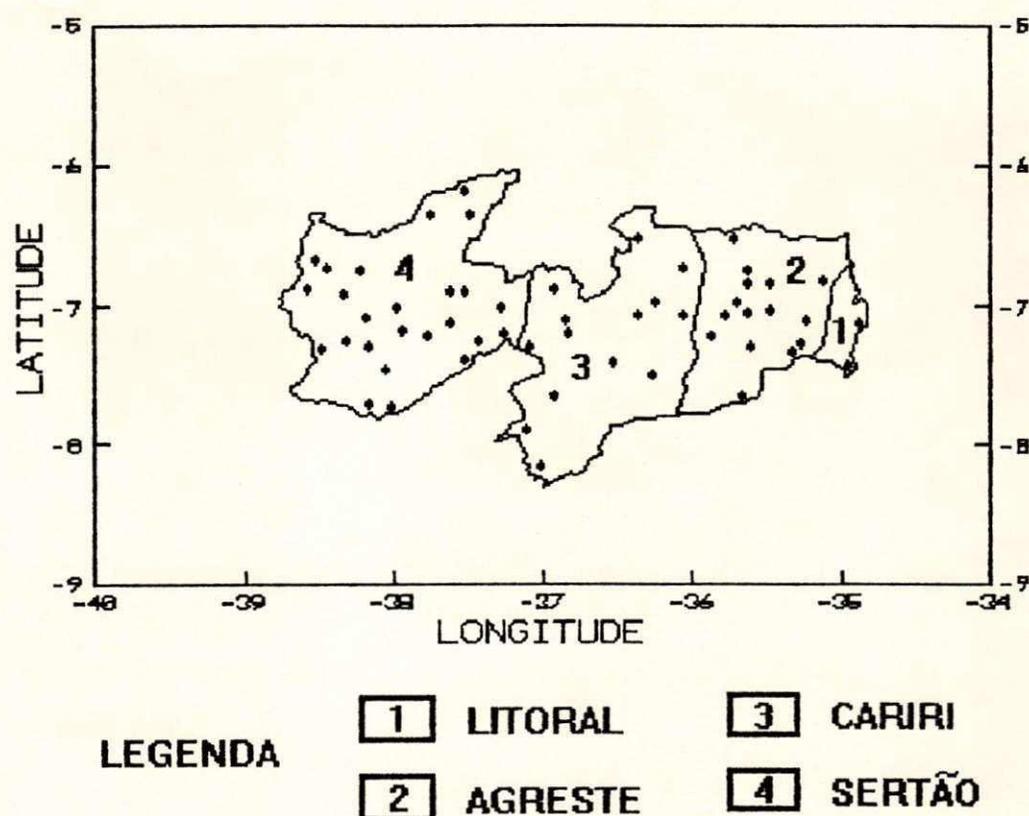


Figura 3.1 - Distribuição espacial das 56 (cinquenta e seis) estações pluviométricas e climatológicas, selecionadas nas quatro sub-regiões da Paraíba para os anos de 1986, 1989, 1992 e 1994.

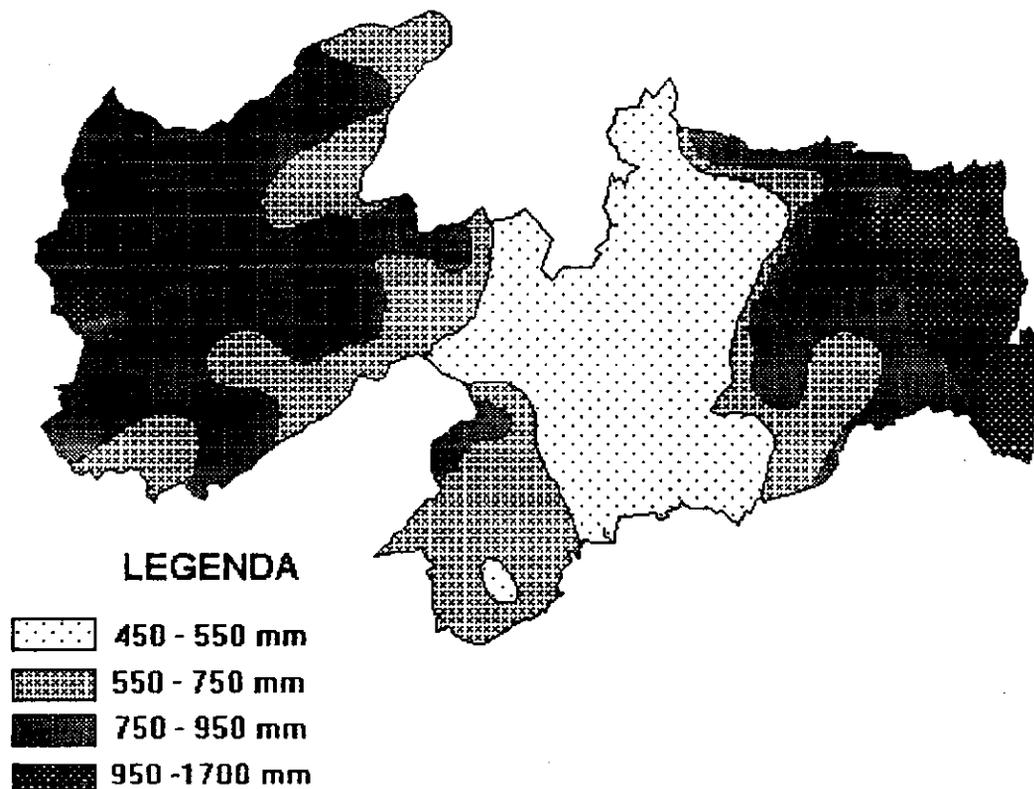


Figura 3.2 - Distribuição climatológica da pluviometria no Estado da Paraíba. As estações utilizadas possuem em média, sessenta e três ou mais anos de observação.

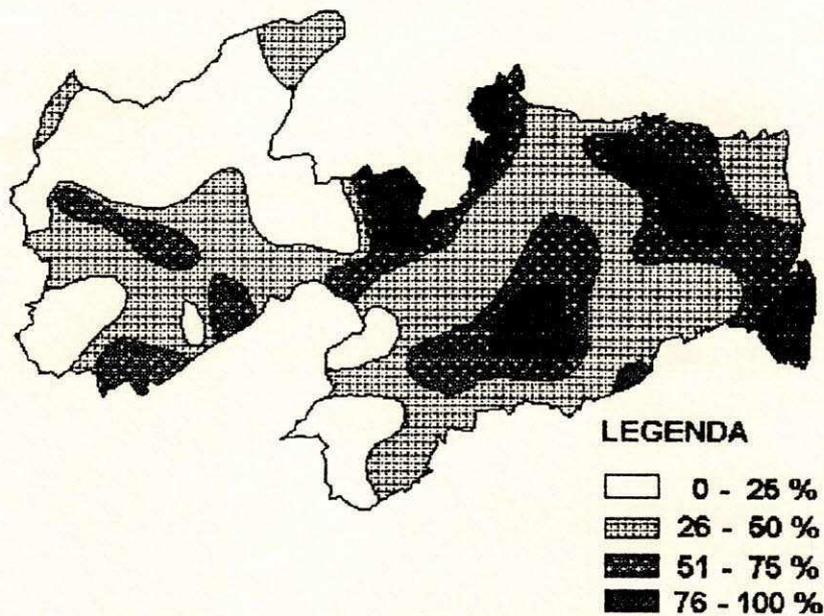


Figura 3.3 - Desvios normalizados de precipitação em relação à média de longo prazo para 1986, em porcentagem.

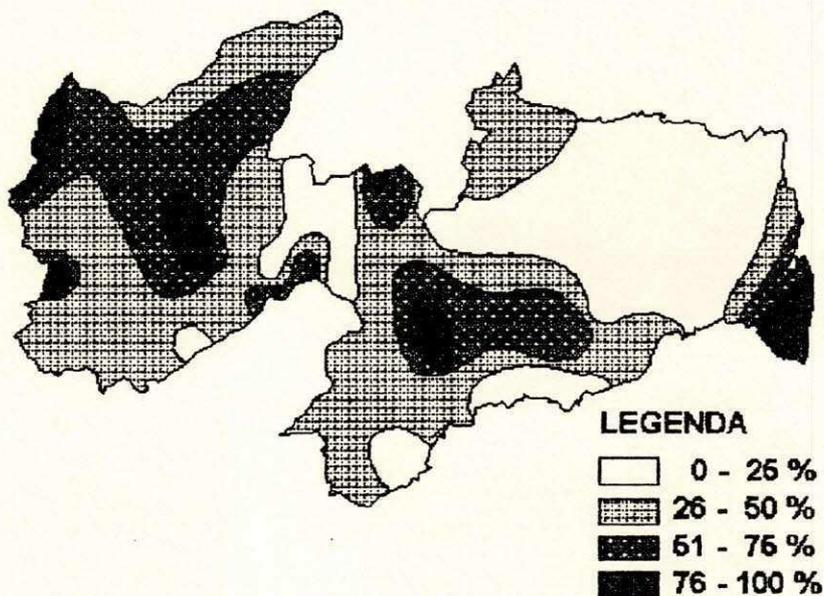


Figura 3.4 - Desvios normalizados de precipitação em relação à média de longo prazo para 1989, em porcentagem.

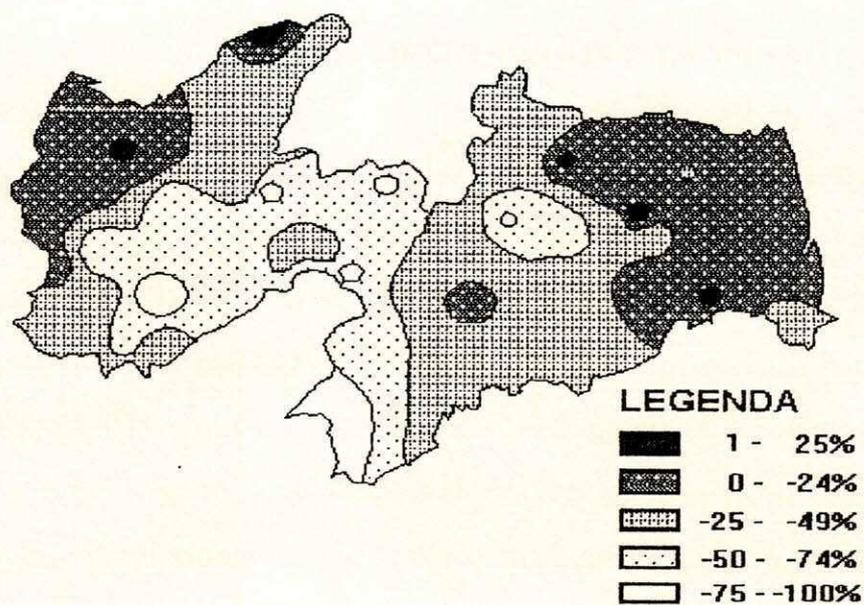


Figura 3.5 - Desvios normalizados de precipitação em relação à média de longo prazo para 1992, em porcentagem.

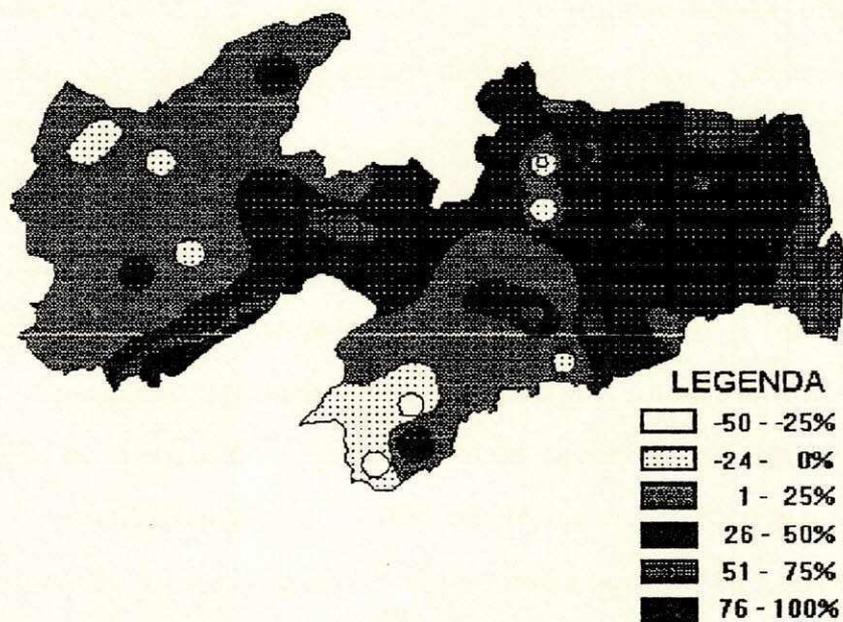


Figura 3.6 - Desvios normalizados de precipitação em relação à média de longo prazo para 1994, em porcentagem.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 - DISTRIBUIÇÃO DA PRECIPITAÇÃO NAS SUB-REGIÕES DA PARAÍBA EM 1992.

4.1.1 - SERTÃO: A estação chuvosa no Sertão da Paraíba em anos considerados normais, ocorre de janeiro a abril. No caso particular de 1992, janeiro apresentou um total de precipitação maior que sua climatologia, atingindo aproximadamente 158mm (Figs. 4.1 a 4.4 e Tabela 4.1), o que correspondeu a 92% de precipitação acima da média do período.

Em fevereiro o total mensal de precipitação ficou ligeiramente abaixo da climatologia, atingindo um índice de aproximadamente 130mm, o que correspondeu a um desvio percentual de aproximadamente -8%. Em março, foi observado um total mensal um pouco maior que o mês anterior. Porém, em relação à climatologia (este é o mês de pico máximo da quadra chuvosa para o Sertão), observamos uma redução de 29.7%. De abril a maio a precipitação ficou em torno de 50% abaixo da climatologia em ambos os meses. Em junho, foi registrado em média, apenas 8,3mm de precipitação no Sertão, o que correspondeu a 28,2% da climatologia. Entre julho e agosto praticamente não houve precipitação, onde observamos que os desvios percentuais, chegam a aproximadamente -100% (Figuras 4.1 a 4.4).

Setembro, assim como janeiro, curiosamente apresentou um total mensal de precipitação maior que a climatologia, aproximadamente 8,0mm, o que correspondeu a 79,5% de precipitação acima da média do período (Figuras 4.1 e 4.3).

Em outubro, praticamente não houve precipitação e de novembro a dezembro, a precipitação ficou em torno de 93% abaixo da climatologia (Figura 4.3).

A quadra chuvosa no Sertão encerrou com um total acumulado de 534,4mm, o que correspondeu a 13,2% abaixo da climatologia que é de 615,8mm (Tabela 4.2)

No Sertão foi observado 589,2mm de precipitação anual, o que correspondeu a 29,2% abaixo de sua Climatologia que é de 832,1mm (Tabela 4.3).

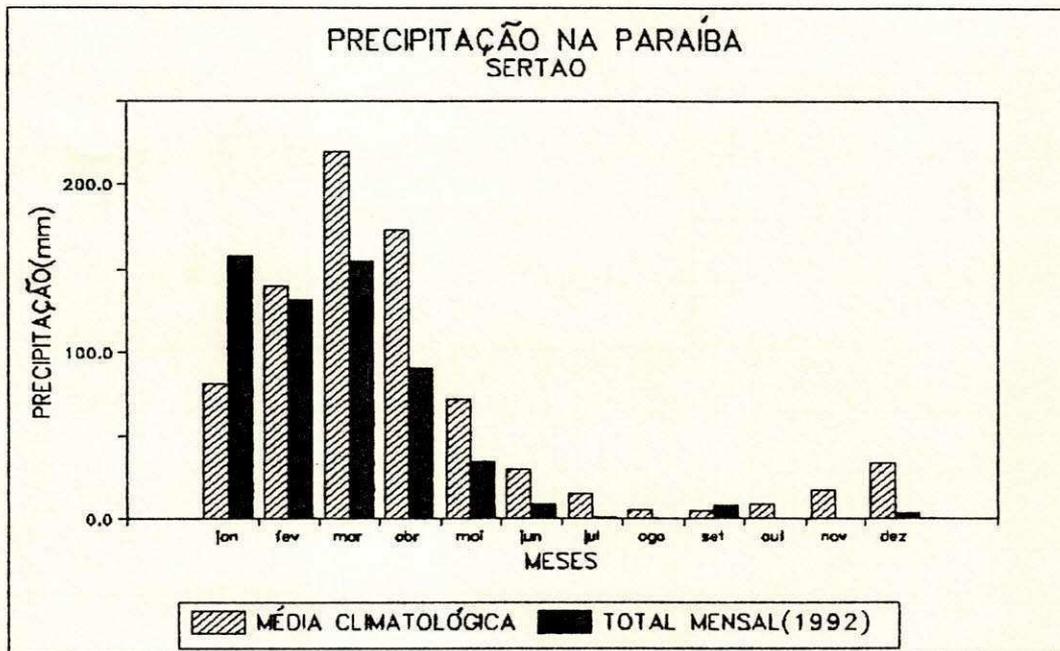


Figura 4.1 - Gráfico comparativo do total da precipitação observada entre os meses de janeiro a dezembro de 1992 com a climatologia, para o Sertão da Paraíba.

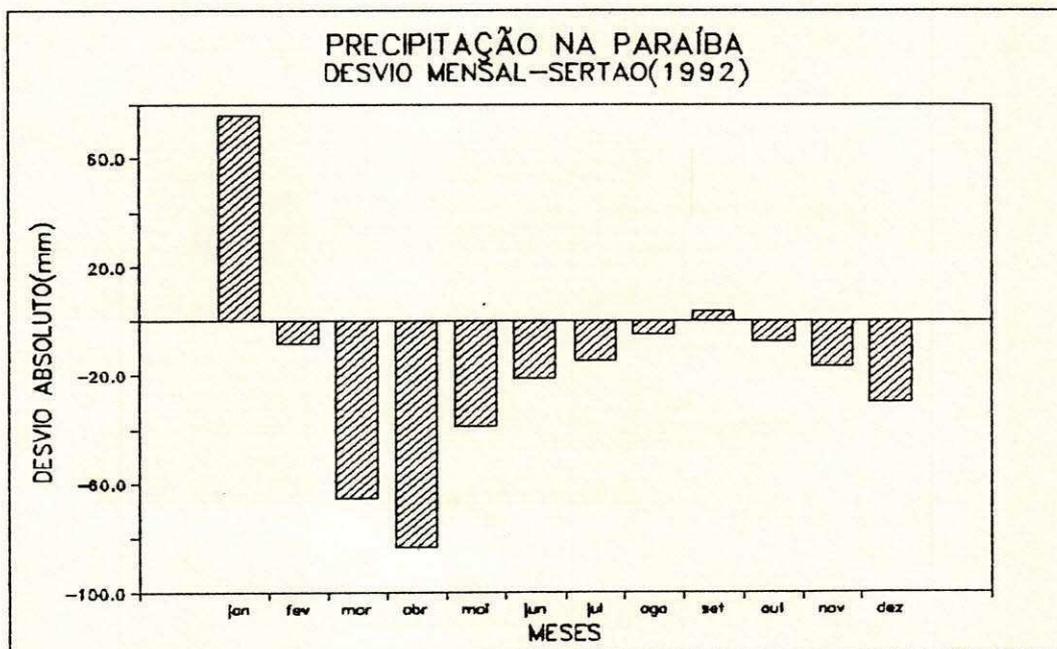


Figura 4.2 - Gráfico do desvio absoluto da precipitação observada entre os meses de janeiro a dezembro de 1992, com relação à Climatologia, para o Sertão da Paraíba.

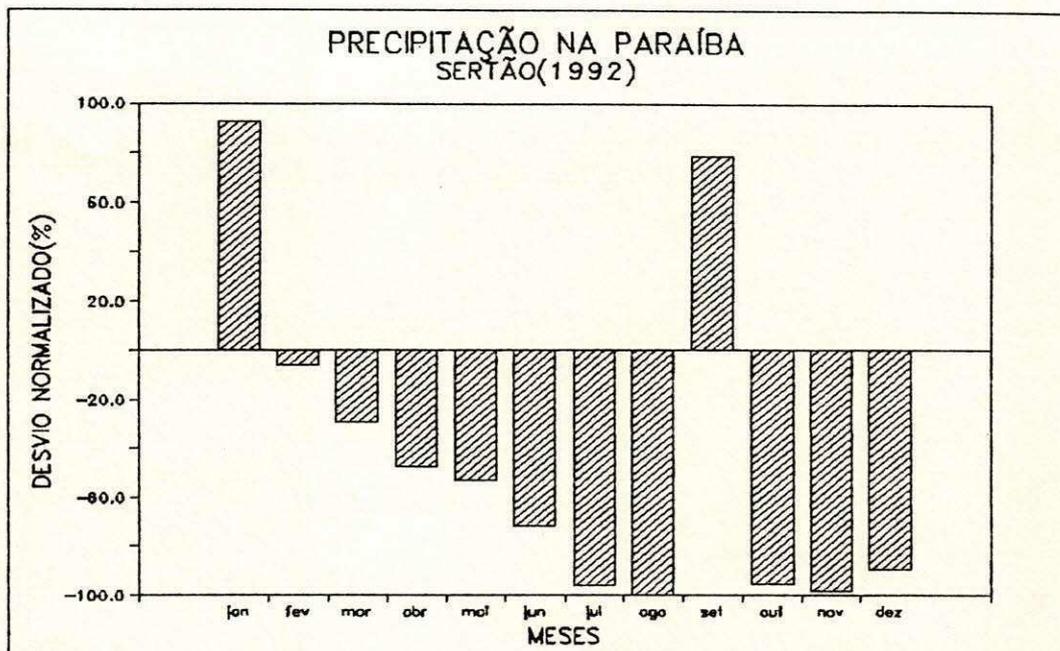


Figura 4.3 - Gráfico do desvio normalizado(%) da precipitação observada entre os meses de janeiro a dezembro de 1992, com relação à Climatologia, para o Sertão da Paraíba.

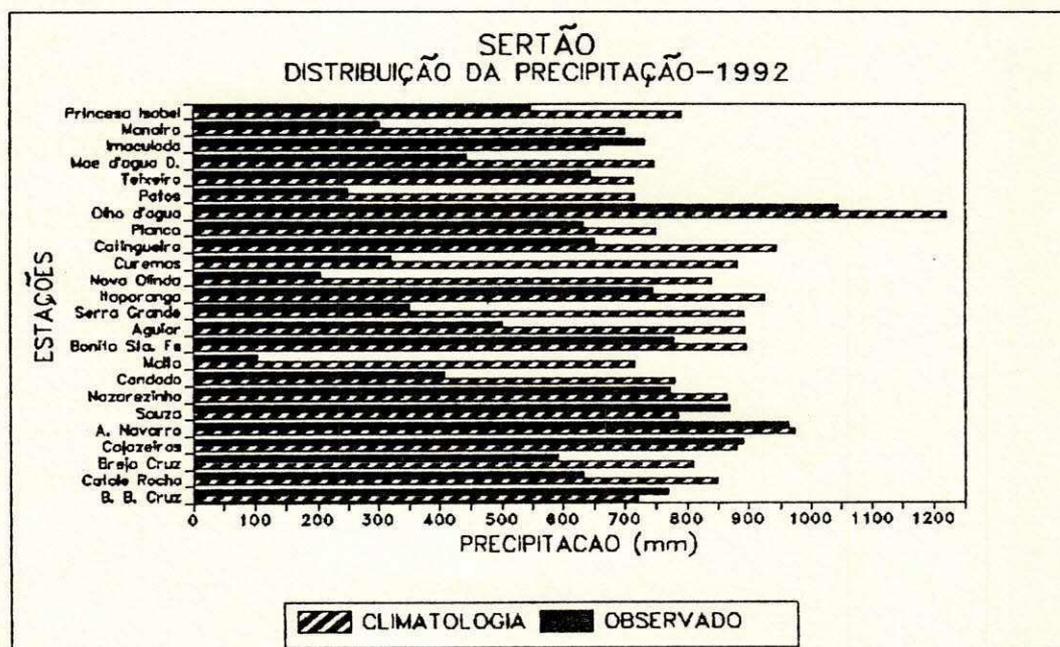


Figura 4.4 - Gráfico da distribuição quantitativa da precipitação anual para cada uma das estações utilizadas no Sertão da Paraíba, relacionada com sua respectiva climatologia.

TABELA 4.1 - Dados mensais das precipitações observadas em 1992, comparados com a climatologia para o Sertão da Paraíba.

Meses	Climatologia (mm)	Observado-92 (mm)	Desvio Absoluto(mm)	Desvio Normalizado (%)
JANEIRO *	82,1	157,7	75,6	92,1
FEVEREIRO *	140,1	131,7	-8,4	-6,0
MARÇO *	219,8	154,6	-65,2	-29,7
ABRIL *	173,8	90,4	-83,4	-48,0
MAIO	72,6	33,9	-38,7	-53,3
JUNHO	29,4	8,3	-21,1	-71,8
JULHO	15,3	0,6	-14,7	-96,1
AGOSTO	5,1	0,0	-5,1	-100
SETEMBRO	4,4	7,9	3,5	79,5
OUTUBRO	8,0	0,3	-7,7	-96,2
NOVEMBRO	17,1	0,3	-16,8	-98,2
DEZEMBRO	33,3	3,5	-29,8	-89,5

* Meses que compõem o quadrimestre chuvoso do Sertão.

TABELA 4.2 - Distribuição da precipitação na quadra chuvosa de 1992, comparada com a climatologia para cada sub-região da Paraíba.

Sub-Região	Quadrimestre chuvoso (meses)	Climatologia (mm) quadra chuvosa (mm)	Total acumulado quadra chuvosa (mm)	Desvio Absoluto (mm)	Desvio Normalizado (%)
LITORAL	A M J J	1033,2	810,9	-222,3	-21,5
AGRESTE	A M J J	532,0	414,2	-117,8	-22,1
SERTÃO	J F M A	615,8	534,4	-81,4	-13,2
CARIRI	F M A M	340,9	71,4	-269,5	-79,1

TABELA 4.3 - Dados das precipitações observadas em 1992, comparados com a climatologia para cada sub-região da Paraíba.

Sub-Região	Climatologia (mm)	Observado-92 (mm)	Desvio (mm)	Desvio Normalizado (%)
LITORAL	1728,1	1602,0	-126,1	-7,3
AGRESTE	1023,2	807,8	-215,4	-21,1
SERTÃO	832,1	589,2	-242,9	-29,2
CARIRI	463,3	189,1	-274,2	-59,2

4.1.2 - CARIRI: Em anos normais a estação chuvosa no Cariri, ocorre de fevereiro a maio. Para o ano anômalo de 1992, observamos que em janeiro choveu em torno de 79mm, o que correspondeu a aproximadamente 175% de precipitação acima da climatologia (Figs. 4.5 a 4.8 e Tabela 4.4). O total médio de precipitação observada em janeiro de 1992 (pré-estação chuvosa do Cariri), é maior que o somatório de toda a quadra chuvosa do Cariri.

De fevereiro a março os totais mensais de precipitação são muito próximos, 18,0 e 19,1mm, o que correspondeu a 68,1 e 81,0% de precipitação abaixo da climatologia, respectivamente. Em abril, choveu mais em relação aos dois meses anteriores, porém, em relação à sua climatologia, observamos que a precipitação ficou 63,2% abaixo desta (Figuras 4.5 e 4.7).

Em maio, não houve precipitação e, de junho a agosto, os totais mensais de precipitação ficaram, em média, 50% abaixo da climatologia (Figura 4.7).

Novamente em setembro, assim como no Sertão, o total mensal de precipitação ficou em torno de 162% acima da climatologia. Porém deve-se ressaltar que esta média é de 3,7mm, e a precipitação observada foi de 9,7mm. De outubro a dezembro não houve registro de precipitação nesta região (Figuras 4.5 e 4.7).

A quadra chuvosa no Cariri (FMAM), encerrou com um total acumulado de precipitação de 71,4mm, o que correspondeu a 79,1% abaixo da climatologia que é de 340,9mm (Tabela 4.2).

Dentre as quatro sub-regiões da Paraíba, o Cariri é climatologicamente a região de menor índice pluviométrico, com um total anual médio de 463,3mm. Em 1992 foi registrado um total anual de 189,1mm de precipitação, o que correspondeu a um desvio percentual de 59,2% abaixo da climatologia. Sendo portanto a região da Paraíba que mais sentiu os efeitos da seca neste ano (Tabela 4.3).

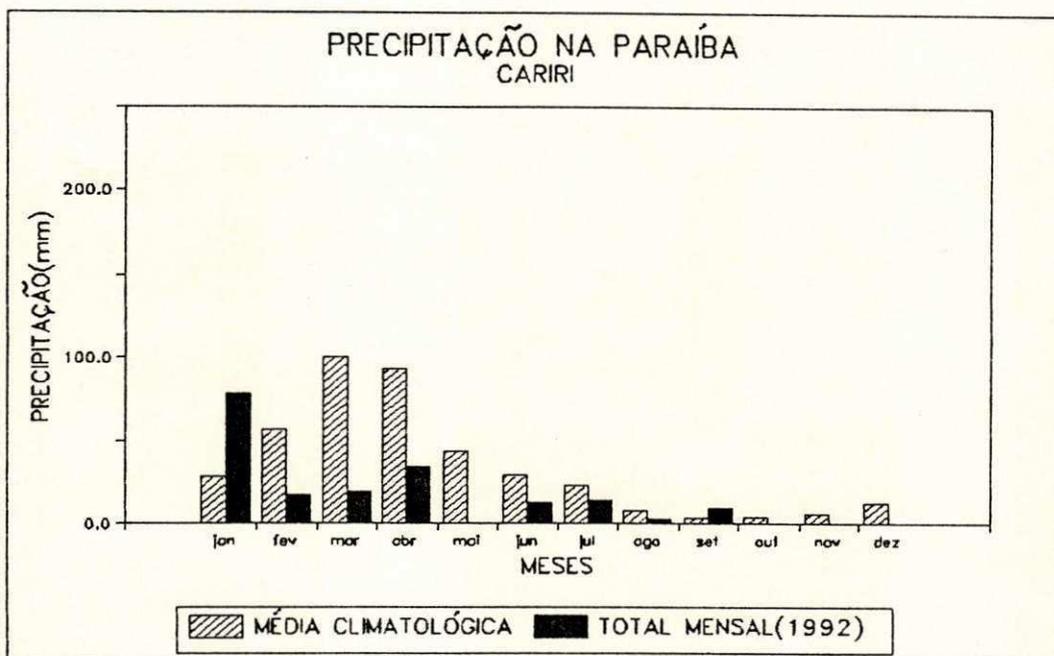


Figura 4.5 - Gráfico comparativo do total da precipitação observada entre os meses de janeiro a dezembro de 1992 com a climatologia, para o Cariri paraibano.

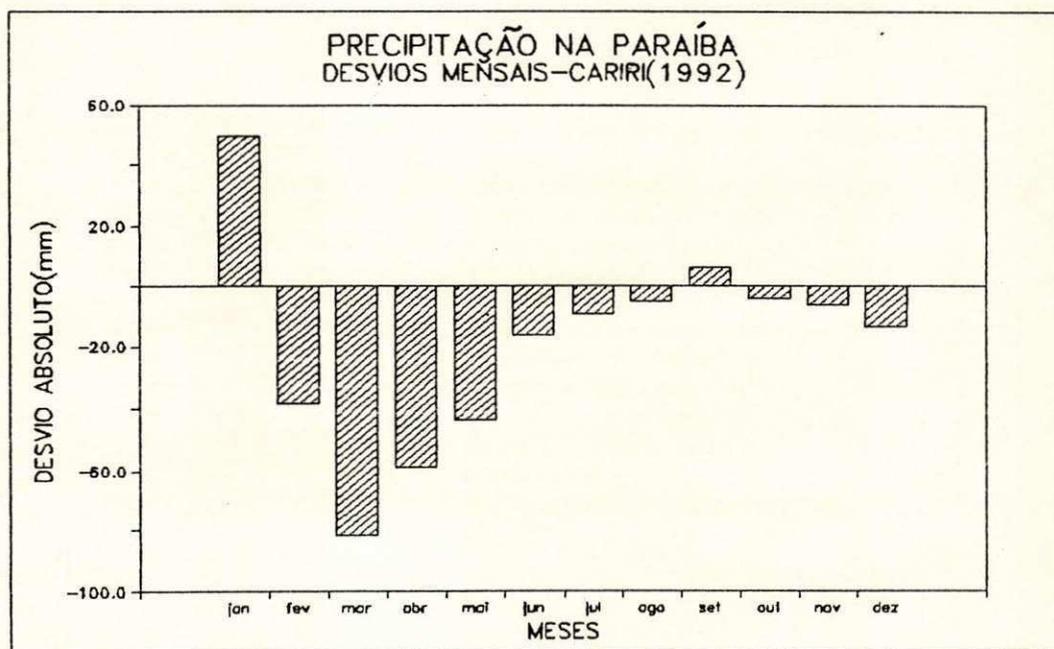


Figura 4.6 - Gráfico do desvio absoluto da precipitação observada entre os meses de janeiro a dezembro de 1992, com relação à Climatologia, para o Cariri paraibano.

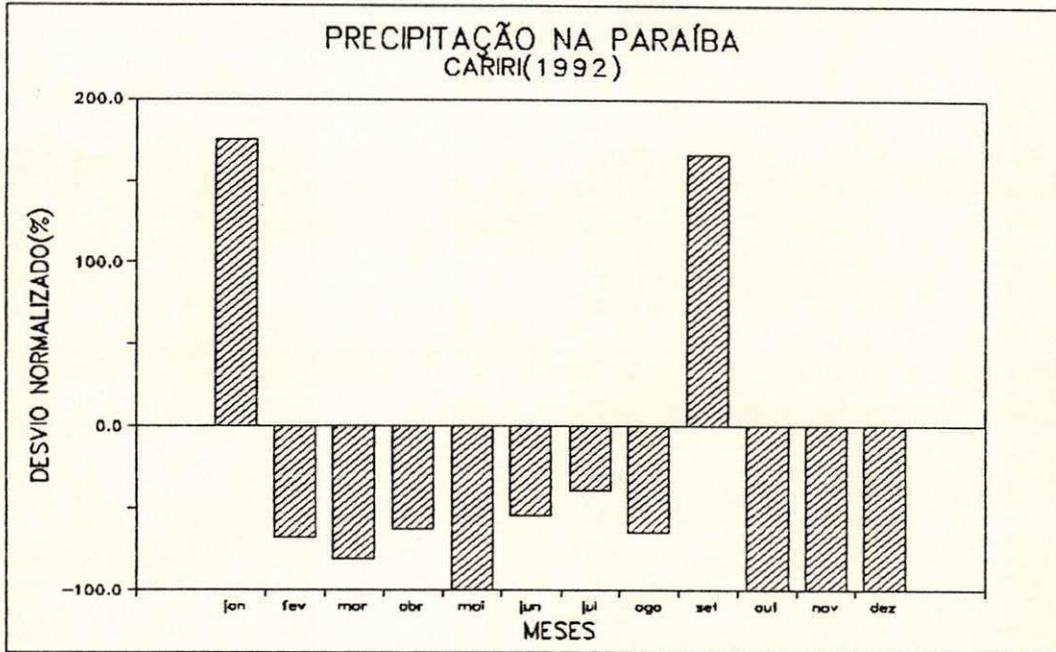


Figura 4.7 - Gráfico do desvio normalizado(%) da precipitação observada entre os meses de janeiro a dezembro de 1992, com relação à Climatologia, para o Cariri paraibano

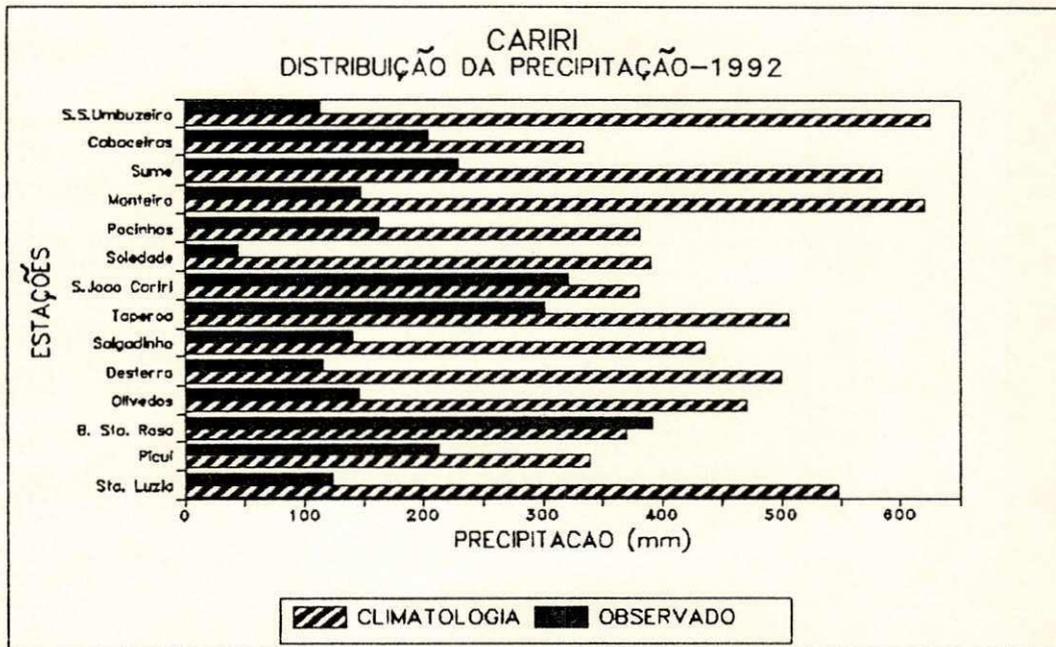


Figura 4.8 - Gráfico da distribuição quantitativa da precipitação anual para cada uma das estações utilizadas no Cariri paraibano, relacionada com sua respectiva Climatologia.

TABELA 4.4 - Dados mensais das precipitações observadas em 1992, comparados com a climatologia para o Cariri da Paraíba.

Meses	Climatologia (mm)	Observado-92 (mm)	Desvio Absoluto(mm)	Desvio Normalizado (%)
JANEIRO	28,5	78,3	49,8	174,7
FEVEREIRO *	56,5	18,0	-38,5	-68,1
MARÇO * #	100,7	19,1	-81,6	-81,0
ABRIL * #	93,2	34,3	-58,9	-63,2
MAIO * #	43,5	0,0	-43,5	-100
JUNHO #	29,0	13,1	-15,9	-54,8
JULHO	22,7	13,8	-8,9	-39,2
AGOSTO	7,9	2,8	-5,1	-64,5
SETEMBRO	3,7	9,7	6,0	162,2
OUTUBRO	4,2	0,0	-4,2	-100
NOVEMBRO	6,0	0,0	-6,0	-100
DEZEMBRO	13,2	0,0	-13,2	-100

* Meses que compõem a quadra chuvosa do Cariri Ocidental.

Meses que compõem a quadra chuvosa do Cariri Oriental.

4.1.3 - AGRESTE: A estação chuvosa no Agreste paraibano, em anos considerados normais, desenvolve-se entre os meses de abril a julho. No caso particular de ano de 1992, temos janeiro com chuvas em torno de 27% acima da climatologia (Figs. 4.9 a 4.12 e Tabela 4.5). No mês seguinte, este valor aumentou e atingiu aproximadamente 48% acima da climatologia. Em março, choveu praticamente igual a climatologia, desvio normalizado de 0,8% (Figura 4.11).

Abril e maio apresentaram totais mensais de precipitação abaixo da climatologia, 25,6 e 61,8%, respectivamente (Figura 4.11).

Em junho, voltou a chover acima da climatologia (aproximadamente 14%). E, de julho a agosto (a partir deste mês temos o início da estação seca no Agreste), choveu em torno de 19% abaixo da climatologia (Figura 4.11).

Em setembro, assim como no Sertão e Cariri, também choveu no Agreste em torno de 17% acima da climatologia (Figura 4.11).

Em outubro, praticamente não houve precipitação (desvio normalizado de -98,8%). Em Novembro, houve registro de precipitação em 9 das 15 estações desta sub-região, totalizando uma precipitação média mensal de 7,8mm, o que correspondeu a 58,5% abaixo da Climatologia (Figura 4.9 e 4.12).

Em dezembro, foi registrado em média, menos de 1,0mm de precipitação total no Agreste, onde pode-se dizer que praticamente não choveu (Figura 4.9).

A quadra chuvosa no Agreste encerrou com um total acumulado de precipitação de 414,2mm, o que correspondeu a 22,1% abaixo da climatologia que é de 532,0mm (Tabela 4.2).

Climatologicamente, o Agreste tem um total anual de precipitação de 1023,2mm, sendo o segundo maior índice de precipitação na Paraíba depois do Litoral, e as precipitações observadas em 1992 ficaram 21,1% abaixo da climatologia (Tabela 4.3).

