



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS  
PROGRAMA EM PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA  
CURSO DE MESTRADO

MODELO PROBABILÍSTICO DE PREVISÃO  
CLIMÁTICA: APLICAÇÕES À PLUVIOMETRIA DO  
ESTADO DE PERNAMBUCO

*Maria Aparecida Fernandes Ferreira*

Campina Grande, PB.  
Novembro- 2004



F383m Ferreira, Maria Aparecida Fernandes.  
Modelo probabilístico de previsão climática : aplicações à pluviometria do Estado de Pernambuco / Maria Aparecida Fernandes Ferreira. - Campina Grande, 2004.  
96 f.

Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia, 2004.

"Orientação : Prof. Dr. Bernardo Barbosa da Silva, Prof. Dr. Vicente de Paulo Rodrigues da Silva".

Referências.

1. Precipitação - Pernambuco. 2. Pluviometria. 3. Previsão Climática. 4. Dissertação - Meteorologia. I. Silva, Bernardo Barbosa da. II. Silva, Vicente de Paulo Rodrigues da. III. Universidade Federal de Campina Grande - Campina Grande (PB). IV. Título

CDU 551.577(813.4)(043)

MARIA APARECIDA FERNANDES FERREIRA

MODELO PROBABILÍSTICO DE PREVISÃO CLIMÁTICA: APLICAÇÕES À  
PLUVIOMETRIA DO ESTADO DE PERNAMBUCO.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 26/11/2004

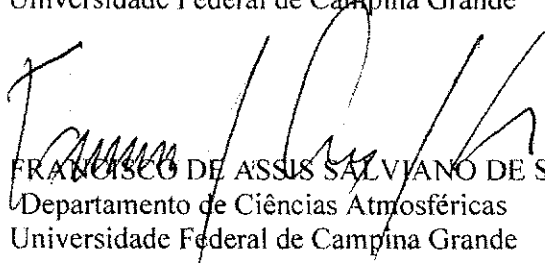
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. BERNARDO BARBOSA DA SILVA  
Departamento de Ciências Atmosféricas  
Universidade Federal de Campina Grande



Prof. Dr. VICENTE DE PAULO RODRIGUES DA SILVA  
Departamento de Ciências Atmosféricas  
Universidade Federal de Campina Grande



Prof. Dr. FRANCISCO DE ASSIS SALVIANO DE SOUSA  
Departamento de Ciências Atmosféricas  
Universidade Federal de Campina Grande



Prof. Dra. EUNICE MAIA DE ANDRADE  
Departamento de Engenharia Agrícola  
Universidade Federal do Ceará

## DEDICATÓRIA

*A todas as mulheres que têm a doce e árdua tarefa de ser mãe, esposa, dona de casa, trabalhar fora e ainda ingressam no mundo da pesquisa e da ciência.*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo o que sou e tenho.

A meus pais por terem me ensinado que estudo e educação é a melhor herança que se pode deixar para os filhos.

Ao Professor Bernardo Barbosa pelo profissionalismo na orientação e confiança da elaboração desse trabalho à distância.

Ao Professor Vicente pela co-orientação e apoio na conclusão e revisão desse trabalho.

A Engenheira Eyres pela grande ajuda e paciência na realização dos trabalhos computacionais.

A Divanete por toda a ajuda durante o decorrer desse trabalho.

A Francis Lacerda, coordenadora do LAMEPE, pelo incentivo no ingresso do mestrado e apoio para conclusão desse trabalho.

Aos meus colegas de trabalho Werônica, Sheila, Francis, Hailton, Sr. Ivanildo, Fábio, Joseane, Rodrigo e Maryfrance pela amizade, apoio e incentivo.

E de modo especial a meu esposo Jorge, seus filhos William e Stefano e nosso filho Matheus, pelo apoio nesse trabalho e compreensão nos momentos de ausência do lar.

A todos os professores do DCA que me ensinaram toda a base e beleza do estudo da Meteorologia.

## SUMÁRIO

	Pág.
RESUMO	
ABSTRACT	
I. LISTA DE FIGURAS	
II. LISTA DE TABELAS	
III. LISTA DE ABREVIATURAS	
IV. LISTA DE SÍMBOLOS	
1 INTRODUÇÃO	01
1.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS	01
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	04
2.1 SISTEMAS METEOROLÓGICOS DE GRANDE ESCALA QUE ATUAM NO NORDESTE DO BRASIL	04
2.1.1 Zona de Convergência Intertropical	04
2.1.2 Vórtices Ciclônicos da Atmosfera Superior	05
2.1.3 Frentes Frias	06
2.1.4 Distúrbios Ondulatórios de Leste	06
2.1.5 Oscilação de 30-60 dias	07
2.2 OUTROS FENÔMENOS CLIMÁTICOS E OCEANOGRÁFICOS QUE INTERFEREM NA PRECIPITAÇÃO DO NORDESTE DO BRASIL	08
2.2.1 El Niño – Oscilação do Sul (ENOS)	08
2.2.3 Dipolo do Atlântico	09
2.3 MODELOS ESTATÍSTICOS DE PREVISÃO CLIMÁTICA	10

3 MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA	14
3.2 BASE DE DADOS	15
3.3 MODELO PROPOSTO POR SILVA (1985,1988)	16
3.4 FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE BETA	18
3.4.1 Estimativa dos Parâmetros do Modelo Beta	19
3.5 – MÉTODO DE VALIDAÇÃO DO MODELO	21
3.5.1 Teste Kolmogorov-Smirnov	21
3.6 – CÁLCULO DA PROBABILIDADE DAS CHUVAS PREVISTAS PARA O PERÍODO Y VIR A SER SUPERIOR A UM VALOR ESPECIFICADO	22
3.7 – DEFINIÇÃO DA ESTAÇÃO CHUVOSA E SEUS RESPECTIVOS PERÍODOS INICIAL E FINAL	23
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4.1 AJUSTE DO MODELO SILVA (1998) PARA O ESTADO DE PERNAMBUCO	26
4.1.1 Estação Chuvosa EC1	26
4.1.2 Estação Chuvosa EC2	29
4.1.3 Estação Chuvosa EC3	32
4.1.4 Estação Chuvosa EC4	35
4.2 – VALIDAÇÃO DO MODELO SILVA (1998)	37
4.2.1 Estação Chuvosa EC1	37
4.2.1.2 Prognóstico de Ymim na EC1	38
4.2.1.2 Prognóstico de Ymax na EC1	41
4.2.2 Estação Chuvosa EC2	43

4.2.2.1 Prognóstico de Ymin na EC2	44
4.2.2.2 Prognóstico de Ymax na EC2	48
4.2.2.3 Mapas de Prognóstico de Ymin na EC2	51
4.2.3 Estação Chuvosa EC3:	65
4.2.3.1 Prognóstico de Ymin na EC3	65
4.2.3.2 Prognóstico de Ymax na EC3	68
4.2.4 Estação Chuvosa EC4	72
4.2.4.1 Prognóstico de Ymin na EC4	72
4.2.4.2 Prognóstico de Ymax na EC4	74
4.3 PROBABILIDADE DE CHUVAS ACIMA DA MÉDIA	77
5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	80
6 BIBLIOGRAFIA	82
7. APÊNDICES	89



## I. LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 3.1 – Divisão do estado de Pernambuco por Mesorregiões.	15
Figura 3.2 – Posicionamento do semestre mais chuvoso no estado de Pernambuco.	24
Figura 3.3 – Divisão do estado de Pernambuco por Microrregiões.	26
Figura 4.1– Função de Distribuição de Probabilidade Beta e Freqüência Kimball para a EC1 nas localidades: (a) Ouricuri, (b) Petrolina, (c) Granito, (d) Ipubi, (e) Trindade e (f) Floresta.	28
Figura 4.2 – Função de Distribuição de Probabilidade Beta e Freqüência Kimball para a EC2 nas localidades: (a) Verdejante, (b) Carnaíba, (c) Petrolina, (d) Ouricuri, (e) Cedro e (f) Tabira.	31
Figura 4.3 – Função de Distribuição de Probabilidade Beta e Freqüência Kimball para a EC3 nas localidades: (a) Alagoinha, (b) Belo Jardim, (c) Toritama, (d) Cachoeirinha, (e) Jurema e (f) São Joaquim do Monte.	34
Figura 4.4 – Função de Distribuição de Probabilidade Beta e Freqüência Kimball para a EC3 nas localidades: (a) Aliança, (b) Primavera, (c) Glória de Goitá, (d) Condado, (e) Buenos Aires (f) e Macaparana.	36
Figura 4.5 – Distribuição espacial de $Y_{min}$ (mm) para mar-abr-mai/1994, na EC2.	52
Figura 4.6 – Distribuição espacial de $Y_2$ (mm) em mar-abr-mai /1994, na EC2.	52
Figura 4.7 – Diferença (mm) entre $Y_2$ e $Y_{min}$ em mar-abr-mai /1994, na EC2.	52
Figura 4.8 – Distribuição espacial de $Y_{min}$ (mm) para mar-abr-mai/1995, na EC2.	53
Figura 4.9 – Distribuição espacial de $Y_2$ (mm) em mar-abr-mai/1995, na EC2.	53
Figura 4.10 – Diferença (mm) entre $Y_2$ e $Y_{min}$ em mar-abr-mai/1995, na EC2.	53
Figura 4.11 – Distribuição espacial de $Y_{min}$ (mm) para mar-abr-mai/1996, na EC2.	55

Figura 4.12 – Distribuição espacial de Y2 (mm) em mar-abr-mai /1996, na EC2.	55
Figura 4.13 – Diferença (mm) entre Y2 e Ymin em mar-abr-mai /1996, na EC2.	55
Figura 4.14 – Distribuição espacial de Ymin (mm) para mar-abr-mai/1997, na EC2.	56
Figura 4.15 – Distribuição espacial de Y2 (mm) em mar-abr-mai /1997, na EC2.	56
Figura 4.16 – Diferença (mm) entre Y2 e Ymin em mar-abr-mai /1997, na EC2.	56
Figura 4.17 – Distribuição espacial de Ymin (mm) para mar-abr-mai/1998, na EC2.	58
Figura 4.18 – Distribuição espacial de Y2 (mm) em mar-abr-mai /1998, na EC2.	58
Figura 4.19 – Diferença (mm) entre Y2 e Ymin em mar-abr-mai /1998, na EC2.	58
Figura 4.20 – Distribuição espacial de Ymin (mm) para mar-abr-mai/1999, na EC2.	59
Figura 4.21 – Distribuição espacial de Y2 (mm) em mar-abr-mai /1999, na EC2.	59
Figura 4.22 – Diferença (mm) entre Y2 e Ymin em mar-abr-mai/1999, na EC2.	59
Figura 4.23 – Distribuição espacial de Ymin (mm) para mar-abr-mai/2000, na EC2.	61
Figura 4.24 – Distribuição espacial de Y2 (mm) em mar-abr-mai /2000, na EC2.	61
Figura 4.25 - Diferença (mm) entre Y2 e Ymin em mar-abr-mai/2000, na EC2.	61
Figura 4.26 – Distribuição espacial de Ymin (mm) para mar-abr-mai/2001, na EC2.	62
Figura 4.27 – Distribuição espacial de Y2 (mm) em mar-abr-mai /2001, na EC2.	62
Figura 4.28 – Diferença (mm) entre Y2 e Ymin em mar-abr-mai/2001, na EC2.	62
Figura 4.29 - Distribuição espacial de Ymin (mm) para mar-abr-mai /2002, na EC2.	64
Figura 4.30 – Distribuição espacial de Y2 (mm) em mar-abr-mai /2002, na EC2.	64
Figura 4.31 – Diferença (mm) entre Y2 e Ymin em mar-abr-mai/2002, na EC2.	64

## II. LISTA DE TABELAS

	Pág.
Tabela 3.1 – Estação chuvosa com períodos inicial e final	24
Tabela 4.1 – Desvio máximo ( $D_{KS}$ ) observado entre a Distribuição Acumulada Beta e a Kimball comparado com o $D_{cri}$ para cada posto da EC1 e número de anos com dados (N).	27
Tabela 4.2 – Desvio máximo ( $D_{KS}$ ) observado entre a Distribuição Acumulada Beta e a Kimball comparado com o $D_{cri}$ para cada posto da EC2 e número de anos com dados (N).	30
Tabela 4.3 – Desvio máximo ( $D_{KS}$ ) observado entre a Distribuição Acumulada Beta e a Kimball comparado com o $D_{cri}$ para cada posto da EC3 e número de anos com dados (N).	33
Tabela 4.4 – Desvio máximo ( $D_{KS}$ ) observado entre a Distribuição Acumulada Beta e a Kimball comparado com o $D_{cri}$ para cada posto da EC4 e número de anos com dados (N).	35
Tabela 4.5 – Resultado do prognóstico $Y_{min}$ e dados observados em $Y1$ = fev-mar-abr para os anos de 1994 a 1998 na EC1, na Mesorregião Sertão.	40
Tabela 4.6 – Resultado do prognóstico $Y_{min}$ e dados observados em $Y1$ = fev-mar-abr para os anos de 1994 a 1998 na EC1, na Mesorregião Sertão.	40
Tabela 4.7 – Resultado do prognóstico $Y_{max}$ e dados observados em $Y1$ = fev-mar-abr para os anos de 1994 a 1998 na EC1, na Mesorregião Sertão.	42