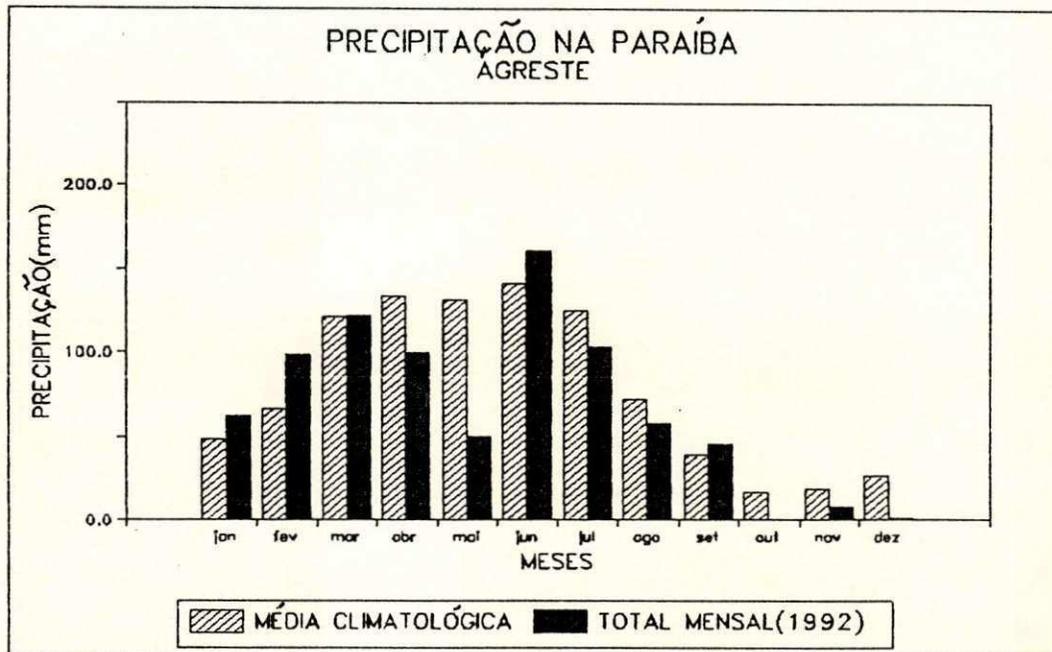


Figura 4.9 - Gráfico comparativo do total da precipitação observada entre os meses de janeiro a dezembro de 1992, com a climatologia, para o Agreste paraibano.

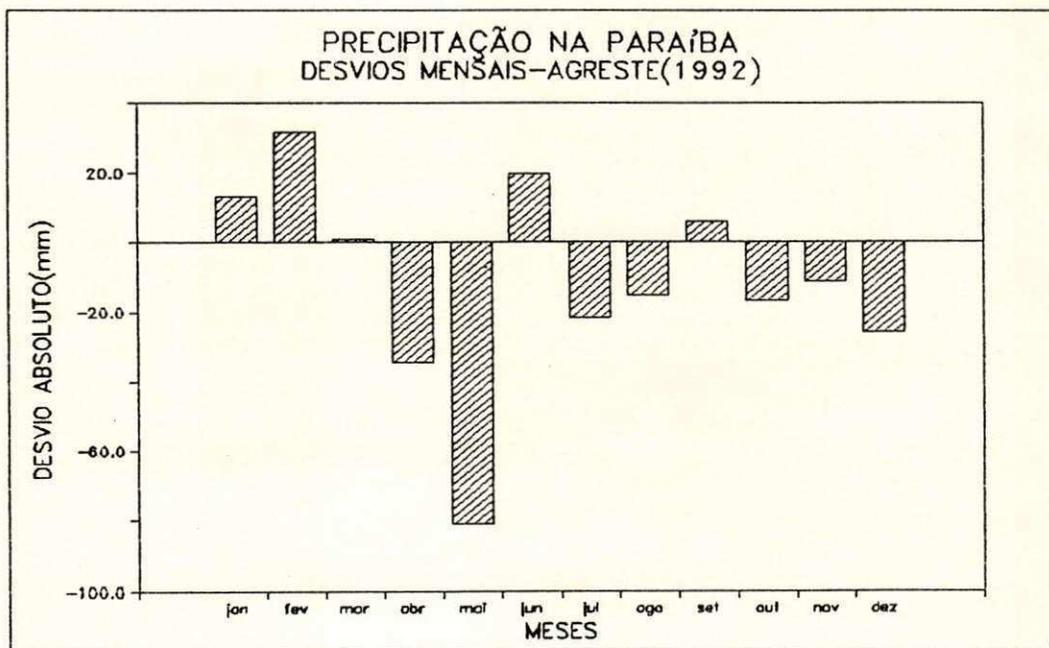


Figura 4.10 - Gráfico do desvio absoluto da precipitação observada entre os meses de janeiro a dezembro de 1992, com relação à Climatologia, para o Agreste paraibano.

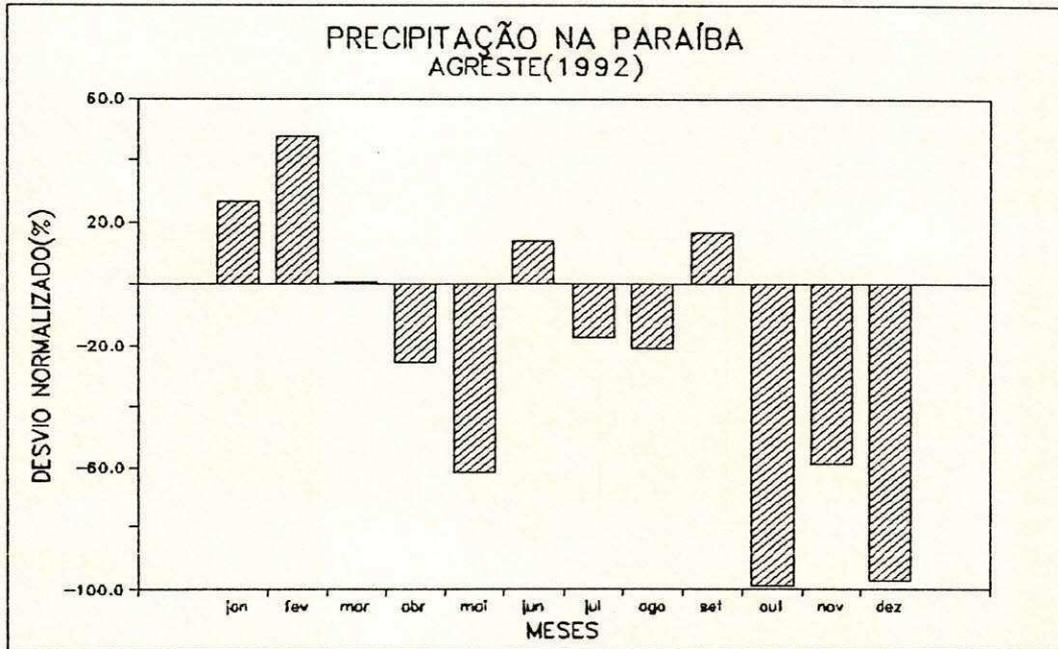


Figura 4.11 - Gráfico do desvio normalizado(%) da precipitação observada entre os meses de janeiro a dezembro de 1992, com relação à Climatologia, para o Agreste paraibano.

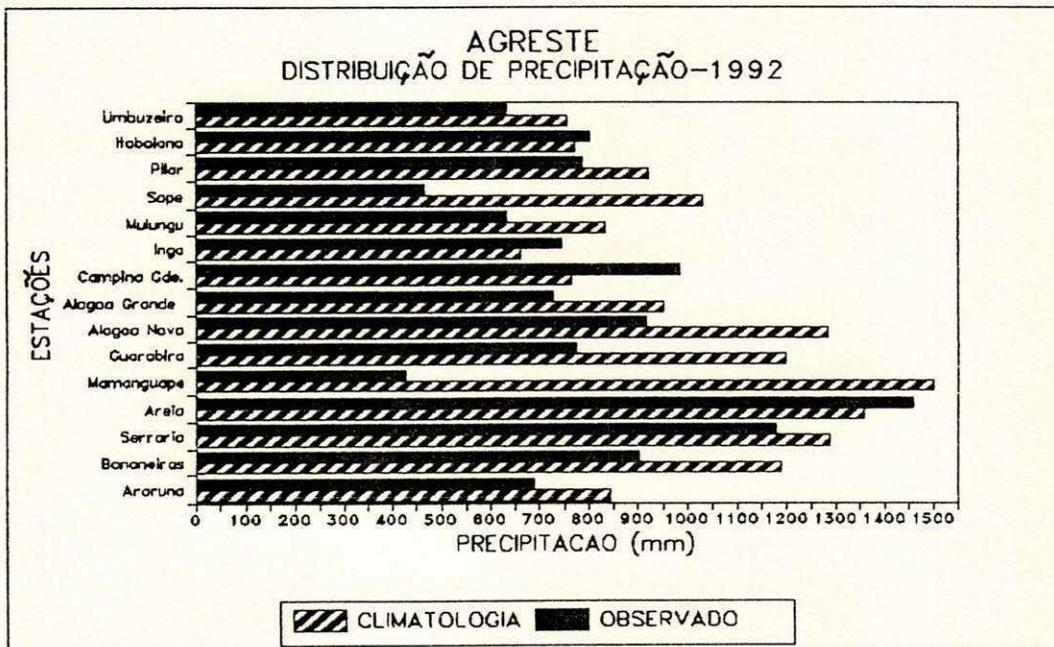


Figura 4.12 - Gráfico da distribuição quantitativa da precipitação anual, para cada uma das estações utilizadas no Agreste paraibano, relacionada com sua respectiva Climatologia.

TABELA 4.5 - Dados mensais das precipitações observadas em 1992, comparados com a climatologia para o Agreste da Paraíba.

Meses	Climatologia (mm)	Observado-92 (mm)	Desvio Absoluto (mm)	Desvio Normalizado (%)
JANEIRO	48,9	62,0	13,1	26,8
FEVEREIRO	66,8	98,4	31,6	47,3
MARÇO	120,8	121,8	1,0	0,8
ABRIL *	134,1	99,7	-34,4	-25,6
MAIO *	131,3	50,2	-81,1	-61,8
JUNHO *	141,4	160,8	19,4	13,7
JULHO *	125,2	103,5	-21,7	-17,3
AGOSTO	72,8	57,7	-15,1	-20,7
SETEMBRO	38,6	45,0	6,4	16,6
OUTUBRO	16,9	0,2	-16,7	-98,8
NOVEMBRO	18,8	7,8	-11,0	-58,5
DEZEMBRO	26,4	0,7	-25,7	-97,3

* Meses que compõem o quadrimestre chuvoso do Agreste.

4.1.4 - LITORAL: Em anos normais, a estação chuvosa no Litoral é observada entre os meses de abril a julho. Para o ano anômalo de 1992, temos que janeiro apresentou o maior índice de precipitação acima da climatologia, aproximadamente 145% (Figs. 4.13 a 4.16 e Tabela 4.6).

Em fevereiro, choveu em torno de 170mm, o que correspondeu a aproximadamente 78% de precipitação acima da climatologia. Março apresentou valores de precipitação superiores aos dois meses anteriores (aproximadamente 241mm), o que correspondeu a 52mm de precipitação acima da climatologia, ou seja, 27,6% desta. A partir de abril começaram a ocorrer as precipitações abaixo da climatologia (18,6%). E, em maio, este índice foi mais baixo ainda (62,3%), (Figuras 4.13 e 4.15).

Junho (climatologicamente é o pico máximo de precipitação para esta sub-região), onde observou-se um aumento de precipitação que correspondeu a 2,9% acima da climatologia (Figuras 4.13 e 4.15).

A partir de julho (quando temos o encerramento da quadra chuvosa no Litoral), verificou-se que choveu abaixo da climatologia, porém os índices alcançados, aproximam-se bastante desta (desvio percentual de aproximadamente 7%). Algo semelhante ocorreu em agosto. De setembro a dezembro, a precipitação variou entre 50 e 70% abaixo da climatologia (Figura 4.15).

A quadra chuvosa no Litoral encerrou com um total acumulado de precipitação de 810,9mm, o que correspondeu a 21,5% abaixo da climatologia que é de 1033,2mm (Tabela 4.3).

No Litoral, praticamente não foi sentido os efeitos de um ano seco, como foi 1992 para outras regiões da Paraíba. A precipitação para este ano ficou apenas 7,3% abaixo da climatologia o que é pouco para se considerar que essa região passou por um período de seca (Figuras 4.13 a 4.16).

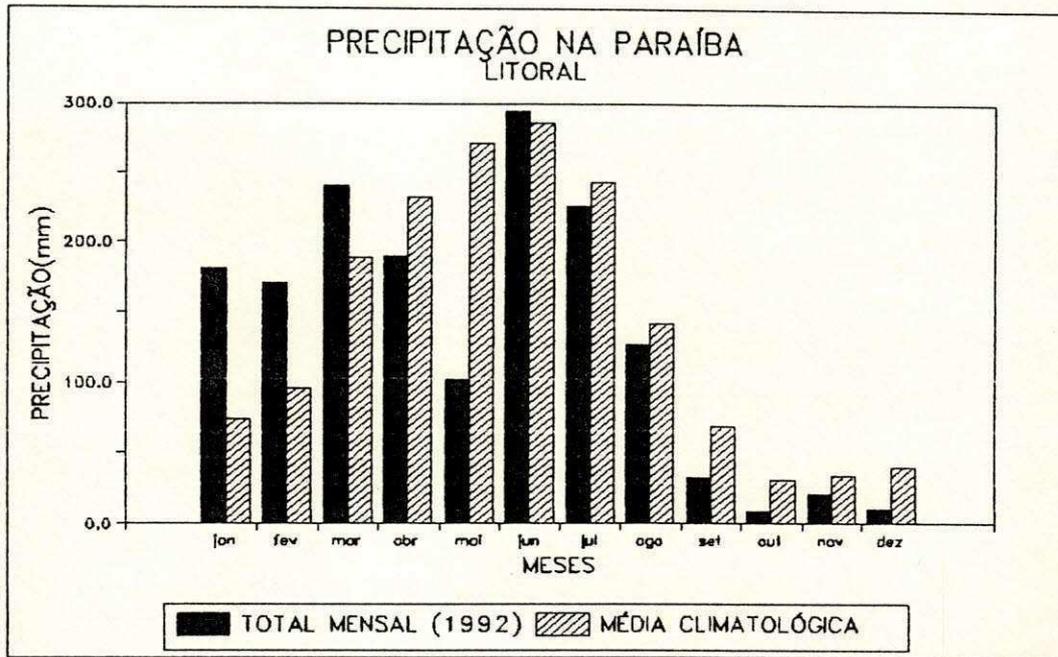


Figura 4.13 - Gráfico comparativo do total da precipitação observada entre os meses de janeiro a dezembro de 1992, com a climatologia, para o Litoral da Paraíba.

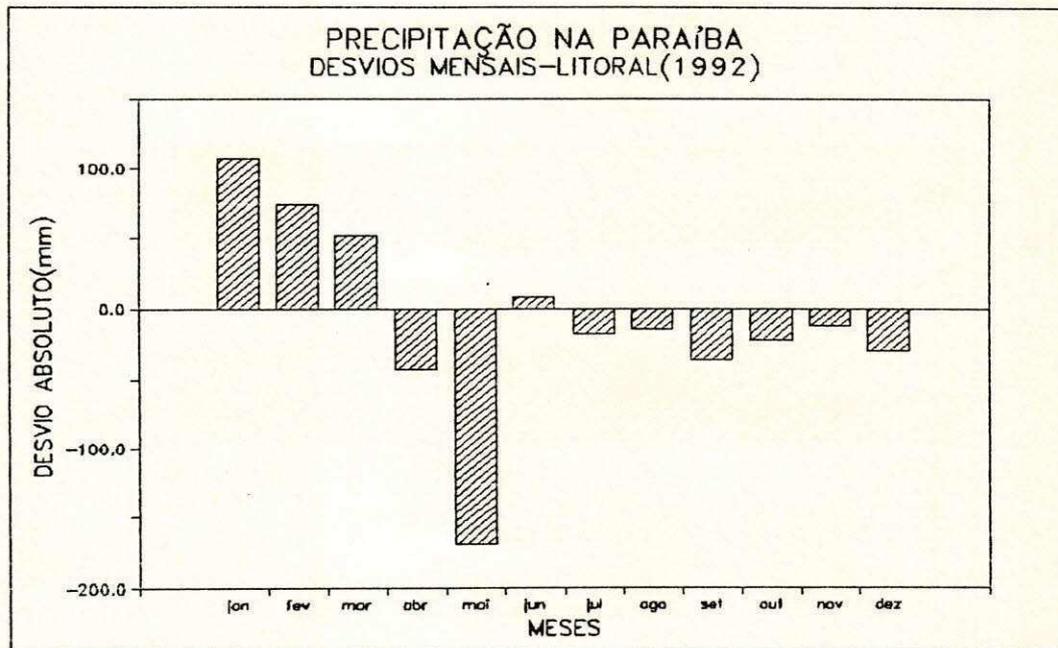


Figura 4.14 - Gráfico do desvio absoluto da precipitação observada entre os meses de janeiro a dezembro de 1992, com relação à Climatologia, para o Litoral da Paraíba.

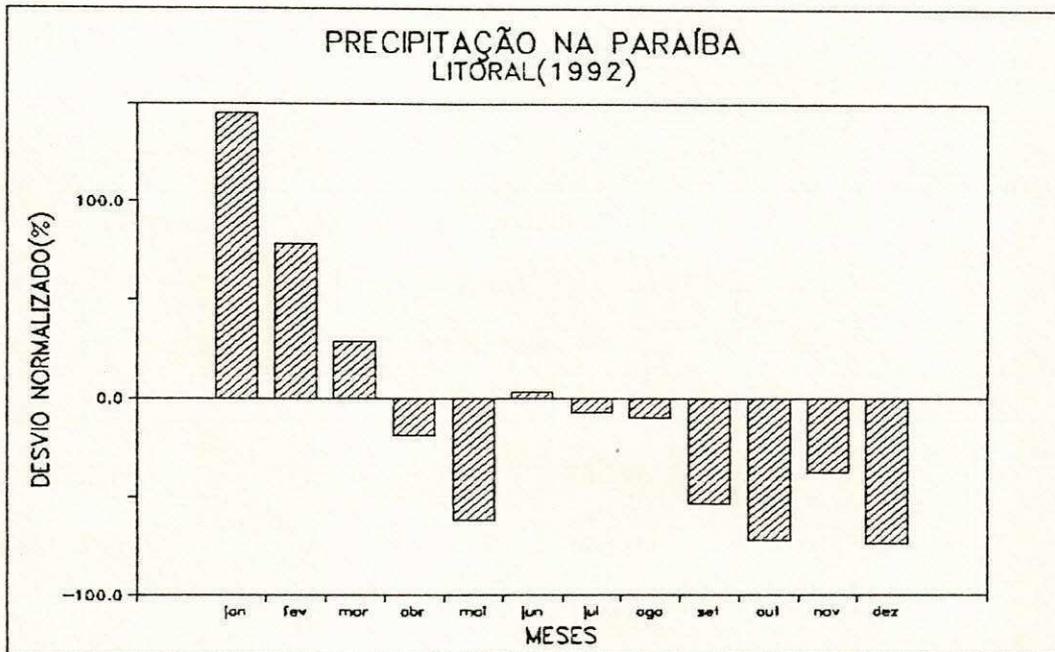


Figura 4.15 - Gráfico do desvio normalizado(%) da precipitação observada entre os meses de janeiro a dezembro de 1992, com relação à Climatologia, para o Litoral da Paraíba.

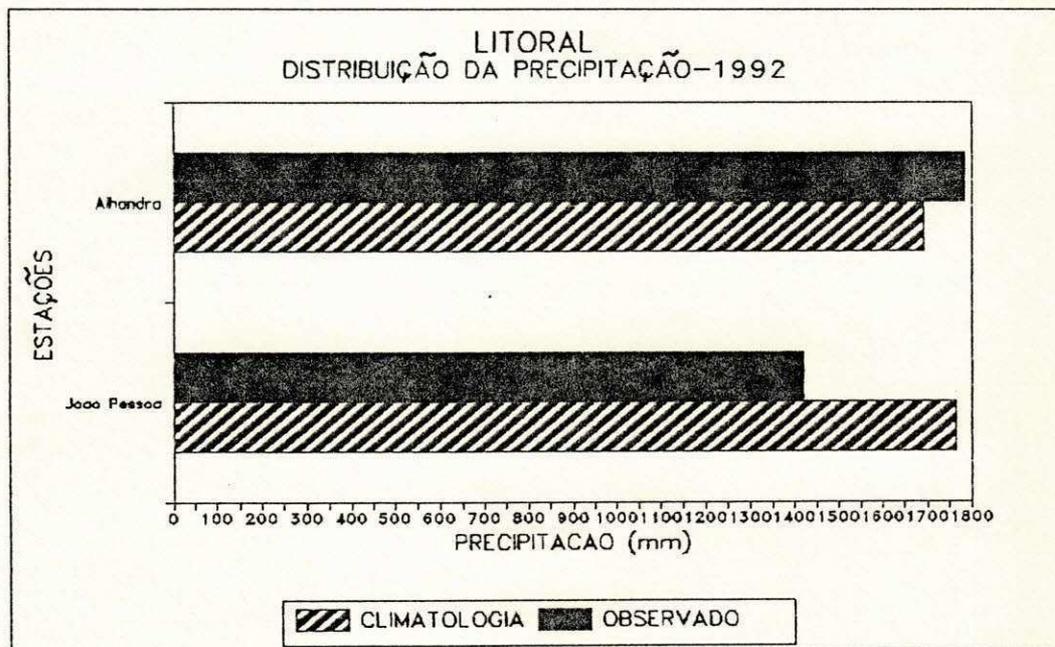


Figura 4.16 - Gráfico da distribuição quantitativa da precipitação anual, para cada uma das estações utilizadas no Litoral da Paraíba, relacionada com sua respectiva Climatologia.

TABELA 4.6 - Dados mensais das precipitações observadas em 1992, comparados com a climatologia para o Litoral da Paraíba.

Meses	Climatologia (mm)	Observado-92 (mm)	Desvio Absoluto (mm)	Desvio Normalizado (%)
JANEIRO	73,9	180,9	107,0	144,8
FEVEREIRO	96,2	170,9	74,7	77,7
MARÇO	188,6	240,6	52,0	27,6
ABRIL *	232,7	189,4	-43,3	-18,6
MAIO *	271,4	102,3	-169,1	-62,3
JUNHO *	285,6	293,9	8,3	2,9
JULHO *	243,5	225,3	-18,2	-7,5
AGOSTO	141,9	127,4	-14,5	-10,2
SETEMBRO	67,9	31,8	-36,1	-53,2
OUTUBRO	30,6	8,5	-22,1	-72,2
NOVEMBRO	33,8	21,2	-12,6	-37,3
DEZEMBRO	40,5	10,4	-30,1	-74,3

* Meses que compõem o quadrimestre chuvoso do Litoral.

TABELA 4.7 - Dados mensais das precipitações observadas em 1992, comparados com a climatologia para todo o Estado da Paraíba.

Meses	Climatologia (mm)	Observado-92 (mm)	Desvio Absoluto (mm)	Desvio Normalizado (%)
JANEIRO	59,1	112,3	53,2	90,0
FEVEREIRO*	97,2	95,1	-2,1	-2,2
MARÇO*	161,3	114,3	-47,0	-29,1
ABRIL *	144,6	82,3	-62,3	-43,1
MAIO *	88,4	32,2	-56,2	-63,6
JUNHO	69,2	61,5	-7,7	-11,1
JULHO	55,5	40,2	-15,3	-27,6
AGOSTO	29,3	21,1	-8,2	-28,0
SETEMBRO**	15,9	19,4	3,5	22,0
OUTUBRO**	10,3	0,5	-9,8	-95,1
NOVEMBRO**	15,3	2,9	-12,4	-81,0
DEZEMBRO**	26,5	2,1	-24,4	-92,1

* O quadrimestre FMAM (Chuvoso), correspondeu a 34,1% de precipitação abaixo da média.

** O quadrimestre SOND (Seco), correspondeu a 63,3% de precipitação abaixo da média.

4.2 - ACOMPANHAMENTO DO FENÔMENO EL-NIÑO-OSCILAÇÃO SUL (ENOS)

A partir de junho de 1991, teve início mais um episódio quente do ENOS. As temperaturas do Pacífico tropical ficaram de 1 a 2°C acima da média; os ventos alísios estavam mais fracos em quase todo o Pacífico tropical, a zona de convergência dos ventos da baixa troposfera e a intensa atividade de chuvas convectivas, normalmente observadas sobre a Indonésia e Pacífico Ocidental, continuaram a deslocar-se para Leste, fazendo com que aumentasse a convecção no Pacífico Oriental, o que intensificou a célula de Walker e, conseqüentemente, deslocou seu ramo subsidente sobre o Nordeste do Brasil, inibindo consideravelmente a precipitação nesta região (Figura 4.17). Estes fatores, considerados em conjunto, evidenciam a atividade do fenômeno ENOS que já havia sido previsto por alguns modelos como o de Cane et al (1986), Inoue e O'brien (1986) e Barnet et al (1988) que já estimavam o episódio 1991/1992 de intensidade fraca a moderada.

OUTUBRO-91: O episódio El Niño-Oscilação Sul (ENOS), de intensidade moderada, continuou a se desenvolver no Pacífico tropical, e o Índice de Oscilação do Sul (IOS) permaneceu negativo. As anomalias positivas de temperatura do Pacífico tropical (ocidental e central), continuaram superiores a 1°C. Os ventos alísios de Leste, estiveram mais fracos que a média pelo segundo mês consecutivo sobre todo o Pacífico tropical, o que favoreceu o desenvolvimento do ENOS.

A partir de NOVEMBRO-91, o episódio quente ENOS iniciou sua fase de maturação no Pacífico tropical. Como conseqüência, maior convecção foi observada na parte central do Pacífico, o que indicava que a atmosfera já sentia os efeitos das mudanças no oceano. Sobre a Amazônia Oriental e o semi-árido nordestino a precipitação ficou abaixo da média climatológica (Climanálise vol. 6 N°11), o que indicava que o episódio quente ENOS já podia estar sendo sentido no clima do Brasil. A posição média mensal da

ZCIT foi de $7,7^{\circ}\text{N}$, mas já iniciava seu deslocamento para Sul a partir deste mês, apesar de que com este posicionamento, a ZCIT estar 1,3 graus ao norte da posição média climatológica.

O episódio quente ENOS mostrou-se como o aspecto de grande escala mais importante na atmosfera global durante o mês de DEZEMBRO-91. Neste mês, o ENOS atingiu sua fase madura, com todas as suas características configuradas sobre o oceano Pacífico tropical. Neste mês, o IOS atingiu seu valor mais negativo do ano: -2,3 (CAC N°91/12 Tabela T1).

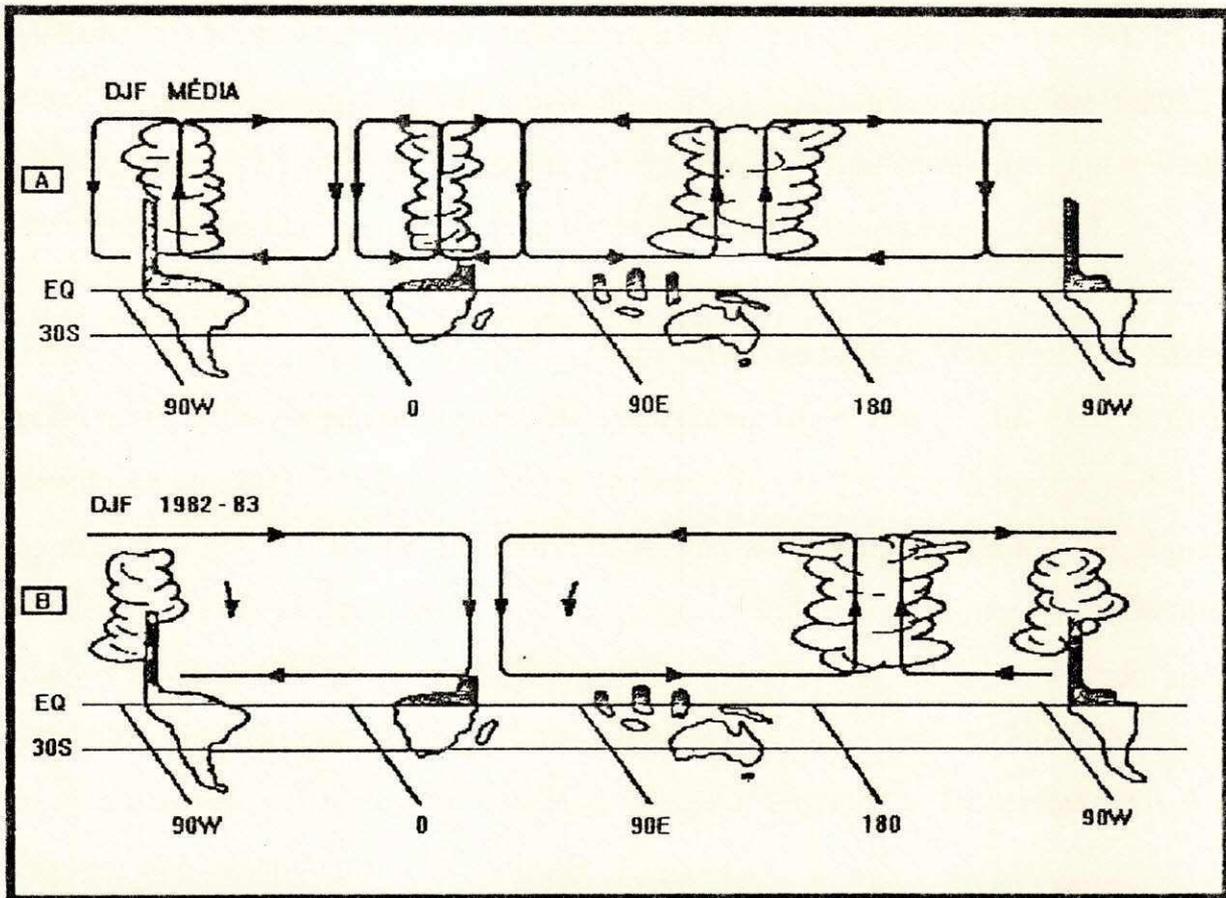


Figura 4.17 - Representação esquemática da circulação atmosférica de Leste-Oeste (Célula de Walker). A) Para DJF de um ano normal e B) para DJF de um ano de El Niño. (Fonte: adaptado do WMO, 1985).

4.3 - OUTRO ELEMENTO INFLUENCIADOR DO CLIMA

A figura (4.18), mostra a transmissividade atmosférica da radiação solar direta entre os anos de 1958 a 1994, medida no observatório de Mauna Loa no Hawaii. Temos que, para anos em que a atmosfera está aparentemente "limpa", isto é, sem grandes concentrações de partículas vulcânicas em suspensão na estratosfera, como os observados entre 1958 e 1981, com exceção de 1963/65, a transmissão da radiação solar direta, mantém-se em torno de 0,93. No entanto, para anos em que ocorreram grandes lançamentos de partículas vulcânicas na atmosfera, como os observados com a erupção do El Chichón no México em 24/03/82 e com o Pinatubo nas Filipinas em 15/05/91, há uma brusca queda na transmissividade atmosférica da radiação solar direta, em função da dispersão dessas partículas na estratosfera, formando um "véu" que age como um filtro, dificultando a chegada da radiação solar direta na superfície terrestre.

Essas partículas em suspensão provocam um aumento do albedo planetário, fazendo com que boa parte da radiação solar que chega no topo da atmosfera seja refletida e outra parte absorvida na estratosfera, onde esses aerossóis se concentram e provocam um aumento da temperatura média global nesta área (Figura 4.19A). Em contrapartida, na troposfera (Figura 4.19B), há um resfriamento que a torna mais estável, aumentando a subsidência, diminuindo a convecção e influenciando na precipitação. Além disso, reduções de 10 a 15w/m² da radiação global à superfície, como foi observado após a erupção do Pinatubo por exemplo, reduz a evaporação do Oceano Atlântico Subtropical Sul, que é a principal fonte de umidade atmosférica, tornando a Troposfera mais fria e mais seca e propiciando maior estabilidade.

O comportamento médio das anomalias de temperatura na estratosfera para os trópicos, pode ser observado na figura (4.19C). Onde verifica-se que para os anos de ocorrência das erupções dos vulcões El Chichón 82/83 e Pinatubo 91/92, houve aquecimento na estratosfera dentro da faixa tropical. A configuração da distribuição das

anomalias de temperatura ao longo dos anos nos trópicos (Figura 4.19C), assemelha-se bastante com as anomalias observadas em escala global (Figura 4.19A).

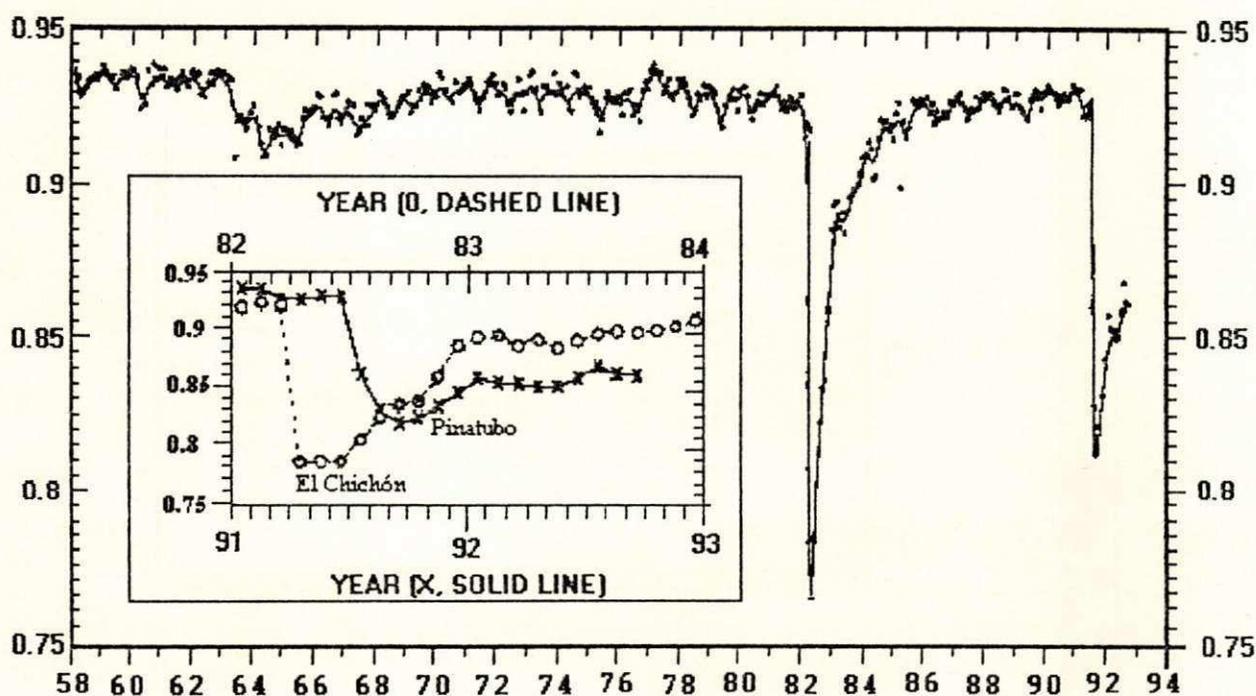


Figura 4.18 - Transmissão atmosférica da radiação solar direta, medida no observatório de Mauna Loa no Hawaii. A transmissão é obtida pela razão entre a radiação que é medida à superfície e a radiação que chega no topo da atmosfera. Os pontos plotados são médias mensais e o gráfico menor, refere-se às explosões dos vulcões El Chichón em 82 no México e Pinatubo em 91 nas Filipinas. (Fonte: CAC/NWS).

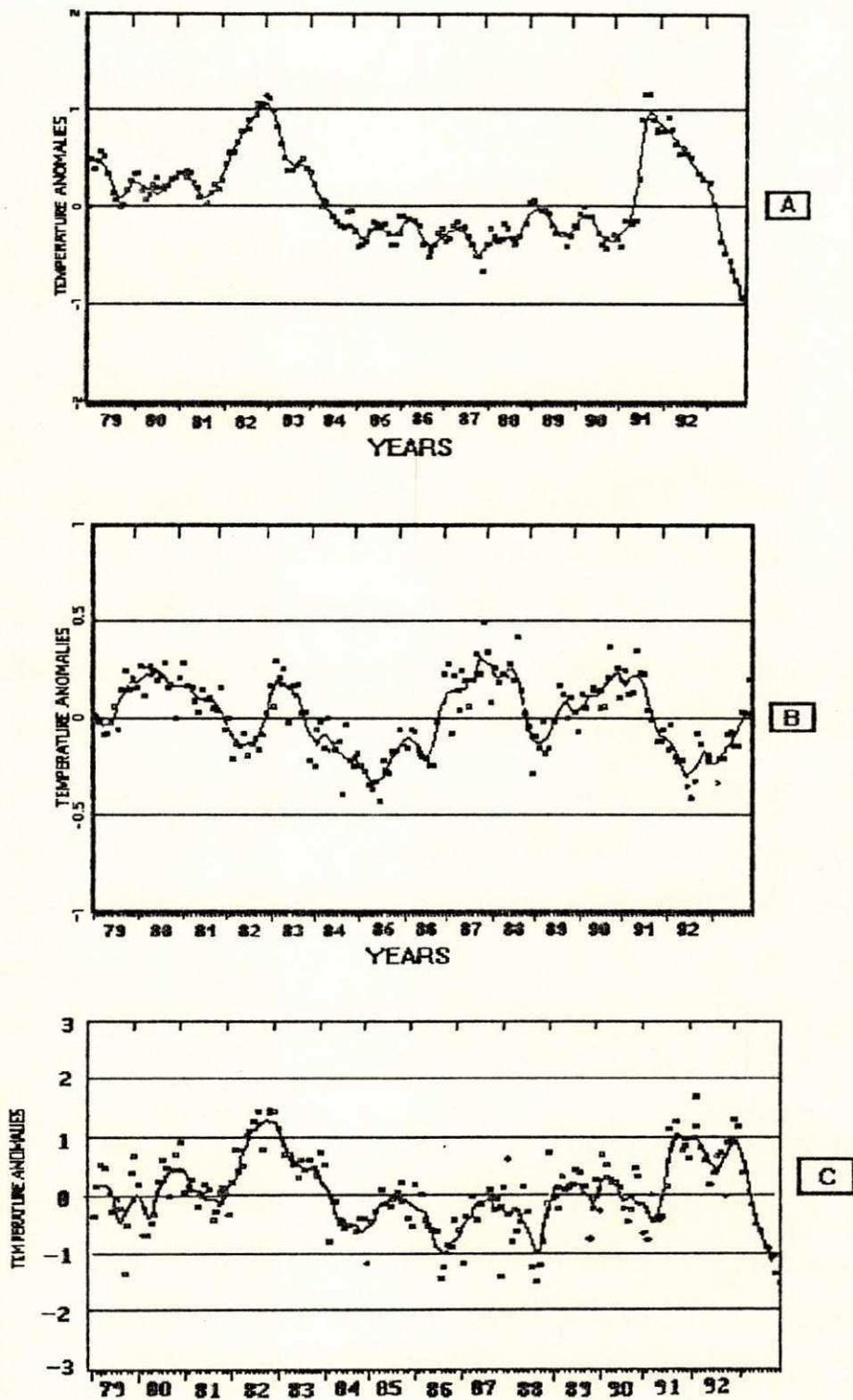


Figura 4.19 - (A) Anomalia global da temperatura média na estratosfera, (B) Anomalia global da temperatura média na troposfera e (C) Anomalia de temperatura na estratosfera tropical. Os pontos plotados, são médias mensais. (Fonte: CAC/NWS).

4.4 - MONITORAMENTO MENSAL DOS FENÔMENOS DE GRANDE ESCALA E ASPECTOS CLIMÁTICOS E SINÓTICOS ATUANTES SOBRE O ESTADO DA PARAÍBA EM 1992.

4.4.1 - ANÁLISE PARA O MÊS DE JANEIRO

No mês de janeiro, apesar do episódio quente ENOS, em atividade desde meados de 1991 no Pacífico tropical e o Índice de Oscilação do Sul (IOS) ter atingido seu valor mais negativo (-3,4) desde 1983 (CAC/NWS N°92/1 Tabela T1), a região Nordeste, mais especificamente o Estado da Paraíba, apresentou em todo seu território, precipitação acima da média (Figs. 4.20 a 4.23). Este aumento de chuvas, está ligado a influência da penetração de uma frente fria associada a uma baixa fria na alta troposfera que atingiu a região Nordeste, o que intensificou a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), que neste mês apresentou seu eixo NW-SE sobre o centro Sul do Nordeste (Figura 4.26), gerando, conseqüentemente, chuvas abundantes na região, principalmente no setor Oeste da Paraíba. Este quadro foi observado, analisando os campos de anomalias de Radiação de Onda Longa (ROL), vento em 850mb, variando longitudinalmente com o tempo, campo de divergência em 200mb e cartas de superfície, (Figuras 4.24, 4.25, 4.26 e 4.30).

Por outro lado, avaliando em conjunto os campos das figuras 4.26 e 4.27 (divergência e vento em altos níveis), estes sugerem a atuação de vórtices ciclônicos da alta troposfera, favorecendo o quadro chuvas observado neste mês sobre o NEB.

A posição média mensal da ZCIT para janeiro, foi ligeiramente ao sul da sua Climatologia, atingindo a posição média de 2,8°N ao longo de 35°W. Este posicionamento foi favorecido pelo deslocamento da alta do Atlântico Sul para posições mais a SE (Figura 4.28). Contudo, a ZCIT, ainda assim, pouco influenciou para a ocorrência de chuvas no setor Norte do Nordeste. Além disso, sobre o Oceano Atlântico, foram observadas

anomalias positivas de TSM acima de 1°C em 20°S (Figura 4.29). Esta configuração é favorável à atividade convectiva e precipitações sobre o Nordeste (Moura e Shukla, 1981). Portanto as precipitações observadas na Paraíba neste mês, devem-se principalmente a sistemas frontais (SF) que atingiram o centro-sul do Nordeste do Brasil (Figura 4.30).

Analisando os campos de radiação de onda longa (Figura 4.31), pode-se observar uma grande área de atividade convectiva sobre parte da região Nordeste do Brasil, caracterizada pela atividade da ZCAS, assim como na parte Oeste do Pacífico, encontrou-se uma grande região de forte atividade convectiva devido as áreas de águas quentes no Pacífico equatorial, em função da atividade do ENOS.

No campo de anomalias de ROL (Figura 4.32) é importante destacar o forte dipolo entre as anomalias positivas observadas sobre o Norte da Austrália e Indonésia com as anomalias negativas observadas sobre o Pacífico equatorial central, que é uma característica da fase madura do episódio ENOS.

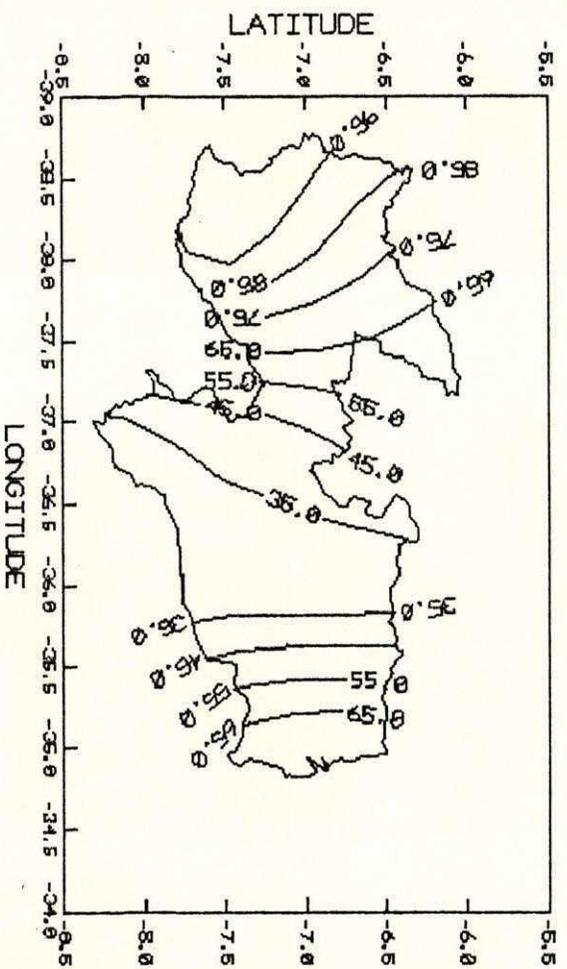


Figura 4.20 - Isohíntas da precipitação média (Climatologia) para o mês de janeiro na Paraíba.

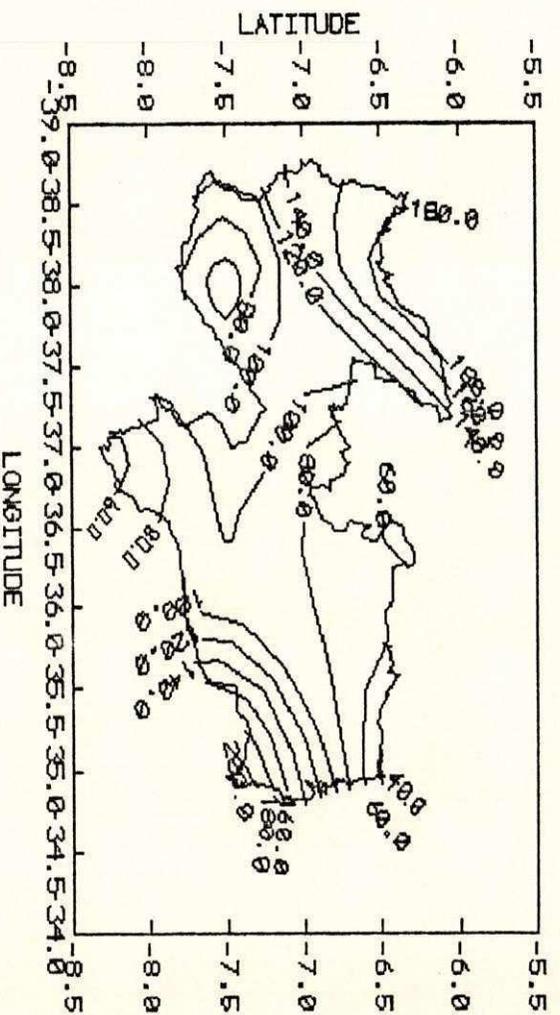


Figura 4.21 - Isohíntas dos totais de precipitação(mm) observada em janeiro de 1992 na Paraíba.

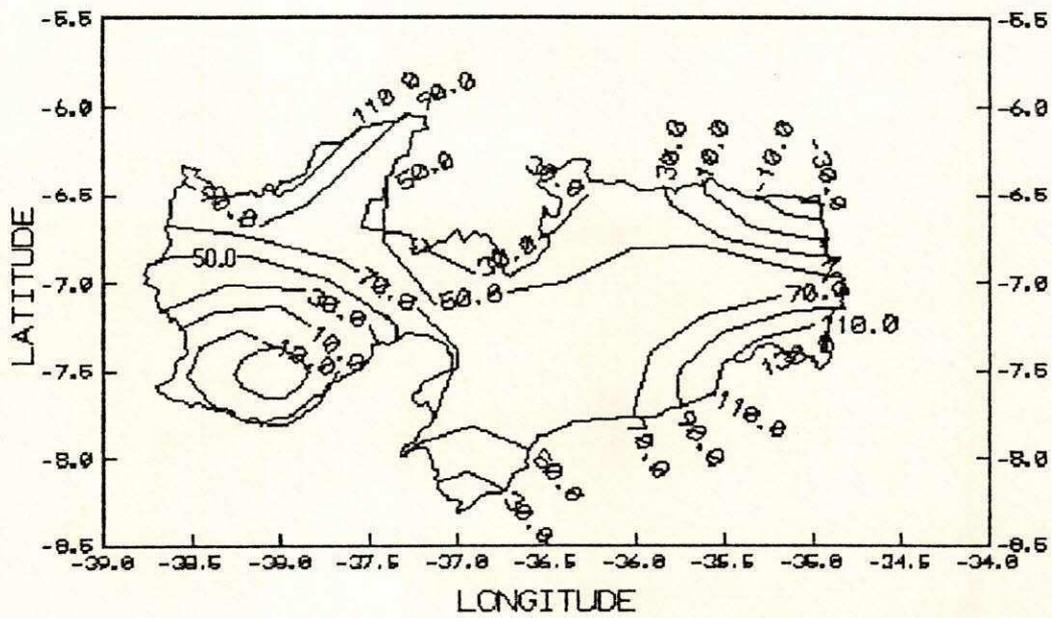


Figura 4.22 - Isolinhas de desvios absolutos(mm) das precipitações observadas no mês de janeiro de 1992 na Paraíba.

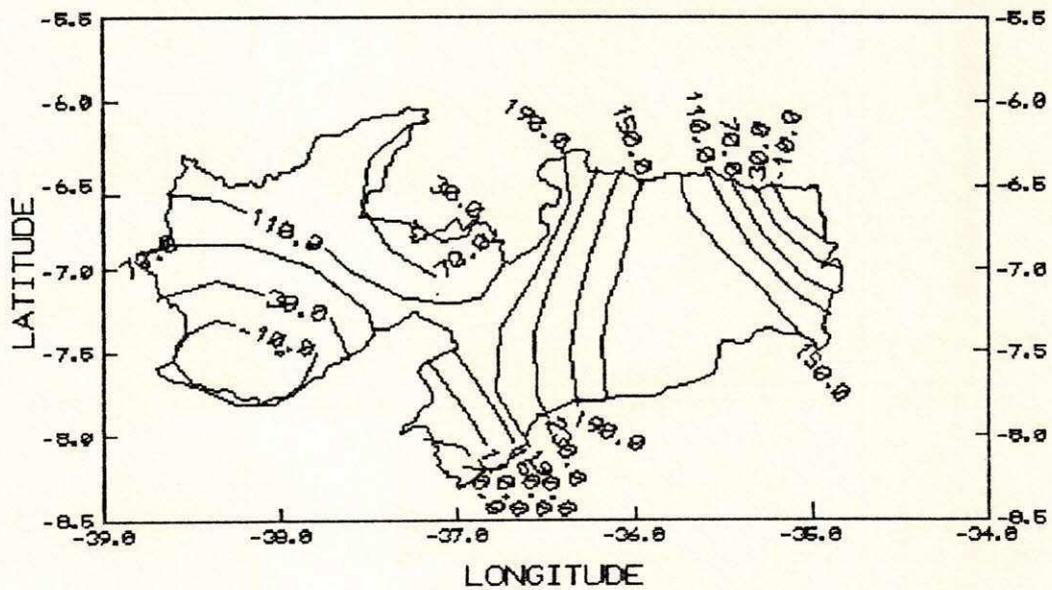


Figura 4.23 - Isolinhas dos desvios normalizados(%) de precipitação, para janeiro de 1992 na Paraíba.

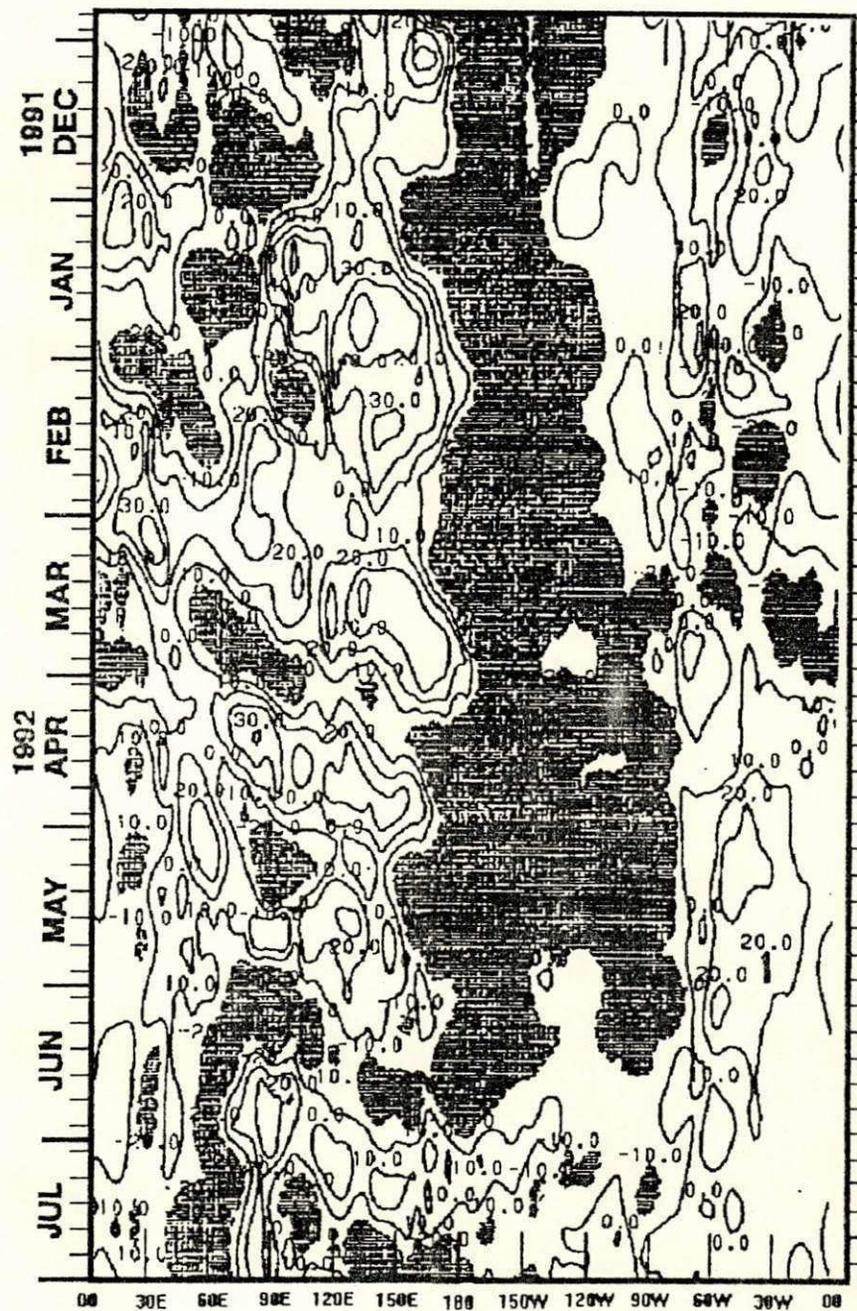


Figura 4.24 - Seção longitude-tempo das anomalias de radiação de onda longa, para o período de dez/91 a jul/92. As anomalias são computadas por pântadas. O intervalo de contorno é de $10 Wm^{-2}$ e os contornos negativos são tracejados. Áreas com valores menores que $-10 Wm^{-2}$ são sombreadas. (Fonte: CAC/NWS).

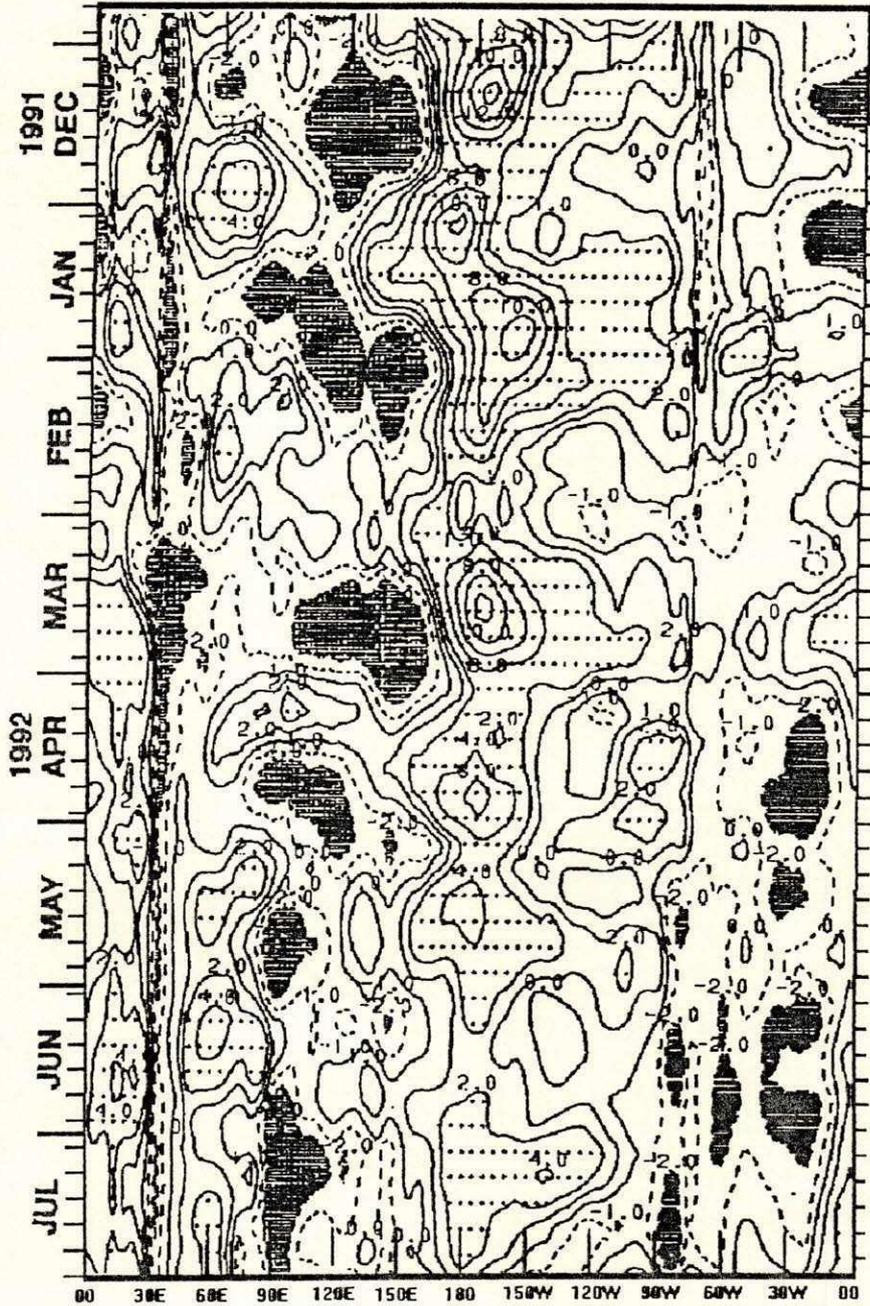


Figura 4.25 - Seção longitude-tempo das anomalias do vento zonal em 850mb, para o período de DEZ/91 a JUL/92. O intervalo de contorno é de 2m/s, com contornos adicionais de ± 1 . Áreas com valores maiores que 2m/s são pontilhadas e valores menores que -2m/s são sombreados. (Fonte: CAC/NWS).

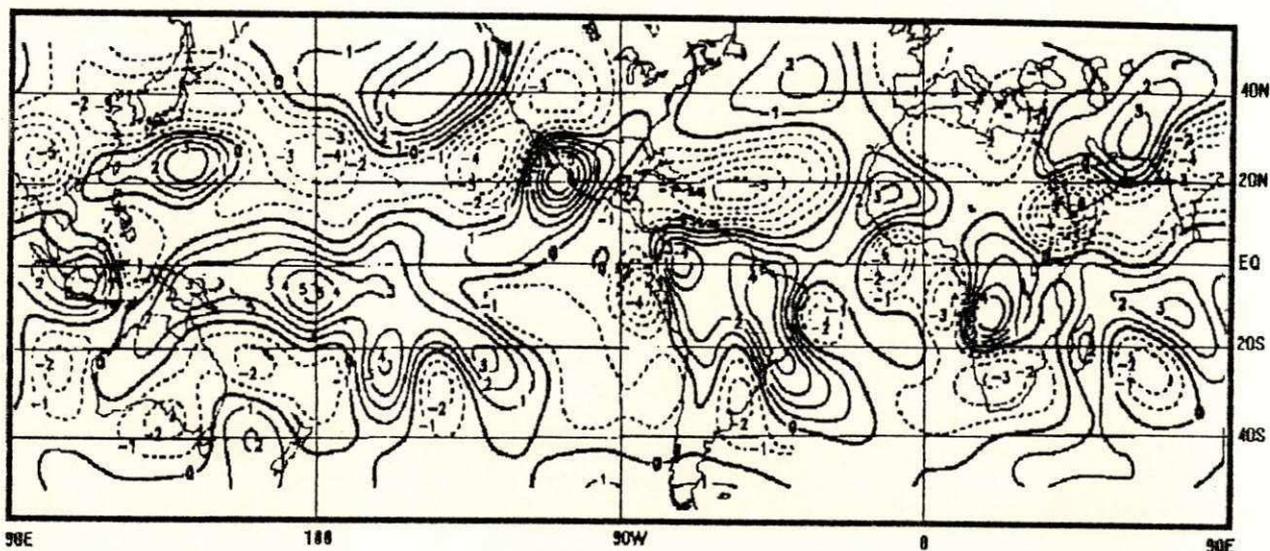


Figura 4.26 - Campo de divergência em 200mb para janeiro/92. O intervalo de contorno é de $1 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$. Os valores negativos são indicados por linhas tracejadas. (Fonte: CAC/NWS).

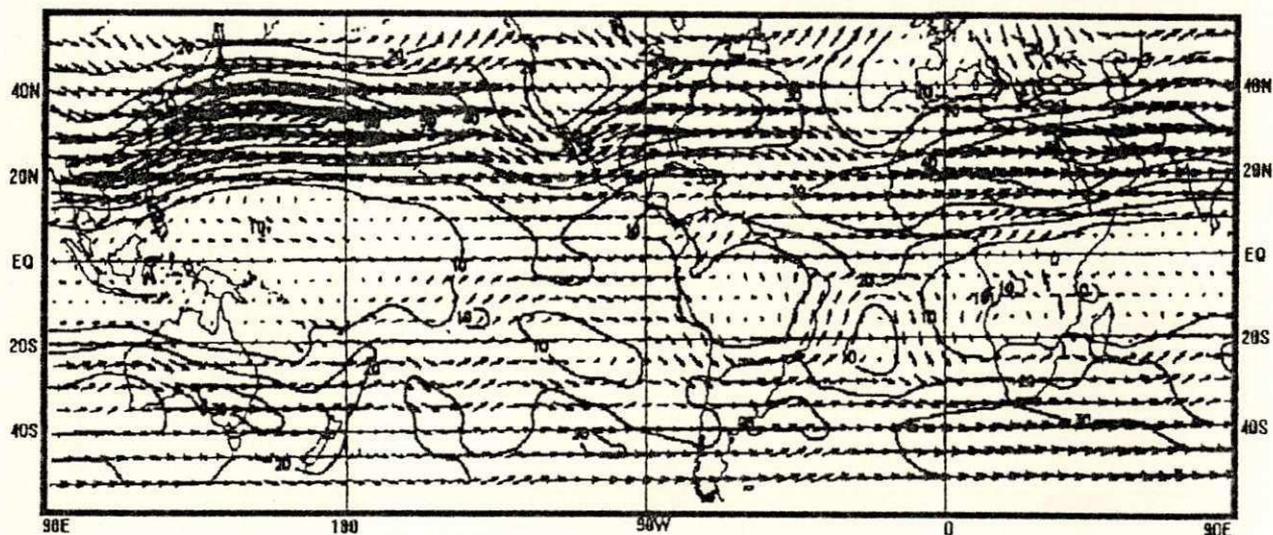


Figura 4.27 - Campo do vetor vento em 200mb para janeiro/92. Os ventos são analisados numa grade de $2,5^\circ$ e interpolados para uma grade de 5° em projeção Mercator para visualização. Um vetor de comprimento igual a 5° de longitude, equivale a uma velocidade do vento de 20m/s. O intervalo entre as isotacas é de 10m/s. (Fonte: CAC/NWS).

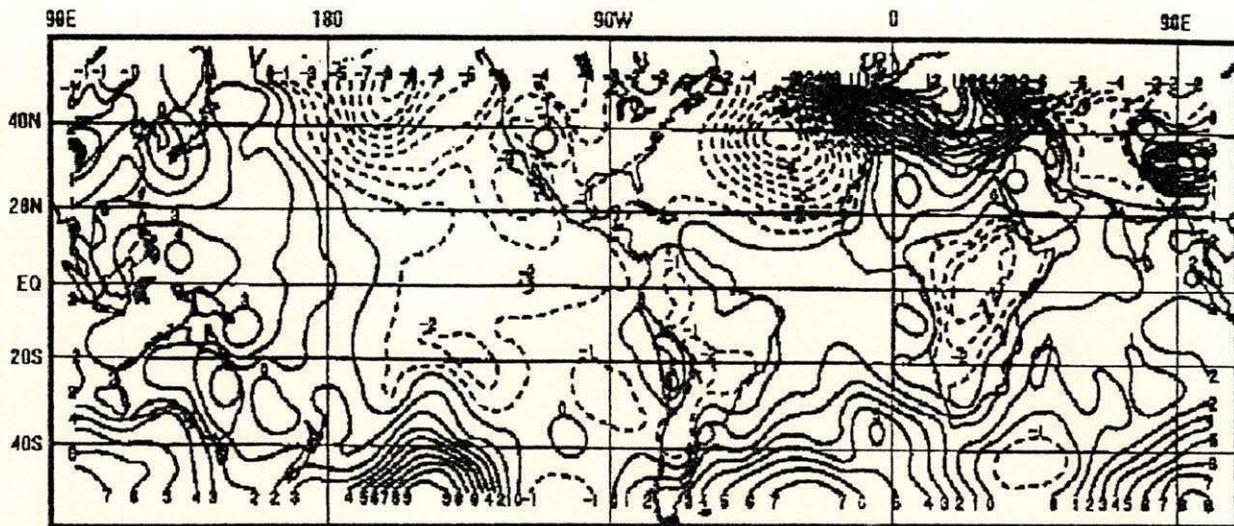


Figura 4.28 - Campo de anomalias de Pressão ao nível do mar para janeiro/92. As anomalias são computadas como desvios em relação à climatologia do CAC. O intervalo entre os contornos é de 1mb. As anomalias negativas são indicadas por linhas tracejadas. (Fonte: CAC/NWS).

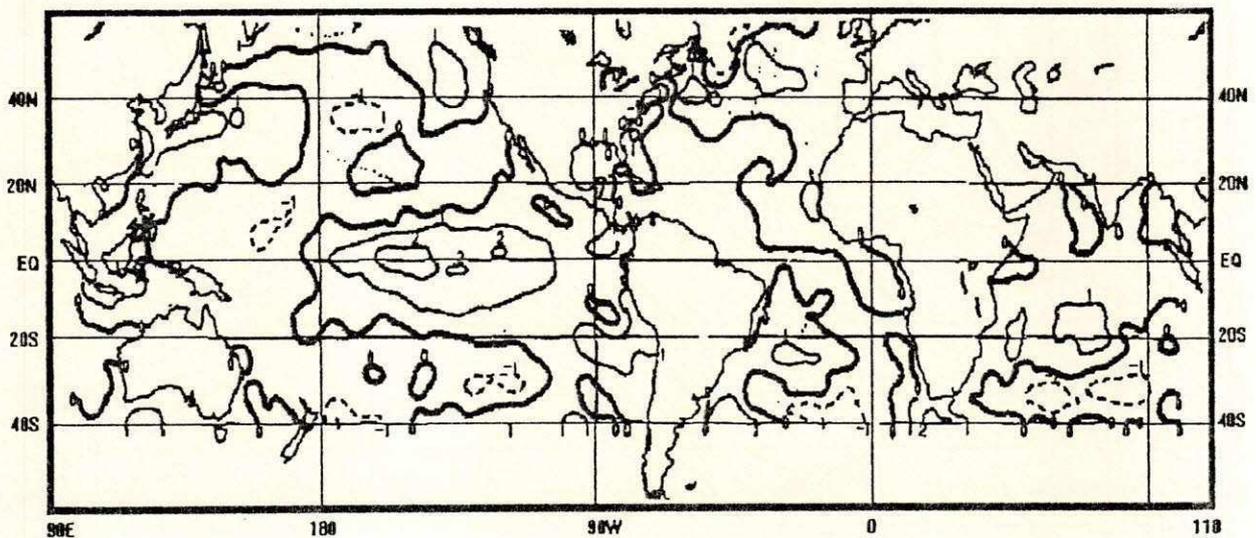


Figura 4.29 - Campo de anomalias de temperatura da superfície do mar para janeiro/92. As anomalias são computadas como desvios em relação à Climatologia do CAC. O intervalo entre as isotermas é de 1°C, exceto para contorno adicionais de 0,5°C. Anomalias negativas são indicadas por linhas tracejadas. (Fonte: CAC/NWS).

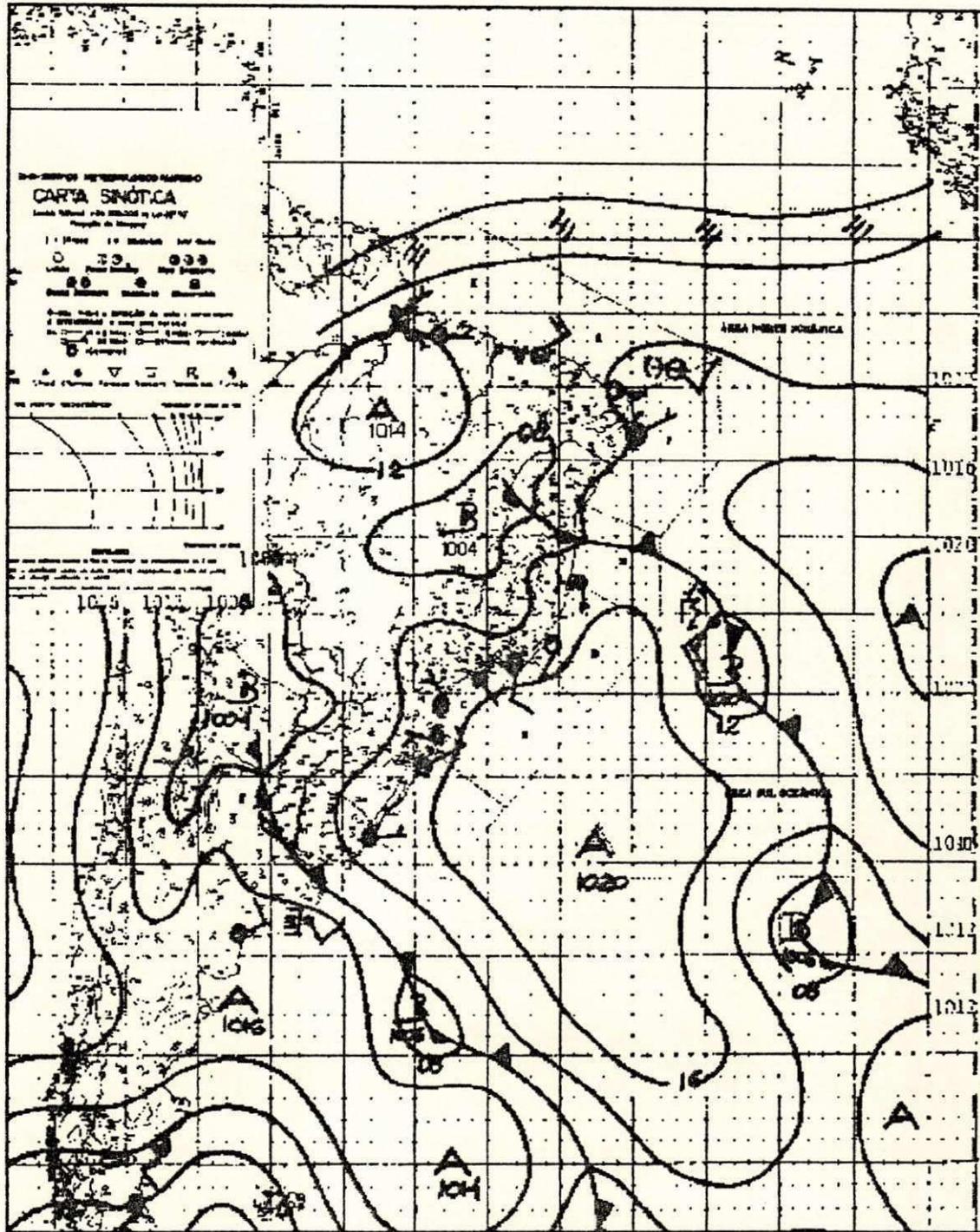


Figura 4.30 - Carta Sinótica de superfície, para às 12:00 TMG do dia 07 de janeiro de 1992. (Fonte: DHN).

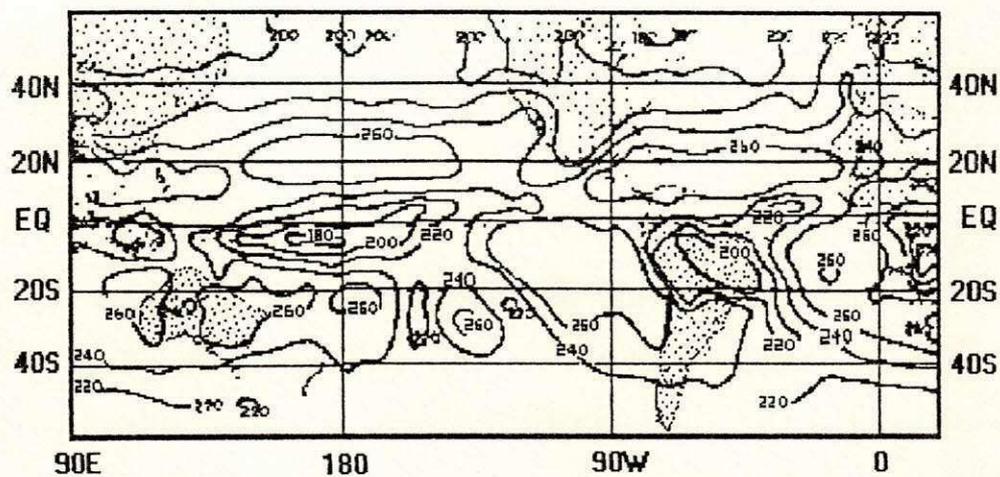


Figura 4.31 - Radiação de Onda Longa emitida para o espaço, em Janeiro de 1992. O intervalo entre os contornos é de 20W/m^2 . (Fonte: CAC/NWS).

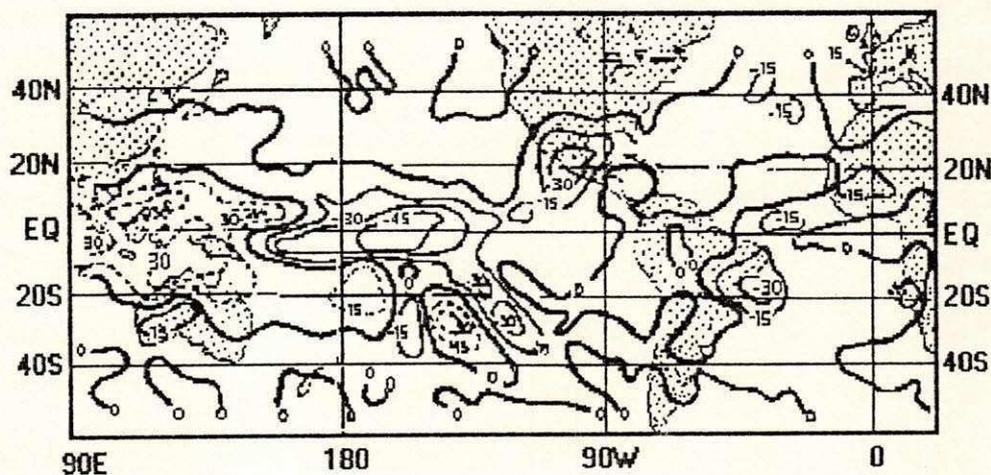


Figura 4.32 - Anomalias de Radiação de Onda Longa, no mês de Janeiro de 1992, dadas em W/m^2 . As linhas tracejadas indicam anomalias positivas e as linhas contínuas, indicam anomalias negativas. (Fonte: CAC/NWS).

4.4.2 - ANÁLISE PARA O MÊS DE FEVEREIRO

Considerando os aspectos de larga escala, o mês de fevereiro é marcado pelo enfraquecimento do episódio quente ENOS. Este fato foi confirmado quando verificamos que os campos de anomalias de ROL no Pacífico equatorial foram menos negativos que o mês anterior, e no campo de ventos em 850mb, os alísios de Leste estiveram mais intensos durante todo o mês, além do IOS, que é um indicador da intensidade do ENOS, encontrou-se menos negativo do que o mês anterior (Climanálise Vol.7 N°2, Tabela 01).

O campo de TSM não sofreu grande modificação em relação ao mês anterior. Contudo o Oceano Atlântico tropical, que vinha apresentando características favoráveis a precipitação no NEB, modificou-se a ponto de predominarem anomalias positivas de TSM no Atlântico tropical Norte e negativas no Atlântico tropical sul, constituindo uma configuração desfavorável à precipitação no Nordeste brasileiro (Figura 4.33).

Na Paraíba, as precipitações permaneceram em fevereiro, porém não tão intensas como no mês anterior e mal distribuídas espacialmente, onde observou-se precipitações acima da média, no Litoral e Agreste, onde as maiores precipitações foram registradas no final do mês, e abaixo da média no Sertão e Cariri (Figuras 4.34 a 4.37). Este quadro deve estar relacionado principalmente com a atuação de vórtices ciclônicos de altos níveis, que estiveram presentes no final do mês na região, mais especificamente entre os dias 21 a 25 de fevereiro, como pode ser observado na imagem do GOES_E do dia 22/02 às 15hs. TMG, com centro aproximadamente em Minas Gerais e uma espessa nebulosidade em sua periferia que abrange o estado da Paraíba (Figura 4.38).

Analisando o campo de ventos em altos níveis, observa-se no campo de anomalias (Figura 4.39B), uma crista sobre o NE que abrange aproximadamente o Litoral e parte do Agreste Paraibano, provavelmente relacionada com o vórtice ciclônico já citado. Esta configuração é favorável à precipitação.

Por outro lado, analisando as cartas de superfície da DHN, observou-se o deslocamento de uma Frente Fria (que no dia 04/02 encontrava-se a SE no Atlântico sul) em direção a costa do Nordeste e no dia 05/02 alcançou o Litoral dos Estados de Pernambuco e Paraíba e a partir do dia 06/02 deslocou-se para o oceano, dissipando-se (Figuras 4.40, 4.41 e 4.42). Isto também constitui uma condição favorável à precipitação, principalmente na parte Oriental do Estado, onde as condições de nebulosidade no Litoral apresentaram-se entre céu parcialmente encoberto e totalmente encoberto durante todo o mês.

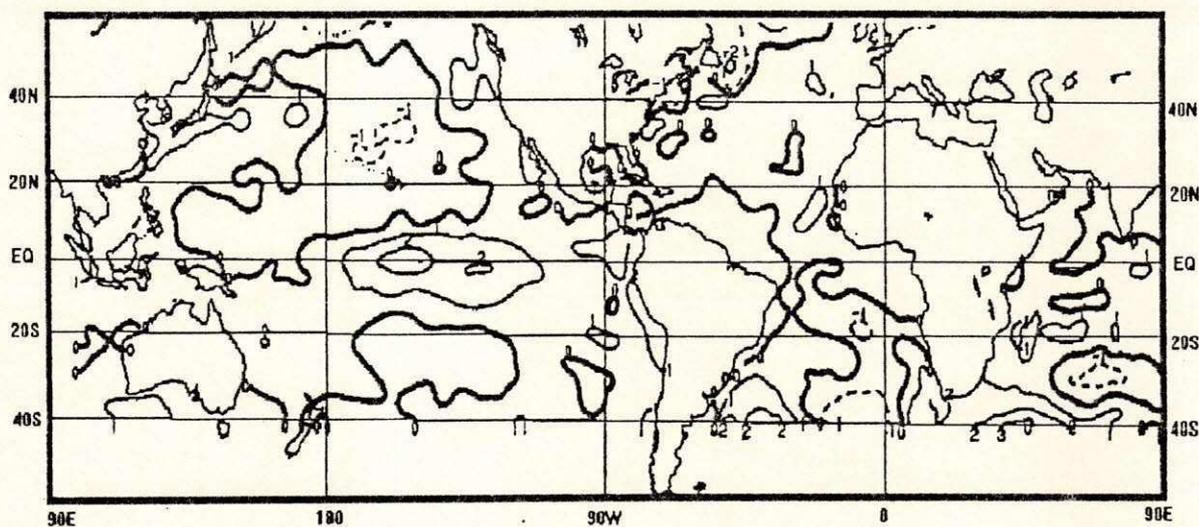


Figura 4.33 - Campo de anomalias de temperatura da superfície do mar para fevereiro/92. As anomalias são computadas como desvios em relação à Climatologia do CAC. O intervalo entre as isoterms é de 1°C, exceto para contornos adicionais de 0,5°C. As anomalias negativas são indicadas por linhas tracejadas. (Fonte: CAC/NWS).