Tabela 4.8 – Resultado do prognóstico <b>Y<sub>max</sub></b> e dados observados em <b>Y<sub>1</sub></b> = fev-mar-abr para os anos de 1999 a 2002 na <b>EC1</b> , na Mesorregião Sertão.	43
Tabela 4.9 – Resultado do prognóstico <b>Y<sub>min</sub></b> e dados observados em <b>Y<sub>2</sub></b> = mar-abr-mai para os anos de 1994 a 1998 na <b>EC2</b> , na Mesorregião Sertão.	46
Tabela 4.10 – Resultado do prognóstico <b>Y<sub>min</sub></b> e dados observados em <b>Y<sub>2</sub></b> = mar-abr-mai para os anos de 1999 a 2002 na <b>EC2</b> , na Mesorregião Sertão.	47
Tabela 4.11 – Resultado do prognóstico <b>Y<sub>max</sub></b> e dados observados em <b>Y<sub>2</sub></b> = mar-abr-mai para os anos de 1994 a 1998 na <b>EC2</b> , na Mesorregião Sertão.	49
Tabela 4.12 – Resultado do prognóstico <b>Y<sub>max</sub></b> e dados observados em <b>Y<sub>2</sub></b> = mar-abr-mai para os anos de 1999 a 2002 na <b>EC2</b> , na Mesorregião Sertão.	50
Tabela 4.13 – Resultado do prognóstico <b>Y<sub>min</sub></b> e dados observados em <b>Y<sub>3</sub></b> = abr-mai-jun para os anos de 1994 a 1998 na <b>EC3</b> , na Mesorregião Agreste.	66
Tabela 4.14 – Resultado do prognóstico <b>Y<sub>min</sub></b> e dados observados em <b>Y<sub>3</sub></b> = abr-mai-jun para os anos de 1999 a 2002 na <b>EC3</b> , na Mesorregião Agreste.	67
Tabela 4.15 – Resultado do prognóstico <b>Y<sub>max</sub></b> e dados observados em <b>Y<sub>3</sub></b> = abr-mai-jun para os anos de 1994 a 1998 na <b>EC3</b> , na Mesorregião Agreste.	70

Tabela 4.16 – Resultado do prognóstico <b>Y<sub>max</sub></b> e dados observados em <b>Y<sub>3</sub></b> = abr-mai-jun para os anos de 1999 a 2002 na <b>EC3</b> , na Mesorregião Agreste.	71
Tabela 4.17 – Resultado do prognóstico <b>Y<sub>min</sub></b> e dados observados em <b>Y<sub>4</sub></b> = mai-jun-jul para os anos de 1994 a 1998 na <b>EC4</b> , na Mesorregião Zona da Mata e Litoral.	73
Tabela 4.18 – Resultado do prognóstico <b>Y<sub>min</sub></b> e dados observados em <b>Y<sub>4</sub></b> = mai-jun-jul para os anos de 1999 a 2002 na <b>EC4</b> , na Mesorregião Zona da Mata e Litoral.	74
Tabela 4.19 – Resultado do prognóstico <b>Y<sub>max</sub></b> e dados observados em <b>Y<sub>4</sub></b> = mai-jun-jul para os anos de 1994 a 1998 na <b>EC4</b> , na Mesorregião Zona da Mata e Litoral.	76
Tabela 4.20 – Resultado do prognóstico <b>Y<sub>max</sub></b> e dados observados em <b>Y<sub>4</sub></b> = mai-jun-jul para os anos de 1999 a 2002 na <b>EC4</b> , na Mesorregião Zona da Mata e Litoral.	76
Tabela 4.21 – Resultado do prognóstico $P(Y1 \geq Ycli)$ e dados observados em <b>Y<sub>1</sub></b> = fev-mar-abr para os anos de 1994 a 2002 na <b>EC1</b> , na Microrregião Araripina.	79

### III. LISTA DE ABREVIATURAS

AAS	Anticiclone do Atlântico sul
abr	Abril
ago	Agosto
CPTEC	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
EC	Estação Chuvosa
EC1	Estação Chuvosa 01
EC2	Estação Chuvosa 02
EC3	Estação Chuvosa 03
EC4	Estação Chuvosa 04
ENOS	El Niño / Oscilação Do Sul
$D_{eri}$	Valor crítico tabelado
$D_{ks}$	Diferença máxima entre a Distribuição Beta e Kimball,
fev	Fevereiro
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia
INPE	Instituto de Pesquisas Espaciais
jan	Janeiro
jul	Julho
jun	Junho
K-S	Kolmogorov – Smirnov
LAMEPE	Laboratório de Meteorologia de Pernambuco
mai	Maio
N	Número de anos de dados
mar	Março

---

NCAR	National Center for Atmospheric Research
NEB	Nordeste do Brasil
TSM	Temperatura da Superfície do Mar
Ymax	Precipitação máxima prevista
Ymin	Precipitação mínima prevista
RSM	Regional Spectral Model
SUDENE	Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste
TSM	Temperatura da Superfície do Mar
VCAS	Vórtice Ciclônico de Ar Superior
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

#### IV. LISTA DE SÍMBOLOS E VARIÁVEIS

a	Parâmetro da Função Beta
b	Parâmetro da Função Beta
B(a,b)	Função matemática Beta
$D_{\text{crítico}}$	Valor máximo aceitável de Dmax
Dmax	Distância máxima vertical entre os gráficos da Função de Distribuição Acumulada Kimball e a Beta
$Q_1$	Primeiro Quintil
$Q_4$	Quarto Quintil
s	Número de iterações
X	Primeira parte da estação chuvosa
$X_i$	Precipitação pluviométrica da primeira metade da estação chuvosa do ano i
Y	Segunda parte da estação chuvosa
$Y_{\text{cli}}$	Média Climatológica da Precipitação pluviométrica da primeira metade da estação chuvosa
$Y_i$	Precipitação pluviométrica da segunda metade da estação chuvosa do ano i
$Z_i$	Proporção entre a precipitação do primeiro período e a da soma do primeiro e segundo período
$\Gamma$	Função matemática Gama



## RESUMO

Nesta pesquisa foi analisada a performance de um modelo probabilístico de previsão climática apresentado por Silva (1988), quando aplicado à pluviometria do estado de Pernambuco. Foram definidas quatro estações chuvosas (EC), subdivididas em dois períodos – inicial (X) e final (Y), para três mesorregiões geográficas de Pernambuco: duas para o Sertão, uma para o Agreste e uma para a Zona da Mata/ Litoral. A metodologia proposta pelo modelo consiste em ajustar proporções  $Z_i$ , razões entre o total pluviométrico do primeiro período ( $X_i$ ) e o total da EC ( $X_i + Y_i$ ), à distribuição Beta e estimar valores máximo e mínimo da precipitação pluviométrica de Y, baseado nos primeiro e quarto quintis de  $Z_i$  e na precipitação do primeiro período da EC. Utilizou-se o teste Kolmogorov-Smirnov para avaliar o ajuste da distribuição Beta aos valores de  $Z_i$ , em cada posto, e em todos se obteve ajustes satisfatórios ao nível de significância  $\alpha = 0,20$ . A validação do modelo foi verificada com dados de 1994 a 2002, para cada EC. Foi constatado índice de acerto superior a 80%, nos prognósticos da precipitação mínima ( $Y_{min}$ ) e máxima ( $Y_{max}$ ), quando analisado para cada EC como um todo e que há uma tendência de um número maior de falhas de  $Y_{min}$  e  $Y_{max}$ , nos anos extremamente secos ou chuvosos. Foram elaboradas mapas com a precipitação mínima esperada ao nível de 80%, que proporcionam forte contribuição ao planejamento de diversas atividades, notadamente agrícolas e hidrológicas. Na obtenção das probabilidades de ocorrência de chuvas acima da média histórica de Y foi constatada que em anos cujos valores de X são muito superiores à média climatológica, que as ocorrências são muito diferentes do esperado, o que sugere que seja identificado um limite para X, antes de proceder ao cálculo de tal probabilidade.

**Palavras-chave:** distribuição Beta, prognóstico climático, climatologia do Nordeste.

## ABSTRACT

In this research the performance of a probabilistic model, proposed by Silva (1988) and applied to monthly rainfall of Pernambuco state, was analyzed. For this proposal were defined four rainy stations (EC), subdivided in two periods - initial (X) and final (Y), for three geographical mesorregiões of Pernambuco: two for the Interior, one for the Rural and one for the Zona da Mata/Litoral. The methodology proposed by the model consists of adjusting proportions  $Z_i$ , ratio of accumulated rainfall of the first period ( $X_i$ ) and the total rainfall of the EC ( $X_i + Y_i$ ), to the distribution Beta. Based on the first and fourth quintis of  $Z_i$  the maximum and minimum values for the period Y of the EC were determined. The Kolmogorov-Smirnov test was used to evaluate the adjustment of the model for each set of values related to each EC, respectively. The validation of the model was verified with data collected from 1994 to 2002 for each EC. In more than 80 % of the stations the model performed with success in the prognostics of the minimum precipitation ( $Y_{min}$ ) and maximum ( $Y_{max}$ ), when analyzed regionally for each EC. In extremely dry or rainy years there is a tendency for fails associated with the  $Y_{min}$  and  $Y_{max}$  forecasted values. Maps with the expected minimum precipitation at the level of 80% were elaborated, since they provide strong contribution to the planning of several activities, especially agricultural and hydrological. In obtaining the probabilities of rainfall above the historical average of Y was verified that when X values are very superior to the climatological value, there were great differences between observation and predicted values. It means that there is a need for establishing a limit for X, before proceeding to the calculation of such probability.

**Key words: Beta distribution, climate forecast, Northeast climate**

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

A água doce já foi considerada, até poucos anos, um recurso natural inesgotável. Atualmente, ela é considerada um bem vulnerável e finito, e ter água de boa qualidade é uma das principais preocupações da humanidade. Porém, essa preocupação sempre fez parte da vida do nordestino, povo que convive com a distribuição irregular de chuvas nos meses do período chuvoso e total ausência destas em vários meses do ao.

A Região Nordeste do Brasil (NEB) é conhecida no mundo inteiro devido à grande variabilidade espaço-temporal de seu elemento climático mais importante: a precipitação pluviométrica. A variabilidade interanual da precipitação tem como conseqüências secas severas e chuvas em excesso, em anos diferentes. Os períodos de duração das secas e enchentes vão depender do período de atuação, duração e intensidade e cobertura de eventos de grande escala, como o El Niño/Oscilação do Sul (ENOS) e do Dipolo do Atlântico (ARAGÃO,1998).

O estado de Pernambuco está localizado no Nordeste do Brasil e devido a sua extensão longitudinal há, pelo menos, três mesorregiões com períodos de chuvas

distintos: Sertão (janeiro-abril), Agreste (março-julho) e Zona da Mata/Litoral (março-agosto). Porém, ainda observam-se variabilidades na precipitação intra-sazonais dentro das mesorregiões, geralmente determinadas pela natureza convectiva das precipitações e por acidentes topográficos (Ferreira et al., 2000).

A previsão sazonal da precipitação para o NEB já vem sendo produzida através de métodos estatísticos e modelos de circulação global, por diversos órgãos de pesquisa nacionais e internacionais, há mais de 10 anos. Recentemente, modelos regionais vêm sendo testados com bastante sucesso no Nordeste do Brasil, como é o caso do RSM (aplicado na FUNCEME). Meteorologistas, pesquisadores e técnicos dos estados do Nordeste Brasileiro e do CPTEC/INPE reúnem-se, regularmente, a partir dos meses que antecedem a quadra chuvosa, para com base em tais previsões e em análises dos campos globais oceânicos e atmosféricos, elaborarem prognóstico de consenso para a estação chuvosa do norte do NEB. A previsão é anunciada pela primeira vez em janeiro, para o período fevereiro-abril, e atualizada mensalmente.

Apesar do bom desempenho alcançado pelos modelos numéricos de previsão climática para o NEB, ainda existe uma carência de informações numa escala espacial menor, considerando-se estados, microrregiões ou municípios. Recentemente, um modelo estatístico de previsão climática, que utiliza metodologia proposta por Silva (1988), foi aplicado para o estado do Ceará (Azevedo et al., 1998) e para o estado da Paraíba (Silva e Lima, 2004), mostrando-se eficiente em ambos os estados. Tal modelo estima valores máximo e mínimo da pluviometria da segunda metade da estação chuvosa, com base na pluviometria da primeira metade e parâmetros estatísticos da série histórica da estação chuvosa. As vantagens do método são: a) de caráter espacial, uma vez que o mesmo tanto pode ser utilizado em localidades isoladas, como em regiões pluviométricas homogêneas; b) de caráter temporal, vez que diferentes datas limites entre a precipitação

ocorrida e a precipitação a ser prevista, dentro da estação chuvosa, podem ser usadas. Ademais, além das precipitações mínima e máxima esperadas, a 80% de probabilidade, pode-se obter a probabilidade de ocorrência de precipitação igual ou superior a um valor de interesse, inclusive a média histórica.