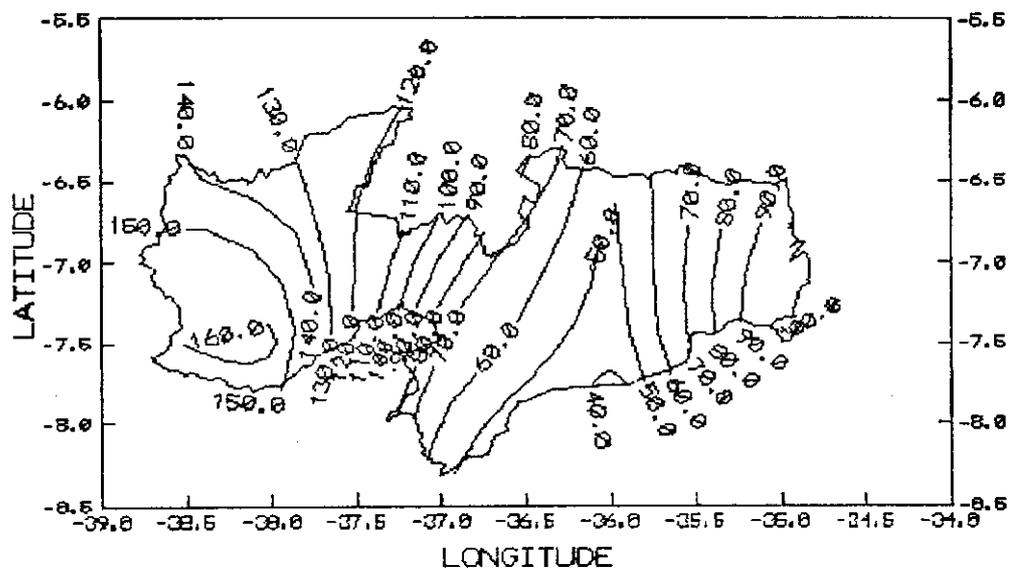


Figura 4.34 - Isolinhas da precipitação média (Climatologia) para o mês de fevereiro na Paraíba.

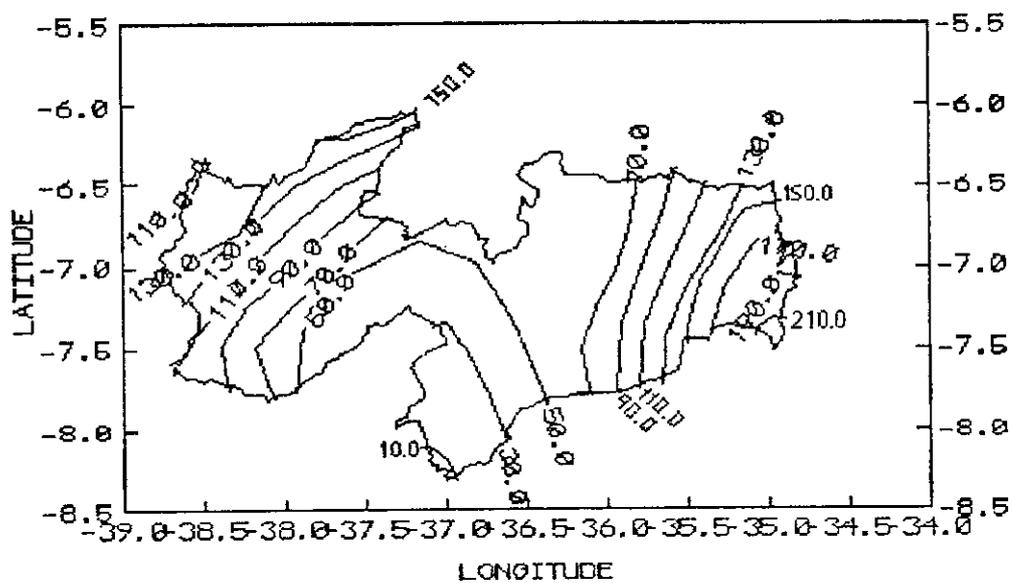


Figura 4.35 - Isolinhas dos totais de precipitação(mm) observada em fevereiro de 1992 na Paraíba.

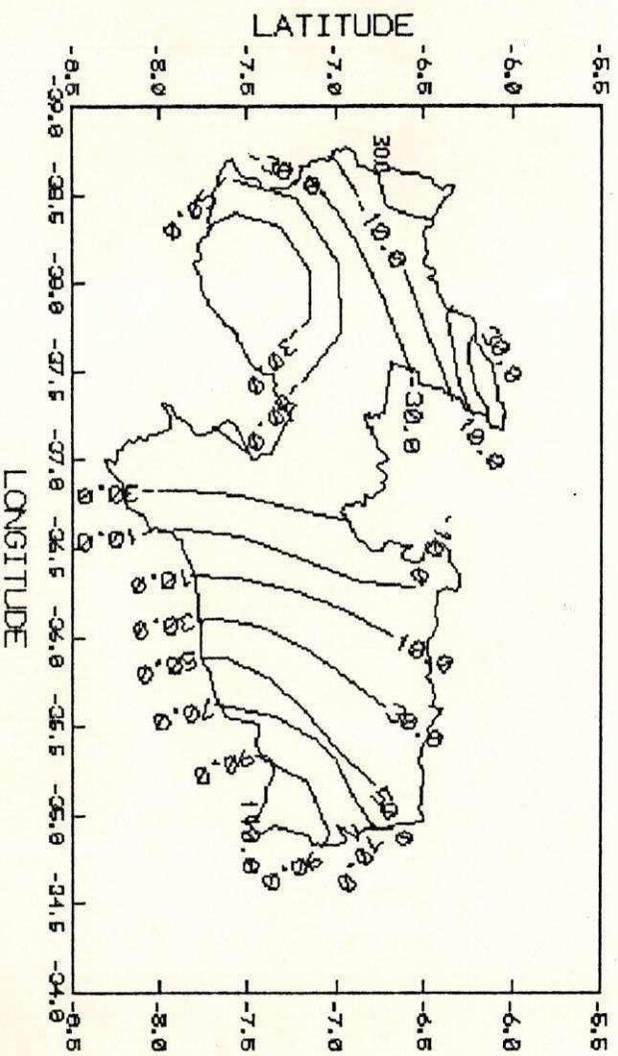


Figura 4.36 - Isolinhas de desvios absolutos(mm) das precipitações observadas no mês de fevereiro de 1992 na Paraíba.

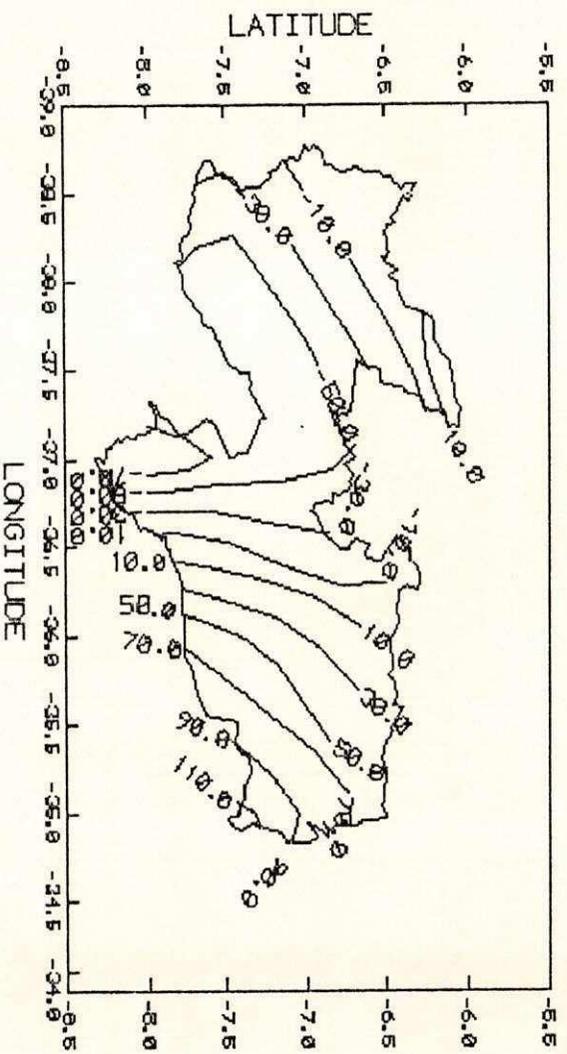


Figura 4.37 - Isolinhas dos desvios normalizados(%) de precipitação, para fevereiro de 1992 na Paraíba.

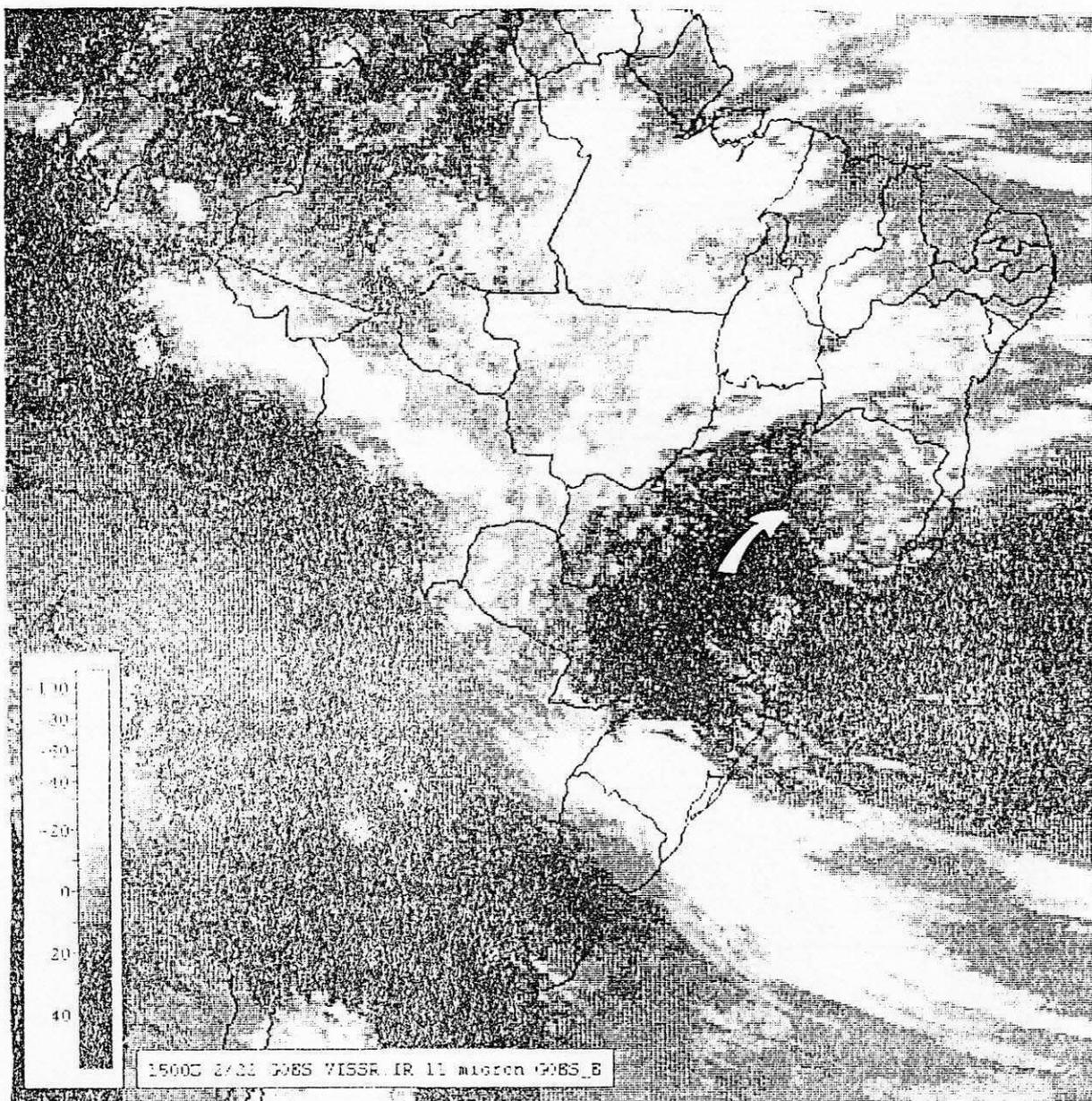


Figura 4.38 - Imagem do satélite GOES_E para o dia 22 de fevereiro de 1992, às 15:00 TMG, onde se observa um vórtice ciclônico nos altos níveis com centro aproximadamente em Minas Gerais, conforme indicação da seta; um sistema frontal sobre o Rio Grande do Sul e convecção tropical sobre a região Amazônica. (Fonte: Climanálise).

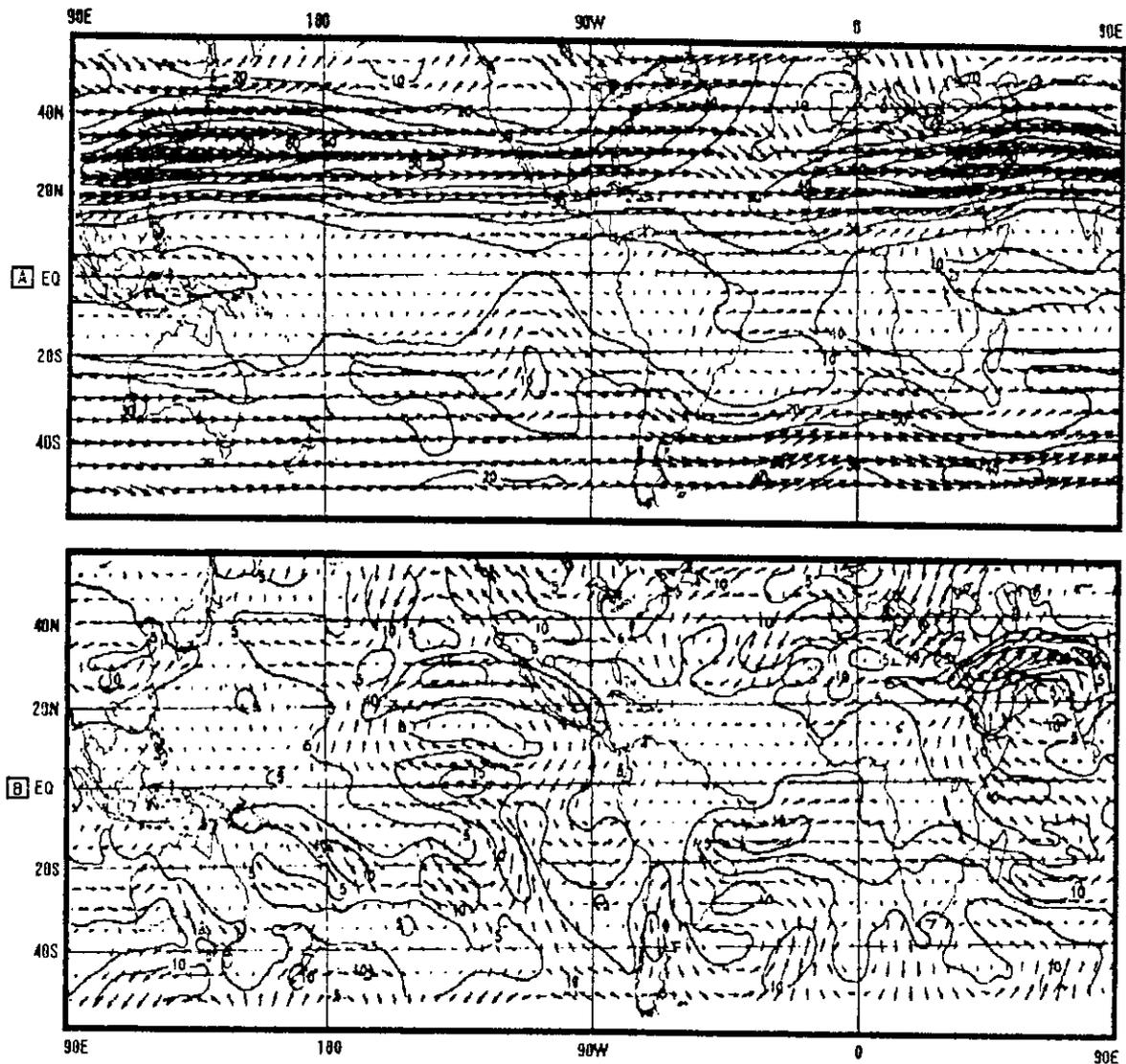


Figura 4.39 - A) Vetor vento em 200mb em fevereiro/92. Um vetor de comprimento igual a 5° de longitude, equivale a uma velocidade do vento de 20m/s. O intervalo entre as isotacas é de 10m/s. B) Anomalia do vetor vento em 200mb em fevereiro/92. As anomalias são desvios de médias mensais para o período base de 1979-1988. Um vetor de comprimento igual a 5° de longitude, equivale a uma velocidade do vento de 3,25m/s. O intervalo entre as isotacas é de 5m/s. (Fonte: CAC/NWS).

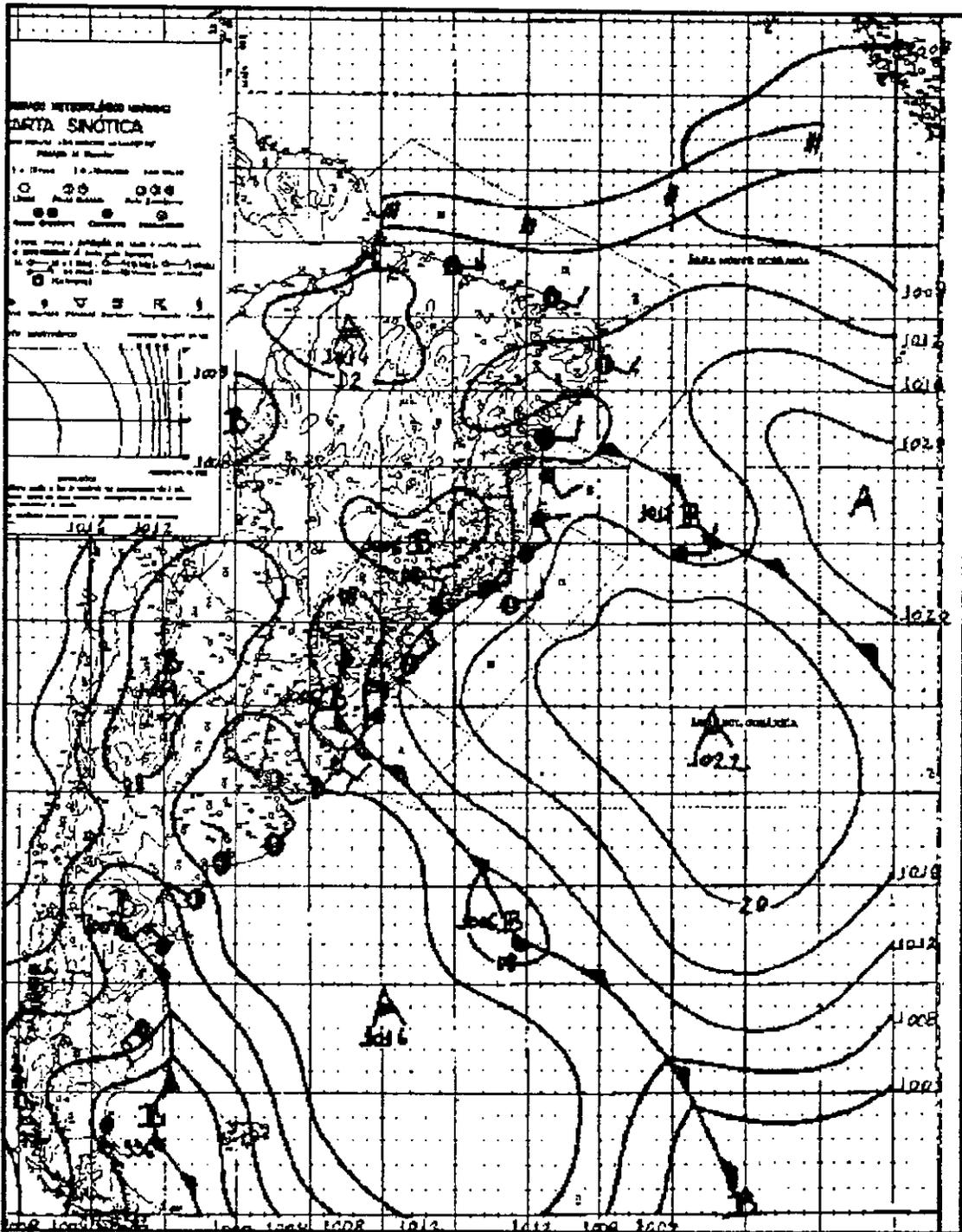


Figura 4.40 - Carta Sinótica de superfície, para às 12:00 TMG do dia 04 de fevereiro de 1992. (Fonte:DHN).

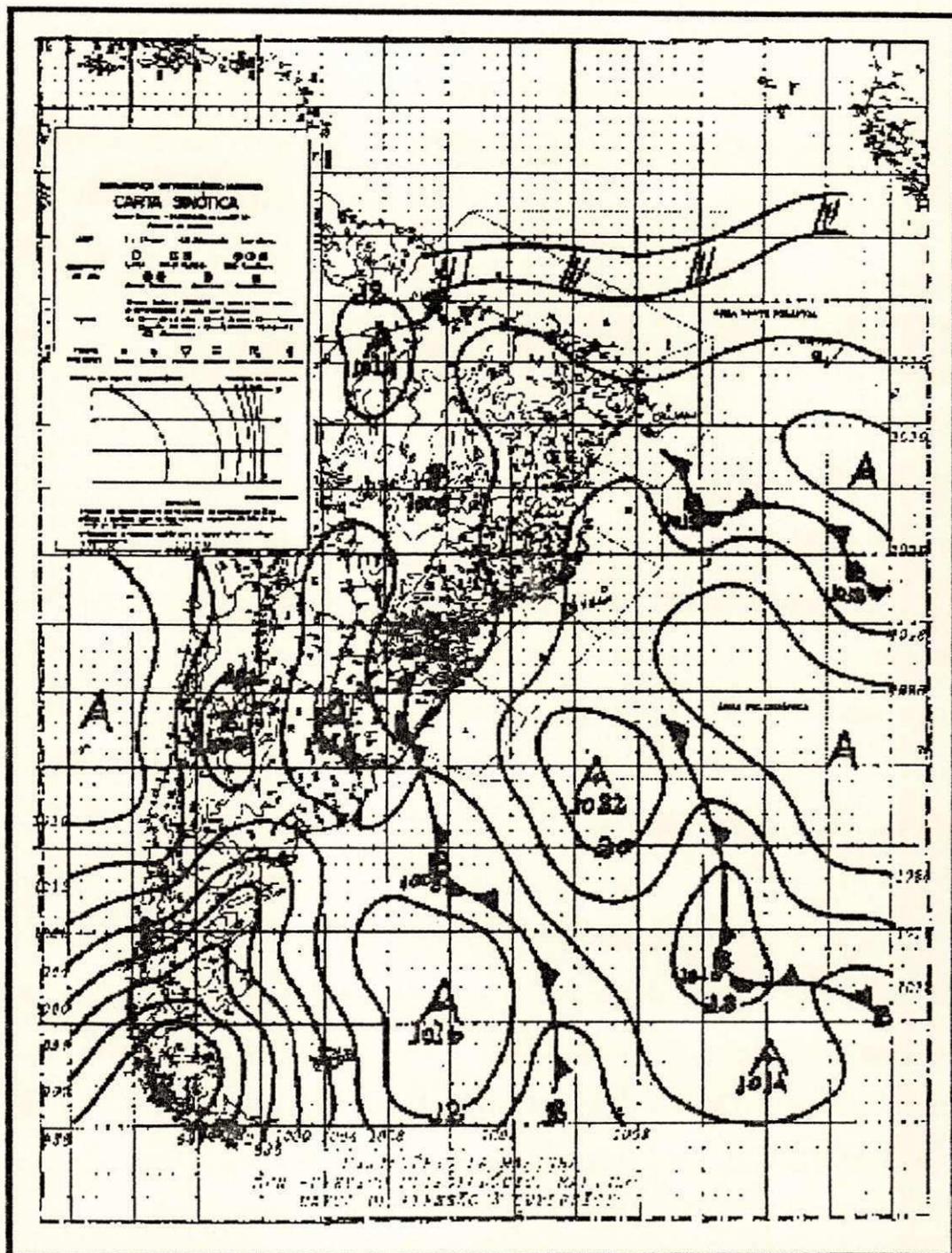


Figura 4.42 - Carta Sinótica de superfície, para às 12:00 TMG do dia 06 de fevereiro de 1992.
(Fonte: DHN).

4.4.3 - ANÁLISE PARA O MÊS DE MARÇO

Em março, o episódio quente ENOS esteve mais ativo que o mês anterior. Através dos campos de pressão, observou-se que o Índice de Oscilação do Sul (IOS), que no mês anterior apresentou o valor de -1,4, neste mês mostrou-se mais negativo -3,0 (CAC vol.02 N°03 Tabela T1).

Observa-se que apesar da ZCIT neste mês ter se apresentado em uma posição mais ao sul que a média (0,9°S), que é 1,8 graus de sua posição média mensal, a precipitação no Estado da Paraíba apresentou-se abaixo de sua média no Sertão e Cariri, e igual e acima da média no Agreste e Litoral respectivamente (Figs. 4.43 a 4.46).

Analisando o campo de anomalias de pressão ao nível do mar nos oceanos Atlântico e Pacífico (Figura 4.47). Observou-se as altas subtropicais com movimentos ascendentes sobre o Pacífico Oriental Tropical, e movimentos descendentes sobre o Atlântico Tropical. Convém salientar que este tipo de circulação é característico de anos com El Niño.

No campo de ventos em altos níveis (200mb), o cavado (normalmente associado a alta da Bolívia) neste mês voltou a ocupar sua posição sobre o NEB. Porém, possivelmente a ocorrência deste cavado sobre a região Nordeste e adjacências do Atlântico, esteve associada aos vórtices ciclônicos de altos níveis observados sobre o oceano Atlântico (Climanálise vol.07 N°03), visto que, neste mês, não foi verificada nenhuma circulação do tipo alta da Bolívia (Figura 4.48). Contudo, a atuação deste cavado não teve muita influência, principalmente sobre o Litoral e Agreste da Paraíba, uma vez que a alta subtropical manteve-se afastada da costa do Nordeste, o que propicia condições favoráveis ao aumento de precipitação nestas regiões.

Por outro lado, o oceano Atlântico tropical continuou em seu processo de aquecimento na parte Norte e resfriamento na parte Sul do equador, porém com pequenas

áreas de anomalias, positivas e negativas respectivamente, o que também constituiu um quadro moderadamente desfavorável às precipitações sobre o Nordeste (Figura 4.49).

Neste mês, a convecção sobre o NEB foi inferior a média climatológica. O Atlântico Tropical apresentou forte convecção em uma pequena área sobre o equador, e convecção mais fraca que a média sobre o Atlântico Subtropical Sul. Esta configuração está de acordo com os campos de anomalias de PNM, TSM e ROL, observados no Atlântico Tropical (Figuras 4.47, 4.49 e 4.50). Além disso, quando observamos o campo dos ventos em 850mb sobre o Atlântico tropical, verificamos que os alísios de Sudeste estiveram mais intensos e os de Nordeste menos intensos (Figura 4.51). Essas características em conjunto, são desfavoráveis às precipitações sobre o NEB (Marques 1981).

Como durante este mês não foi observada a atuação de outros sistemas, além dos já citados, a baixa pluviosidade nas regiões citadas acima, é atribuída aos efeitos dos aerossóis vulcânicos, ENOS e Dipolo do Atlântico, que apresentaram-se desfavoráveis à precipitação sobre o NEB.

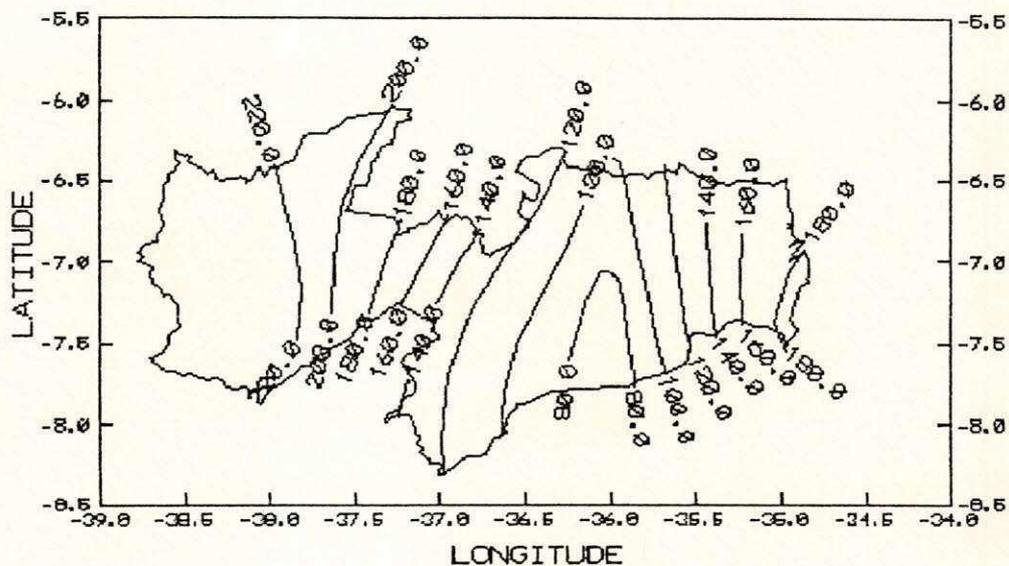


Figura 4.43 - Isolinhas da precipitação média (Climatologia) para o mês de março na Paraíba.

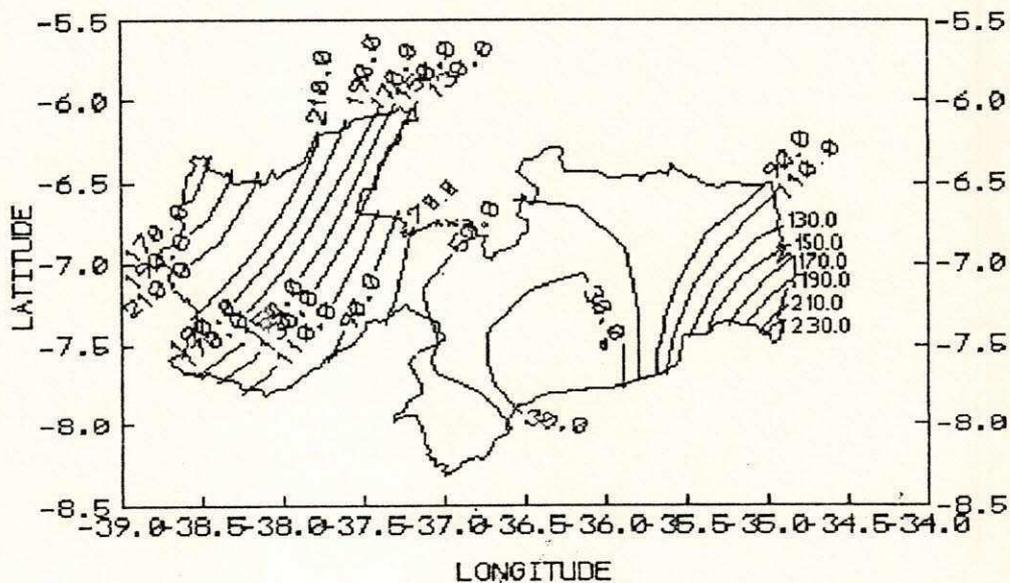


Figura 4.44 - Isolinhas dos totais de precipitação(mm) observada em março de 1992 na Paraíba.

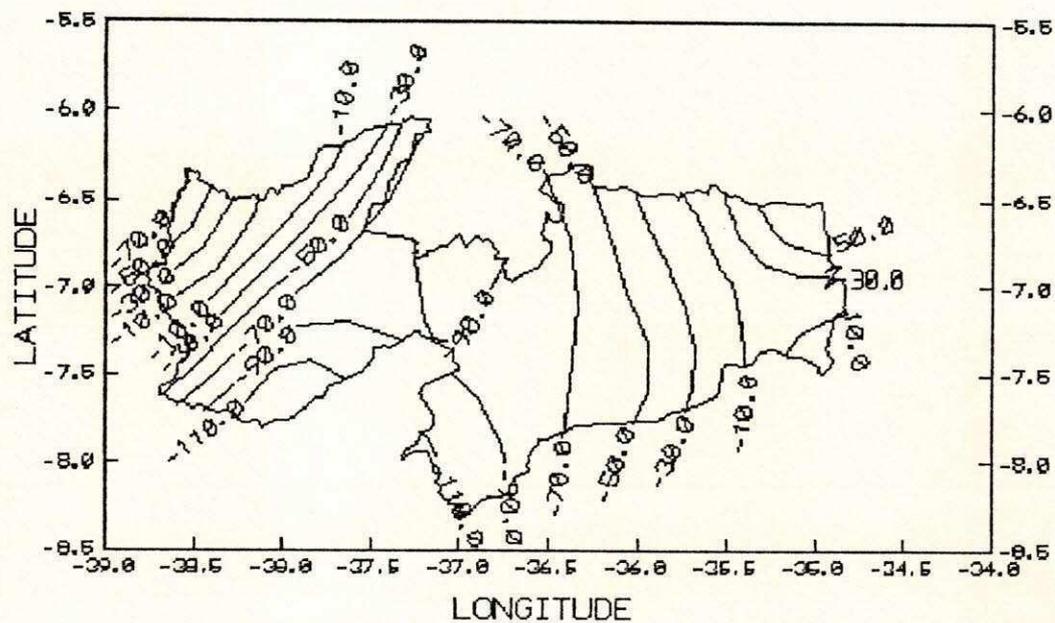


Figura 4.45 - Isolinhas de desvios absolutos(mm) das precipitações observadas no mês de março de 1992 na Paraíba.

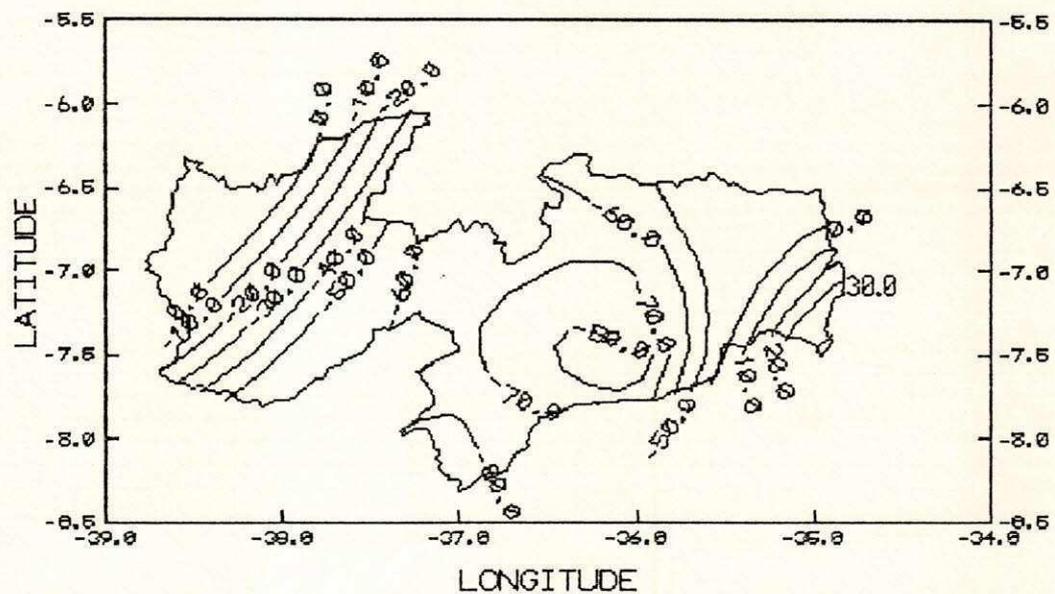


Figura 4.46 - Isolinhas dos desvios normalizados(%) de precipitação, para março de 1992 na Paraíba.

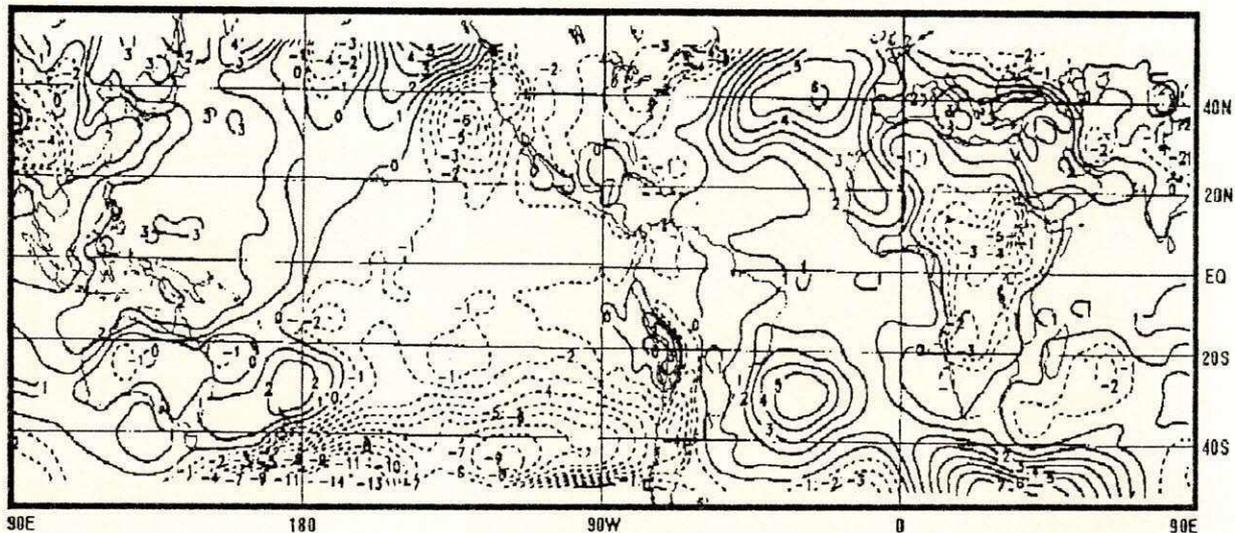


Figura 4.47 - Campo de anomalias de pressão ao nível do mar para março/92. As anomalias são computadas como desvios em relação à Climatologia do CAC. O intervalo entre os contornos é de 1mb. As anomalias negativas são indicadas por linhas tracejadas. (Fonte: CAC/NWS).

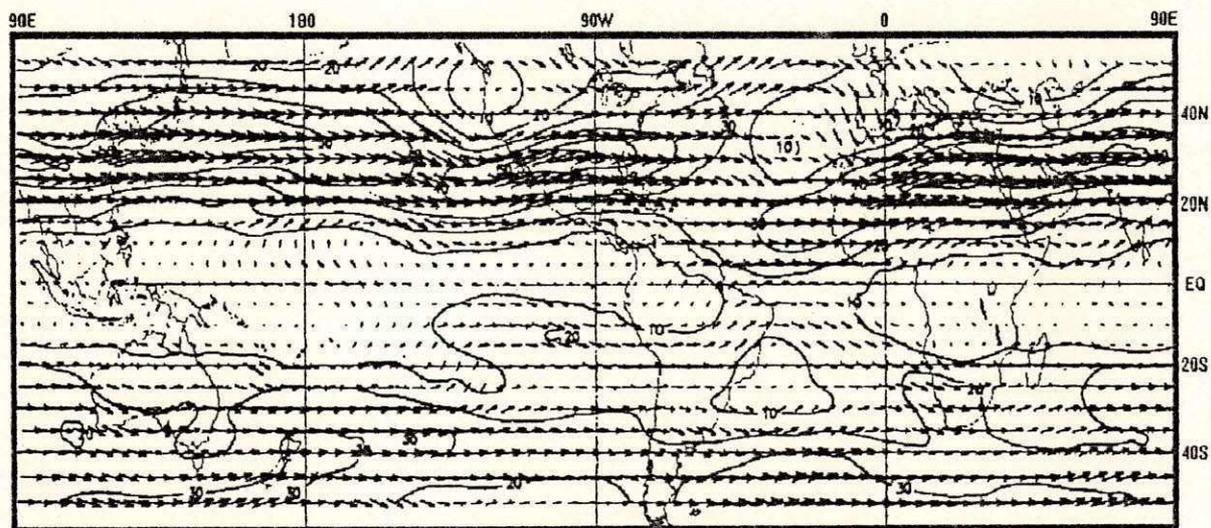


Figura 4.48 - Campo do vetor vento em 200mb em março/92. Os ventos são analisados numa grade de $2,5^\circ$ e interpolados para uma grade de 5° em projeção Mercator para visualização. Um vetor de comprimento igual a 5° de longitude, equivale a uma velocidade do vento de 20m/s. O intervalo entre as isotacas é de 10m/s. (Fonte: CAC/NWS).

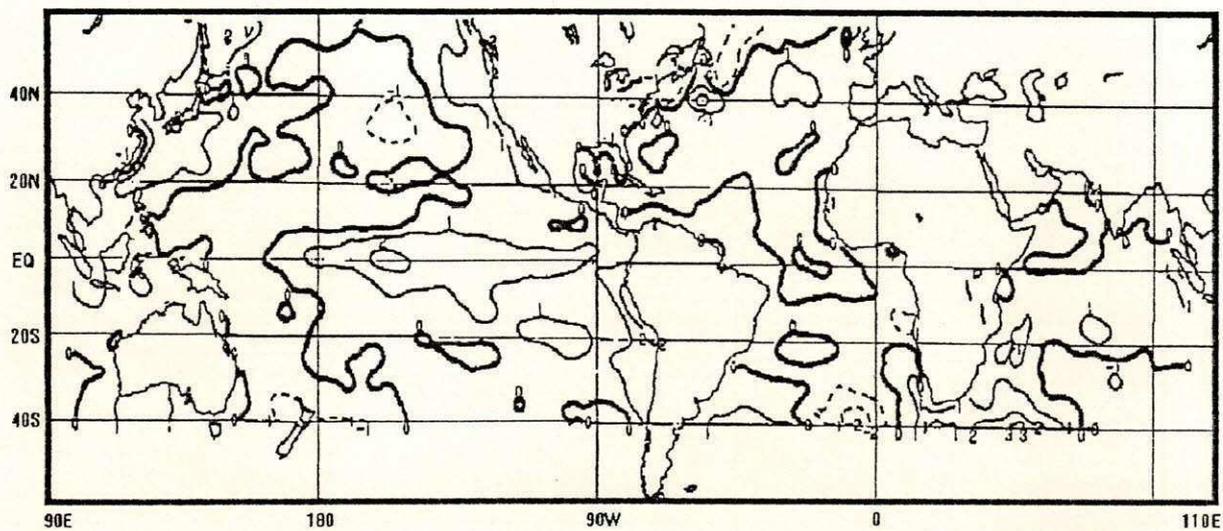


Figura 4.49 - Campo de anomalias de Temperatura da Superfície do Mar-TSM para março/92. As anomalias são computadas como desvios em relação à Climatologia do CAC. O intervalo entre as isotermas é de 1°C , exceto para contornos adicionais de $0,5^{\circ}\text{C}$. As anomalias negativas são indicadas por linhas tracejadas. (Fonte: CAC/NWS).

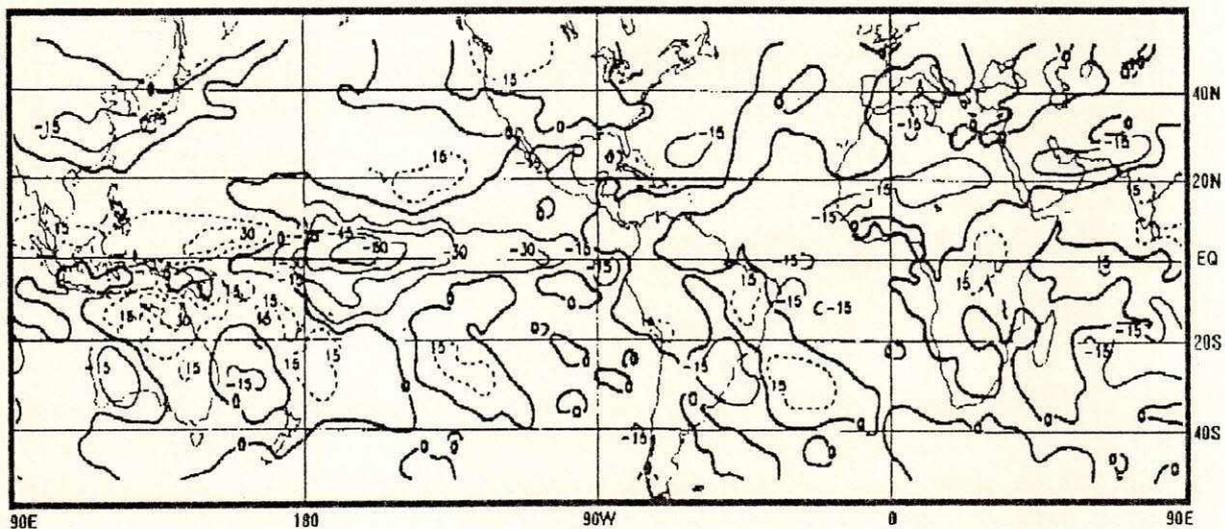


Figura 4.50 - Campo de anomalias de Radiação de Onda Longa (ROL) emitida para o espaço em março/92. As anomalias são computadas como desvios das médias para o período base de 1979-88. O intervalo entre contornos é de $15\text{W}/\text{m}^2$. Anomalias positivas são indicadas por linhas tracejadas. (Fonte: CAC/NWS).

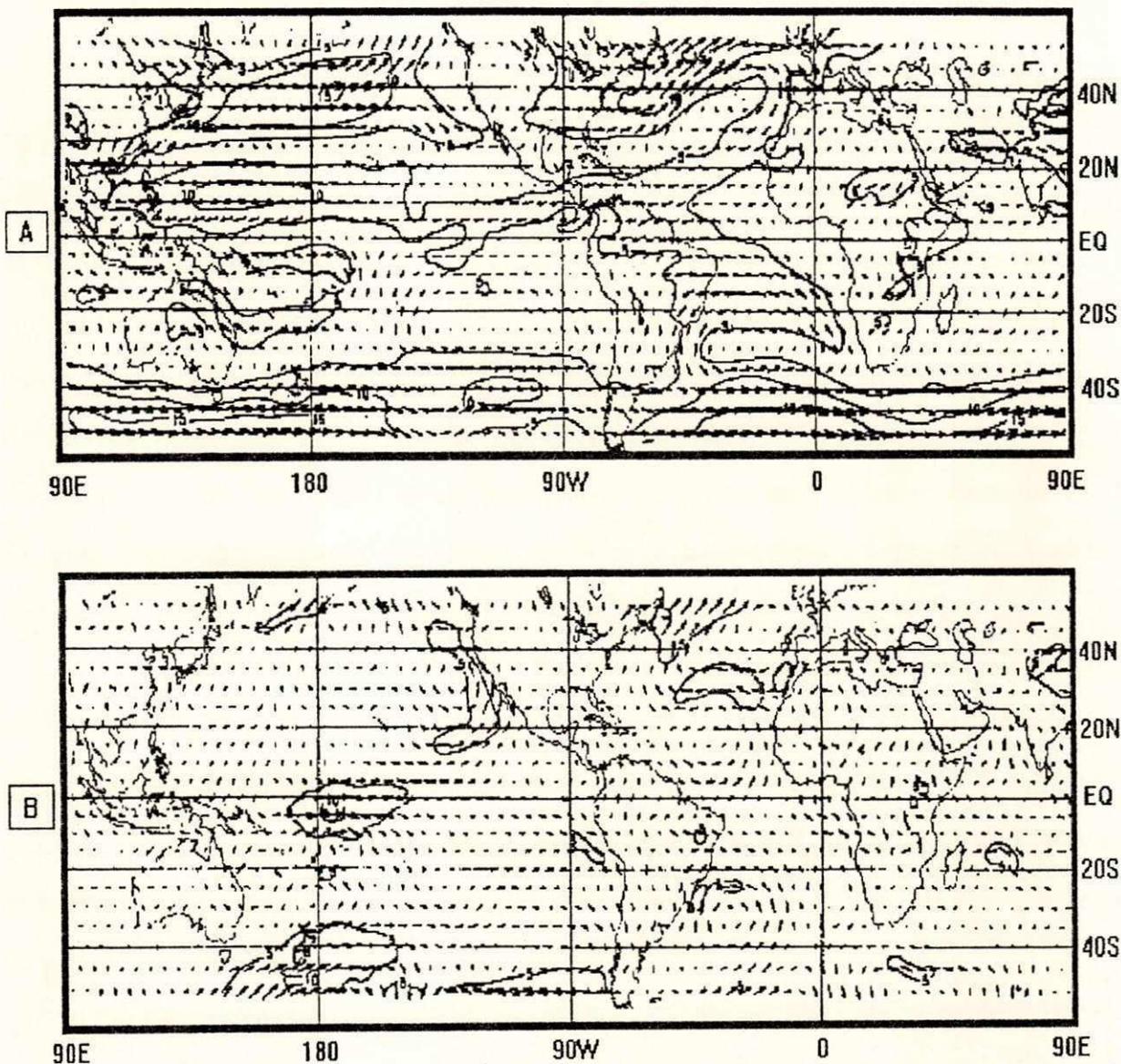


Figura 4.51 - (A) Vetor vento em 850mb para março/92. Os ventos são analisados numa grade de 2,5° e interpolados para uma grade de 5° em projeção Mercator para visualização. Um vetor de comprimento igual a 5° de longitude, equivale a uma velocidade do vento de 6,25m/s. (B) Anomalia do vento em 850mb para março/92. As anomalias são computadas como desvios em relação a Climatologia do CAC e o intervalo de contorno entre as isotacas é de 5m/s. (Fonte: CAC/NWS).

4.4.4 - ANÁLISE PARA O MÊS DE ABRIL

A partir de abril, todos os parâmetros atmosféricos que determinam a presença do El Niño, mostraram um certo recuo, o que significa uma diminuição da influência do episódio quente do ENOS. Para este mês, o total acumulado de precipitação esteve abaixo da média em todo o Estado. Todavia as regiões do Cariri e Sertão apresentaram desvios de aproximadamente -55% e no Agreste e Litoral aproximadamente -22% (Figs. 4.53 a 4.56). Dessa forma, pode-se deduzir, que esta diferença está relacionada com alguns aglomerados convectivos associados à brisa marítima (Climanálise vol. 07 N°04), presentes nos dias 4 e 5 e também devido a atuação de um vórtice ciclônico da alta troposfera, presente no dia 13, com seu centro em torno de 15°S - 30°W no dia 14 (Figura 4.52). Estes sistemas certamente contribuíram na pluviometria do Agreste e Litoral.

O aumento das anomalias de TSM na costa Oeste da América do Sul causaram maior convecção nesta região (Figuras 4.57 e 4.58), que por sua vez diminuiu a precipitação sobre o Nordeste e, conseqüentemente, causou o recuo da ZCIT para posições mais ao Norte, encerrando assim prematuramente, a influência direta da ZCIT sobre as precipitações na região Norte do Nordeste, que neste mês contou com sua atuação apenas na primeira semana.

Observando os campos de anomalias de temperatura da superfície do mar, sobre o Oceano Atlântico Tropical, verificou-se que estas estavam mais ou menos próximas da normal (Figura 4.57). Não sendo portanto fator determinante da baixa pluviosidade observada neste mês sobre a região.

Através do campo da pressão reduzida ao nível médio do mar (Figura 4.59A), pode-se observar que a alta subtropical do Atlântico Norte esteve mais intensa que a alta do Atlântico Sul. E no campo de anomalias de PNM (Figura 4.59B), pode-se constatar que a pressão ao Sul de 20°S foi inferior a média e ao Norte de 20°S, apresentou-se acima da média, o que constitui um quadro favorável às precipitações nas regiões Sul e Sudeste,

porém desfavorável para as regiões Norte e Nordeste do Brasil (Figura 4.61). Esta é uma configuração típica da atuação do episódio quente ENOS e da presença de aerossóis na estratosfera em baixas latitudes.

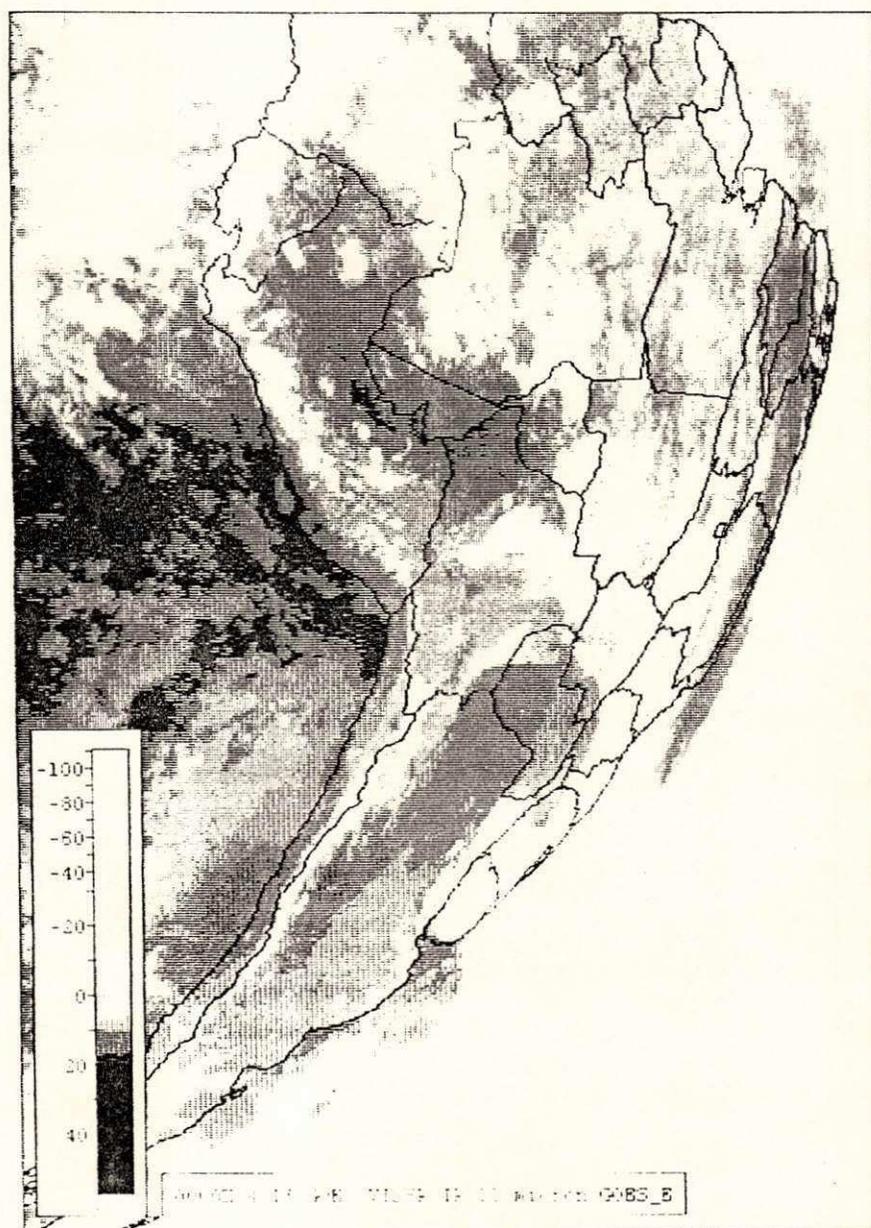


Figura 4.52 - Imagem do satélite GOES_E para o dia 13 de Abril de 1992, às 00:00 TMG. Que mostra a atuação de um vórtice ciclônico com seu centro no oceano Atlântico. (Fonte: CPTEC).

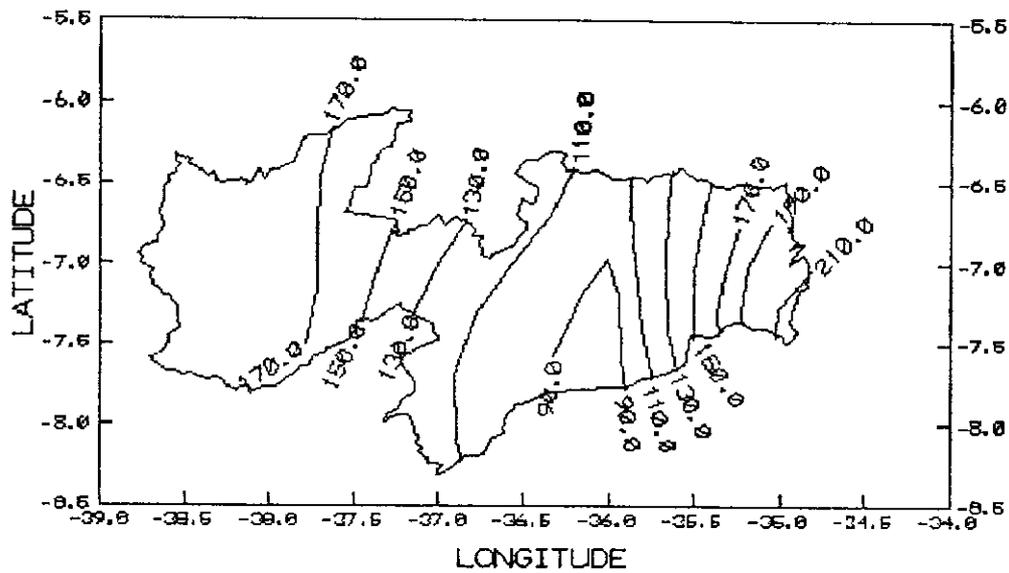


Figura 4.53 - Isolinhas da precipitação média (Climatologia) para o mês de abril na Paraíba.

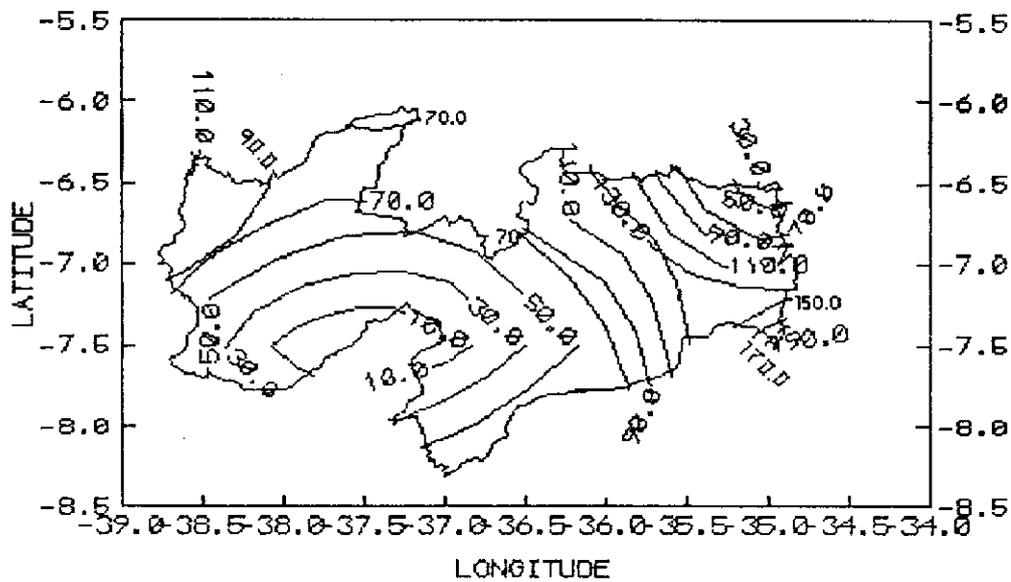


Figura 4.54 - Isolinhas dos totais de precipitação(mm) observada em abril de 1992 na Paraíba.

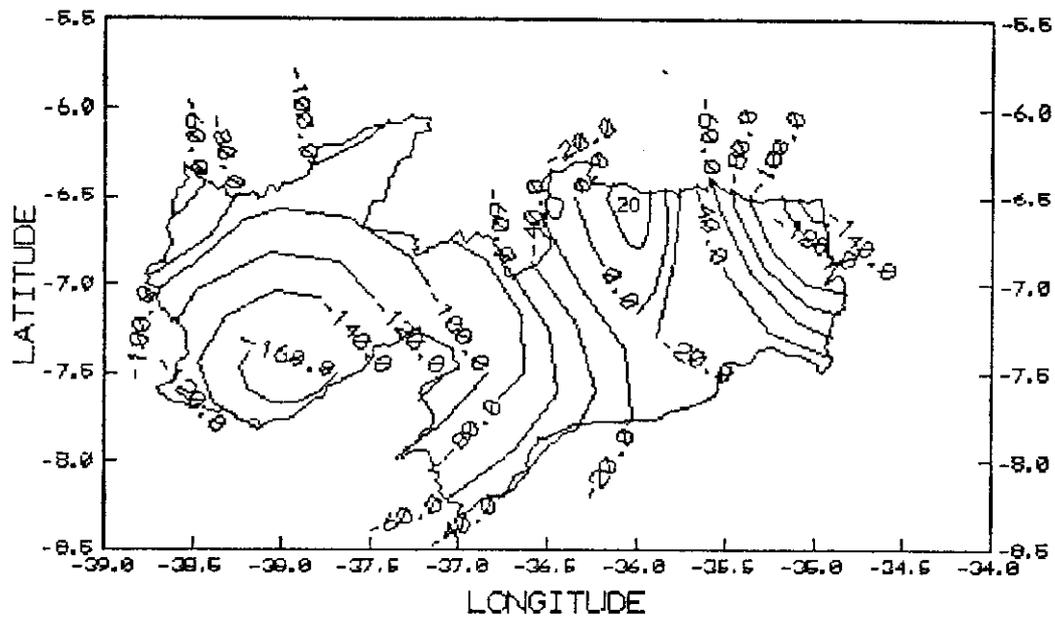


Figura 4.55 - Isolinhas de desvios absolutos(mm) das precipitações observadas no mês de abril de 1992 na Paraíba.

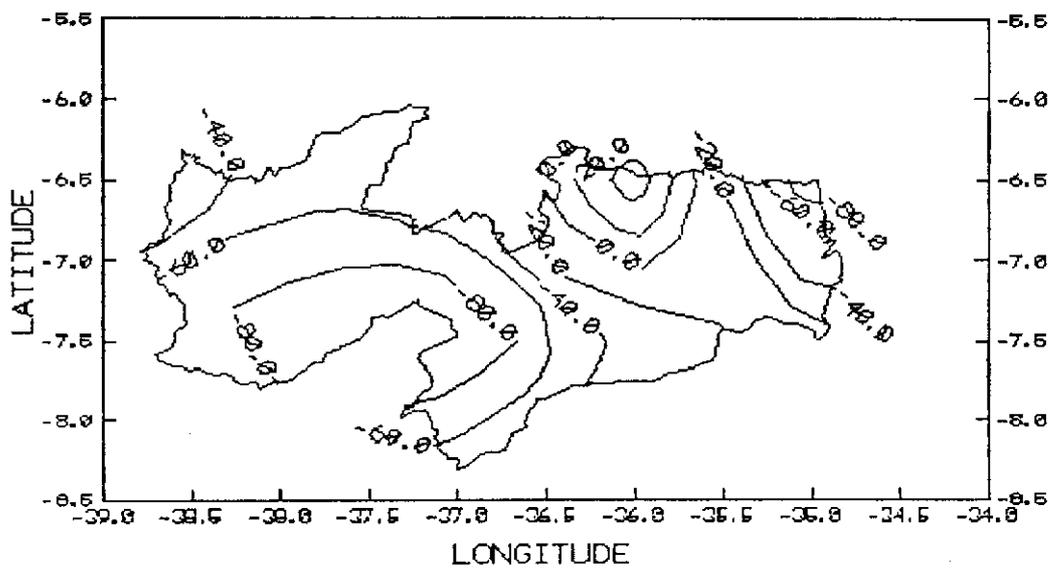


Figura 4.56 - Isolinhas dos desvios normalizados(%) de precipitação, para abril de 1992 na Paraíba.

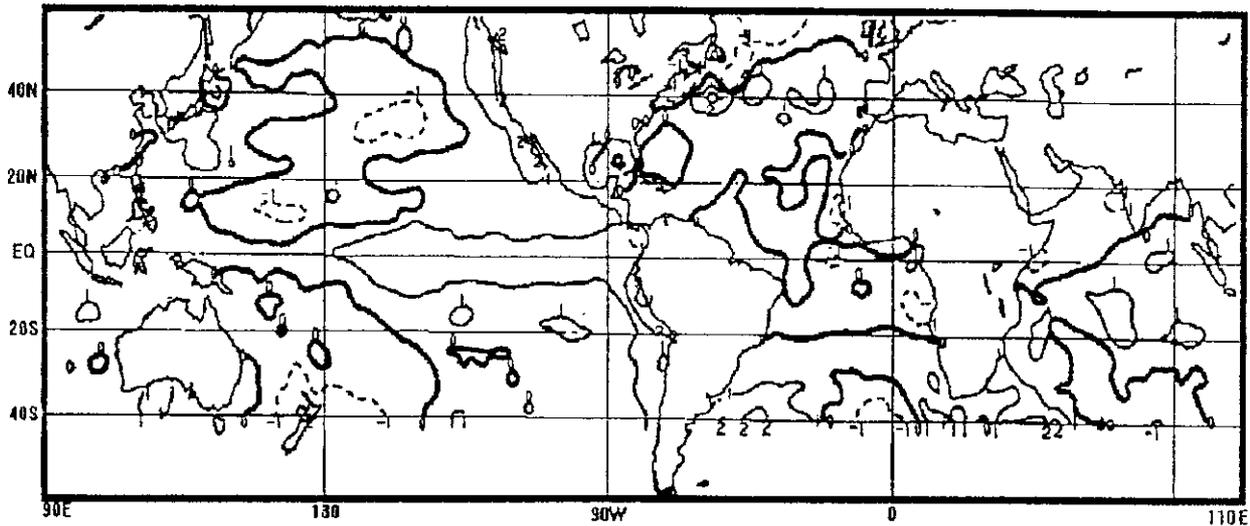


Figura 4.57 - Campo de anomalias de temperatura da superfície do mar em abril/92. As anomalias são computadas como desvios em relação à Climatologia do CAC. O intervalo entre as isotermas é de 1°C , exceto para contornos adicionais de $0,5^{\circ}\text{C}$. Anomalias negativas são indicadas por linhas tracejadas. (Fonte: CAC/NWS).

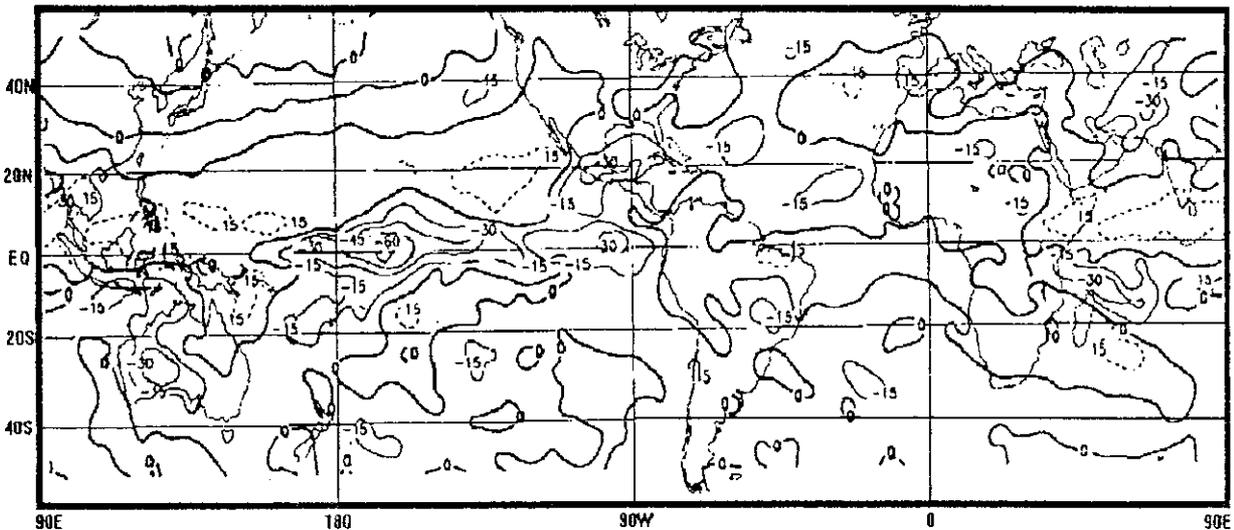


Figura 4.58 - Campo de anomalias de radiação de onda longa emitida para o espaço em abril/92. As anomalias são computadas como desvios das médias para o período base de 1979-88. O intervalo entre os contornos é de $15\text{W}/\text{m}^2$. Anomalias positivas estão indicadas por linhas tracejadas. (Fonte: CAC/NWS).

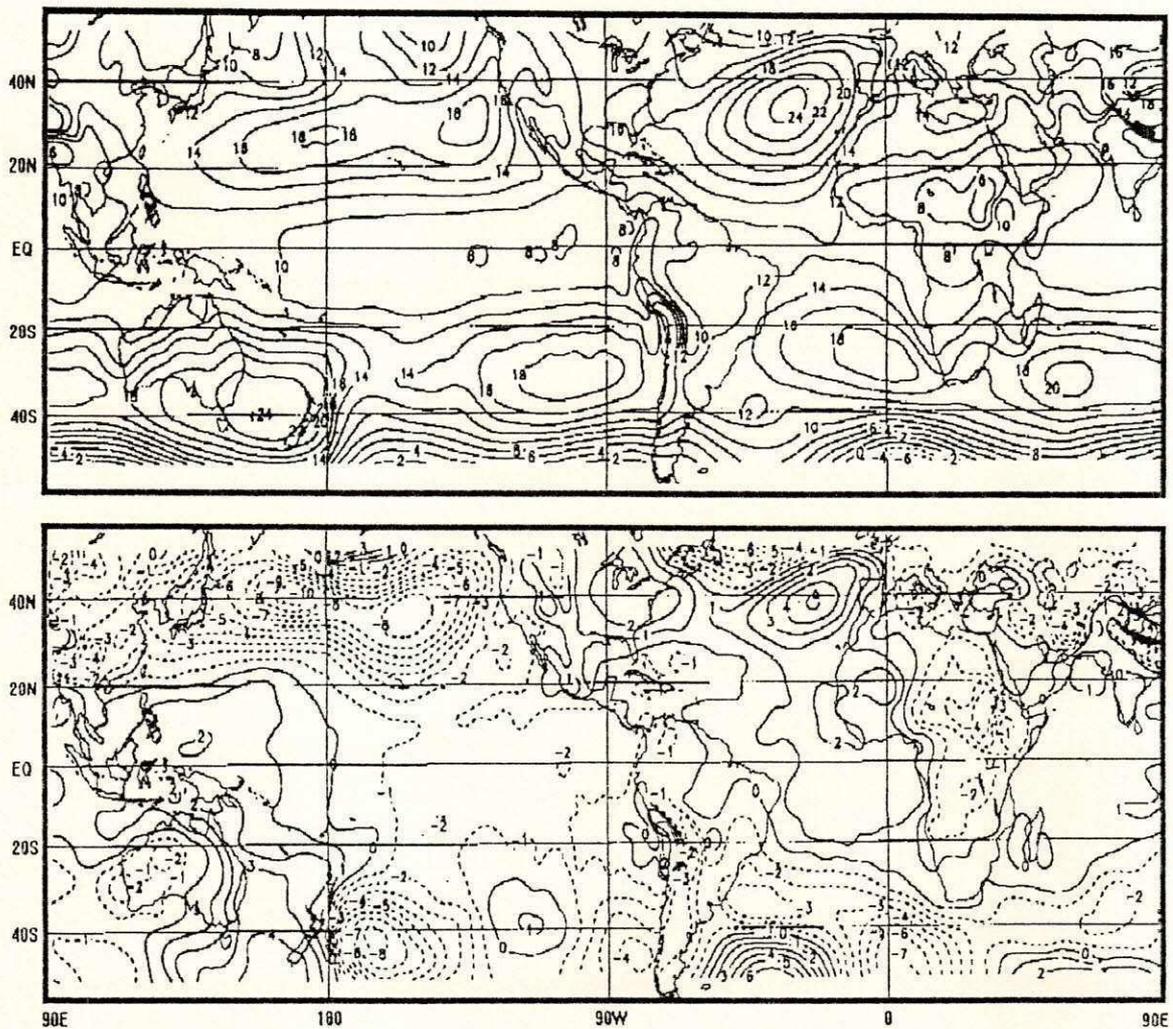


Figura 4.59 - A) Campo de pressão ao nível médio do mar para abril/92, analisada numa grade de $2,5^\circ$ e interpolada para uma grade de 5° em projeção Mercator para visualização. O intervalo de contorno é de 2mb; 1000mb devem ser adicionados aos números indicados no contorno. B) Campo de anomalias de pressão ao nível médio do mar para abril/92. As anomalias são computadas como desvios em relação à Climatologia do CAC. O intervalo de contorno é de 1mb. As anomalias negativas são indicadas por linhas tracejadas (Fonte:CAC/NWS).

4.4.5 - ANÁLISE PARA O MÊS DE MAIO

Dentre os meses que compõem a estação chuvosa na Paraíba (janeiro a julho), maio foi o mês mais seco, não sendo registradas precipitações no Cariri. Nas demais sub-regiões a pluviometria ficou em torno de 60% abaixo da média (Figs. 4.60 a 4.63).

Neste mês, ficou mais evidente a atuação do fenômeno El Niño, quando observamos o contraste na precipitação entre as regiões Norte-Nordeste, precipitações abaixo da média, e Sul-Sudeste, precipitações acima da média (Figura 4.64), o que também é uma característica dos efeitos que os aerossóis vulcânicos têm sobre o clima, uma vez que a presença destes em baixas latitudes, pode provocar o aumento da frequência de bloqueios sobre a América do Sul, intensificando a ZCAS, causando estiagem na Amazônia e Nordeste e excesso de chuvas nas regiões Sul e Sudeste (Molion 1994).

Devido a um aumento da temperatura na superfície do Pacífico, que apresentou anomalias positivas de TSM entre 2 e 3°C próximo a costa do Peru e Equador (Figura 4.65), o fenômeno El Niño voltou a intensificar-se. Este aquecimento no Pacífico, aumentou a convecção nesta região, o que intensificou a célula anômala de Walker e fortaleceu seu ramo subsidente sobre o Nordeste do Brasil, com redução de atividade convectiva em boa parte desta região (Figura 4.66). Esta situação também pôde ser observada quando verificou-se que os campos de divergência em 200mb, apresentaram uma grande área negativa (que abrange principalmente o Sertão e Cariri paraibano) sobre o NEB, o que significa aumento de subsidência e que, em superfície, a convecção estava sendo inibida (Figura 4.67).

No campo de ventos em altos níveis (200mb), verificou-se que o cavado estava bem caracterizado sobre a região Nordeste, com o enfraquecimento da circulação da alta da Bolívia. Esta configuração propicia condições desfavoráveis às precipitações sobre o NEB (Figura 4.68).

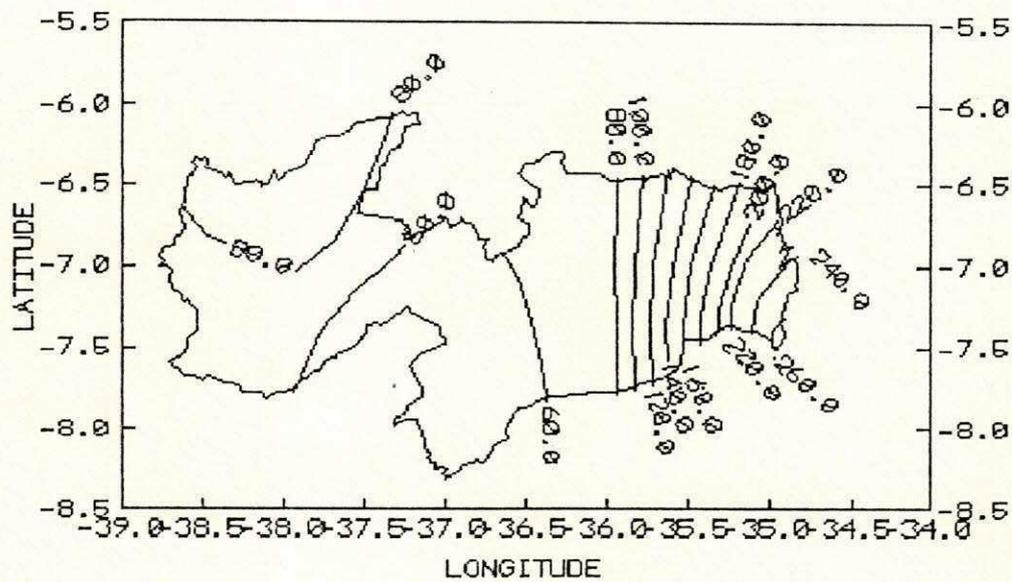


Figura 4.60 - Isolinhas da precipitação média (Climatologia) para o mês de maio na Paraíba.

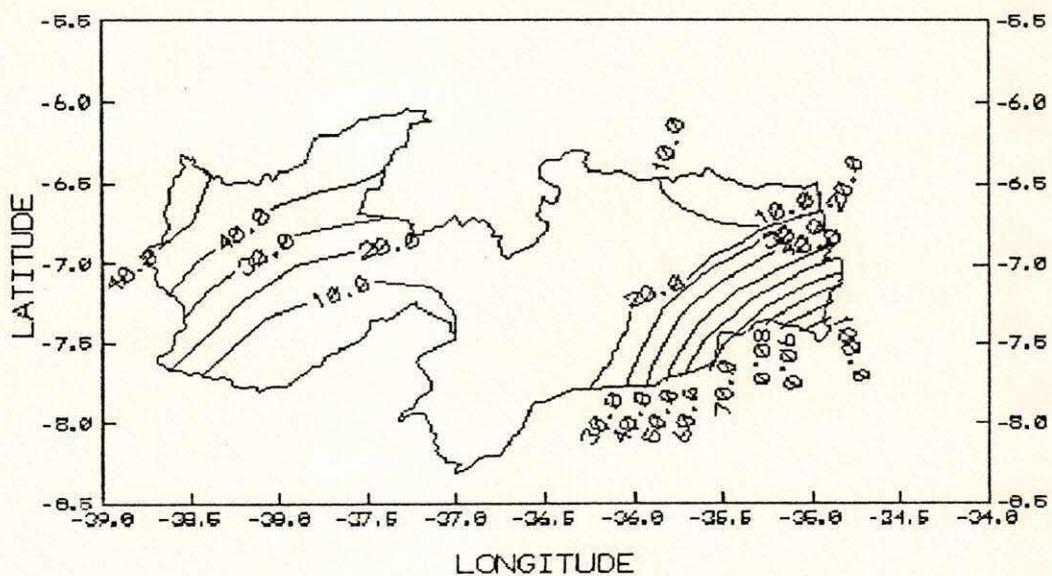


Figura 4.61 - Isolinhas dos totais de precipitação(mm) observada em maio de 1992 na Paraíba.

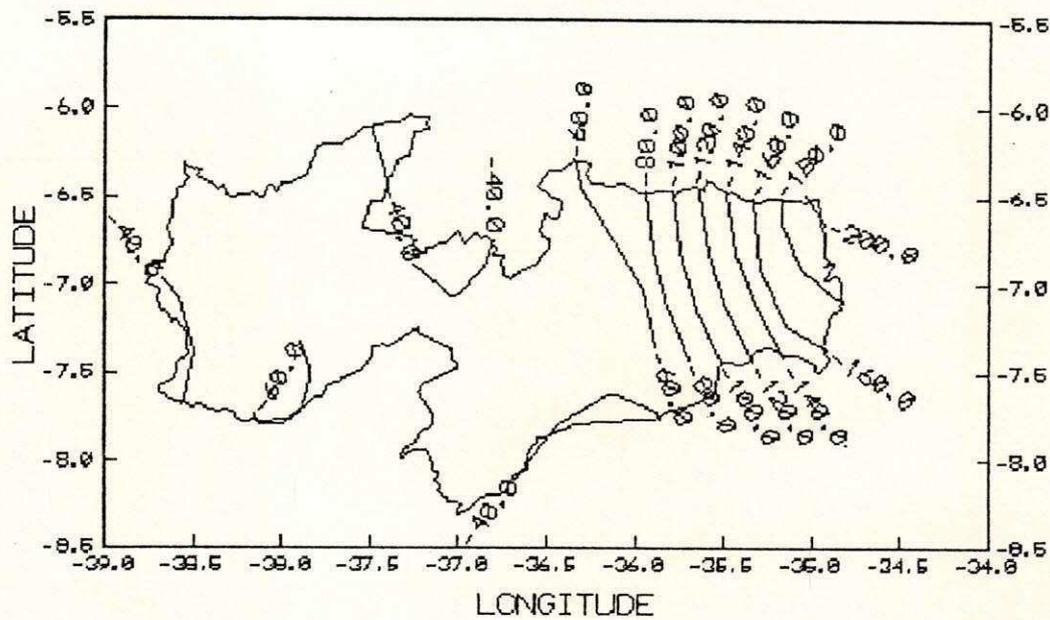


Figura 4.62 - Isolinhas de desvios absolutos(mm) das precipitações observadas no mês de maio de 1992 na Paraíba.