Antes de um modelo ser utilizado de modo operacional, é necessário ser avaliado quanto ao seu desempenho e eficiência. A aplicabilidade desse modelo de prognóstico às mesorregiões do estado de Pernambuco é o foco dessa pesquisa. Nesse sentido, o objetivo geral do estudo é avaliar a aplicabilidade e operacionalidade do modelo probabilístico de Silva (1988) ao estado de Pernambuco, enquanto os objetivos específicos são os seguintes:

- a) identificar, por mesorregião e postos individuais, a estação chuvosa (EC) e os períodos X (1ª parte da EC) e Y (2ª parte da EC), para fins de aplicação do modelo Silva (1988) a cada situação;
- b) ajustar as proporções  $Z_i$  ao modelo probabilístico Beta e aplicar o teste de aderência de Kolmogorov – Smirnov (forma paramétrica);
- c) estimar, para postos individuais e mesorregiões, totais máximos e mínimos de pluviometria da segunda metade da estação chuvosa da região a ser estudada, com probabilidade de 80%.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 SISTEMAS METEOROLÓGICOS DE GRANDE ESCALA QUE ATUAM NO NORDESTE DO BRASIL

#### 2.1.1 Zona de Convergência Intertropical

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), principal sistema de produção de chuvas no semi-árido Nordestino, é formada pela confluência dos ventos do Hemisfério Norte (alísios de nordeste) e os do Hemisfério Sul (alísios de sudeste). Um dos primeiros autores a escrever sobre a influência da ZCIT na precipitação do NEB foi Serra (1956). Ele observou que quando ocorria um atraso no movimento da ZCIT para sul (chamada por ele de frente tropical) ocorria seca no Nordeste do Brasil.

Caviedes (1972) relacionou a posição e intensidade do Anticiclone do Atlântico Sul (AAS) com a posição da ZCIT. Ele verificou que nos meses de verão de anos com atuação do fenômeno El Niño o AAS desloca-se mais para o norte que em anos normais, impedindo a descida da ZCIT para o Nordeste do Brasil.

Hastenrath e Heller (1977) verificaram as seguintes configurações, sobre os oceanos, em anos secos no NEB: anomalias negativas da TSM (Temperatura da Superfície do Mar) sobre o Atlântico sul e positivas sobre o Atlântico norte; fortalecimento e deslocamento para norte do AAS, o que resulta em ventos alísios de sudeste mais intensos que o normal e o anticiclone do Atlântico norte mais fraco e deslocado para norte, resultando em alísios de nordeste mais fracos. Essa situação favorece a permanência da ZCIT mais ao norte. Em anos chuvosos, a configuração se inverte e os ventos alísios de nordeste ficam mais forte que os de sudeste, favorecendo o deslocamento da ZCIT para o sul do Equador.

#### 2.1.2 Vórtices Ciclônicos da Atmosfera Superior

Dean (1971) constatou a presença de uma baixa fria, em cartas médias mensais, nos níveis de 300 e 200 hPa, nos meses de verão de 1969. Ele observou que a formação desse sistema estava relacionada com o enfraquecimento dos ventos de leste da alta troposfera sobre o Atlântico Tropical, devido a sua substituição por ventos de oeste provenientes do Hemisfério Norte. Esses vórtices também foram observados por Aragão (1975), em alguns dias dos meses de janeiro e abril de 1970. Ele verificou que os vórtices se estendiam da tropopausa até os baixos níveis, apresentando movimento ascendente nas bordas, em quase todos os níveis da atmosfera.

Kousky e Gan (1981) apresentaram as seguintes características sobre os vórtices ciclônicos da atmosfera superior (VCAS) que atuaram no NEB de 1975 a 1979: i) eles atuam principalmente no verão, com maior frequência em janeiro; ii) o surgimento dos

VCAS está relacionado com o avanço de frentes frias provenientes das baixas latitudes; iii) possuem núcleos frios, podendo haver atividade de cumulonimbus no seu centro; e iv) apresentam movimento ascendente nas bordas e descendente no setor central.

### 2.1.3 Frentes Frias

Kousky (1979) observou as seguintes características sobre as influências frontais na precipitação do NEB: i) a maior parte da precipitação que ocorre no setor sul do NEB, nos meses de novembro a fevereiro está associada a sistemas frontais; ii) a aproximação das frentes frias, nos meses de maio a julho, aumenta a precipitação no setor leste do NEB.

A influência das frentes frias na precipitação da região de Petrolina (setor oeste do estado de Pernambuco) foi estudada por Abreu (1979). Ele detectou que o início da estação chuvosa nessa região é causado pelo avanço dos sistemas frontais, nos meses de novembro e dezembro.

### 2.1.4 Distúrbios Ondulatórios de Leste

Distúrbios ondulatórios de leste são perturbações no campo do vento nos baixos níveis da atmosfera, caracterizadas por aglomerados de nuvens que se formam no oceano Atlântico sul, na costa da África, e se deslocam de leste para oeste (Yamazaki e



Rao, 1977). Estas perturbações são mais observadas no nível de 700 hPa (Mota e Gandu, 1998). Esses sistemas atuam com mais frequência nos meses de inverno do Hemisfério Sul, produzindo chuvas intensas em áreas costeiras e podendo penetrar continente adentro (Yamazaki e Rao, 1977). A intensidade e frequência dessas ondas dependem da temperatura da superfície do mar, do cisalhamento meridional do vento e da circulação da troposfera no Atlântico Tropical (Lipps, 1970).

#### 2.1.5 Oscilação de 30-60 dias

As oscilações de 30-60 dias são pulsos de energia que se movem de oeste para leste, na faixa equatorial (Maden e Julian, 1972) e têm periodicidade que varia entre 30 e 60 dias. Esse sistema interfere na precipitação do NEB, atua favorável a ocorrência de chuvas na sua fase negativa e inibe a atuação de sistemas meteorológicos que provocam chuvas, na sua fase positiva.

Kayano e Satyamurti (1991) verificaram que os sinais da oscilação de 30-60 dias eram, aparentemente, mais fortes em anos de El Niño. Eles também concluíram que a oscilação poderia produzir períodos prolongados sem chuvas (veranicos), como poderia atuar de forma positiva na produção de chuvas, em anos considerados secos.

Alves et al. (2001) analisaram a precipitação de dezembro/2000 a fevereiro/2001, nas três mesorregiões do estado de Pernambuco (Sertão, Agreste e Zona da Mata), comparando-as com a evolução da oscilação de 30-60 dias no referido período. Eles observaram que a maior parte dos veranicos (ausência de chuvas por mais de 7 dias

consecutivos) ocorridos nesse período estava associado à fase positiva da oscilação de 30-60 dias, que é a fase desfavorável a ocorrência de chuvas.

## 2.2 OUTROS FENÔMENOS CLIMÁTICOS E OCEANOGRÁFICOS QUE INTERFEREM NA PRECIPITAÇÃO DO NORDESTE DO BRASIL

### 2.2.1 El Niño – Oscilação do Sul (ENOS)

El Niño é o aquecimento anômalo das águas superficiais do Oceano Pacífico Tropical, e o fenômeno oposto - La Nina - ocorre quando as águas do Pacífico Tropical estão mais frias do que a temperatura normal. A Oscilação do Sul é a variação anômala da pressão atmosférica tropical, como resposta aérea ao fenômeno El Niño ou La Niña.

Vários autores já estudaram a correlação do ENOS com a redução da precipitação no Nordeste do Brasil e em várias outras regiões do mundo. A seguir estão relatados alguns trabalhos que relacionam o ENSO com a redução da precipitação no NEB e mais especificamente no estado de Pernambuco.

Kousky e Cavalcanti (1984) observaram que o ENSO causa variações na circulação atmosférica em ambos os hemisférios, tanto na baixa como na alta troposfera, tais como enfraquecimento dos alísios sobre o oceano Pacífico leste e intensificação dos jatos subtropicais. Eles também relacionaram ao EL Niño a ocorrência de secas na Amazônia e no Nordeste do Brasil, e enchentes nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil.

Aragão (1986), utilizando anomalias de TSM do oceano Pacífico Tropical, simulou respostas da atmosfera ao fenômeno EL Niño, rodando um modelo de circulação geral do National Center for Atmospheric Research (NCAR). A resposta do modelo a anomalias máximas de TSM foi a redução da precipitação no Nordeste do Brasil, de 45% em fevereiro e 55% em março.

Lacerda et al. (1998) encontraram correlação entre a precipitação da pré-estação e da estação chuvosa no estado de Pernambuco, em anos de El Niño de moderado a forte. As correlações foram explicadas através do coeficiente de determinação, o qual apresentou valores satisfatórios para o Agreste, mostrando que existe uma boa correlação nessa mesorregião. No Sertão e na Zona da Mata, foram encontradas boas correlações apenas em algumas localidades isoladas e na maior parte dessas mesorregiões não foi verificada uma boa correlação.

Souza et al. (2001) estudaram a influência do EL Niño 97/98 na precipitação do estado de Pernambuco, durante o ano de 1998. Eles observaram que houve uma redução de 80%, 70% e 60% na precipitação, respectivamente, das mesorregiões do Sertão, Agreste e Zona da Mata, nos quatro meses mais chuvosos de cada mesorregião.

### 2.2.3 Dipolo do Atlântico

Hastenrath e Heller (1977) fizeram uma correlação entre a precipitação do NEB e anomalias de TSM no Atlântico Tropical. Eles concluíram que em anos chuvosos no NEB eram encontradas anomalias positivas de TSM no Atlântico Tropical sul e

anomalias negativas no Atlântico Tropical norte, e que em anos de seca a situação da TSM, no Atlântico Tropical, era inversa.

Makham e McLaim (1977) também estudaram anomalias de TSM no Atlântico Tropical e as compararam com a precipitação no NEB. Eles obtiveram a mesma conclusão de Hastenrath e Heller (1977) e verificaram que as anomalias de TSM poderiam ser usadas como elemento precursor, para estimar a qualidade da estação chuvosa no NEB, devido à formação do dipolo acontecer alguns meses antes da quadra chuvosa.

Moura e Shukla (1981) mostraram que anomalias positivas de TSM sobre o Atlântico Tropical norte e anomalias negativas sobre o Atlântico Tropical sul resultariam numa circulação anômala, com ramo ascendente em torno de 10°N e ramo descendente sobre o NEB, Amazônia oriental e regiões oceânicas vizinhas. Este movimento de subsidência, juntamente com a diminuição da evaporação devido ao resfriamento das águas superficiais do oceano, reduziria drasticamente a ocorrência de chuvas sobre o Nordeste do Brasil.

### 2.3 MODELOS ESTATÍSTICOS DE PREVISÃO CLIMÁTICA

Markham (1974), utilizando totais mensais de precipitação de Fortaleza, do período de 1849 a 1971, encontrou periodicidade de secas de 26 anos, de 13 anos, de 4,7 anos, de 3,8 anos e de 2,2 anos.

Girardi e Teixeira (1978), analisando a mesma série de dados de Fortaleza, encontraram resultados que concordaram com Markham (1974) e confirmaram a presença de periodicidade de secas com períodos de 26 anos, 13 anos e 26 meses. Fazendo uma

extrapolação nesses ciclos, divulgaram uma previsão de que o NEB teria redução da precipitação por cinco anos, no período de 1979 a 1984.

Silva (1988) analisou a precipitação diária de 34 postos da Paraíba e desenvolveu um método de avaliar a precipitação na segunda metade da estação chuvosa a partir dos dados da precipitação da primeira metade, utilizando o método dos “quintis”.

Ward e Folland (1991) utilizaram as TSMs do Atlântico e do Pacífico como covariáveis de um modelo de previsão sazonal que proporciona probabilidade de ocorrência em diferentes categorias de totais pluviométricos, através de técnicas de regressão linear múltipla e análise discriminante linear. Os resultados mostram que escores produzidos por dois autovetores – um para o Atlântico e outro para o Pacífico - explicavam bem a variabilidade interanual da precipitação na estação chuvosa do norte do Nordeste.

Melo (1997) investigou a correlação entre a chuva da pré-estação e a chuva durante os meses de fevereiro a maio, no semi-árido do NEB e determinou que os meses da pré-estação que envolvia o mês de janeiro (agosto-janeiro, setembro-janeiro e outubro-janeiro) eram os que apresentavam maiores valores de correlação (positiva) com a chuva de fevereiro a maio.

Xavier et al. (1998) desenvolveram modelos estocásticos de regressão múltipla para estimar a precipitação em localidades do litoral (Fortaleza e Acaraú) e do interior (Quixeramobim) do Ceará. A TSM do Atlântico e do Pacífico, a componente meridional da “pseudo-tensão do vento” na superfície do Atlântico, o Índice de Oscilação do Sul e a atividade solar foram utilizados como covariáveis do modelo. Os autores constataram que a pseudo-tensão do vento, próximo à costa da Região Nordeste é uma covariável importante, tanto para explicar como para prever a chuva no quadrimestre mais chuvoso (fev-mai), especialmente para as localidades situadas no litoral cearense, chegando a predominar sobre o papel do dipolo do Atlântico.

Galvão (1999) aplicou previsões de precipitação sazonal para o norte do NEB, gerados por um modelo de circulação global atmosférico e um modelo estatístico/empírico, a uma bacia hidrográfica típica de sub-região. Através de reamostragem estatística, produziu previsões de volume escoado, as quais foram aplicadas num modelo de operação de um reservatório, por programação dinâmica. Ele comprovou que é viável a aplicação das previsões sazonais em recursos hídricos.

Santos (2000) aplicou a metodologia proposta por Silva (1985, 1988) em 34 postos localizados no setor leste do NEB, compreendidos entre Rio Grande do Norte e Sergipe, para determinar valores máximos e mínimos da pluviometria do segundo período da estação chuvosa. O modelo mostrou-se eficiente para os dados dos postos localizados no centro e norte da região e menos eficiente naqueles localizado no setor sul da região.