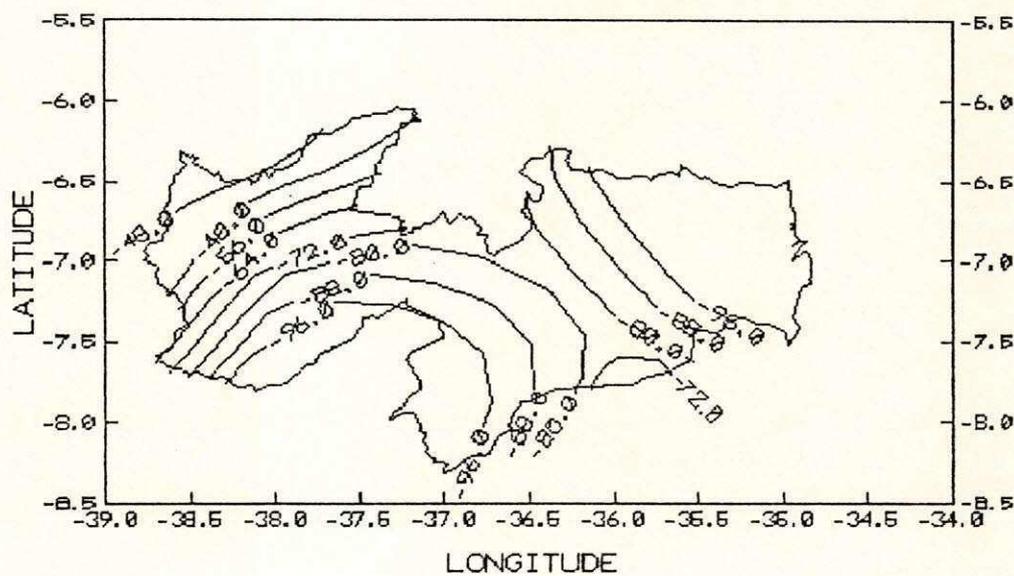


Figura 4.63 - Isolinhas dos desvios normalizados(%) de precipitação, para maio de 1992 na Paraíba.

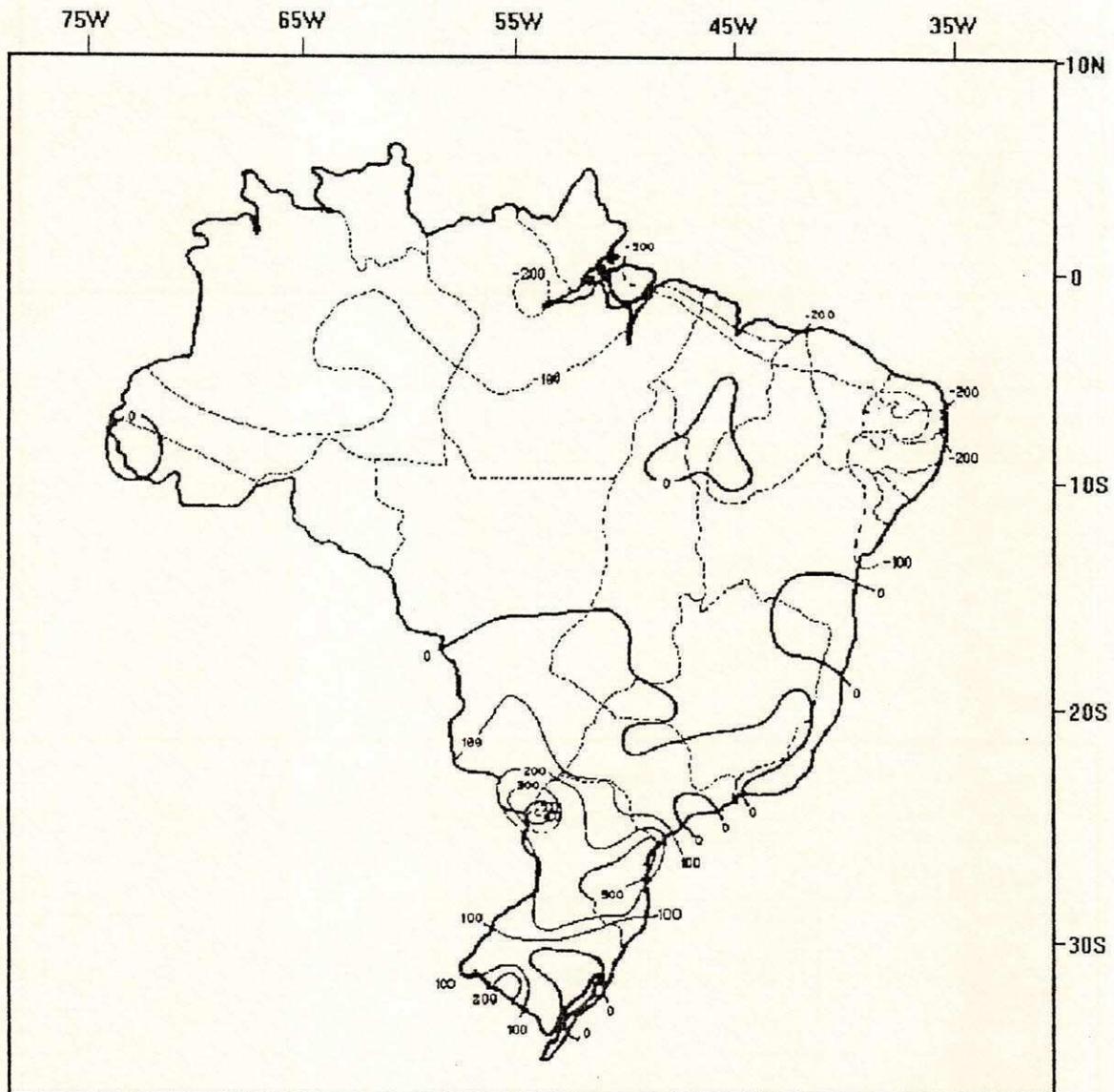


Figura 4.64 - Desvios de precipitação em (mm) em relação à normal climatológica para maio de 1992. As linhas tracejadas indicam desvios negativos. (Fonte: INMET).

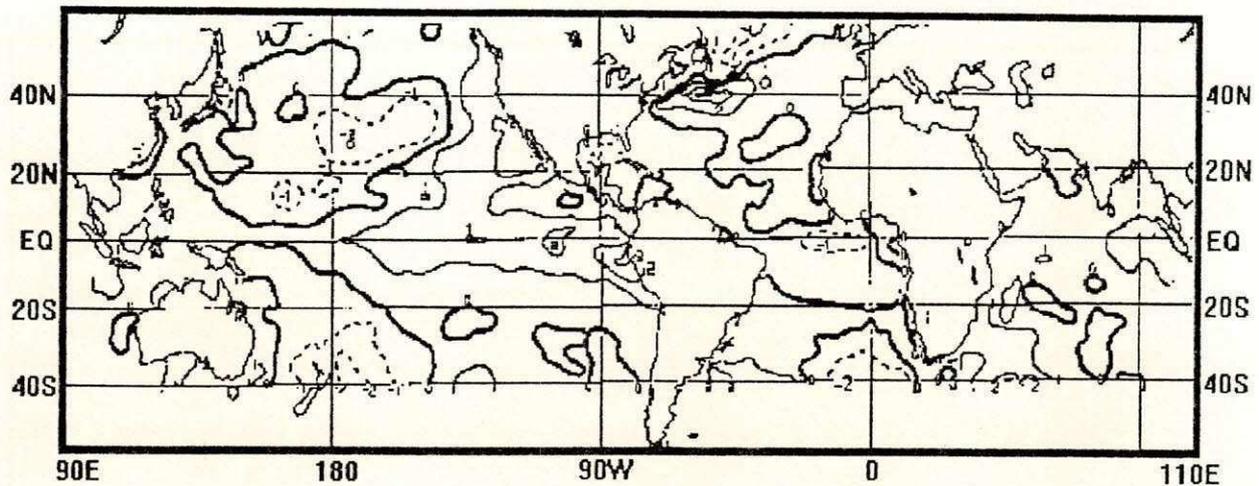


Figura 4.65 - Campo de anomalias de temperatura da superfície do mar para maio de 1992. As anomalias são computadas como desvios em relação à Climatologia do CAC. O intervalo entre as isotermas é de 1°C , exceto para contornos adicionais de $0,5^{\circ}\text{C}$. As anomalias negativas são indicadas por linhas tracejadas. (Fonte: CAC/NWS).

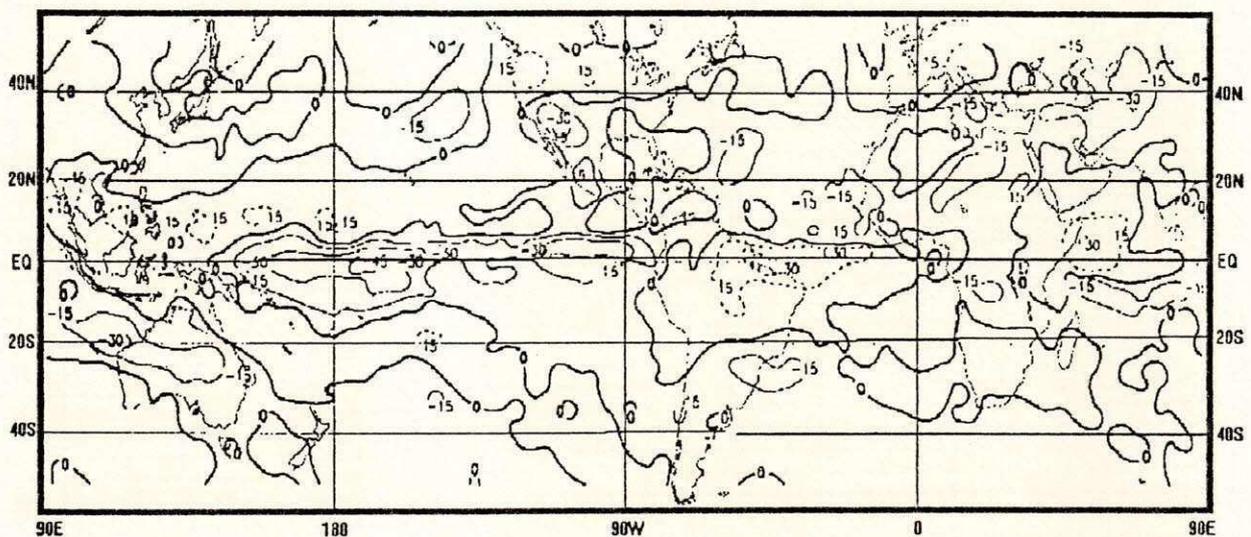


Figura 4.66 - Campo de anomalias de radiação de onda longa emitida para o espaço em maio/92. As anomalias são computadas como desvios das médias para o período base de 1979-88. O intervalo entre os contornos é de $15\text{W}/\text{m}^2$. As anomalias positivas estão indicadas por linhas tracejadas. (Fonte: CAC/NWS).

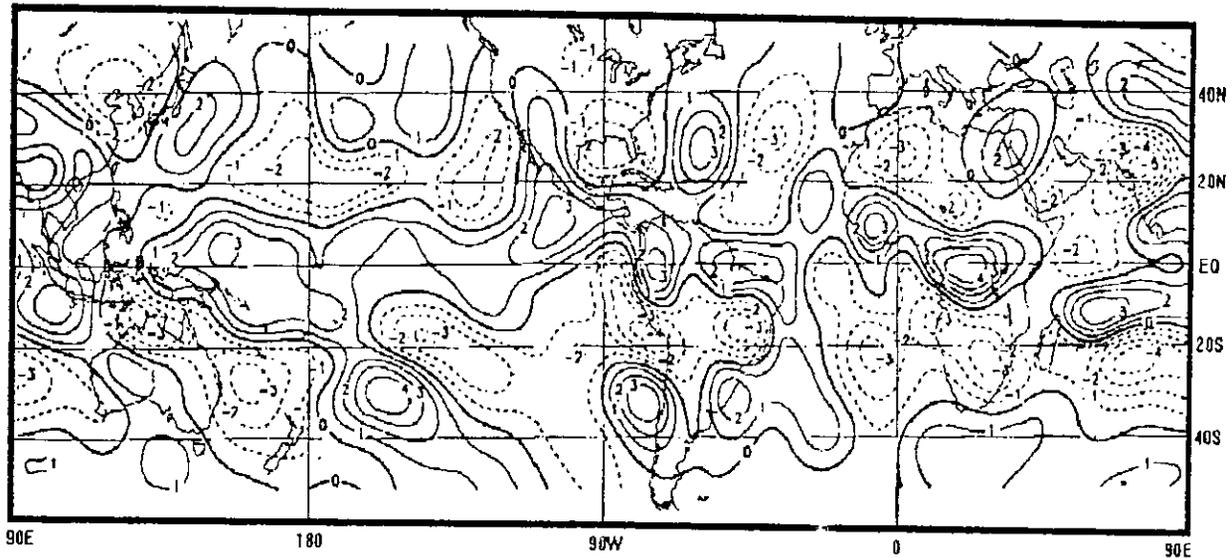


Figura 4.67 - Campo de Divergência em 200mb para maio/92. O intervalo de contorno é de $1 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$. Os valores negativos são indicados pelas linhas tracejadas. (Fonte: CAC/NWS).

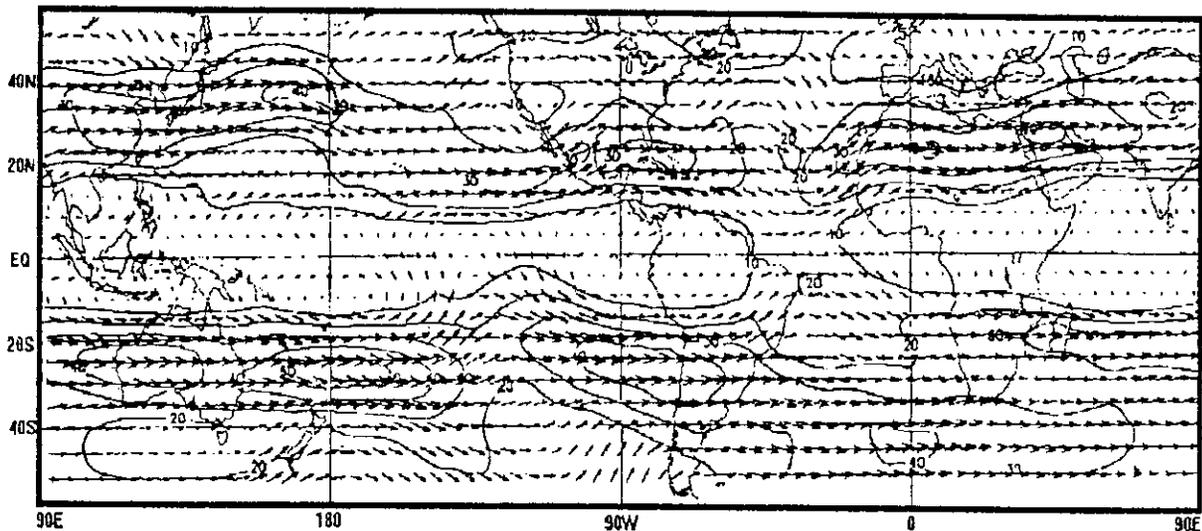


Figura 4.68 - Campo do vetor vento em 200mb em maio/92. Os ventos são analisados numa grade de $2,5^\circ$ e interpolados para uma grade de 5° em projeção Mercator para visualização. Um vetor de comprimento igual a 5° de longitude, equivale a uma velocidade do vento de 20m/s. O intervalo entre as isotacas é de 10m/s. (Fonte: CAC/NWS).

4.4.6 - ANÁLISE PARA O MÊS DE JUNHO

No mês de junho, o Estado da Paraíba continuou apresentando precipitações abaixo da média no Sertão e Cariri (Figura 4.72). No Litoral e Agreste, ocorreram precipitações acima da média, possivelmente influenciadas pela intensificação da alta subtropical do Atlântico Sul (Figura 4.77), que permitiu o deslocamento de restos de sistemas frontais sobre esta área, que tem sua estação chuvosa distribuída entre os meses de abril a julho. Esta área (Litoral e Agreste) teve iniciada tardiamente sua estação de chuvas (Figs. 4.69 a 4.72).

No Atlântico tropical, as anomalias de temperatura apresentaram-se mais ou menos próximas a normalidade, com apenas uma área de $-1,0^{\circ}\text{C}$ próximo do Equador, na costa Oeste da África. E ao Norte do Equador, as anomalias ficaram próximas de zero. Neste mês, foi registrado um enfraquecimento do fenômeno ENOS que continuou em atividade no Oceano Pacífico. Isso foi observado pelo campo de anomalias de TSM próximas à costa do Peru e Equador, que passaram de $2,3^{\circ}\text{C}$ em maio para $1,0^{\circ}\text{C}$ em junho (Figura 4.73).

Os campos de anomalias de ROL mostraram-se menos negativos (Figura 4.74), indicando redução de atividade convectiva sobre o Pacífico, além do fortalecimento dos ventos alísios (Figura 4.75) que é um fator que indica o término do fenômeno El Niño. Estes parâmetros em conjunto indicaram que o El Niño, iniciava a partir deste mês, sua fase de desintensificação. Como consequência, suas manifestações foram observadas, porém menos intensas.

O campo de divergência em altos níveis (200mb) mostraram claramente que houve apenas uma pequena área de divergência positiva que abrangeu parte do Agreste e Litoral paraibano, nas demais sub-regiões (Sertão e Cariri) foi verificada uma grande área de divergência negativa, indicando movimento subsidente nesta região (Figura 4.76).

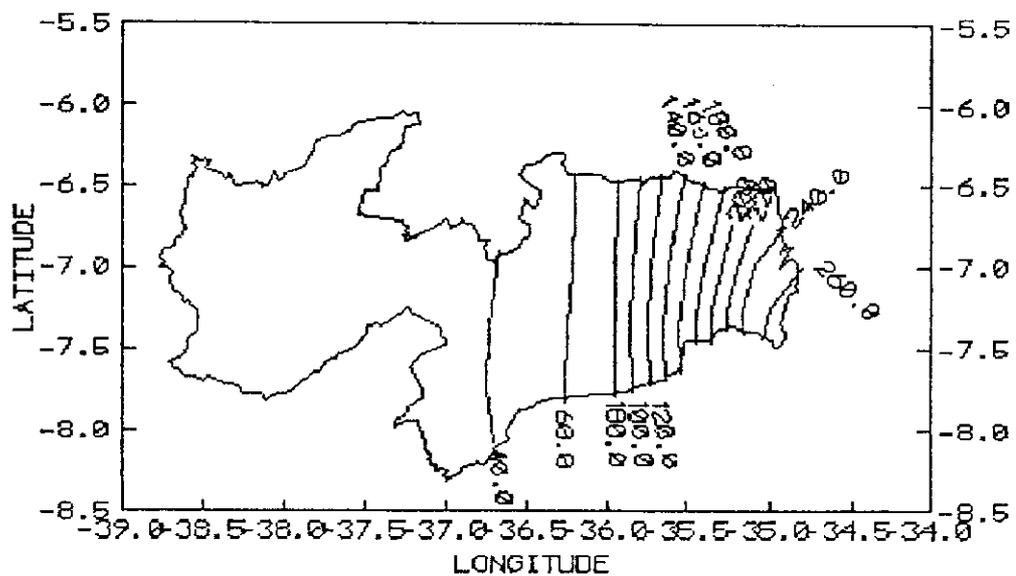


Figura 4.69 - Isolinhas da precipitação média (Climatologia) para o mês de junho na Paraíba.

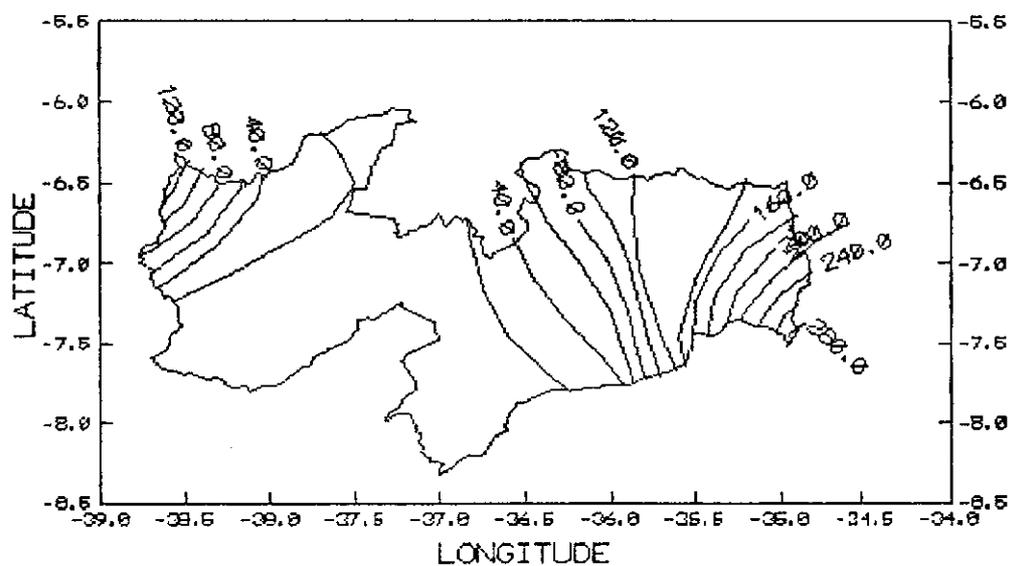


Figura 4.70 - Isolinhas dos totais de precipitação(mm) observada em junho de 1992 na Paraíba.

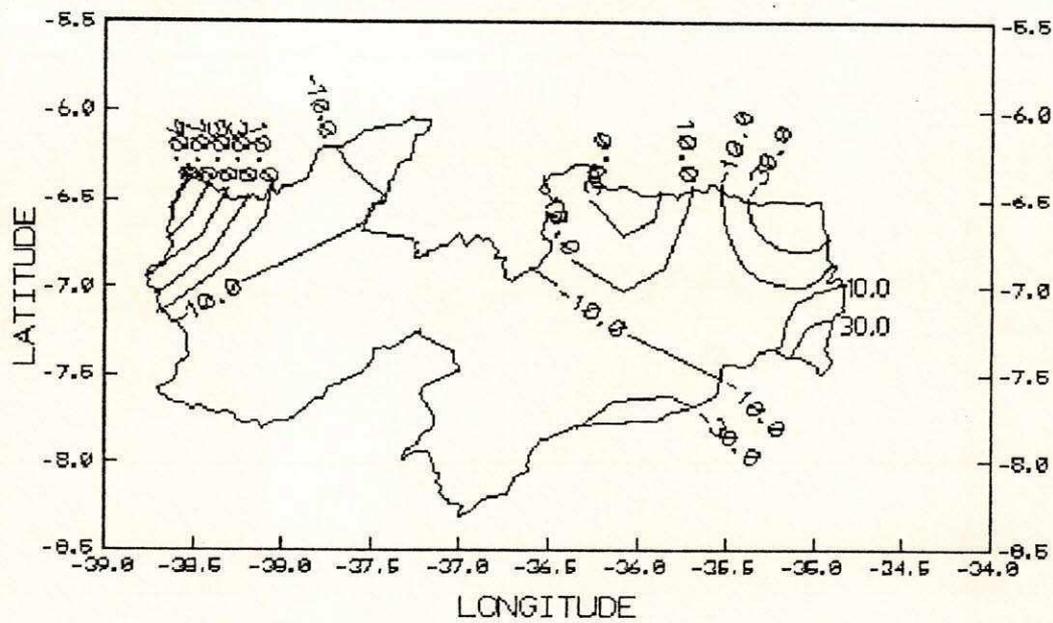


Figura 4.71 - Isolinhas de desvios absolutos(mm) das precipitações observadas no mês de junho de 1992 na Paraíba.

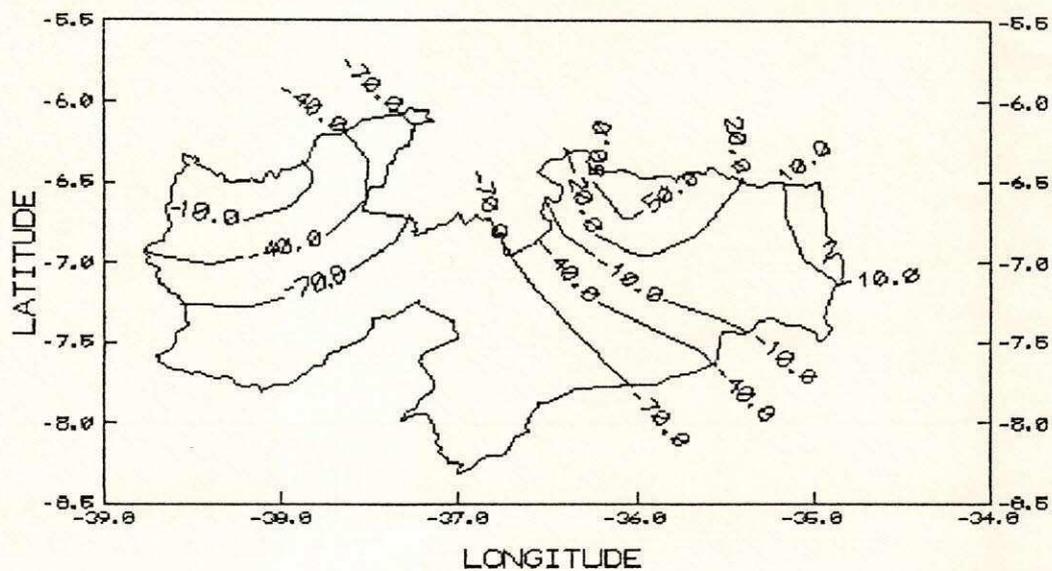


Figura 4.72 - Isolinhas dos desvios normalizados(%) de precipitação, para junho de 1992 na Paraíba.

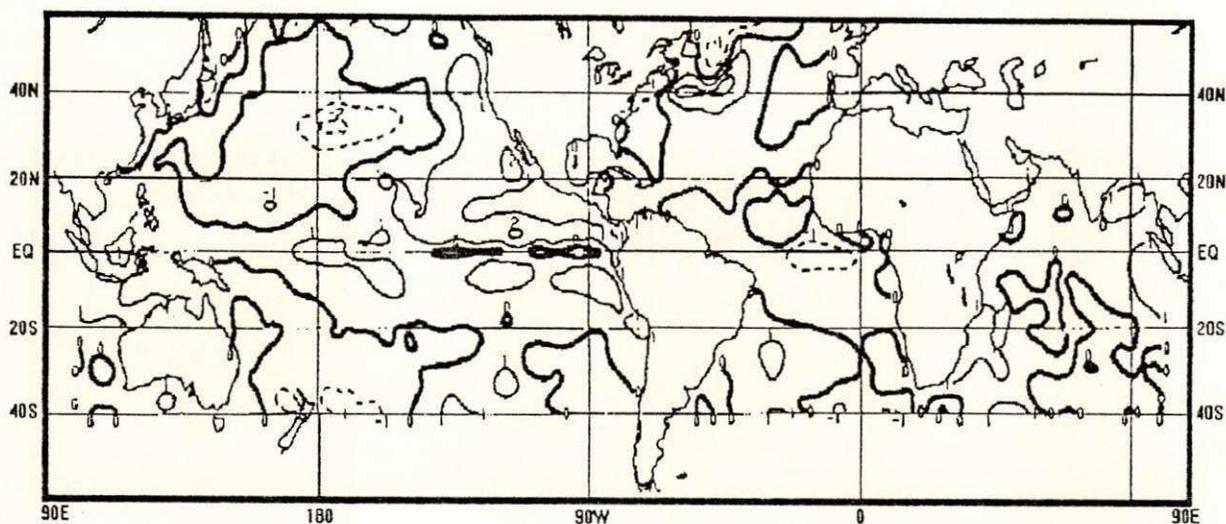


Figura 4.73 - Campo de anomalias de temperatura da superfície do mar em junho/92. As anomalias são computadas como desvios em relação à Climatologia do CAC. O intervalo entre as isotermas é de 1°C , exceto para contornos adicionais de $0,5^{\circ}\text{C}$. Anomalias negativas são indicadas por linhas tracejadas. (Fonte: CAC/NWS).

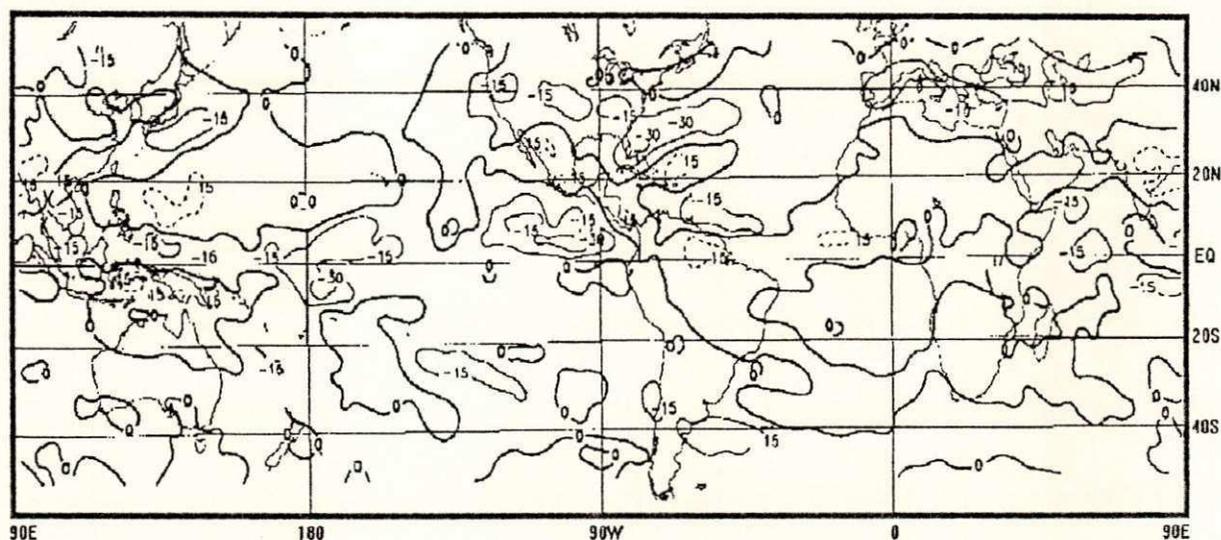


Figura 4.74 - Campo de anomalias de radiação de onda longa emitida para o espaço em junho/92. As anomalias são computadas como desvios das médias para o período base de 1979-88. O intervalo entre os contornos é de $15\text{W}/\text{m}^2$. As anomalias positivas são indicadas por linhas tracejadas. (Fonte: CAC/NWS).

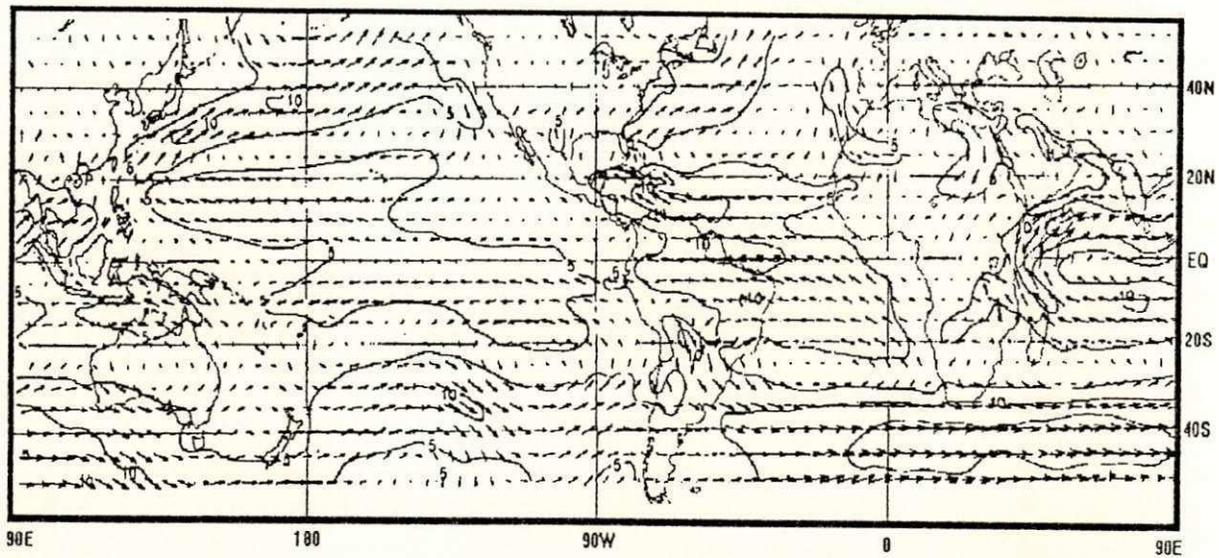


Figura 4.75 - Campo do vetor vento em 850mb em junho/92. Os ventos são analisados numa grade de $2,5^\circ$ e interpolados para uma grade de 5° em projeção Mercator para visualização. Um vetor de comprimento igual a 5° de longitude, equivale a uma velocidade do vento de $6,25\text{m/s}$. O intervalo entre as isotacas é de 5m/s . (Fonte: CAC/NWS).

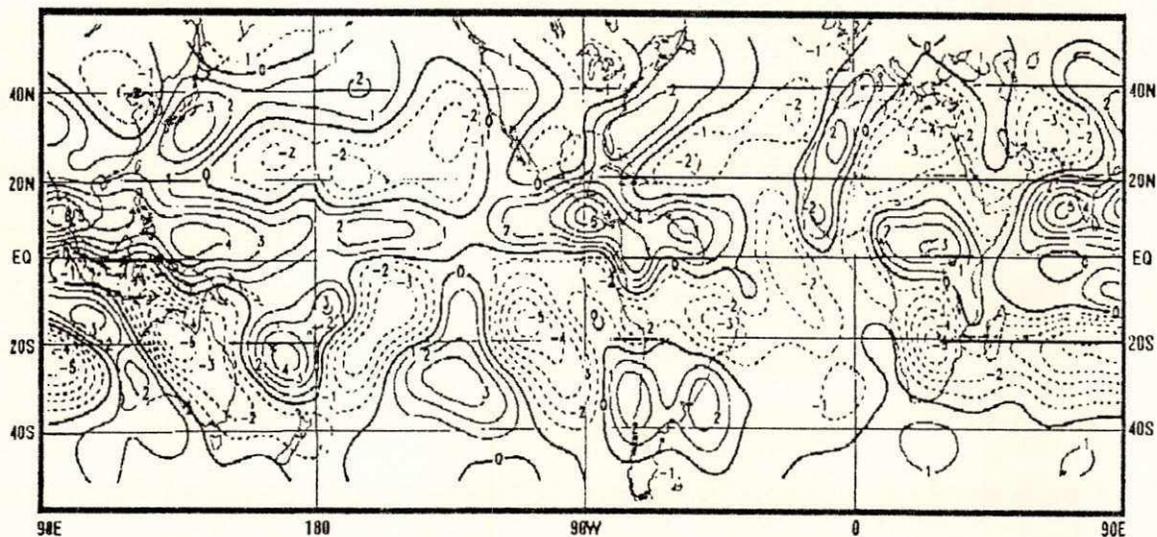


Figura 4.76 - Campo de Divergência em 200mb para junho/92. O intervalo de contorno é de $1 \times 10^{-6} \text{s}^{-1}$. Os valores negativos são indicados pelas linhas tracejadas. (Fonte: CAC/NWS).

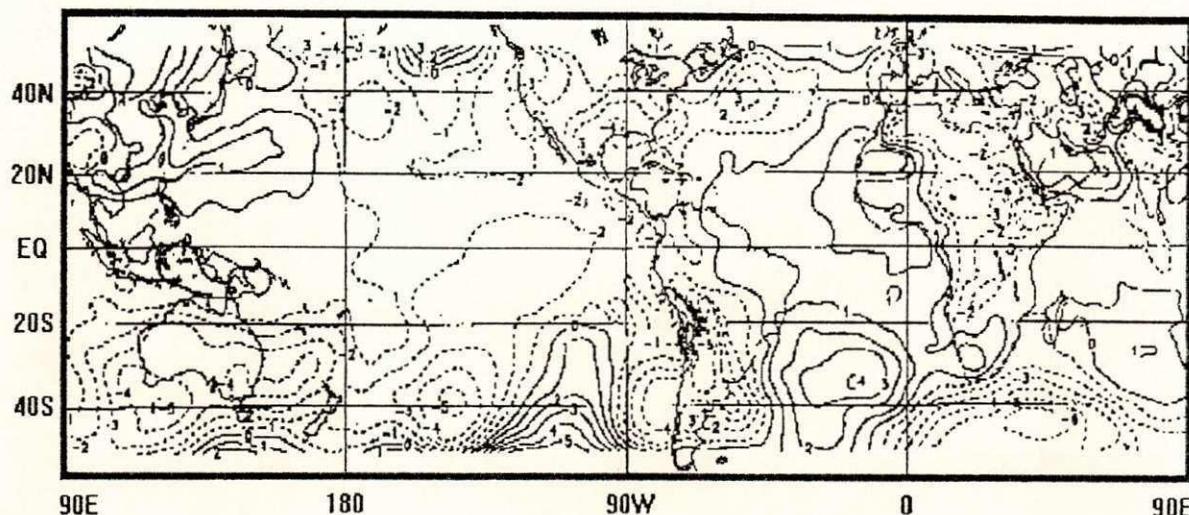


Figura 4.77 - Campo de anomalias de pressão ao nível do mar para junho/92. As anomalias são computadas como desvios em relação à climatologia do CAC. O intervalo entre os contornos é de 1mb. As anomalias negativas são indicadas por linhas tracejadas. (Fonte: CAC/NWS).

4.4.7 - ANÁLISE PARA O MÊS DE JULHO

A partir do mês de julho, as condições oceânicas e atmosféricas do Pacífico começaram a voltar a sua normalidade, apresentando anomalias de TSM em declínio. Pode ser observado uma grande área de ATSM negativa próxima a costa do Peru e Equador (Figura 4.82) e os alísios estiveram mais fortes que nos últimos meses (Figura 4.83). Este quadro mostra a continuidade do enfraquecimento do episódio quente do ENOS, onde observaram-se anomalias de ROL próximas de zero (Figura 4.84), e o mapa de anomalias de PNM (Figura 4.85) não mostrou mais sobre o continente a extensa área de anomalias negativas vistas no mês anterior. Com isso, o clima das regiões afetadas pelo El Niño, deveriam estar retornando às condições próximas da média.

Contudo, no Estado da Paraíba, a precipitação, continuou abaixo da média apesar da parte Leste do Estado encontrar-se ainda na estação chuvosa (Figs. 4.78 a 4.81). Nesta região, foram observadas algumas faixas de nebulosidade durante todo o mês (Climanálise vol.07 N°07), típicas dos meses de inverno, porém as chuvas causadas nesta área ficaram um pouco abaixo da Climatologia (Figura 4.80).

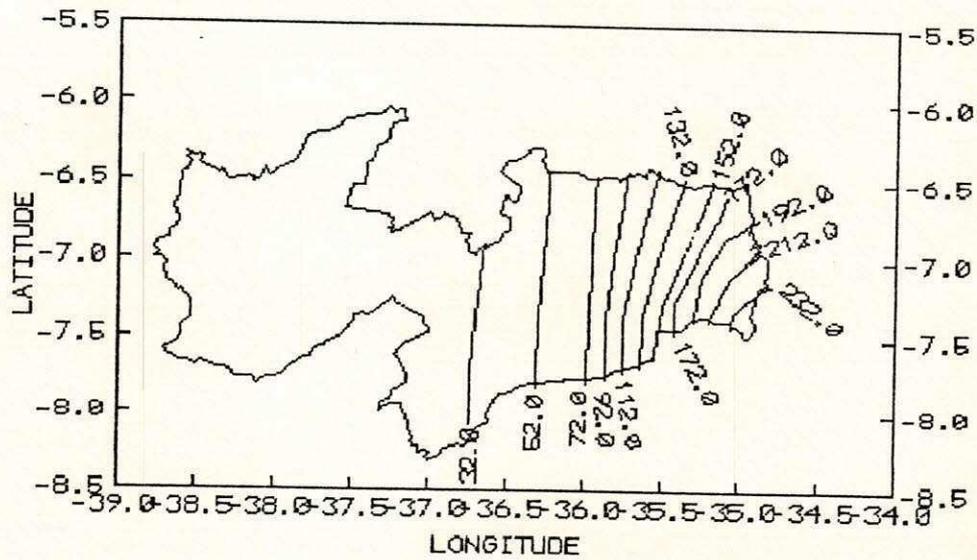


Figura 4.78 - Isolinhas da precipitação média (Climatologia) para o mês de julho na Paraíba.

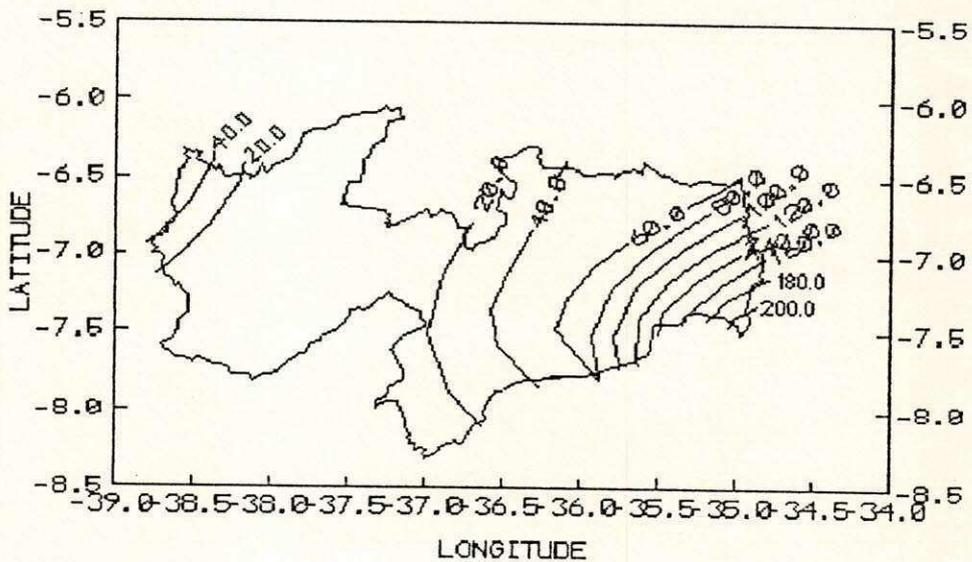


Figura 4.79 - Isolinhas dos totais de precipitação(mm) observada em julho de 1992 na Paraíba.

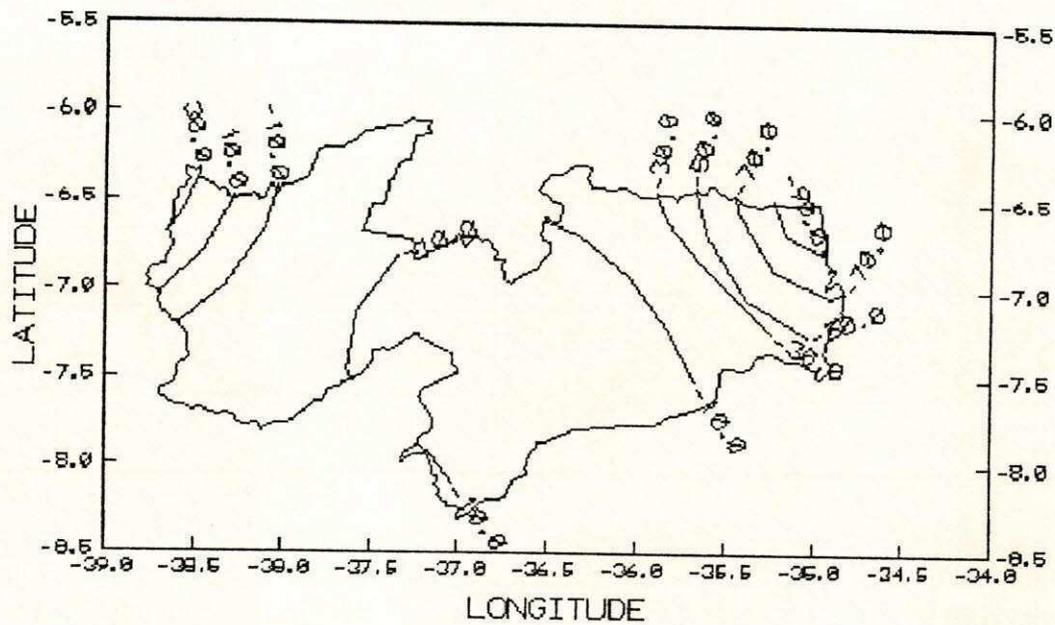


Figura 4.80 - Isolinhas de desvios absolutos(mm) das precipitações observadas no mês de julho de 1992 na Paraíba.

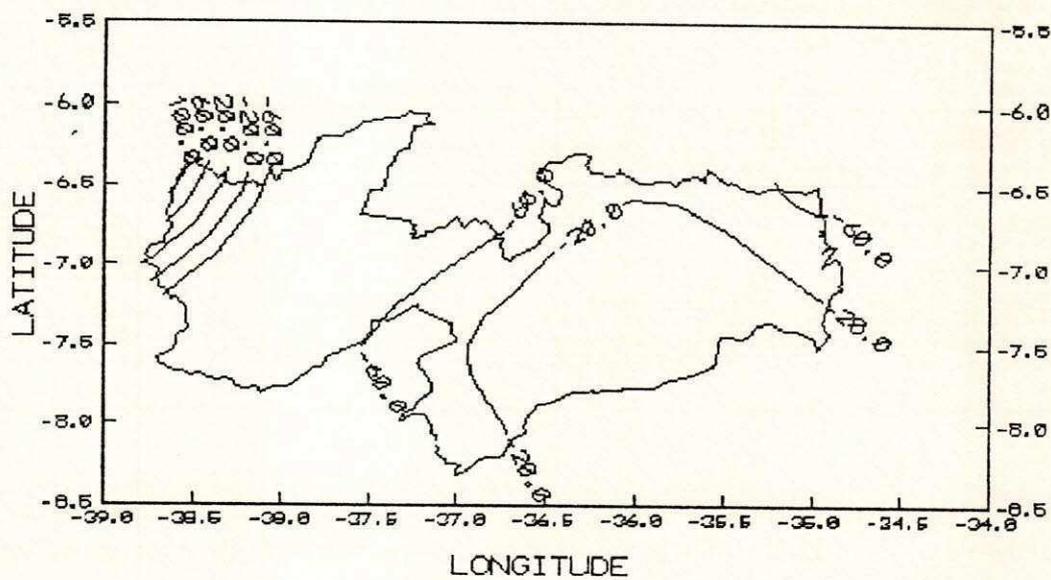


Figura 4.81 - Isolinhas dos desvios normalizados(%) de precipitação para julho de 1992 na Paraíba.

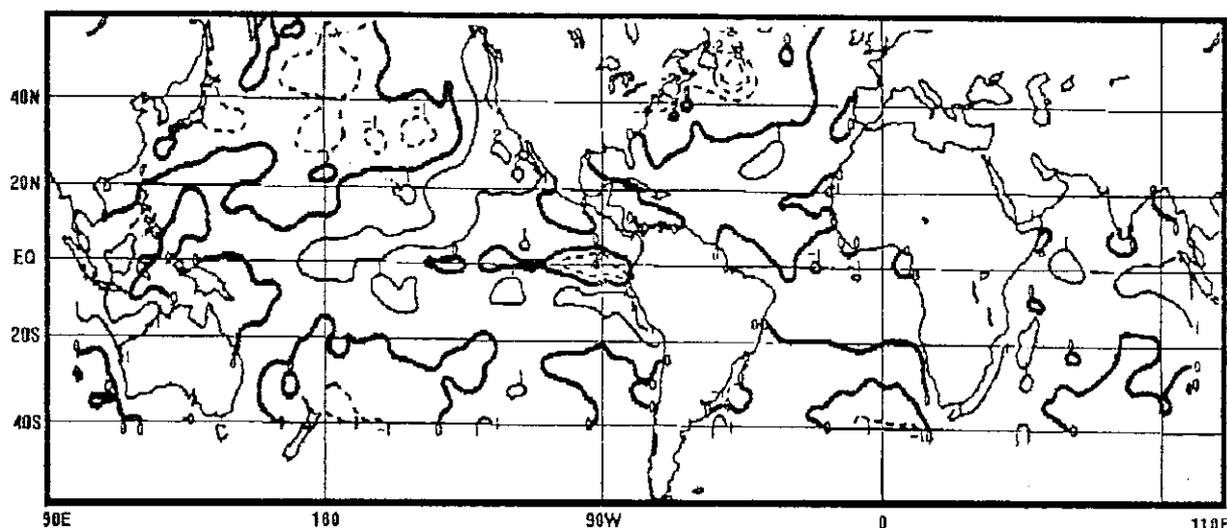


Figura 4.82 - Campo de anomalias de temperatura da superfície do mar para julho/92. As anomalias são computadas como desvios em relação à Climatologia do CAC. O intervalo entre as isotermas é de 1°C, exceto para contornos adicionais de 0,5°C. As anomalias negativas são indicadas por linhas tracejadas. (Fonte: CAC/NWS).

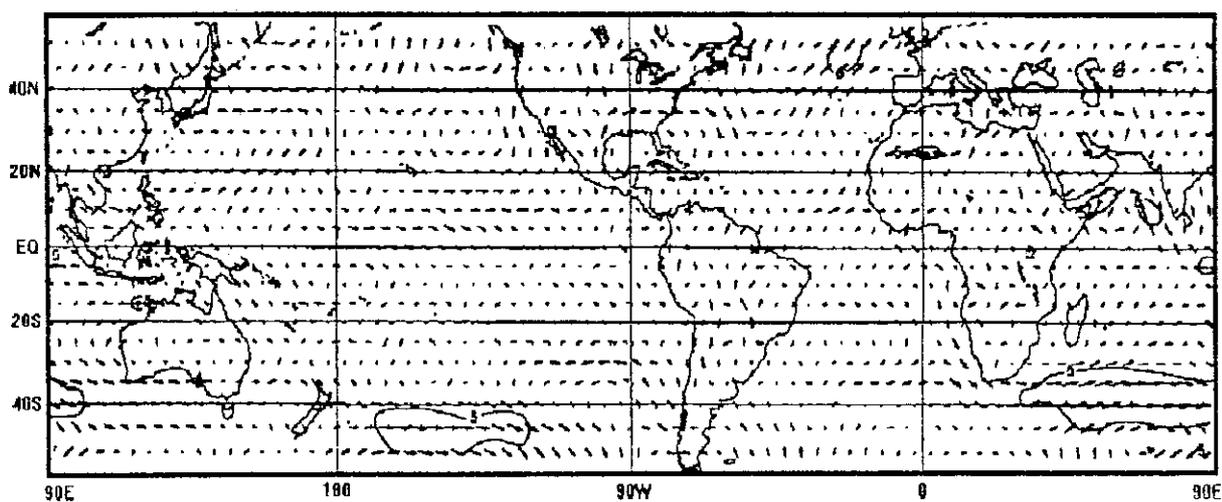


Figura 4.83 - Campo de anomalias do vetor vento em 850mb em julho/92. Os ventos são analisados numa grade de 2,5° e interpolados para uma grade de 5° em projeção Mercator para visualização. As anomalias são computadas como desvios em relação à climatologia do CAC. O intervalo entre as isotacas é de 5m/s. (Fonte: CAC/NWS).

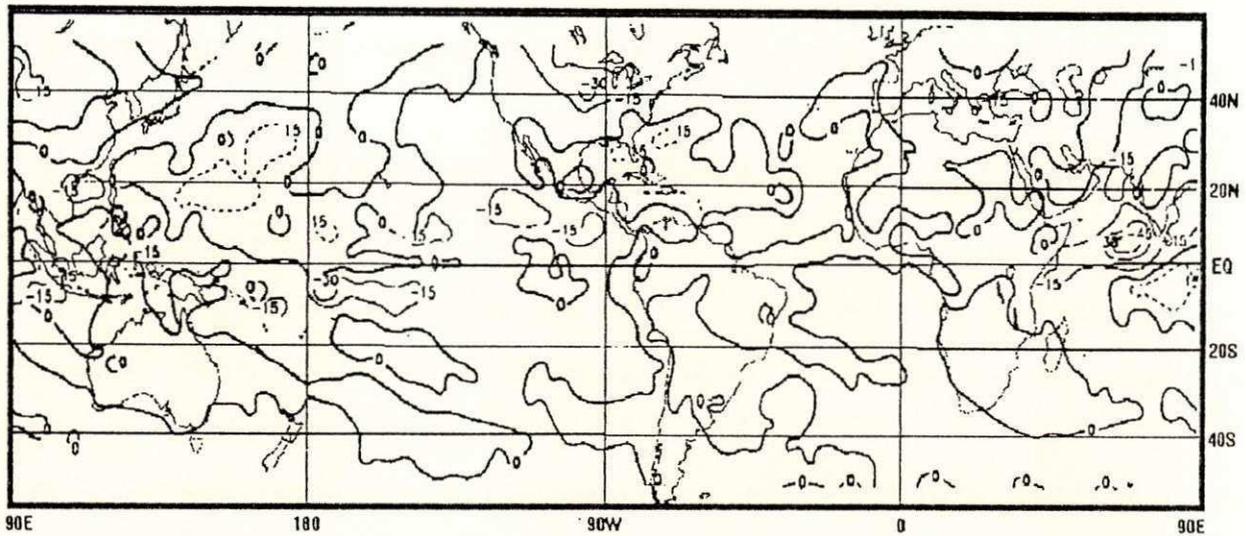


Figura 4.84 - Campo de anomalias de radiação de onda longa emitida para o espaço em julho/92. As anomalias são computadas como desvios das médias para o período base de 1979-88. O intervalo entre contornos é de 15 W/m^2 . As anomalias positivas são indicadas por linhas tracejadas. (Fonte: CAC/NWS).

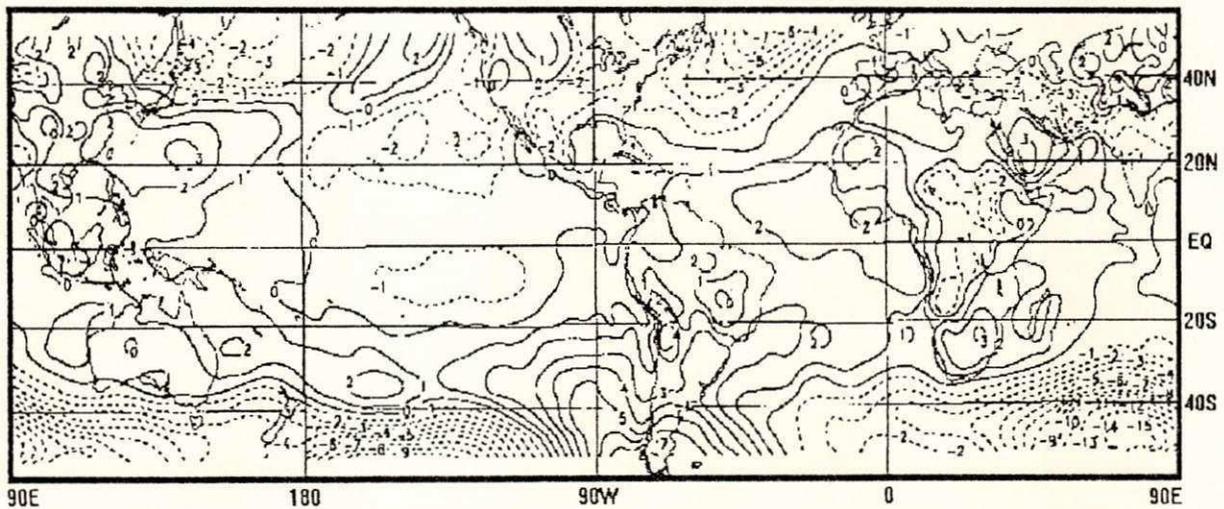


Figura 4.85 - Campo de anomalias de pressão ao nível do mar em julho/92. As anomalias são computadas como desvios em relação à Climatologia do CAC. O intervalo entre contornos é de 1mb. As anomalias negativas são indicadas por linhas tracejadas. (Fonte: CAC/NWS).

4.4.8 - ANÁLISE PARA O MÊS DE AGOSTO

Em agosto, não choveu no Sertão paraibano e nas demais sub-regiões, as precipitações ficaram abaixo da média (Figs. 4.86 a 4.89).

Sugere-se que as precipitações ocorridas no Litoral e Agreste, puderam estar relacionadas com a grande faixa de nebulosidade baixa, presente na costa Leste do Estado da Paraíba durante todo o mês (Figura 4.90).

A região semi-árida do Nordeste (que inclui o Oeste da Paraíba), atravessou sua estação seca, e neste mês, apesar da penetração de vários sistemas frontais pelo Sul do país (Monitor Climático 92/08), estes não chegaram a atingir esta região. sabe-se que os sistemas frontais têm significativa influência na precipitação sobre o Nordeste, quando estes conseguem chegar a esta região, (Kousky 1979).

Outros mecanismos também podem estar atuando, como é o caso dos aerossóis vulcânicos que foram lançados na atmosfera desde maio de 1991 com a erupção do vulcão Pinatubo nas Filipinas e que podem ter sua parcela de contribuição na baixa pluviosidade observada sobre o Nordeste e na Paraíba em particular (Figura 4.18).

Visto que os sistemas comumente conhecidos como responsáveis pela redução das chuvas sobre o Nordeste brasileiro, não estão presentes, e o ENOS está inativo desde julho (Figura 4.91).

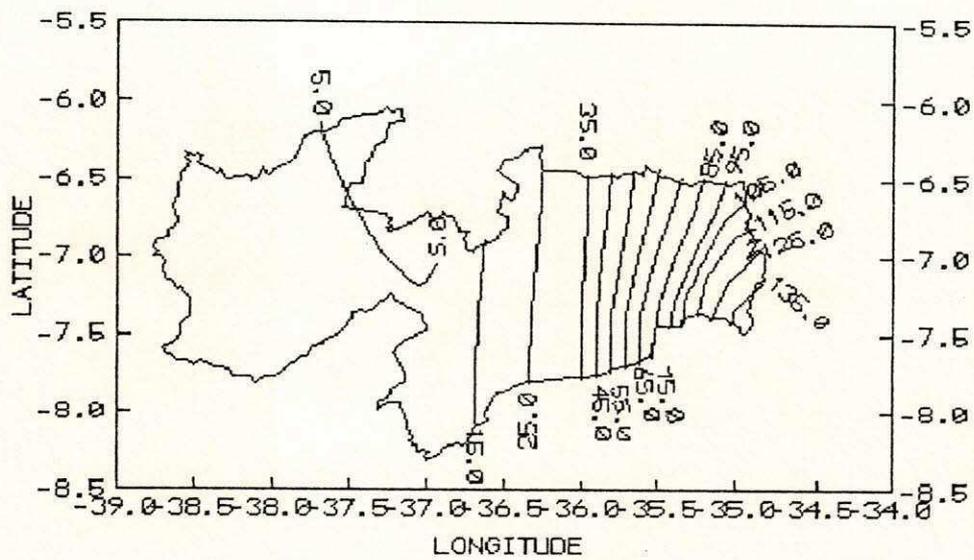


Figura 4.86 - Isolinhas da precipitação média (Climatologia) para o mês de agosto na Paraíba.

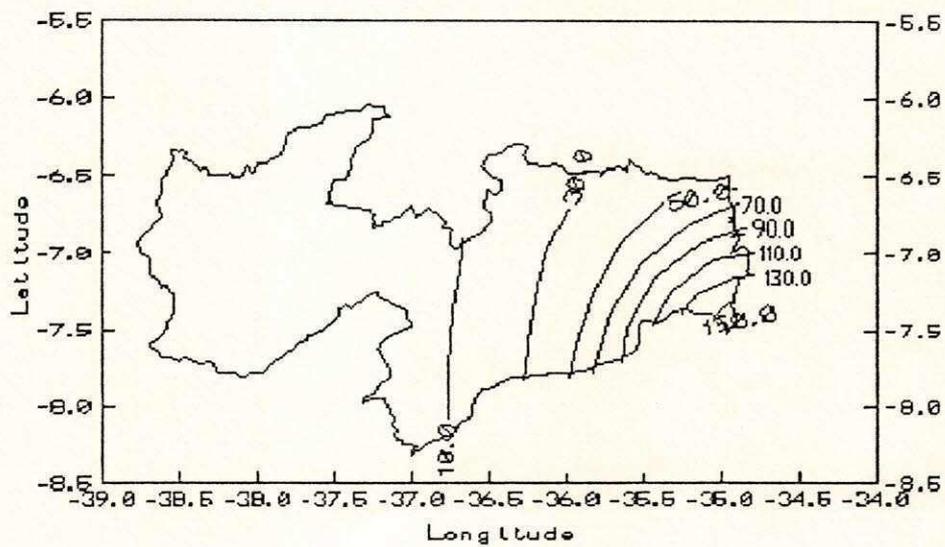


Figura 4.87 - Isolinhas dos totais de precipitação(mm) observada em agosto de 1992 na Paraíba.

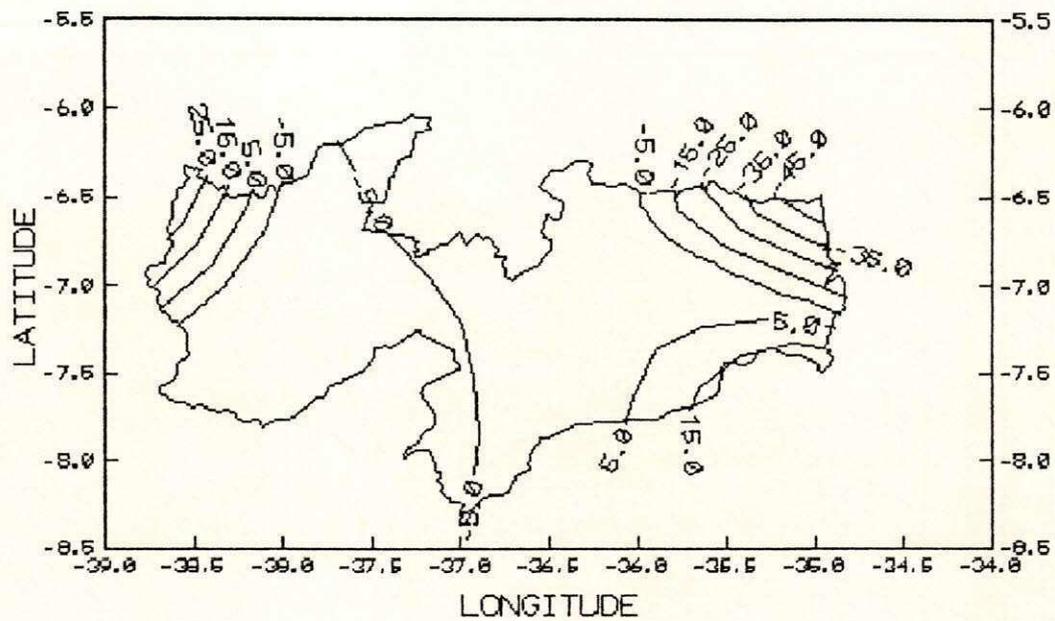


Figura 4.88 - Isolinhas de desvios absolutos(mm) das precipitações observadas no mês de agosto de 1992 na Paraíba.

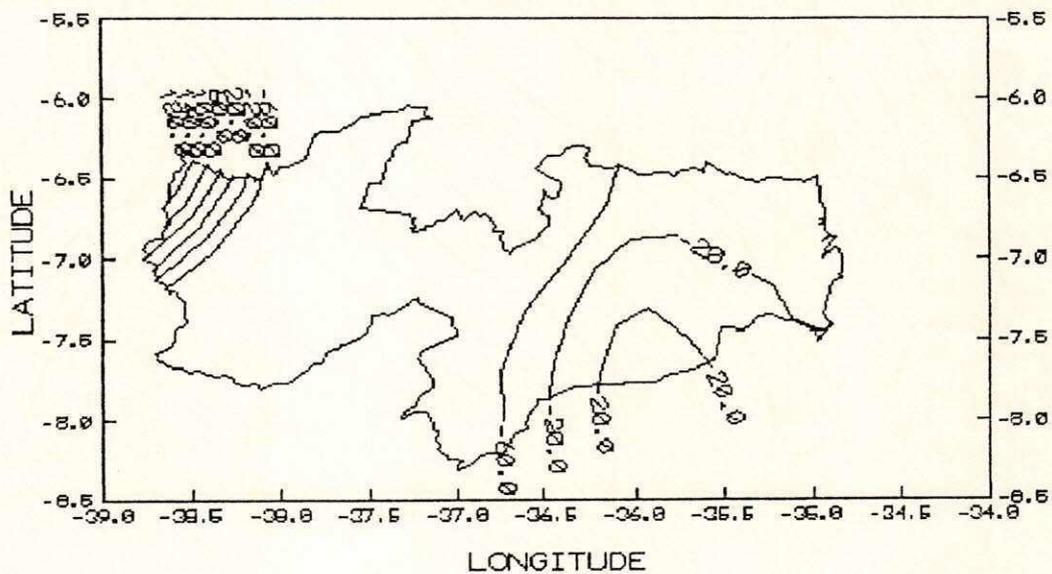


Figura 4.89 - Isolinhas dos desvios normalizados(%) de precipitação para agosto de 1992 na Paraíba.

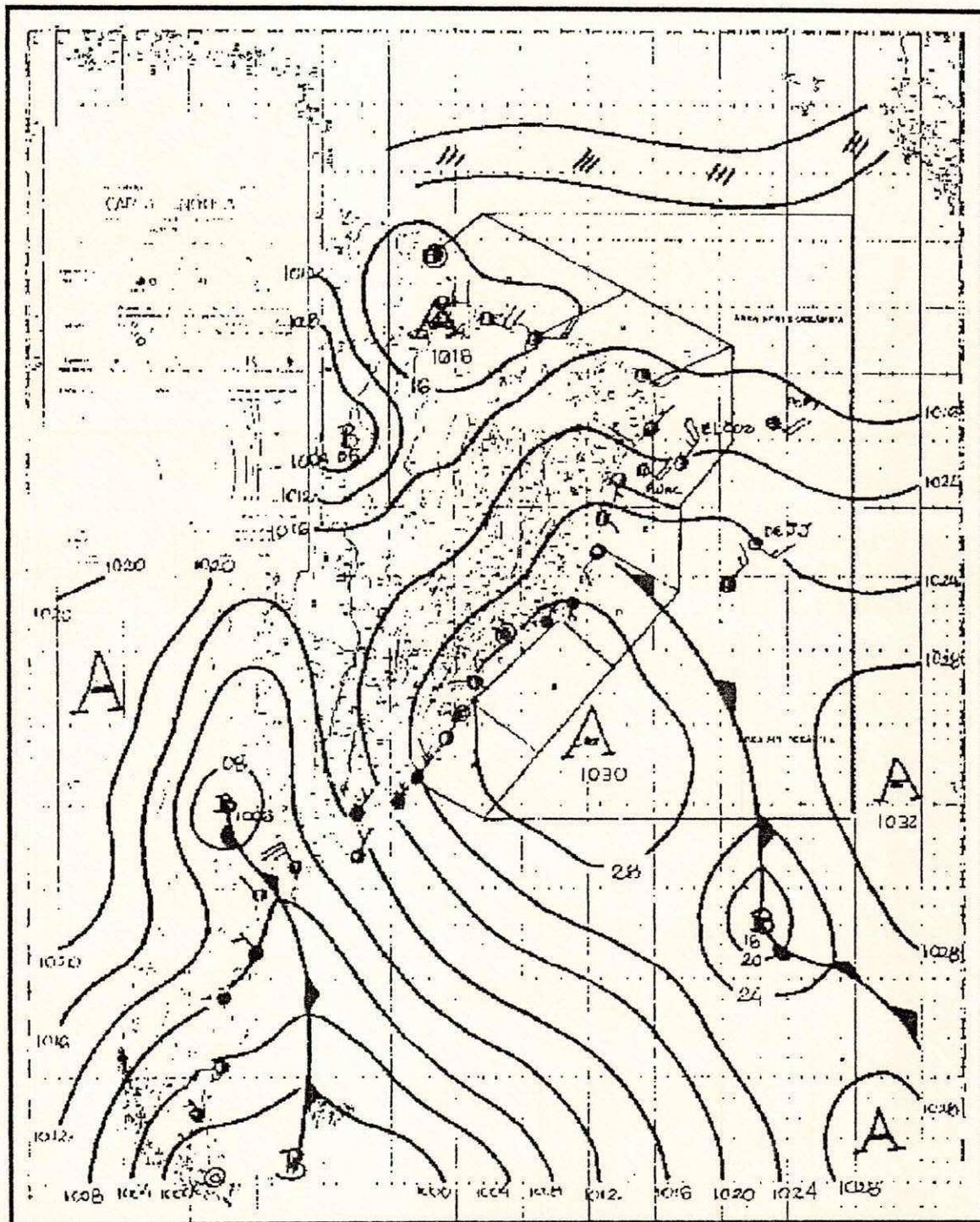


Figura 4.90 - Carta Sinótica de superfície, para às 12:00 TMG do dia 06 de agosto de 1992. (Fonte: DHN).

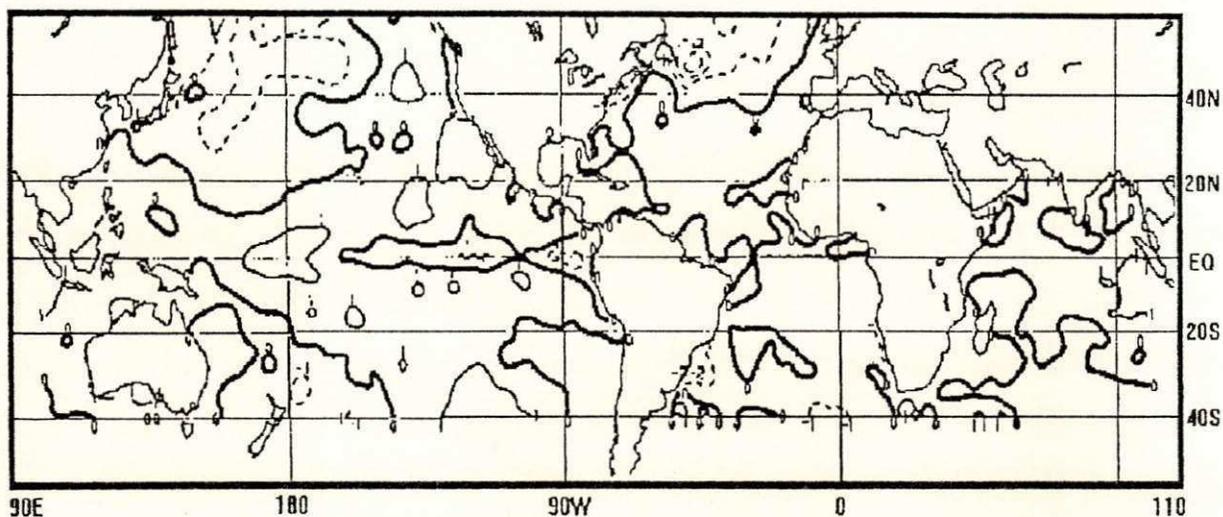


Figura 4.91 - Campo de anomalias de temperatura da superfície do mar para agosto/92. As anomalias são computadas como desvios em relação à Climatologia do CAC. O intervalo entre as isotermas é de 1°C, exceto para contornos adicionais de 0,5°C. Anomalias negativas são indicadas por linhas tracejadas. (Fonte: CAC/NWS).

4.4.9 - ANÁLISE PARA O MÊS DE SETEMBRO

Setembro, apesar de ser considerado um mês seco na região semi-árida do Nordeste, o Sertão, Cariri e Agreste paraibano, apresentaram desvios de precipitação acima da média, e o Litoral um pouco abaixo da média (Figs. 4.92 a 4.95). Convém ressaltar que neste mês, o Litoral foi atingido por restos de sistemas frontais, que provocaram chuvas nesta área, assim como também houve uma expansão da alta do Atlântico Sul para Sudeste, o que intensificou a formação de cobertura de nuvens baixas que associadas a sistemas de brisa marítima, produziram uma precipitação média de 20mm em todo o Estado, quando a climatologia para este mês é de aproximadamente 16mm (Climanálise vol. 07 N°09).

4.4.10 - ANÁLISE PARA O MÊS DE OUTUBRO

Outubro, que é considerado o mês de transição entre os regimes de inverno e verão da região Nordeste, apresentou um dos mais baixos índices de precipitação do ano na Paraíba (Figs. 4.96 a 4.99), visto que até no setor Leste do estado (Litoral), as linhas de cumulonimbos (LCbs), comuns na faixa litorânea do NEB, este mês apresentaram-se bastante esparsas (Monitor Climático 92/10).

A região semi-árida encontra-se em plena estação seca, e todos os sistemas influenciadores na precipitação sobre a região Nordeste, neste mês não foram observados ou atuaram de modo a contribuir com a estação seca, como é o caso do Dipolo do Atlântico, que neste mês apresentou condições moderadamente desfavoráveis às precipitações sobre o NEB.

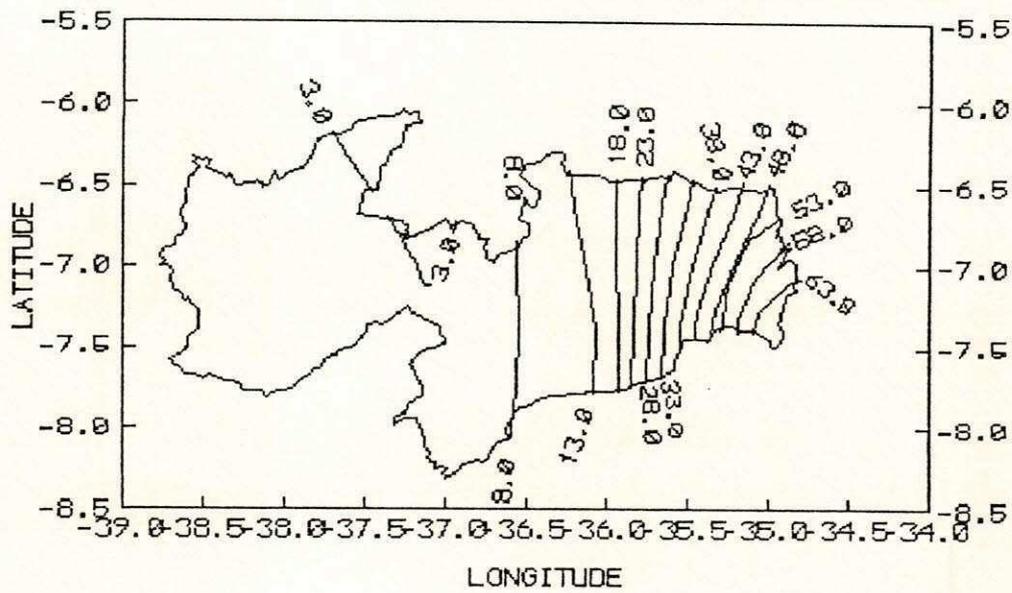


Figura 4.92 - Isolinhas da precipitação média (Climatologia) para o mês de setembro na Paraíba.

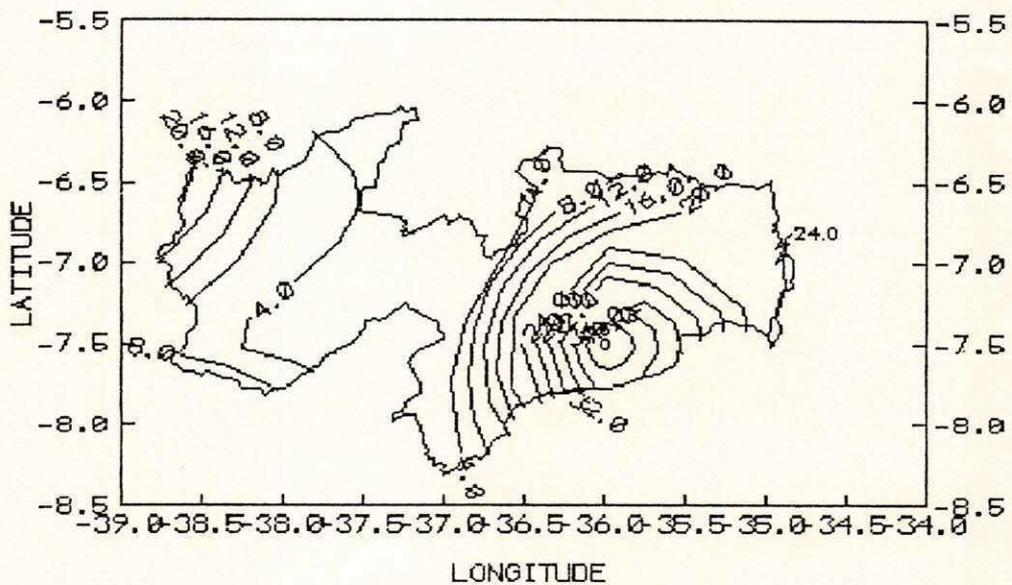


Figura 4.93 - Isolinhas dos totais de precipitação(mm) observada em setembro de 1992 na Paraíba.

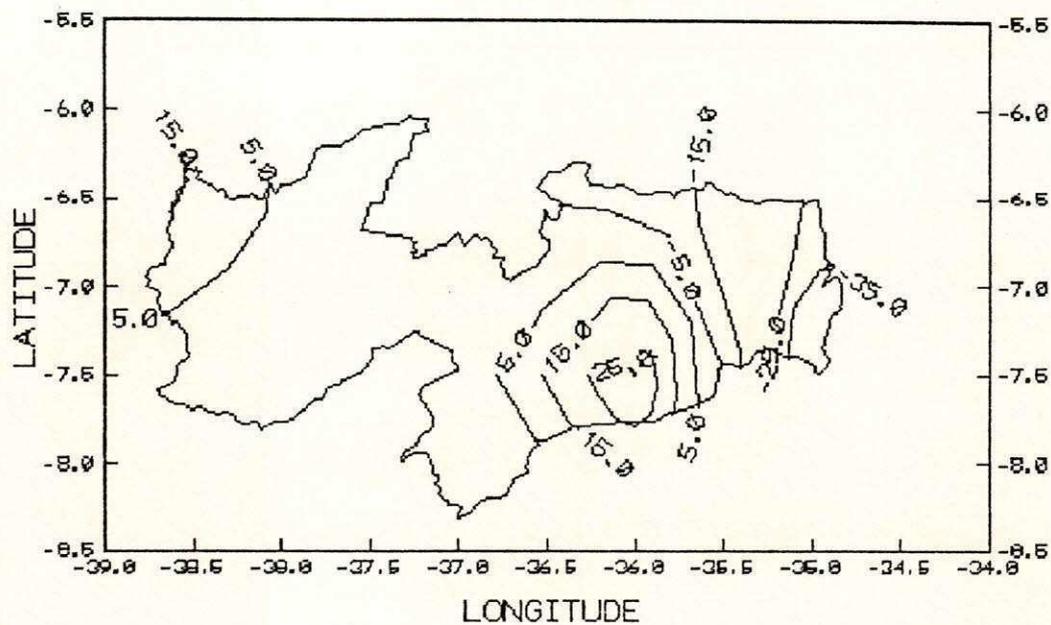


Figura 4.94 - Isolinhas de desvios absolutos(mm) das precipitações observadas no mês de setembro de 1992 na Paraíba.

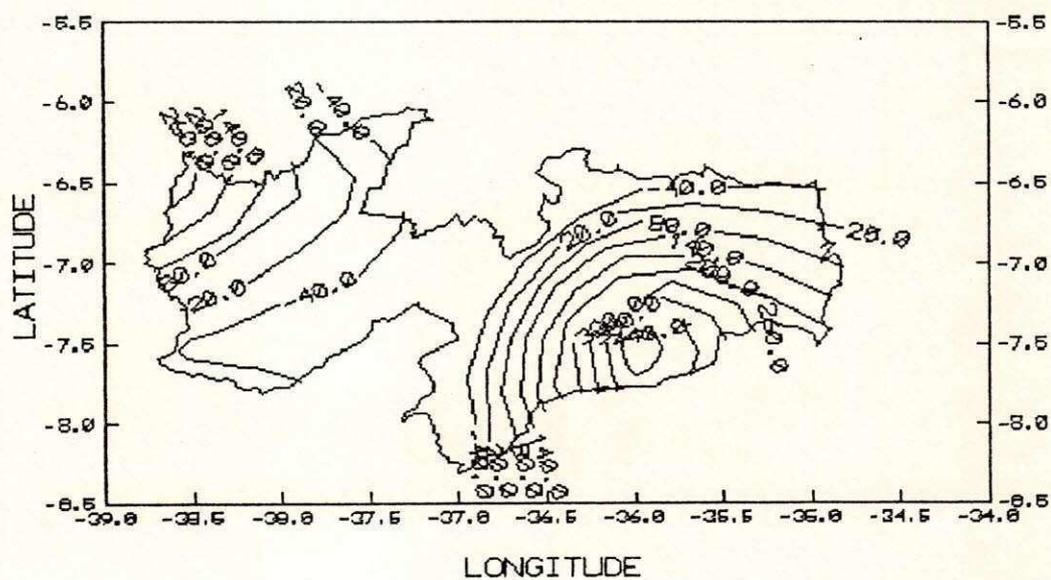


Figura 4.95 - Isolinhas dos desvios normalizados(%) de precipitação para setembro de 1992 na Paraíba.