Moura (2001) correlacionou a precipitação de 04 grupos pluviometricamente homogêneos do setor leste do NEB com anomalias de TSM e ventos à superfície oceânica. Ele desenvolveu formas estatísticas de regressão múltipla para elaboração de prognósticos quantitativos de desvios pluviométricos sobre o leste do NEB, para o período de março a julho. Os modelos desenvolvidos para o lag -10 mostraram altas correlações entre os dados estimados e os observados.

Silva e Lima (2004) também avaliaram a performance do modelo de Silva (1985, 1988) em três mesorregiões do estado da Paraíba. O índice de acerto nas previsões foi acima de 80%. Eles observaram que em anos extremamente secos há tendências de falhas na previsão da precipitação mínima, e em anos muito chuvosos há tendência de falhas na previsão da precipitação máxima.

Conforme se depreende da revisão levantada, há muito que ser feito no sentido da obtenção de produtos derivados da previsão climática. Ao mesmo tempo há necessidade de mais e melhores utilizações dos modelos existentes e neste estudo são feitas

aplicações de modelo probabilístico em um estado nordestino que tem na previsão climática da pluviometria ferramenta indispensável ao planejamento da agricultura e gerenciamento dos recursos hídricos.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA

O estado de Pernambuco está localizado na Região Nordeste do Brasil, totalmente situado dentro dos limites da zona Tropical, visto que seus pontos extremos se encontram, respectivamente, dentro dos paralelos de 7° 15'S e 9° 27'S (aproximadamente 240 km). Na direção leste/oeste, seus pontos extremos se localizam entre os meridianos de 34° 48'W e 41° 19'W (a aproximadamente 748 km um do outro). Dessa forma, o estado ocupa uma área de 98.938 Km<sup>2</sup>, o que representa 6,3% da área do Nordeste do Brasil (Andrade, 1999).

Há, pelo menos, três mesorregiões com regimes de chuvas distintos, no estado: Sertão, Agreste e Zona da Mata/Litoral. A Figura 3.1 representa a divisão do estado de Pernambuco por mesorregiões. No Sertão, as chuvas máximas ocorrem nos meses de janeiro a abril (60 a 70% do total anual), sendo março o mês de maior precipitação (Barros et al., 1994). O Agreste caracteriza-se como uma região intermediária entre as áreas de climas úmidos e secos, com o setor ocidental tendo o seu principal período chuvoso de fevereiro a junho e setor oriental de março a julho. A Zona da Mata e o Litoral apresentam



um período chuvoso mais longo do que as demais mesorregiões, ou seja, seis meses (março a agosto), com 75 a 80% do total anual.

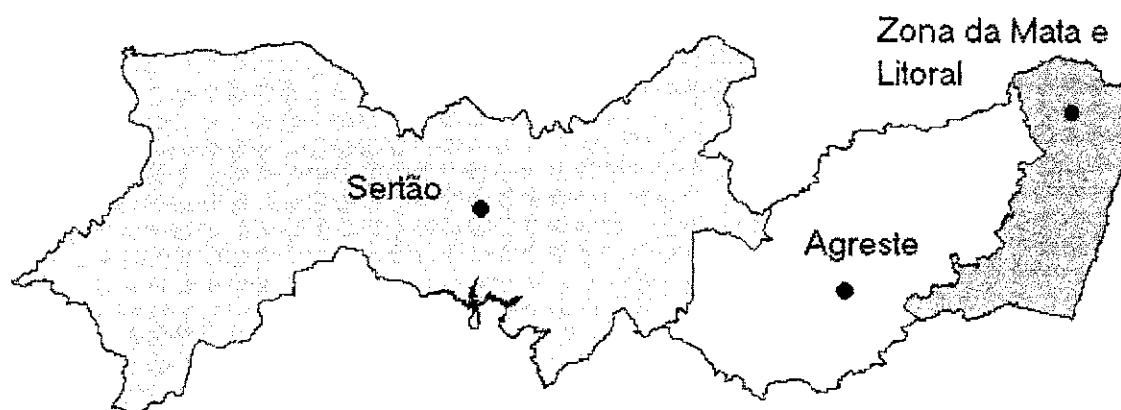


Figura 3.1 – Divisão do Estado de Pernambuco por Mesorregiões.

### 3.2 BASE DE DADOS

Foram utilizados totais pluviométricos mensais de postos pluviométricos localizados no estado de Pernambuco com, no mínimo, 30 anos de registros, contínuos ou não. Os dados pluviométricos que serviram de base ao estudo foram extraídos do banco de dados do Laboratório de Meteorologia de Pernambuco (LAMEPE) e da publicação *Séries Pluviométricas Mensais do Nordeste (SUDENE, 1990)*.

### 3.3 MODELO PROPOSTO POR SILVA (1985,1988)

O modelo proposto por Silva tem sido utilizado para estimar valores máximo e mínimo da precipitação pluviométrica da segunda metade ( $Y_i$ ) da estação chuvosa ( $EC_i$ ) de uma dada localidade ou região. Ele baseia-se na precipitação acumulada na primeira metade ( $X_i$ ) da EC e em parâmetros estatísticos (primeiro e quarto quintis) da série temporal da proporção  $Z_i$ , definida como a razão entre  $X_i$  e ( $X_i + Y_i$ ). O cerne do modelo de Silva (1985, 1988) consiste na utilização do conceito de quintil e da proporção  $Z_i$ , que envolve a precipitação de uma porção inicial ( $X_i$ ) da EC na previsão do valor esperado para a parte restante ( $Y_i$ ) da  $EC_i$ .

O primeiro passo a ser dado consiste na identificação da estação chuvosa (EC) da localidade ou área de interesse. Em seguida, se procede a escolha do período X, que pode ser chamado de *primeira parte da EC*. Uma vez escolhidos os meses que constituem X, fica, automaticamente, identificado o período Y, ou *segunda parte da EC*. Evidentemente, os valores de Z variam de 0 (zero) a 1 (um). Em diferentes oportunidades (Silva et al., 1988; Silva et al., 2000; Silva et al., 2001) considerou-se para os Sertões da Paraíba, que X compreendia os meses de janeiro, fevereiro e os 19 primeiros dias de março, tendo a EC duração de seis meses (janeiro a junho). Com o referido modelo é possível prever a precipitação máxima (e mínima) esperada para o segundo período (Y) da EC, com diferentes probabilidades. Usualmente, tem-se trabalhado com o nível de 80%; porém, outros níveis podem perfeitamente ser utilizados. Ademais, pode-se calcular a probabilidade de ocorrência de chuvas acima de um dado valor, como feito em Silva e Lima (2004).

A etapa seguinte consiste na composição da série temporal das proporções  $Z_i$ , que exprimem a contribuição oferecida por  $X_i$  para o total da  $EC_i$  de cada ano da

localidade estudada. De posse dos valores de  $Z$ , procede-se ao cálculo dos quintis, usando o modelo probabilístico Beta.

Se  $Q_1$  é o primeiro quintil das proporções acima mencionadas, pode-se afirmar que, para um dado ano, escolhido ao acaso, há uma probabilidade de 80% de que  $Z_i$  seja superior ou igual a  $Q_1$ , ou seja:

$$Z_i = \frac{X_i}{(X_i + Y \max)} \geq Q_1 \quad (3.1)$$

Por outro lado, ao se considerar o quarto quintil ( $Q_4$ ) das referidas proporções, pode-se igualmente afirmar que a probabilidade de ocorrência de valores menores ou iguais a  $Q_4$  é de 80%, o que resulta em se ter, para um determinado ano escolhido ao acaso, o seguinte:

$$Z_i = \frac{X_i}{(X_i + Y \min)} \leq Q_4 \quad (3.2)$$

em que  $X_i$  corresponde à precipitação ocorrida no primeiro período da  $EC_i$  daquele ano particular. Desenvolvendo as inequações (3.1) e (3.2) obtém-se, respectivamente, as alturas pluviométricas máximas e mínimas esperadas, ao nível de 80% de probabilidade, quais sejam:

$$Y \max = X_i \left[ \frac{(1 - Q_1)}{Q_1} \right] \quad (3.3)$$

$$Y_{\min} = X_i \left[ \frac{(1 - Q_i)}{Q_i} \right] \quad (3.4)$$

A seguir apresenta-se o modelo Beta que foi utilizado para o cômputo dos quintis das proporções  $Z_i$ , para as diferentes estações chuvosas, dos postos das mesorregiões do estado de Pernambuco.

### 3.4 FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE BETA

Uma variável aleatória  $Z$ , contínua e independente, com valores situados entre zero e um, distribui-se segundo o modelo probabilístico Beta, se a sua função densidade de probabilidade for do tipo (Wilks, 1995):

$$f(Z_i) = \frac{Z_i^{(a-1)}(1 - Z_i)^{(b-1)}}{B(a, b)} \quad (3.5)$$

em que,  $a$  e  $b$  são os parâmetros do modelo e  $B(a, b)$  é a função matemática Beta, definida por:

$$B(a, b) = \int_0^1 t^{(a-1)} * (1 - t)^{(b-1)} dt \quad (3.6)$$

A função Beta relaciona-se com a função matemática Gama ( $\Gamma$ ), através da expressão a seguir:

$$B(a,b) = \frac{\Gamma(a) \cdot \Gamma(b)}{\Gamma(a+b)} \quad (3.7)$$

em que a função Gama é definida por (Clarke e Ralph, 1979):

$$\Gamma(a) = \int_0^{\infty} x^{(a-1)} \exp(-x) dx \quad (3.8)$$

### 3.4.1 Estimativa dos Parâmetros do Modelo Beta

Na estimativa dos parâmetros do modelo Beta utilizou-se o método de máxima verossimilhança segundo as soluções propostas por Mielke (1976), e que tem sido utilizada em Azevedo et al. (1998), Silva et al. (2000), Silva e Lima (2004), dentre outros.

$$a_k = \frac{G + \ln \frac{s + a_{k-1} + b_{k-1} - 1/2}{s + a_{k-1} - 1/2} + \sum_{j=1}^s \frac{b_{k-1} (j + a_{k-1} - 1)}{j (j + a_{k-1} - 1)(j + a_{k-1} + b_{k-1} - 1)}}{b_{k-1} \sum_{j=1}^s [j (j + a_{k-1} - 1)(j + a_{k-1} + b_{k-1} - 1)]^{-1}} \quad (3.9)$$

$$b_k = \frac{H + \ln \frac{s + a_{k-1} + b_{k-1} - 1/2}{s + b_{k-1} - 1/2} + \sum_{j=1}^s \frac{a_{k-1} (j + b_{k-1} - 1)}{j (j + b_{k-1} - 1)(j + a_{k-1} + b_{k-1} - 1)}}{a_{k-1} \sum_{j=1}^s [j (j + b_{k-1} - 1)(j + a_{k-1} + b_{k-1} - 1)]^{-1}} \quad (3.10)$$

em que,

$$G = n^{-1} \sum_{i=1}^n \ln(Z_i) \quad (3.11)$$

e

$$H = n^{-1} \sum_{i=1}^n \ln(1 - Z_i) \quad (3.12)$$

Para que o processo iterativo fosse inicializado, foi necessário atribuir valores para  $a_{k-1}$  e  $b_{k-1}$ . Nesse sentido, utilizaram-se as estimativas proporcionadas pelo Método dos Momentos, para os valores iniciais de  $a_{k-1}$  e  $b_{k-1}$  (Wilks, 1995), quais sejam:

$$a_{k-1} = \frac{\overline{Z_i}^2 (1 - \overline{Z_i})}{s^2} - \overline{Z} \quad (3.13)$$

$$b_{k-1} = \frac{a_{k-1} (1 - \overline{Z_i})}{\overline{Z_i}} \quad (3.14)$$

em que  $s$  é o desvio padrão da amostra  $Z_i$  e  $\overline{Z}$  é a sua média aritmética.

Conhecidos os parâmetros do modelo Beta, associados às proporções  $Z_i$  da EC de cada localidade e/ou região estudada, procedeu-se ao cômputo dos quintis (primeiro e quarto) dessas proporções, com integração numérica de  $f(z)$  (primeira regra de Simpson).

### 3.5 – MÉTODO DE VALIDAÇÃO DO MODELO

O ajustamento entre os dados observados de  $Z$  e aqueles gerados pelo modelo Beta, foi avaliado segundo o teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov (K-S), ao nível de significância  $\alpha=0,20$ .

### 3.5.1 Teste Kolmogorov-Smirnov

Nesse teste observou-se a máxima diferença absoluta entre a função de distribuição acumulada assumida para os dados, no caso a Kimball, e a função de distribuição Beta, aplicada a cada conjunto das proporções  $Z_i$ . Como critério, comparou-se essa diferença com um valor crítico ( $D_{\text{critico}}$ ), obtido através de tabela (Kite, 1977), para um dado nível de significância e em função do tamanho da amostra. A estatística utilizada para o teste foi:

$$D_{KS} = \max |F(Z_i) - K(Z_i)| \quad (3.15)$$

Essa função corresponde à diferença máxima observada entre a distribuição teórica (Beta)  $F(z_i)$  e a distribuição empírica  $K(z_i)$ , em todos os valores amostrais  $Z_i$ . Os termos da equação (3.15) representam o seguinte:

- $K(Z_i)$  é a função de distribuição acumulada empírica dos dados, denominada de distribuição Kimball, dada por:

$$K(Z_i) = \frac{m}{(N+1)} \quad (3.16)$$

em que  $m$  é o número de valores  $Z$  inferior ou igual a  $Z_i$ .