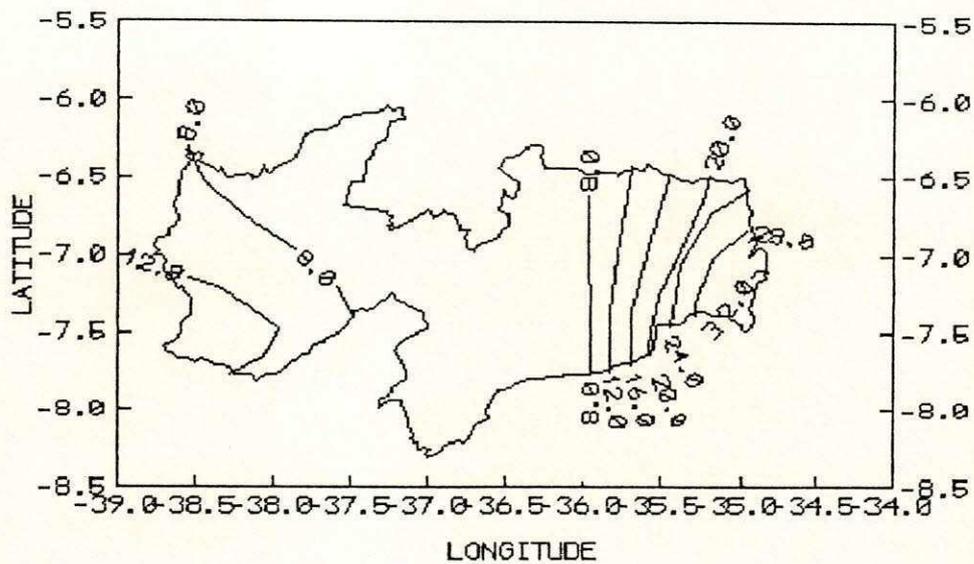


Figura 4.96 - Isolinhas da precipitação média (Climatologia) para o mês de outubro na Paraíba.

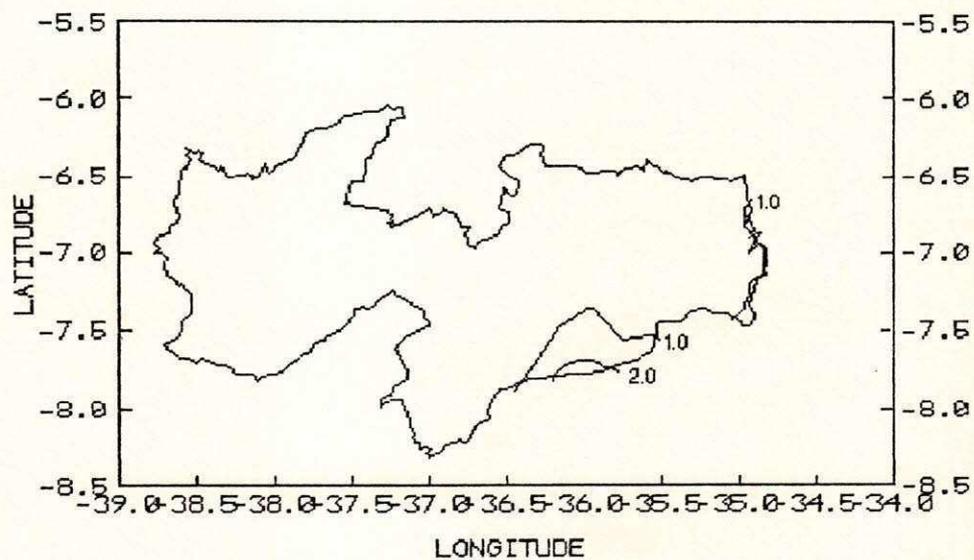


Figura 4.97 - Isolinhas dos totais de precipitação(mm) observada em outubro de 1992 na Paraíba.

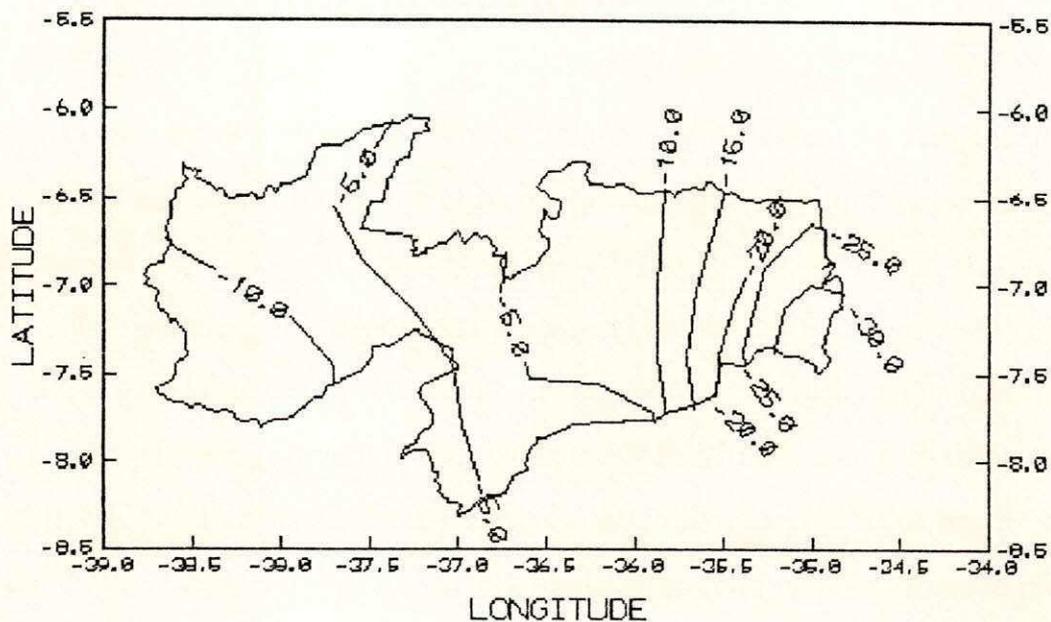


Figura 4.98 - Isolinhas de desvios absolutos(mm) das precipitações observadas no mês de outubro de 1992 na Paraíba.

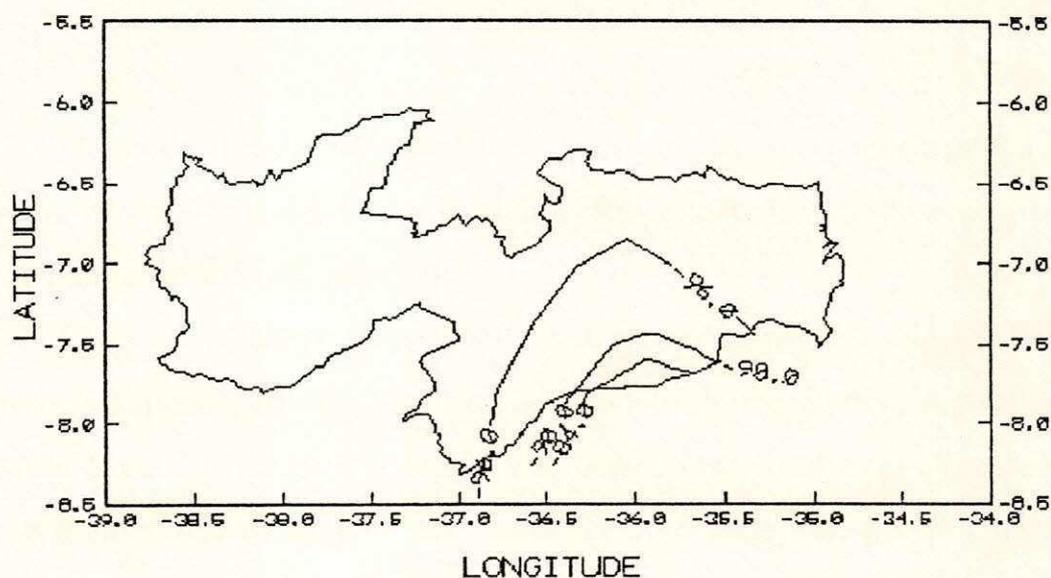


Figura 4.99 - Isolinhas dos desvios normalizados(%) de precipitação para outubro de 1992 na Paraíba.

4.4.11 - ANÁLISE PARA O MÊS DE NOVEMBRO

O mês de novembro apresentou uma configuração muito semelhante ao mês anterior. Na Paraíba, os totais mensais de precipitação não ultrapassaram 40mm e concentraram-se entre o Litoral e Agreste (Figs. 4.100 a 4.103).

Dois sistemas frontais penetraram na região Nordeste, porém deslocaram-se no máximo até o Estado de Sergipe. Portanto, as poucas precipitações registradas neste mês na parte Leste do Estado, estiveram associadas aos aglomerados convectivos presentes este mês no Litoral. Na área tropical do Pacífico e Atlântico, as condições de: PNM, ROL, ventos em 850 e 200mb, alísios, TSM e atividade convectiva, apresentaram-se próximas à normalidade. O campo de divergência em 200mb apresentou-se negativo sobre o Estado da Paraíba e grande parte da região Nordeste, o que sugere que em superfície, a convergência esteve abaixo da média. (Climanálise vol 07 N°11).

4.4.12 - ANÁLISE PARA O MÊS DE DEZEMBRO

O mês de dezembro apresentou algumas características semelhantes a um fraco El Niño no Pacífico central e Oeste. Contudo, estas características são insuficientes para afirmar o retorno do El Niño para 1993.

O oceano Atlântico apresentou-se com anomalias negativas de TSM em ambos Hemisférios, o que caracteriza uma configuração ligeiramente desfavorável à estação chuvosa do Norte do Nordeste. Este fato é reforçado quando observamos os campos de vento em 850mb, que mostrou ventos alísios de Nordeste e Sudeste mais fracos que a média climatológica, possivelmente devido ao deslocamento para Oeste da alta do Atlântico Norte e um pequeno deslocamento da alta do Atlântico Sul para Leste, em latitudes equatoriais (campos de PNM do CAC/NWS dez/92).

Este quadro é desfavorável às precipitações sobre o NEB, como que foi observado pela distribuição da precipitação sobre a Paraíba para este mês, em que verificou-se, que esta ficou abaixo da média em todo o Estado (Figs. 4.104 a 4.107).

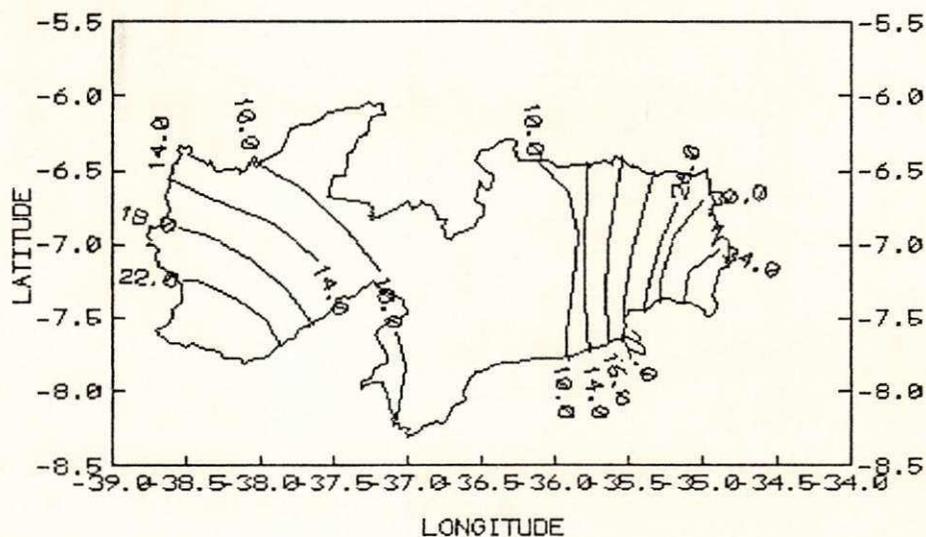


Figura 4.100 - Isolinhas da precipitação média (Climtologia) para o mês de novembro na Paraíba.

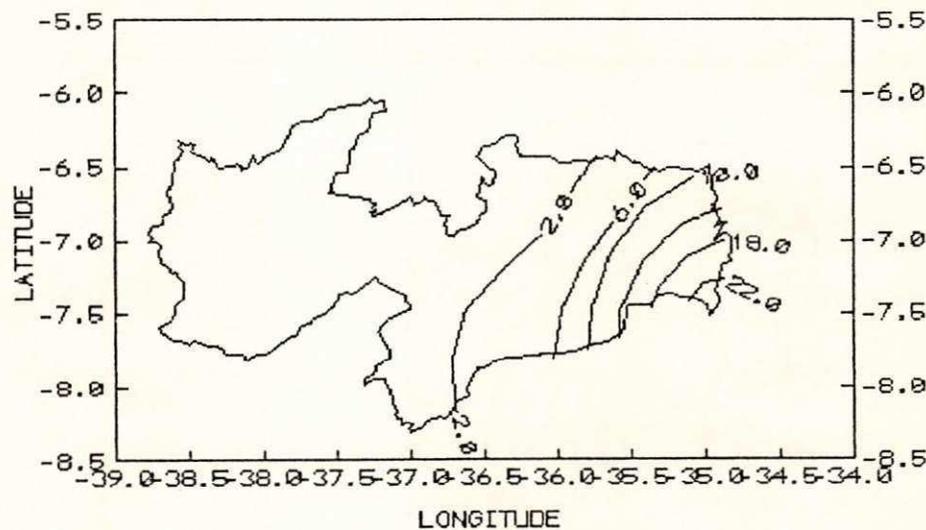


Figura 4.101 - Isolinhas dos totais de precipitação(mm) observada em novembro de 1992 na Paraíba.

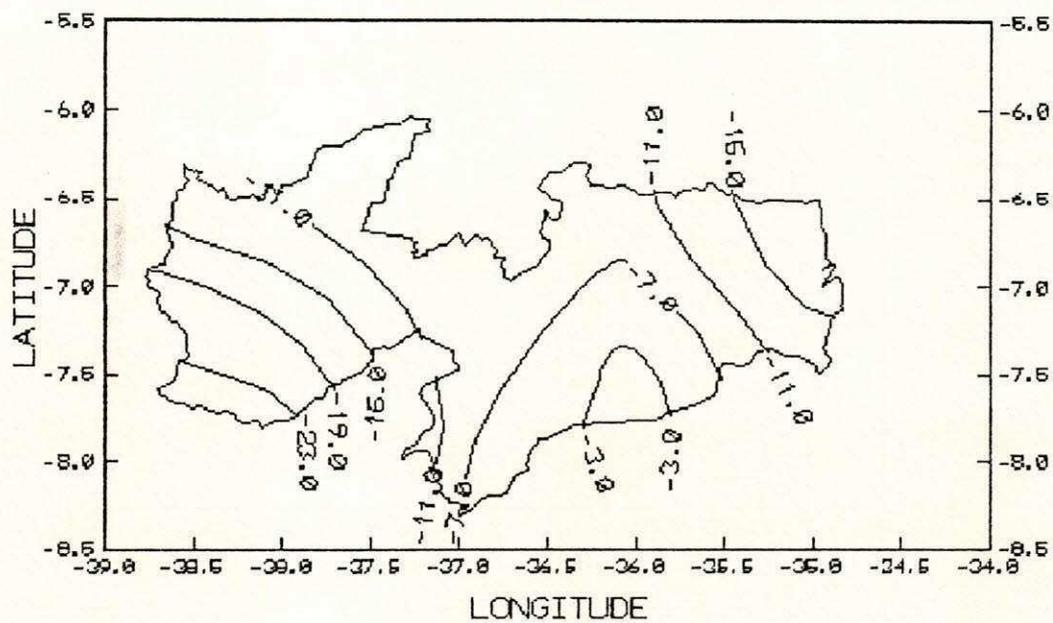


Figura 4.102 - Isolinhas de desvios absolutos(mm) das precipitações observadas no mês de novembro de 1992 na Paraíba.

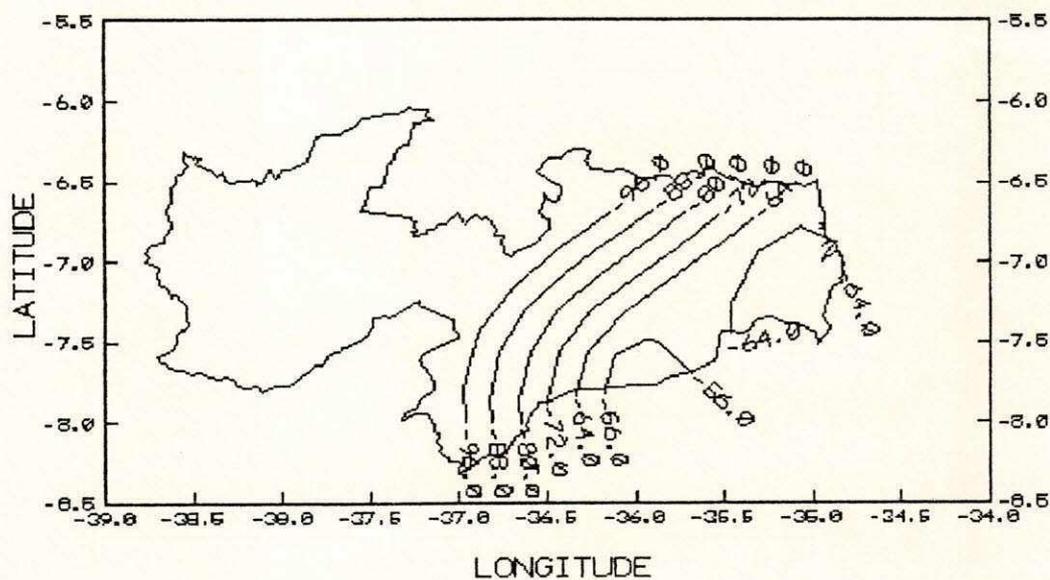


Figura 4.103 - Isolinhas dos desvios normalizados(%) de precipitação para novembro de 1992 na Paraíba.

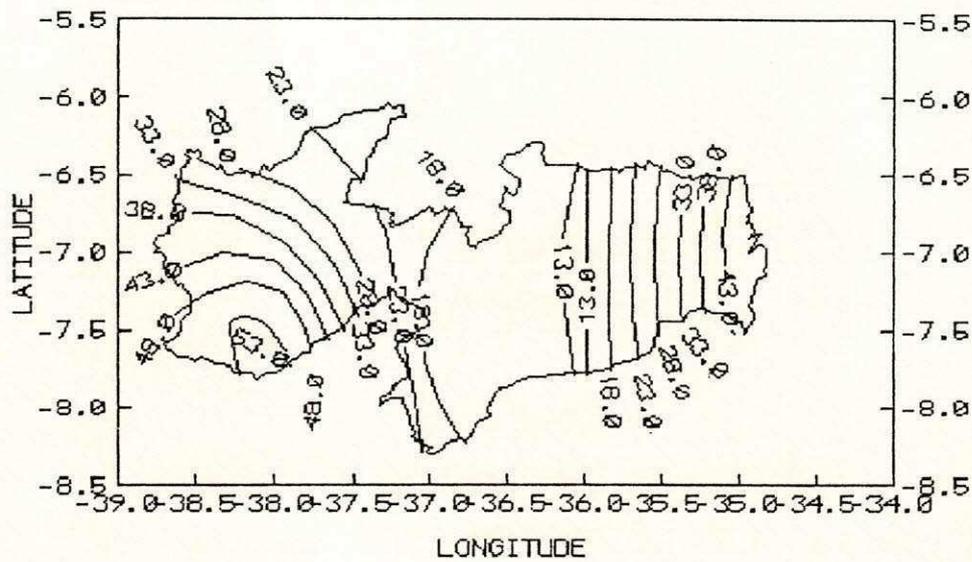


Figura 4.104 - Isolinhas da precipitação média (Climatologia) para o mês de dezembro na Paraíba.

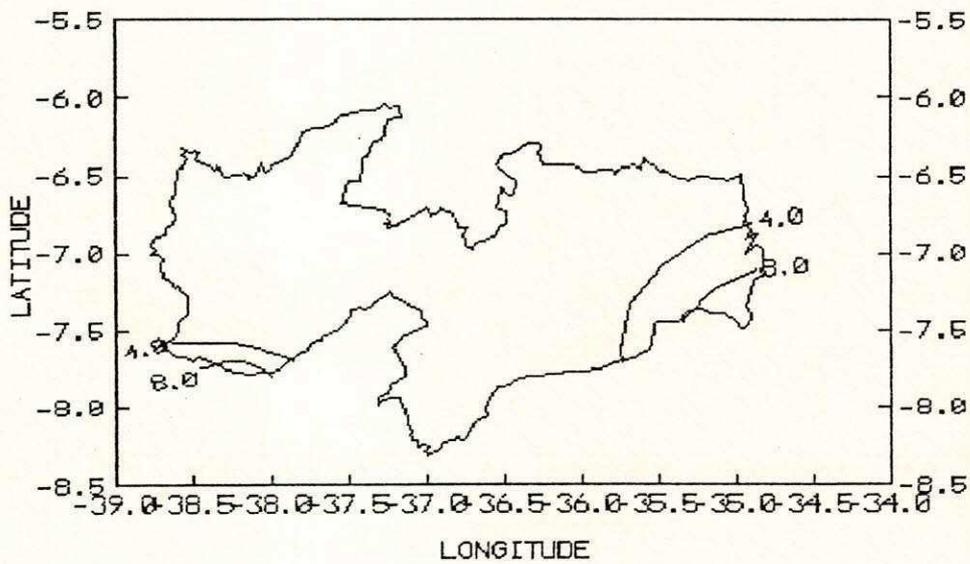


Figura 4.105 - Isolinhas dos totais de precipitação(mm) observada em dezembro de 1992 na Paraíba.

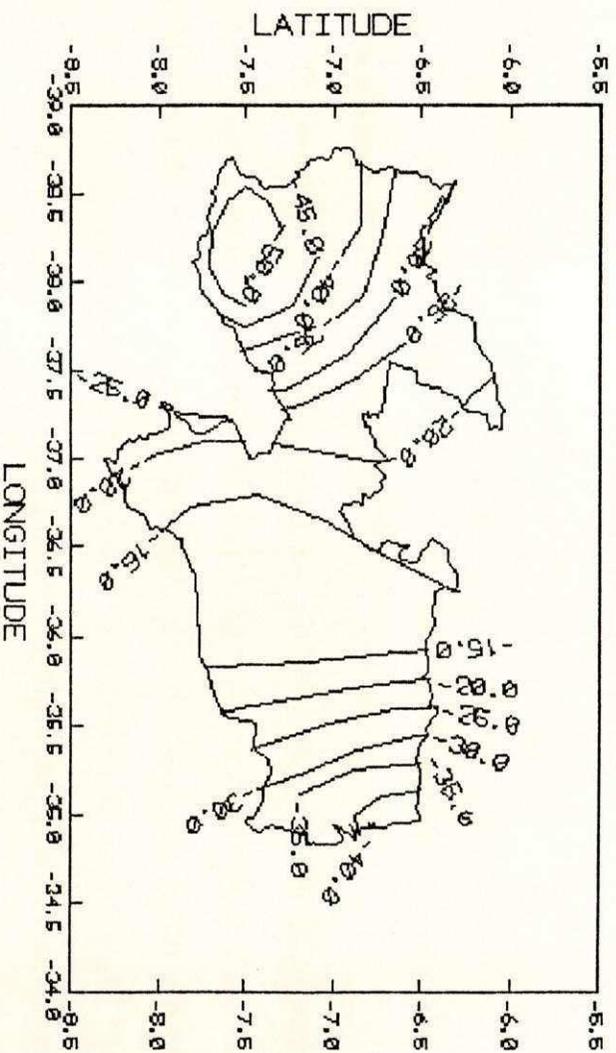


Figura 4.106 - Isoinhas de desvios absolutos(mm) das precipitações observadas no mês de dezembro de 1992 na Paraíba.

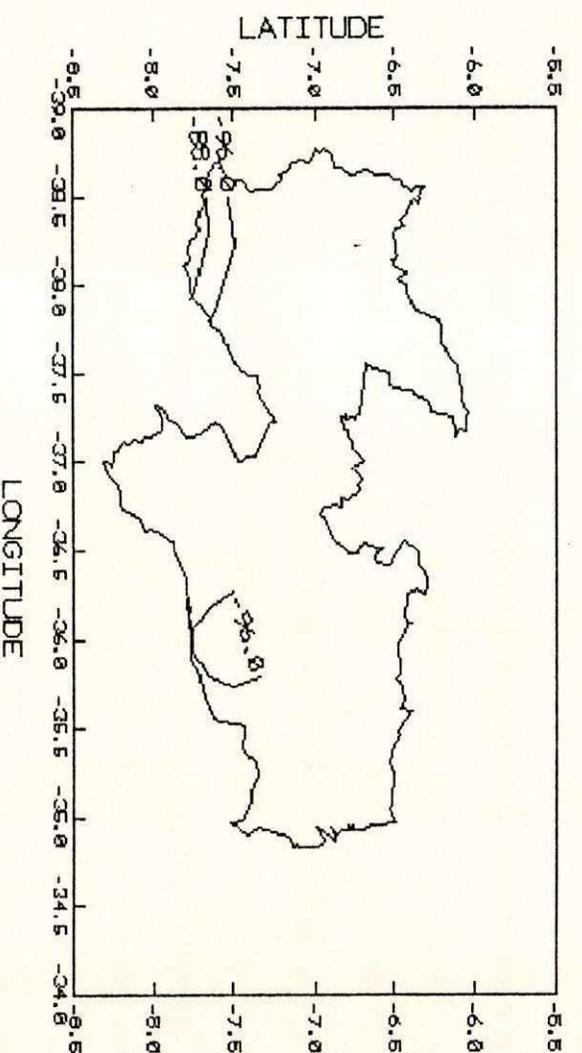


Figura 4.107 - Isoinhas dos desvios normalizados(%) de precipitação para dezembro de 1992 na Paraíba.

5 - CONCLUSÕES

Com base nas análises dos resultados apresentados no capítulo anterior, obtiveram-se as seguintes conclusões:

Os resultados das análises mensais para o ano de 1992 indicaram que os possíveis sistemas causadores da redução da precipitação neste ano, que foram a atuação do episódio quente ENOS e o estabelecimento de um fraco dipolo do Atlântico, não justificam completamente a baixa pluviosidade registrada ao longo deste ano e sim, parcialmente a sua primeira metade. Isso nos leva a supor que outros elementos, como a presença de aerossóis vulcânicos na atmosfera, provenientes da erupção do Pinatubo em maio de 1991 nas Filipinas, possam ter sua parcela de influência na baixa pluviosidade observada na região. Como pode ser verificado através da figura (4.18), observamos uma redução na transmissividade atmosférica da radiação solar direta, provocando um resfriamento na troposfera e redução de evaporação do Atlântico o que pode ter causado reduções na convecção e precipitação.

Considerando que o episódio quente ENOS, que foi observado desde meados de 1991 até junho de 1992, foi caracterizado de intensidade fraca a moderada, com uma elevação de TSM no Pacífico em média de $1,5^{\circ}\text{C}$ e que a série histórica de episódios ENOS mostra que esta situação raramente causa efeitos de redução da precipitação no NEB (Aragão 1990), podemos concluir que os efeitos do ENOS somaram-se aos efeitos dos aerossóis vulcânicos, presentes na estratosfera, afetando primordialmente os totais acumulados de água nos reservatórios do Estado, o que foi sentido efetivamente no ano seguinte (1993).

Outros fatores, como as características topográficas da região, com notadas influências na convecção local de algumas partes do Estado, como foi observado no Cariri, região que sofreu maior redução de precipitação em todo Estado (59,2% abaixo da média).

Ela fica localizada entre as serras da Borborema e do Teixeira, o que certamente é uma característica marcante na variação da pluviometria desta região, como já havia sido observada por Gomes Filho et al em 1994.

No Sertão, a quadra chuvosa sofreu uma redução na sua precipitação de apenas 13,2% da normal climatológica, destacando-se como a região que menos sentiu os efeitos da seca neste período. Já no Litoral, estes efeitos foram maiores e a precipitação foi reduzida em 21,5%.

Avaliando porém, o ano de 92, verificamos que esta situação se inverteu para essas duas regiões da Paraíba e temos que no Litoral, a precipitação ficou apenas 7,3% abaixo da média enquanto que no Sertão a precipitação foi reduzida em 29,2% da média.

Concluindo que os efeitos da seca no Sertão foram mínimos na sua quadra chuvosa (em função principalmente dos sistemas que atuaram no mês de janeiro) e bem maiores ao longo do ano de 1992. Já o Litoral sentiu os efeitos de um ano seco, apenas na sua quadra chuvosa e estes efeitos foram mínimos ao longo do ano. Dessa forma, podemos concluir que os efeitos principalmente do episódio quente ENOS, associados aos aerossóis vulcânicos, foram melhor observados no Sertão apenas no final de sua quadra chuvosa enquanto que no Litoral, estes efeitos são observados durante sua quadra chuvosa.

Se formos avaliar a influência desses dois fenômenos sobre a distribuição da precipitação no Estado da Paraíba como um todo, através da configuração espacial dos desvios normalizados da precipitação observada, poderíamos dizer que o Estado sofreu os efeitos destes eventos, onde observou-se uma redução na sua pluviometria anual de aproximadamente 22%. Em termos proporcionais, o período seco sofreu uma redução na sua precipitação equivalente a aproximadamente o dobro da redução observada no período chuvoso. Porém, investigando a influência da atuação destes fenômenos em sub-regiões da Paraíba, que possuem características próprias, verificamos que seus efeitos são mais freqüentes na parte Oeste do Estado e com menos intensidade na parte Leste. Desse modo, pode-se deduzir que os sistemas causadores de precipitação sobre o Nordeste, tenham

atuado, principalmente no Litoral que é afetado pelos sistemas dinâmicos das circulações que atuam nas partes Norte e Leste do Nordeste.

O mês de janeiro foi o mês que modulou a precipitação, no sentido de atenuar os efeitos da seca. Observamos isso quando fizemos uma análise global da distribuição da precipitação sobre o estado da Paraíba e verificamos que o desvio de precipitação (mm) observado em janeiro, é maior que a soma das precipitações observadas de agosto a dezembro de 1992 (Tabela 4.7). Em termos de análise regional, o Sertão foi a região em que melhor se observou os efeitos da seca minimizados pelas condições anômalas de janeiro.

Já no Agreste paraibano, que é uma região intermediária e que é menos influenciada pelos efeitos da topografia, em relação ao Cariri por exemplo, a precipitação foi reduzida em aproximadamente 21,5% durante todo o ano. O que nos leva a supor, que os sistemas atmosféricos que atuaram no litoral durante este ano, tiveram uma fraca penetração no continente em função dos efeitos do ENOS, associados aos efeitos dos aerossóis vulcânicos presentes na estratosfera.

6 - SUGESTÕES

Sugere-se para estudos posteriores, baseados na variabilidade da precipitação sobre a Paraíba,

- Trabalhar com uma rede de estações mais densa, principalmente no Litoral. No caso particular deste estudo só foram utilizadas duas estações devido à ausência de dados em outras estações desta região em 1992.

- Aplicar a técnica de análise de correlação, afim de quantificar as associações dos anos de ocorrência de aerossóis vulcânicos na atmosfera, com a redução de precipitação na Paraíba, assim como para toda região Nordeste.

- Fazer um estudo comparativo da variação de (dT/dt) na troposfera e estratosfera, para anos em que ocorreram grandes erupções vulcânicas e para anos considerados normais e verificar como se relaciona com a precipitação regional.

- Estudar a influência de brisas e outros sistemas de mesoescala na precipitação do Litoral e Agreste.

- Estudar o deslocamento latitudinal da ZCAS, associado ao deslocamento da ZCIT.

- Realizar estudos para identificar e diagnosticar os sistemas atmosféricos de meso e larga escala que atuaram em 1992, utilizando dados diários de superfície e altitude e imagens de satélite com alta resolução espacial e temporal.

7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, J. M. B.; REPELLI, C. A. **Estudo preliminar entre as chuvas no setor Norte do Nordeste e os eventos El Niño-Oscilação Sul (ENOS)**. Anais do VII Congresso Brasileiro de Meteorologia, vol. I: 72-76. São Paulo-SP, 1992.
- ARAGÃO, J. O. R.; ROUCOU, P.; HARZALLAH, A.; FONTAINE, B.; JANICOT, S. **Variabilité atmospherique sur le Nordeste brésilien dans le modèle de circulation générale du LMD (1970-1988)**. Annales du 7 ème colloque international de Climatologie de l'association internationale de Climatologie, 14-15-16 septembre 1994, Toulouse, France.
- BARNETT, T.; GRAHAM, N.; CANÉ, M.; ZEBIAK, S.; DOLAN, S.; LEGLER, D. **On the prediction of the El Niño of 1986-1987**. Science, 241(sf): 192-196, july, 1988.
- BRAGA, C. C.; SILVA, B. B. da **Determinação de regiões pluviometricamente homogêneas no estado da Paraíba**. Anais do VI Congresso Brasileiro de Meteorologia, vol. I: 200-205. Salvador-BA, 1990.
- BRITO, J. I. B. **Variações interanuais da circulação geral de inverno no Hemisfério Norte e da Oscilação Sul (meridional) e suas possíveis conexões com o clima do Nordeste brasileiro**. Dissertação de Mestrado em Meteorologia, DRH-DME, INPE, abril 1984, 101p.

- BRITO, J. I. B. **A estação chuvosa de 1990 no norte do Nordeste.** *Climanálise*, 5(7): 47-56, julho 1990.
- BUCHMANN, J. **Um estudo sobre a influência de fenômenos meteorológicos extratropicais na variação do clima do Nordeste do Brasil.** Tese de Doutorado em Ciências, COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro-RJ julho 1981, 123p.
- CANE, M. A.; ZEBIAK, S. E.; DOLAN, S. C. **Experimental forecasts of El Niño.** *Nature*, 231(sf): 827-832, 1986.
- CASARIN, D. P. **Sistemas de bloqueios no hemisfério sul.** Boletim informativo, 04: 02-33, UFPel, Pelotas, 1982.
- CHAN, C. S. **Análise de distúrbios ondulatórios de Leste sobre o oceano Atlântico equatorial sul.** Dissertação de Mestrado em Meteorologia, (INPE 5222 - TDL/437). São José dos Campos-SP 1990, 134p.
- CLIMANÁLISE, **Boletim de Monitoramento e Análise Climática.** Centro de Previsão do Tempo e Análise Climática-CPTEC, vol. 06, N°10 ao N°12 e vol. 07, N°01 ao N°12. INPE, São José dos Campos.
- CLIMATE ANALYSIS CENTER (CAC), **Climate Diagnostics Bulletin.** National Weather Service, NOAA/NWS/NMC, N°91/10 a 92/12. Washington-EUA.
- GAN, M. A.; KOUSKY, V. E. **Vórtices ciclônicos da alta troposfera no oceano Atlântico sul.** *Revista brasileira de Meteorologia*, vol. I: 19-28, 1986.

GOMES FILHO, M. F.; SOUZA, E. P.; BECKER, C. T. **Sistemas de mesoescala com propagação sobre a Paraíba: um estudo de caso.** Anais do VIII Congresso Brasileiro de Meteorologia. Belo Horizonte-MG, outubro 1994.

HANDLER, P. **The effect of volcanic aerosols on global climate.** J. Volcanol. Geotherm. Res. 37: 233 - 249, 1989.

HASTENRATH, S.; HELLER, L. **Dynamics of climatic hazards in Northeast Brazil.** Quarterly Journal Royal Meteorological Society. 103: 77-92, 1977.

INOUE; O'BRIEN, J. **Predictability of the decay of the 1982-83 El Niño.** Monthly weather review, (sf): 967-972, 1986.

KAYANO, M. T. **Relações entre temperatura da água do mar e a divergência ao nível do mar no Atlântico tropical e precipitações nas regiões Amazônica e Nordeste do Brasil.** Anais do II Congresso Brasileiro de Meteorologia, vol I: 309-312. Pelotas-RS, 1982.

KAYANO, M. T.; KOUSKY, V. E.; STUDZINSKI, C. D.; DIAS, P. L. S. **As variações intra-sazonais da precipitação no Brasil durante o verão de 1989/1990.** Climanálise, 5(4): 40 - 50, 1990.

KOUSKY, V. E. **Frontal influences on Northeast Brazil.** Monthly Weather Review, 107: 1140 - 1153, 1979.

KOUSKY, V. E. **Diurnal rainfall variation in Northeast Brazil.** Monthly Weather Review, 108: 488 - 498, 1980.

- LIMA, M. C. de **Variabilidade da Precipitação no Litoral Leste da região Nordeste do Brasil**. (Dissertação de mestrado em Meteorologia) - São José dos Campos - (INPE - 5283 - TDI/453) 1991, 222p.
- LIMA, M. C.; RAO, V. B. e FRANCHITO, S. H. **Seasonal and interannual variations of rainfall over Eastern Northeast Brazil**. *Journal Climate* 6: 1754-1763, 1993.
- MARKHAM, C. G.; McLAIN, D. R. **Sea surface temperature related to rain in Ceará, Northeast Brazil**. *Nature*, 265: 320-323, 1977.
- MARQUES, V. S. da S. **Estudo da energética e do fluxo de vapor d'água na atmosfera sobre o nordeste brasileiro**. (Tese de doutorado em Meteorologia) - São José dos Campos-SP (INPE - 2288 - TDL/068) 1981, 182p.
- MOLION, L. C. B. **Efeitos de vulcões no clima**. *Cadernos de Geociências*. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE. Vol. 12 (out./dez.- 1994). Rio de Janeiro-RJ, 11p.
- MONITOR CLIMÁTICO, **Boletim de Monitoramento Climático**. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos-FUNCEME, vol. 5, N°55 ao N°57 e vol. 6, N°58 ao N°69. Fortaleza-CE.
- MONTE, E. M. de **Estudo de Periodicidades: Séries temporais de chuvas no Nordeste do Brasil**. Dissertação de Mestrado em Meteorologia. UFPB, Campina Grande-PB, agosto 1986.

- MOURA, A. D.; SHUKLA, J. **On the dynamics of drought in Northeast Brazil: observations, theory and numerical experiments with a general circulation model.** Journal of the Atmospheric Science, 38(12): 2653-2673, 1981.
- MOURA, A. D.; KAYANO M. T. **A distribuição da precipitação para os anos extremos do Nordeste do Brasil.** Revista brasileira de Meteorologia; vol. 1: 01-09, 1986.
- NEIVA, E. J. F. **An investigation of wave-type disturbances over the tropical South-Atlantic.** (dissertação de Mestrado); Naval Post graduate School, Monterey-USA, 1975.
- NOBRE, C. A.; PAIÃO, L. B. **Índices de precipitação para o Nordeste.** Anais do IV Congresso Brasileiro de Meteorologia. Brasília-DF, 1986.
- NOBRE, C. A.; UVO, C. R. B. **Análise da posição da ZCIT no Atlântico equatorial e sua relação com a precipitação no Nordeste do Brasil.** Anais do VI Congresso Brasileiro de Meteorologia, Rio de Janeiro-RJ, 1988.
- PERRELLA, A. C. F. **Classificação de sistemas de nuvens.** III Curso de interpretação de imagens e análise meteorológica. Universidade do Vale do Paraíba-UNIVAP. São José dos Campos, outubro 1993.
- RASMUSSEN, E. M.; CARPENTER, T. H. **Variation in tropical sea surface temperature and surface wind fields associated with the Southern Oscillation-El Niño.** Monthly Weather review, 110(5): 354-384, may 1982.

- SAKAMOTO, M. S. **Zona de Convergência do Atlântico Sul- ZCAS**. III Curso de interpretação de imagens de satélite e análise meteorológica. UNIVAP, São José dos Campos-SP, out. 1993.
- SIEFFERMANN, R. G., **An ecosystem under acid rain at Merapi volcano in central Java, Indonésia**. International congress of ecology, Yokohama, Japan, 1990.
- STRANG, D. M. G. D. **Análise climatológica das normais pluviométricas do Nordeste do Brasil**. São José dos Campos, CTA-(IAC-M-02-/72), 1972. 29p.
- UVO, C. R. B.; BRITO, J. I. B. **Monitoramento da pré-estação e da estação chuvosa do semi-árido nordestino brasileiro**. CPTEC, INPE, Anais do VII Congresso Brasileiro de Meteorologia, vol. I: 44-49. São Paulo-SP, 1992.
- XAVIER, T. de M. B. S.; XAVIER, A. F. S. and PIMENTEL, T. **Sea surface temperatures of the tropical Atlantic ocean and solar activity: relationships with rainfall at Ceará - Northeast Brazil**. Internal Report, Instituto de Estatística e Informática do Estado do Ceará, 1985.
- YAMAZAKI, Y.; RAO, V. B. **Tropical cloudiness over the south Atlantic ocean**. Journal meteor. soc. Japan, vol. 55: 205-207, 1977.
- WALKER, G. T. **Ceará (Brazil) famines and the general air movement**. Beitrage zur physik der freien atmosphere, 14(sf): 88-93, 1928.
- WMO. **The global climate: A critical review of the climate system during 1982-84**. World climate data programme, WMO, 1985.