•  $F(z_i)$  representa o valor da função de distribuição acumulada associada à  $Z_i$ . Nesse estudo, foi utilizada a distribuição Beta obtida de acordo com a equação 3.5.

Se  $D_{KS} > D_{crítico}$  rejeita-se a hipótese nula, qual seja: a de que os dados amostrais têm distribuição Beta, ao nível de significância adotado.

### 3.6 – CÁLCULO DA PROBABILIDADE DAS CHUVAS PREVISTAS PARA O PERÍODO Y VIR A SER SUPERIOR A UM VALOR ESPECIFICADO

O método das proporções de Silva (1985, 1988) possibilita ainda o cálculo da probabilidade das chuvas previstas para o período Y, vir a ser superior a um valor especificado, no ano em curso. Admite-se que tal valor especificado seja igual à média climatológica das precipitações pluviométricas do período Y. Assim, tem-se que se em dado ano i, escolhido ao acaso, for registrado o total pluviométrico no período X igual a  $X_i$ , e considerando-se o conceito de  $Z_i$ , tem-se que:

$$Z_i = \frac{X_i}{X_i + Y_{cli}} \quad (3.17)$$

Como os valores de  $X_i$  e  $Y_{cli}$  são conhecidos, fica determinado o valor correspondente de  $Z_i$ . Por outro lado, uma vez conhecidos os parâmetros da distribuição Beta, associados à proporção  $Z_i$ , pode-se facilmente determinar a probabilidade de



ocorrência de valores iguais ou menores ao  $Z_i$ , do ano em questão. Como se pode deduzir, se o valor de  $Y_{cli}$  na Equação (3.17) aumentar, o correspondente valor de  $Z_i$  diminui. Logo, se o interesse for o cálculo da probabilidade de ocorre chuvas superiores ao valor climatológico  $Y_{cli}$ , a mesma estaria perfeitamente determinada ao se identificar a probabilidade de ocorrência de valores de  $Z_i$  menor que aquele dado pela equação acima, com os valores de  $X_i$  e  $Y_{cli}$ . Conseqüentemente, seguindo esse procedimento pode-se determinar a probabilidade da ocorrência de chuvas em  $Y$  superior a qualquer valor especificado, que na verdade corresponde à probabilidade de ocorrência de um  $Z$  inferior ou igual ao dado pela Equação (3.17), sendo esse  $Y_{cli}$  um valor especificado.

### 3.6 – DEFINIÇÃO DA ESTAÇÃO CHUVOSA E SEUS RESPECTIVOS PERÍODOS INICIAL E FINAL

Foram consideradas três mesorregiões de estudo: *Sertão*, *Agreste* e *Zona da Mata / Litoral* e escolhidas quatro estações chuvosas, apresentadas na Tabela 3.4, das quais duas estações para o Sertão, uma para o Agreste e uma para a Zona da Mata e Litoral. Os prognósticos foram fixados em três meses, em virtude da utilização do mesmo nas previsões climáticas feitas pelo Laboratório de Meteorologia de Pernambuco - LAMEPE. Porém, uma das vantagens desse modelo é a variação dos períodos iniciais e finais, dentro do período chuvoso.

Tabela 3.1 – Estação chuvosa com períodos inicial e final

	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	MESORREGIÕES
EC-01	X1		Y1							Sertão <sup>1</sup>
EC-02		X2		Y2						Sertão
EC-03			X4			Y4				Agreste
EC-04				X5			Y5			Zona da Mata e Litoral

A Estação Chuvosa 01 (EC1) foi analisada para as Microrregiões de Araripina, Petrolina e Itaparica, que estão localizadas no setor sul e oeste do estado, como pode ser observado na Figura 3.3. O Sertão, como um todo, foi analisado na Estação Chuvosa 02 (EC2), que compreende os meses de janeiro-fevereiro-março-abril-maio. No Agreste, a Estação Chuvosa 03 (EC3) teve como período chuvoso os meses de fevereiro-março-abril-maio-junho-julho. E, finalmente, a Estação Chuvosa 04 (EC4) compreende os meses de março-abril-maio-jun-jul-ago, na Zona da Mata e Litoral.

As Figuras 3.2 e 3.3 exibem, respectivamente, a localização do semestre mais chuvoso e a divisão por microrregiões do estado de Pernambuco.

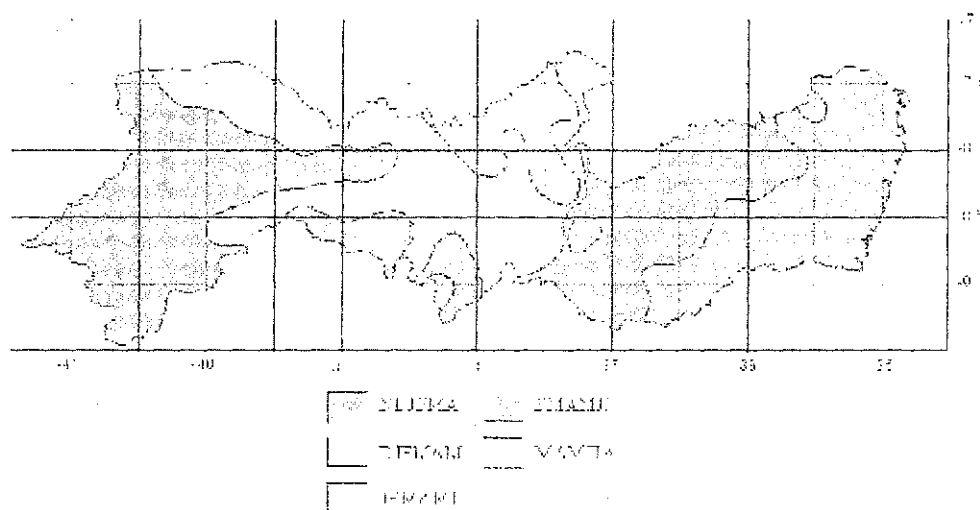


Figura 3.2 – Posicionamento do semestre mais chuvoso no estado de Pernambuco. Fonte dos dados: SUDENE, LAMEPE e IPA.

<sup>1</sup> Apenas as Microrregiões de Araripina, de Petrolina e de Itaparica

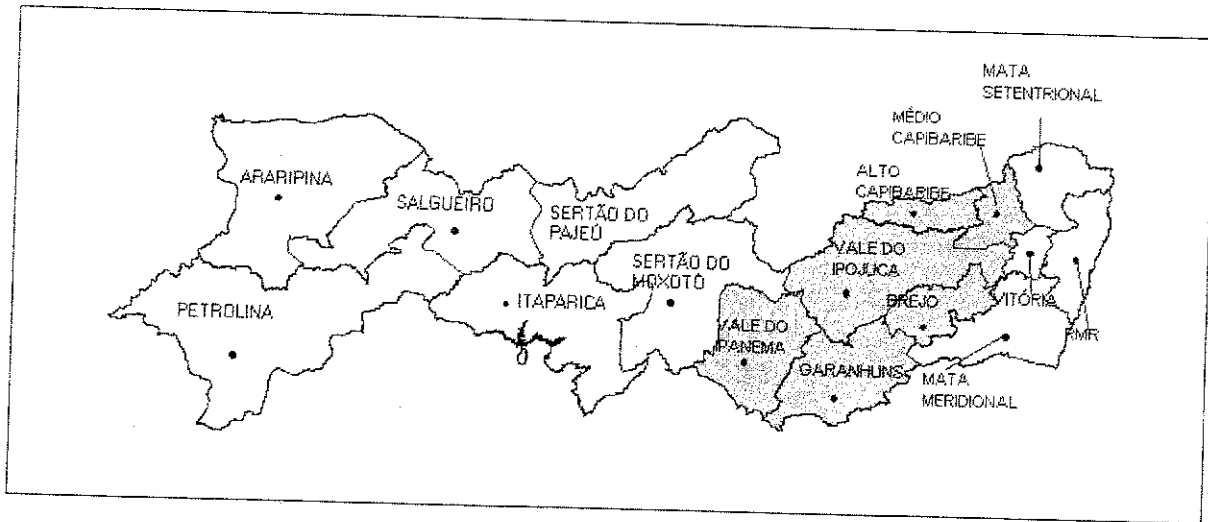


Figura 3.3 – Divisão do estado de Pernambuco por Microrregiões.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 AJUSTE DO MODELO SILVA (1998) PARA O ESTADO DE PERNAMBUCO

A aderência dos dados à distribuição de probabilidade teórica foi verificada através do teste de Kolmogorov-Smirnov, ao nível de significância  $\alpha=0,20$ . Uma análise subjetiva do ajuste da Função de Distribuição Acumulada Beta aos dados da frequência de Kimball, foi feita para seis localidades de cada EC.

#### 4.1.1 Estação Chuvosa EC1

Para a Estação chuvosa EC1, que compreende os meses de dezembro a abril ( $X_1 = \text{dez-jan}$  e  $Y_1 = \text{fev-mar-abr}$ ), foram considerados 19 postos nas Microrregiões de Araripina, Petrolina e Itaparica, localizadas na parte sul e oeste do Sertão Pernambucano (Figura 3.3).

Em todas as amostras estudadas o modelo Beta se ajustou adequadamente aos dados amostrais, para o  $\alpha$  considerado, conforme se observa na Tabela 4.1, com o menor e o maior valor de  $D_{KS}$  ocorrendo, respectivamente, em Floresta ( $D_{KS} = 0,051$ ) e em Trindade ( $D_{KS} = 0,109$ ).

Tabela 4.1 - Desvio máximo ( $D_{KS}$ ) observado entre a Distribuição Acumulada Beta e a Kimball comparado com o  $D_{crit}$  para cada posto da ECI e número de anos com dados (N).

	N	$D_{KS}$	$D_{crit}$
<b>Microrregião Araripina</b>			
Araripina	50	0,065	0,150
Bodocó	31	0,090	0,188
Exu	52	0,057	0,148
Granito	32	0,089	0,186
Ipubi	33	0,066	0,184
Morcilândia	50	0,087	0,150
Ouricuri	65	0,054	0,133
Santa Cruz da Venerada	55	0,100	0,144
Trindade	30	0,109	0,190
<b>Microrregião Petrolina</b>			
Afrânio (Arizona)	50	0,071	0,127
Cabrobó	69	0,106	0,129
Orocó	27	0,079	0,202
Petrolina	71	0,095	0,127
Santa Maria da Boa Vista	71	0,060	0,127
Terra Nova	31	0,089	0,188
<b>Microrregião Itaparica</b>			
Belém de São Francisco	74	0,096	0,124
Floresta	72	0,051	0,126
Petrolândia	55	0,099	0,144
Tacaratu	67	0,056	0,131

A Figura a seguir é uma representação gráfica da Função de Distribuição de Probabilidade Beta comparada com a Frequência Kimball, com o propósito de mostrar o ajuste dos dados empíricos àqueles obtidos pela distribuição Beta, para algumas localidades da ECI.

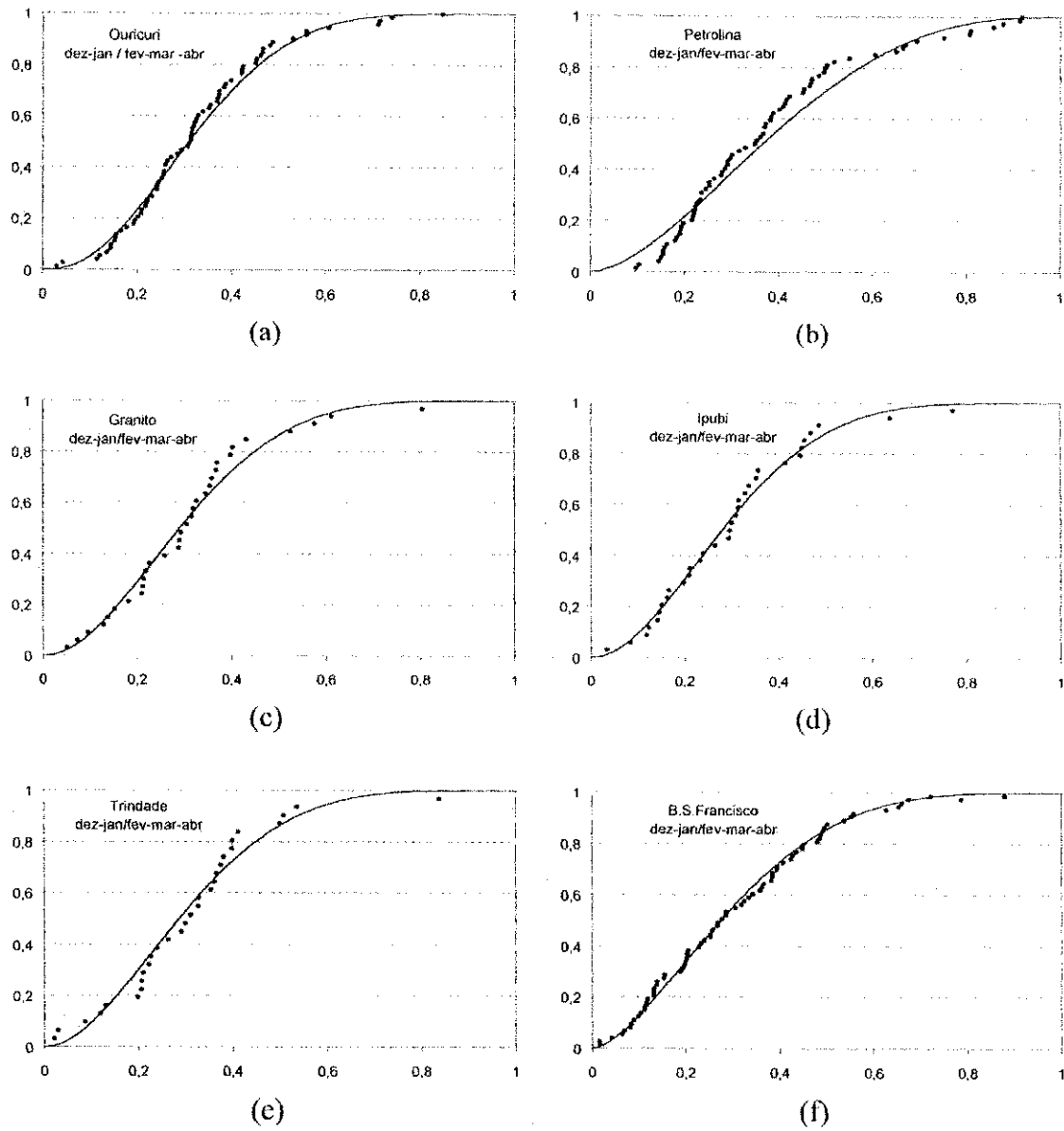


Figura 4.1 – Função de Distribuição de Probabilidade Beta (linha contínua) e Freqüência Kimball (pontos) para a EC1 nas localidades: (a) Ouricuri, (b) Petrolina, (c) Granito, (d) Ipubi, (e) Trindade e (f) Floresta.

#### 4.1.2 Estação Chuvosa EC2

Todos os postos do Sertão foram incluídos na EC2, resultando num total de 41 amostras de  $Z_i$ . O período estudado foi o de janeiro a maio, sendo o  $X_2 = \text{jan-fev}$  e o  $Y_2 = \text{mar-abr-mai}$ . O teste de K-S, ao nível de significância  $\alpha = 0,20$ , confirmou o ajustamento do modelo Beta aos valores amostrais  $Z_i$ . Os melhores ajustes, segundo a Tabela 4.2, ocorreram em Petrolândia ( $D_{KS} = 0,05095$ ) e em Serra Talhada ( $D_{KS} = 0,05109$ ). Por outro lado, os maiores valores de  $D_{\text{amx}}$  foram observados em Orocó ( $D_{KS} = 0,18716$ ) e em Dormentes ( $D_{KS} = 0,13552$ ), justamente onde se verifica o menor número de anos com dados.

O ajuste entre a Função de Distribuição Beta e a Frequência Kimball, para algumas localidades da EC2, pode ser visto na Figura 4.2, onde se verificou um bom ajuste entre as curvas.

Tabela 4.2 - Desvio máximo ( $D_{KS}$ ) observado entre a Distribuição Acumulada Beta e a Kimball comparado com o  $D_{cri}$  para cada posto da EC2 e número de anos com dados (N).

	N	$D_{KS}$	$D_{cri}$
<b>Microrregião Araripina</b>			
Araripina	49	0,083	0,152
Bodoco	32	0,088	0,186
Exu	54	0,069	0,146
Granito	33	0,112	0,184
Ipubi	32	0,081	0,186
Moreilândia	52	0,070	0,148
Ouricuri	66	0,088	0,132
Santa Cruz da Venerada	55	0,088	0,144
Trindade	31	0,052	0,188
<b>Microrregião Salgueiro</b>			
Cedro	36	0,081	0,178
Mirandiba	36	0,074	0,178
Parnamirim	72	0,067	0,126
Salgueiro	77	0,067	0,122
São José do Belmonte	66	0,051	0,132
Serrita	54	0,107	0,146
Verdejante	32	0,060	0,186
<b>Microrregião Sertão do Pajeú</b>			
Afogados da Ingazeira	73	0,100	0,125
Carnaíba	33	0,068	0,184
Flores	66	0,063	0,132
Itapetim	31	0,115	0,188
São José do Egito	59	0,080	0,139
Serra Talhada	67	0,051	0,131
Tabira	30	0,113	0,190
Triunfo	61	0,075	0,137
<b>Microrregião Sertão do Moxotó</b>			
Arcoverde	59	0,082	0,139
Betânia	56	0,077	0,143
Custódia	53	0,061	0,147
Ibimirim	53	0,075	0,147
Inaja	40	0,067	0,170
Sertânia	68	0,078	0,130
<b>Microrregião Petrolina</b>			
Afrânio-Arizona	48	0,078	0,154
Cabrobó	70	0,086	0,128
Orocó	27	0,187	0,202
Petrolina	72	0,076	0,126
Santa Maria da Boa Vista	71	0,092	0,127
Terra Nova	30	0,057	0,190
<b>Microrregião Itaparica</b>			
Belém de São Francisco	77	0,066	0,122
Floresta	72	0,054	0,126
Petrolândia	51	0,051	0,149
Tacaratu	67	0,051	0,131



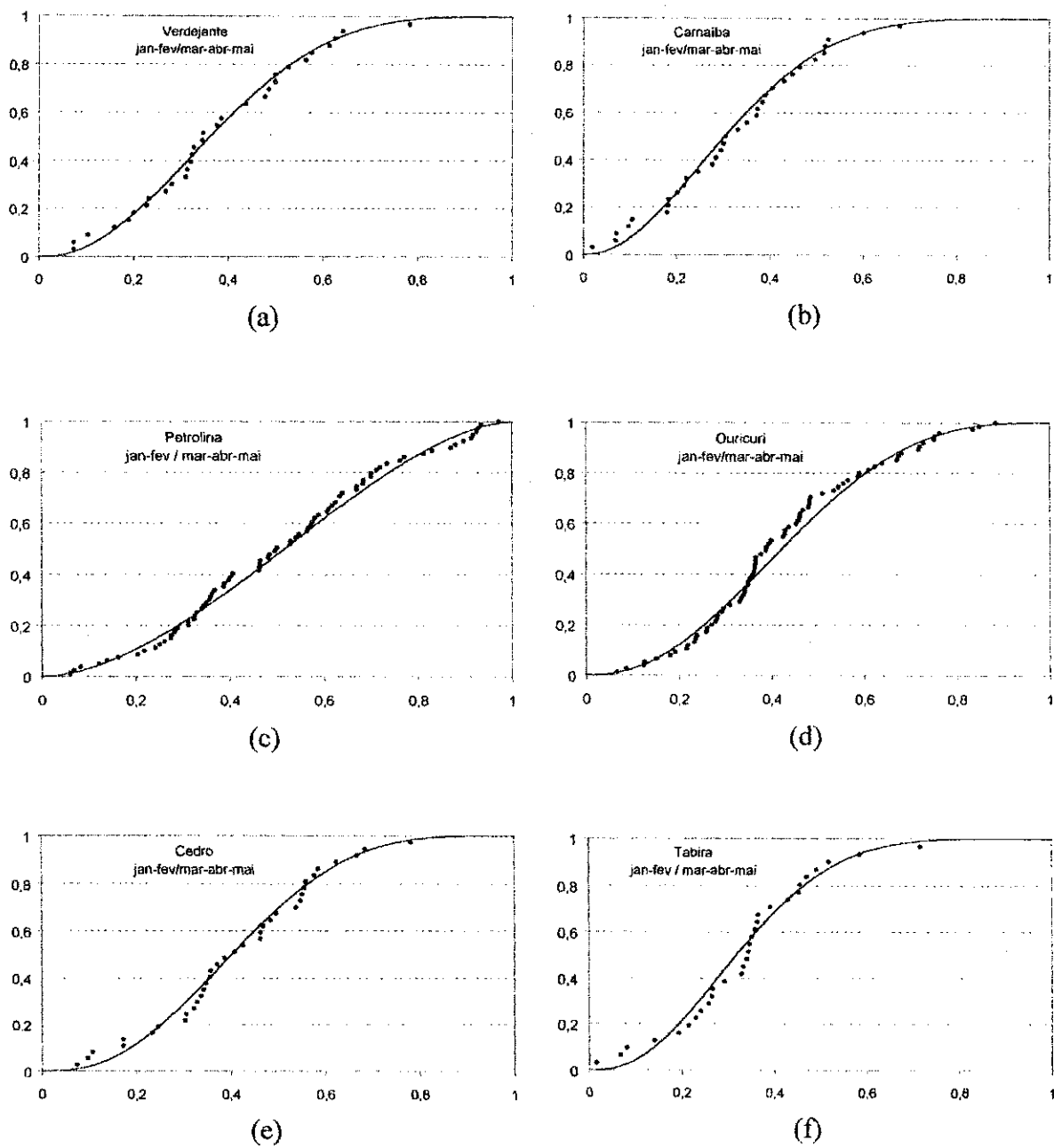


Figura 4.2 – Função de Distribuição de Probabilidade Beta (linha contínua) e Freqüência Kimball (pontos) para a EC2 nas localidades: (a) Verdejante, (b) Carnaiba, (c) Petrolina, (d) Ouricuri, (e) Cedro e (f) Tabira.

#### 4.1.3 Estação Chuvosa EC3

Nesta estação chuvosa, todos os postos da Mesorregião do Agreste Pernambucano foram analisados, resultando num total de 40 amostras. O primeiro período da EC3 compreende os meses de fev-mar-abr e o segundo período os meses de mai-jun-jul.

O teste de hipótese K-S demonstrou boa adequação do modelo aos dados amostrais de  $Z_i$ . Os menores valores de  $D_{KS}$  foram verificados nas localidades de São Joaquim do Monte ( $D_{KS} = 0,040$ ), Correntes ( $D_{KS} = 0,044$ ) e Águas Belas ( $D_{KS} = 0,046$ ), e o maior em Machados ( $D_{KS} = 0,145$ ), como pode ser observado na Tabela 4.3.

A representação gráfica dos ajustes entre a Função de Distribuição Beta e a Frequência de Kimball, para algumas localidades da EC3, também pode ser vista na Figura 4.3. Numa análise subjetiva, foi verificado um bom ajuste em todos os postos apresentados.

Tabela 4.3 - Desvio máximo ( $D_{KS}$ ) observado entre a Distribuição Acumulada Beta e a Kimball comparado com o  $D_{crit}$  para cada posto da EC3 e número de anos com dados (N).

POSTOS	N	$D_{KS}$	$D_{crit}$
<b>Microrregião Vale do Ipanema</b>			
Aguas Belas	66	0,046	0,132
Buíque	58	0,075	0,140
Itaíba	34	0,070	0,182
Pedra	51	0,095	0,149
Tupanantiga	35	0,075	0,180
<b>Microrregião Vale do Ipojuca</b>			
Alagoinha	38	0,071	0,174
Belo Jardim	31	0,052	0,188
Bezerras	37	0,101	0,172
Brejo da Madre de Deus	70	0,061	0,128
Cachoeirinha	34	0,061	0,182
Caruaru	56	0,072	0,143
Gravatá	48	0,078	0,154
Pesqueira	60	0,065	0,138
Poção	36	0,081	0,178
Sanharó	31	0,107	0,188
São Bento do Una	65	0,067	0,133
São Caetano	45	0,074	0,160
Tacaimbó	34	0,061	0,182
<b>Microrregião Alto Capibaribe</b>			
Santa Cruz do Capibaribe	29	0,084	0,194
Surubim	73	0,091	0,125
Taquaritinga do Norte	37	0,093	0,176
Toritama	32	0,047	0,186
Vertentes	65	0,057	0,133
<b>Microrregião Médio Capibaribe</b>			
Bom Jardim	79	0,073	0,120
Cumaru	36	0,068	0,178
Limoeiro	37	0,057	0,176
Machados	38	0,145	0,174
<b>Microrregião Garanhuns</b>			
Bom Conselho	47	0,064	0,156
Brejão	30	0,085	0,190
Correntes	51	0,044	0,149
Garanhuns	59	0,065	0,139
Jurema	30	0,056	0,190
Lajedo	33	0,066	0,184
Paranatama	34	0,059	0,182
Saloá	32	0,073	0,186
<b>Microrregião Brejo Pernambucano</b>			
Altinho	35	0,061	0,180
Ibirajuba	30	0,089	0,190
Panelas	52	0,064	0,148
São Joaquim Monte	38	0,040	0,174

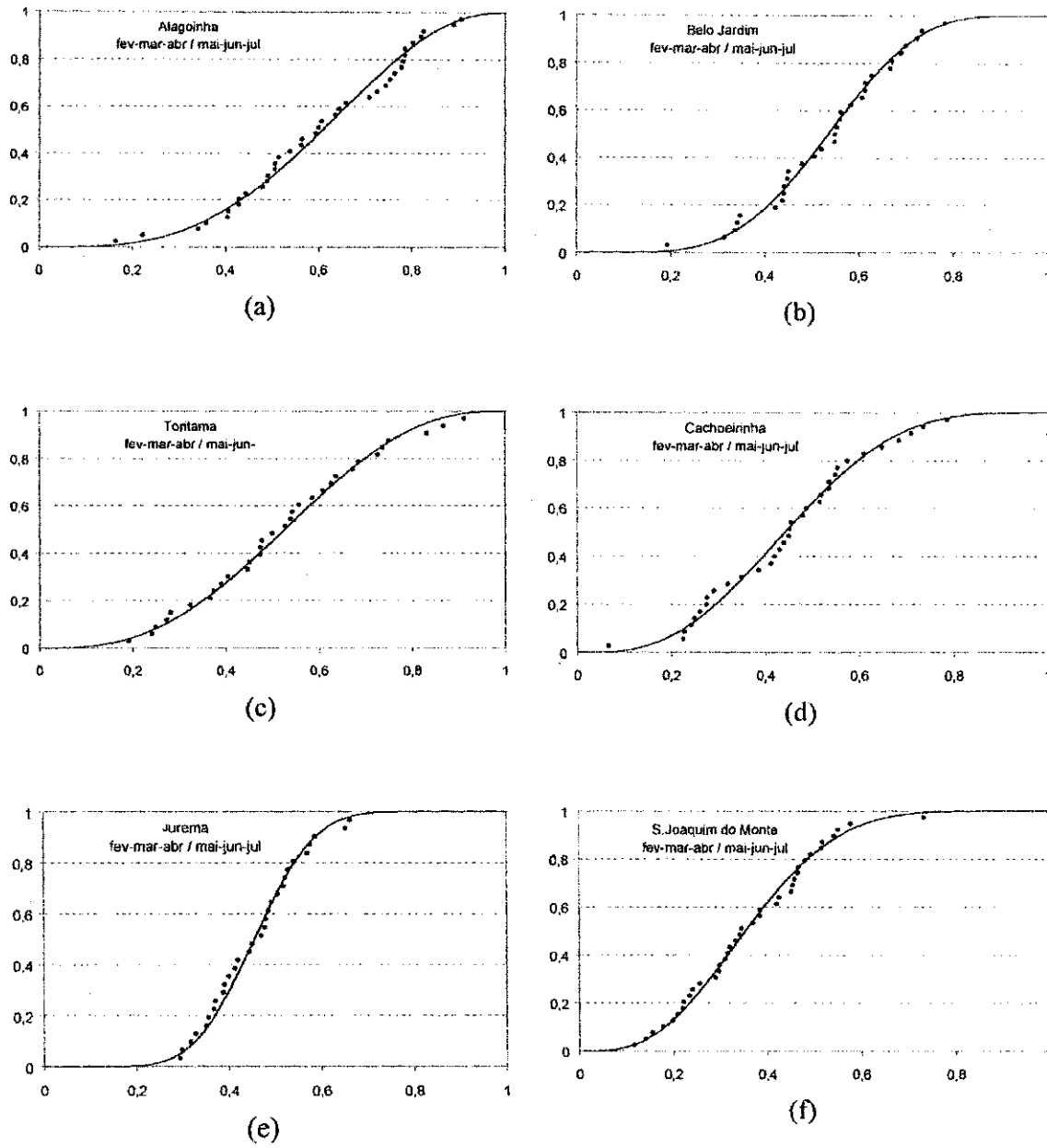


Figura 4.3 – Função de Distribuição de Probabilidade Beta (linha contínua) e Freqüência Kimball (pontos) para a EC3 nas localidades: (a) Alagoinha, (b) Belo Jardim, (c) Toritama, (d) Cachoeirinha, (e) Jurema e (f) São Joaquim do Monte.

#### 4.1.4. Estação Chuvosa EC4

Na Estação Chuvosa EC4, que compreende os meses de março a agosto, foram analisados 15 postos da Mesorregião Zona da Mata e Litoral. Em todas as amostras, de acordo com a Tabela 4.4, o teste K-S demonstrou um bom ajuste do modelo Beta aos dados empíricos; sendo verificado que os menores valores de  $D_{KS}$  ocorreram nas localidades de Vitória de Santo Antão (0,038) e Timbaúba (0,043).

O ajuste da Função de Distribuição Beta Acumulada aos dados da Frequência Kimball pode ser visto através da Figura 4.4, para algumas localidades da EC4.

Tabela 4.4 - Desvio máximo ( $D_{KS}$ ) observado entre a Distribuição Acumulada Beta e a Kimball comparado com o  $D_{cri}$  para cada posto da EC4 e número de anos com dados (N).

	N	$D_{KS}$	$D_{cri}$
<b>Zona da Mata Litoral</b>			
Aliança	37	0,101	0,176
Buenos Aires	32	0,075	0,186
Carpina	44	0,075	0,161
Condado	33	0,095	0,184
Itambé	78	0,083	0,121
Macaparana	33	0,106	0,184
Timbaúba	77	0,043	0,122
Gloria de Goitá	33	0,080	0,184
Vitória de Santo Antão	69	0,038	0,129
Palmares	59	0,058	0,139
Primavera	29	0,107	0,199
Rio Formoso	41	0,059	0,167
Recife	59	0,072	0,139
São Lourenço da Mata	35	0,077	0,181

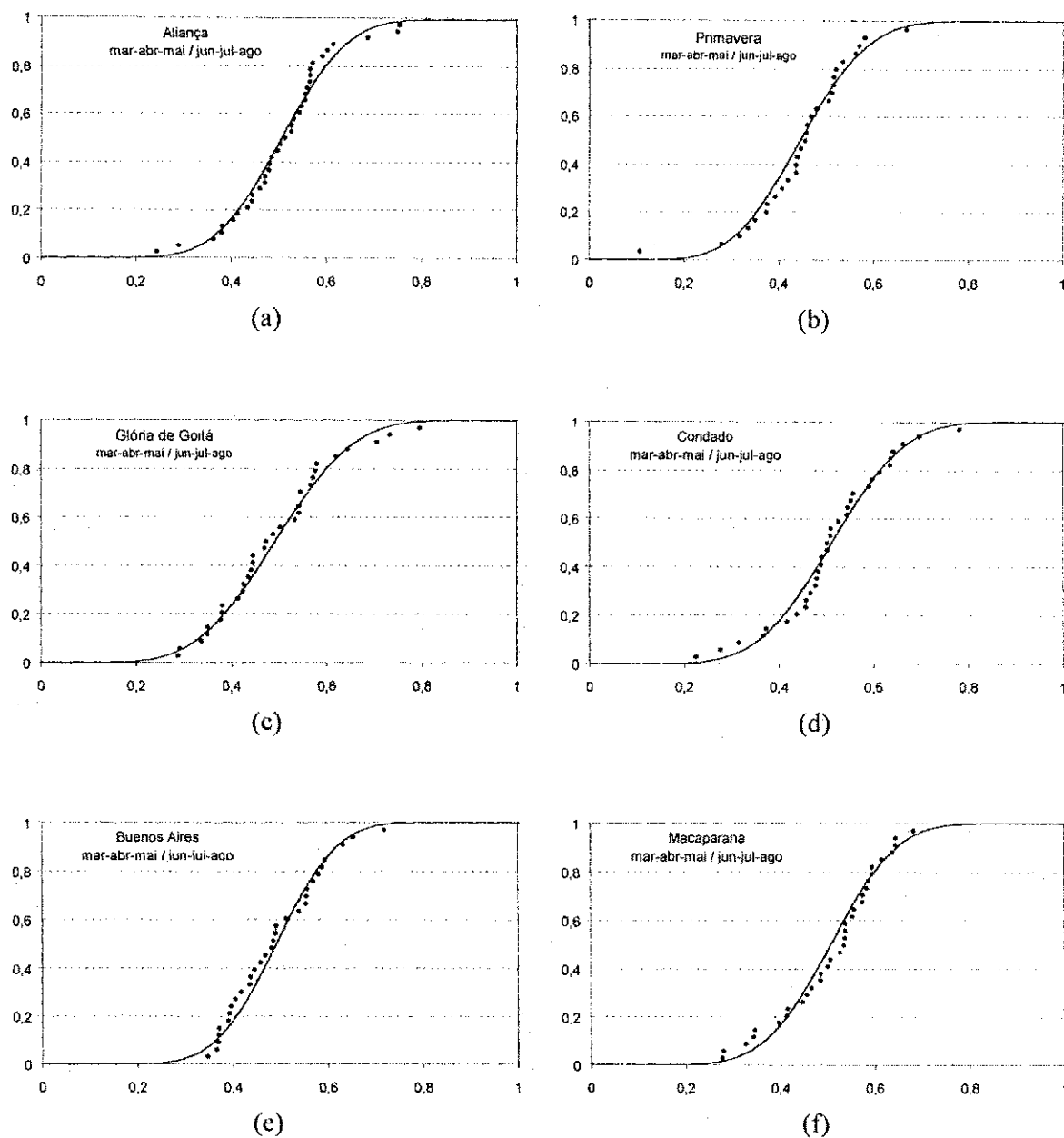


Figura 4.4 – Função de Distribuição de Probabilidade Beta (linha contínua) e Frequência Kimball (pontos) para a EC3 nas localidades: (a) Aliança, (b) Primavera, (c) Glória de Goitá, (d) Condado, (e) Buenos Aires (f) e Macaparana.

## 4.2 – VALIDAÇÃO DO MODELO SILVA (1998)

Para validar o modelo, foram efetuadas estimativas de  $Y_{max}$  e  $Y_{min}$ , para o período de 1994 a 2002, nos postos das microrregiões consideradas e para cada estação chuvosa. Nas Tabelas 4.5 a 4.20 podem ser observadas as falhas e os acertos dos prognósticos do  $Y_{max}$  e do  $Y_{min}$  esperados para o período  $Y$ , comparados com o valor observado. Os acertos estão marcados de azul, as falhas estão marcadas de vermelho e as falhas com erros de 10% para mais ou para menos foram consideradas como acertos e estão marcadas de verde.

Outra forma de apresentar os resultados foi mostrada na Estação Chuvosa 02 (EC2). Foram elaborados, além das tabelas, mapas com a distribuição espacial dos seguintes parâmetros: i) precipitação mínima esperada para o segundo período da EC2 ( $Y_{min}$ ); ii) precipitação observada no segundo período da EC2 ( $Y_2$ ) e iii) diferença entre a precipitação observada e a precipitação mínima esperada.

### 4.2.1 Estação Chuvosa EC1

Nas Tabelas 4.5 e 4.6 estão apresentados os prognósticos da precipitação mínima e, nas Tabelas 4.7 e 4.8, os prognósticos da precipitação máxima esperada, juntamente com o valor observado na estação chuvosa EC1, nas microrregiões de Araripina, Petrolina e Itaparica. Essa estação chuvosa tem como período inicial (X1) os meses de dez-jan e como o segundo período (Y1) os meses de fev-mar-abr.

#### 4.2.1.1 Prognóstico de Ymin na EC1

Através da análise espacial do desempenho do modelo no prognóstico de Ymin da EC1, observaram-se acertos de 100% dos prognósticos nos anos de 1996, 2000 e 2001. Nesses anos ocorreram eventos de La Niña de intensidade moderada<sup>1</sup> e o Dipolo do Atlântico estava favorável a ocorrência de chuvas no NEB, e a EC1 foi classificada dentro da faixa da normal, nos anos de 1996 e 2000, e classificada como seca no ano de 2001. Tanto na primeira quanto na segunda parte da EC1, as chuvas foram irregulares, mas mesmo assim o modelo apresentou um excelente desempenho.

Nos anos de 1995, 1997 e 1999, ocorreu apenas uma falha em cada ano, e o índice de acerto foi de 95%. Verificou-se ocorrência de El Niño moderado e Dipolo favorável em 1995, e de La Niña em 1997 e 1999. A classificação da EC1 foi dentro da normal em 1995 e 1997 e seca em 1999. Em 1994, verificou-se índice de 85% de acerto, com El Niño moderado no Pacífico e um Dipolo favorável no Atlântico Tropical. Houve uma boa atuação da ZCIT, e nesse ano a classificação da EC1 foi dentro da faixa normal.

Já no ano de 1998, a percentagem de acerto foi de apenas 25%, sendo que em 25% dos postos analisados a precipitação observada ficou muito próxima da prevista, resultando em 50% de falhas. O ano de 1998 foi marcado por uma seca severa, devido à ocorrência de um forte El Niño que reduziu a precipitação em todo o Nordeste do Brasil e, apesar dos valores de Ymin prognosticados terem valores baixos, a precipitação observada foi inferior à Ymin. Esse alto índice de falhas em anos extremamente secos também foi verificado por Silva e Lima (2004), quando aplicaram o modelo ao estado da Paraíba.

---

<sup>1</sup> Climanálise (V<sup>o</sup>l.11 No 2, Vol 15 N<sup>o</sup>2 e Vol 16 N<sup>o</sup>2)



No ano de 2002, houve falha em 100% dos postos. Tanto no oceano Pacífico como no Atlântico Tropical as condições de TSMs eram neutras. Porém, chuvas extremas, muito acima do normal, ocorreram no mês de janeiro. Como no modelo os parâmetros estatísticos são constantes, a variação dos prognósticos está relacionada com a precipitação do primeiro período, que em 2002 foi extremamente elevado, resultando que  $Y_{min}$  e  $Y_{max}$  tivessem valores muito altos. Dessa forma há indícios de que nos anos extremos (secos ou chuvosos), com chuvas concentradas em apenas um mês, os resultados do modelo fica fora da faixa de 80% de probabilidade de acerto, apresentando um número alto de falhas.

Fazendo uma análise temporal posto a posto, verificou-se que em 45% dos postos, houve acertos de prognóstico em 100% dos anos. Em outro total de 45% dos postos, ocorreu um ano de falha, resultando em 77,8% de acertos. E, apenas em 10% dos postos, os acertos foram de 77,8%, com ocorrência de dois anos de falhas.

Com relação aos acertos de prognósticos de  $Y_{min}$  por microrregiões, verificou-se que a microrregião onde o modelo apresentou o melhor desempenho, proporcionalmente ao número de postos analisados, foi a de Itaparica, com um índice de acertos de 82,9%. As microrregiões de Petrolina e Araripina apresentaram, respectivamente, índices de acertos de 80,4% e 77,8%.

Esses resultados demonstram uma boa adequação do modelo para o prognóstico da precipitação mínima da EC1, quando aplicado nas microrregiões Petrolina e Itaparica, bem como na microrregião Araripina.

Tabela 4.5 – Resultado do prognóstico  $Y_{min}$  e dados observados em  $Y1$  = fev-mar-abr para os anos de 1994 a 1998 na EC1, na Mesorregião Sertão.

	$Y_{min}$	Y94	$Y_{min}$	Y95	$Y_{min}$	Y96	$Y_{min}$	Y97	$Y_{min}$	Y98
<i>Microrregião Araripina</i>										
Araripina	152	340	64	370	154	350	55	265	232	310
Bodoco	231	285	260	386	162	297	114	322	196	125
Exu	178	307	334	329	349	397	182	284	236	126
Granito	200	305	85	320	131	393	141	308	170	131
Ipubi	208	212	157	257	187	316	204	236	177	118
Moreilândia	406	324	310	246	367	377	118	268	172	150
Ouricuri	265	270	127	333	155	376	200	307	228	124
S. C. Venerada	197	103	115	421	152	294	109	406	162	109
Trindade	144	175	177	255	193	256	142	294	89	115
<i>Microrregião Petrolina</i>										
Afrânio-Arizona	198	226	78	330	125	311	261	460	169	130
Cabrobó	129	251	18	208	25	348	98	206	65	115
Dormentes	246	158	72	400	82	382	127	312	127	110
Orocó	102	240	37	245	12	265	144	157	128	129
Petrolina	114	247	149	377	3	273	114	267	55	61
S. M. B. Vista	102	250	47	261	32	396	137	148	42	42
Terra Nova	184	346	127	459	84	247	328	210	151	75
<i>Microrregião Itaparica</i>										
B. S. Francisco	63	221	50	238	18	336	94	116	37	28
Floresta I	65	404	42	217	32	304	88	312	165	31
Petrolândia	4	242	65	120	5	146	70	346	21	24
Tacaratu	25	134	82	191	26	357	88	725		

Tabela 4.6 – Resultado do prognóstico  $Y_{min}$  e dados observados em  $Y1$  = fev-mar-abr para os anos de 1994 a 1998 na EC1, na Mesorregião Sertão.

	$Y_{min}$	Y99	$Y_{min}$	Y00	$Y_{min}$	Y01	$Y_{min}$	Y02
<i>Microrregião Araripina</i>								
Araripina	164	329	254	400	184	303	396	215
Bodoco	267	378	182	243	90	274	612	128
Exu	210	301	245	498	153	320	258	212
Granito	135	309	125	228	135	186	563	111
Ipubi	190	227	91	194	224	350	656	150
Moreilândia	188	247	245	266	75	171	371	84
Ouricuri	145	254	233	223	216	374	631	88
S. C. Venerada	54	176	80	252	127	159	413	105
Trindade	49	162	191	127	131	230	515	81
<i>Microrregião Petrolina</i>								
Afrânio-Arizona	279	354	146	308	99	146	100	42
Cabrobó	36	133	115	213	52	238	234	150
Dormentes	69	177	127	199	66	83	493	53
Orocó	54	140	55	263	128	128	241	118
Petrolina	79	199	124	279	96	172	269	62
S. M. B. Vista	90	142	188	324	131	148	424	96
Terra Nova	105	163	206	512	144	323	440	83
<i>Microrregião Itaparica</i>								
B. S. Francisco	103	165	120	253	69	205	347	178
Floresta I	109	60	154	274	131	316	404	84
Petrolândia	7	57	66	210	70	133	107	68
Tacaratu	11	26	45	224	63	174	294	75

#### 4.2.1.2 Prognóstico de Ymax na EC1

Com relação ao prognóstico de precipitação máxima prevista (Ymax), verificaram-se acertos em 100% dos postos nos anos de 1998, 2000, 2001 e 2002. Nos anos de 1994, 1997 e 1999 foram verificadas duas falhas, o que corresponde a acertos em 80% dos postos. Em todos esses anos, o desempenho do modelo foi compatível com o esperado, com acertos acima de 80%.

Os anos de 1995 e 1996 apresentaram acertos de 70 e 60%, respectivamente, sendo estes os anos com mais falhas dentro do período analisado. Nesses anos as condições do Atlântico Tropical estavam favoráveis a uma boa atuação da ZCIT e as chuvas que ocorreram em fevereiro-março-abril foram superiores ao prognosticado pelo modelo. Dessa forma, há uma tendência de ocorrência de um número maior de falhas, nos prognósticos de Ymax, na EC1 em anos de Dipolo favorável.

Detalhando a análise por postos, verificou-se que em 40% dos postos houve acerto em 100% dos anos; em 25% dos postos ocorreram acertos de prognósticos em 88,9% dos anos. Também se verificou que em 25% dos postos o acerto foi de 77,8% dos anos; e em apenas um posto, o equivalente a 10% dos postos analisados, o acerto foi de 62,5% dos anos. Ressalta-se que no ano de 1998, todos os postos tiveram acertos nos prognósticos, porém como o posto Tacaratu não teve informação da precipitação, não foi possível analisar o desempenho do modelo para essa localidade.

Os resultados resumidos por microrregiões mostraram ótimo desempenho do modelo no que diz respeito ao prognóstico de Ymax. Os valores percentuais de acertos foram de 97,5%, na Microrregião de Araripina; 85,7%, na de Petrolina; e 77,1%, na de Itaparica.

De modo geral, os prognósticos de  $Y_{max}$  gerados pelo modelo apresentaram bons resultados, quando comparados com a precipitação observada no período. Isso indica um bom desempenho do modelo na estação chuvosa EC1.

Tabela 4.7 – Resultado do prognóstico  $Y_{max}$  e dados observados em  $Y1$  = fev-mar-abr para os anos de 1994 a 1998 na EC1, na Mesorregião Sertão.

	$Y_{max}$	Y94	$Y_{max}$	Y95	$Y_{max}$	Y96	$Y_{max}$	Y97	$Y_{max}$	Y98
<i>Microrregião Araripina</i>										
Araripina	478	340	203	370	485	350	174	265	731	310
Bodoco	684	285	769	386	479	297	336	322	580	125
Exu	493	307	927	329	967	397	506	284	654	126
Granito	863	305	368	320	565	393	608	308	735	131
Ipubi	893	212	675	257	803	316	876	236	803	118
Moreilândia	1180	324	901	246	1069	377	344	268	501	150
Ouricuri	1027	270	490	333	602	376	773	307	884	124
S. C. Venerada	464	103	501	421	662	294	473	406	703	109
Trindade	648	175	797	255	869	256	637	294	399	115
<i>Microrregião Petrolina</i>										
Afrânio-Arizona	685	226	271	330	433	311	905	460	584	130
Cabrobó	1009	251	112	208	199	348	767	206	511	115
Dormentes	1014	158	297	400	382	382	522	312	522	110
Orocó	713	240	261	245	83	265	1004	157	897	129
Petrolina	546	247	712	377	16	273	546	267	308	61
S. M. B. Vista	505	250	230	261	160	396	680	148	210	42
Terra Nova	581	346	401	459	264	247	1035	210	475	75
<i>Microrregião Itaparica</i>										
B. S. Francisco	401	221	319	238	118	336	602	116	242	28
Floresta I	341	404	219	217	167	304	463	312	868	31
Petrolândia	29	242	433	120	33	146	471	346	176	24
Tacaratu	142	134	465	191	148	357	499	725		

Tabela 4.8 – Resultado do prognóstico  $Y_{max}$  e dados observados em  $Y1$  = fev-mar-abr para os anos de 1999 a 2002 na EC1, na Mesorregião Sertão.

	$Y_{max}$	Y99	$Y_{max}$	Y00	$Y_{max}$	Y01	$Y_{max}$	Y02
<i>Microrregião Araripina</i>								
Araripina	518	329	800	400	579	303	1245	215
Bodoco	789	378	537	243	367	274	1809	128
Exu	582	310	681	498	426	320	717	212
Granito	581	309	538	228	581	186	2430	111
Ipubi	815	227	391	194	960	350	2812	150
Moreilândia	547	247	714	266	218	171	1079	84
Ouricuri	560	254	902	223	837	374	2443	88
S. C. Venerada	234	176	349	252	552	159	1797	105
Trindade	221	162	858	127	587	230	2314	81
<i>Microrregião Petrolina</i>								
Afrânio-Arizona	967	354	507	308	344	146	348	42
Cabrobó	284	133	902	213	405	238	2309	150
Dormentes	284	177	522	199	271	83	2031	53
Orocó	380	140	386	263	897	128	1687	118
Petrolina	376	199	593	279	459	172	1281	62
S. M. B. Vista	445	142	930	324	650	148	2096	96
Terra Nova	333	163	650	512	454	323	1389	83
<i>Microrregião Itaparica</i>								
B. S. Francisco	661	165	767	253	443	205	2225	178
Floresta I	572	60	810	274	688	316	2128	84
Petrolândia	36	57	442	210	471	133	718	68
Tacaratu	61	26	256	224	357	174	1672	75

#### 4.2.2 Estação Chuvosa EC2

A estação chuvosa EC2 compreende o período de janeiro a maio, sendo  $X2$ =jan-fev e  $Y2$  = mar-abr-mai. O desempenho do modelo na EC2 foi analisado através das Tabelas 4.9 a 4.12, com verificação da quantidade de acertos nos prognósticos de chuva máxima e mínima esperada para o segundo período da EC2, para 40 postos distribuídos no Sertão de Pernambuco. Também foram elaborados mapas com a distribuição espacial dos valores da precipitação mínima esperada ( $Y_{min}$ ), dos valores da

precipitação observada (Y2) e mapas com os valores da diferença entre a precipitação mínima esperada e a precipitação observada.

#### 4.2.2.1 Prognóstico de Ymin na EC2

Como pode ser observado nas Tabelas 4.9 e 4.10, nos anos de 1995, 1996, 1997 e 2001, em 100% dos postos, a precipitação observada (Y2) ficou acima do mínimo prognosticado (Ymin). Acertos em mais de 80% dos postos foram observados nos anos de 1994, 1999 e 2000, mostrando um ótimo desempenho do modelo nos prognósticos de Ymin, para esses anos. Por outro lado, nos anos de 1998 e 2002, apenas 35% dos postos tiveram acertos nos prognóstico de Ymin. Esses resultados, com altos índices de falhas nos anos de 1998 e 2001, também foram observados na EC1 e ocorreram devido aos mesmos fatores explicados naquela seção. Isso nos indica que o modelo, excetuando-se anos de extremos, pode ser utilizado para prognóstico de Ymin, no Sertão Pernambucano na EC2.

Analisando o desempenho do modelo, posto a posto, verificou-se que em 12,5% dos postos ocorreram acertos em 100% dos anos utilizados para validação do modelo. Em 15% dos postos, ocorreu apenas uma falha, resultando em um índice de acerto de 88,9%. Em 35% dos postos ocorreram duas falhas, que representa 77,8% de anos com acertos de prognósticos. Em 15% dos postos, houve acertos em 66,7% dos anos; e apenas em dois postos, que representa 5% do total de postos, o índice de acertos foi de 55,6%.

A microrregião que apresentou o melhor desempenho foi a do Sertão do Pajeú, onde o índice acerto foi de 94,4%. As microrregiões do Sertão do Moxotó e de Itaparica tiveram índices de 85,2% e 80,6%, respectivamente. Nas microrregiões de

Petrolina, Salgueiro e Araripina, os índices de acerto foram, respectivamente, de 79,4%, 76,2% e 72,8%.

De uma maneira geral, o índice de acerto de Ymin para a EC2 foi de 80,8%. Dessa forma, os resultados obtidos pelo modelo estão dentro do esperado, mostrando um bom desempenho do modelo, principalmente nas microrregiões do Sertão do Pajeú e do Moxotó.

Tabela 4.9 – Resultado do prognóstico  $Y_{min}$  e dados observados em  $Y_2 = \text{mar-abr-mai}$  para os anos de 1994 a 1998 na EC2, na Mesorregião Sertão.

	$Y_{min}$	$Y_{94}$	$Y_{min}$	$Y_{95}$	$Y_{min}$	$Y_{96}$	$Y_{min}$	$Y_{97}$	$Y_{min}$	$Y_{98}$
<i>Microrregião Araripina</i>										
Araripina	133	291	92	285	118	355	68	303	233	147
Bodocó	185	208	133	408	127	334	77	371	142	71
Exu	209	238	255	266	292	393	129	352	177	72
Granito	138	235	78	177	111	434	107	370	144	66
Ipubi	128	311	53	212	218	401	125	150	234	33
Moreilândia	383	260	231	222	273	374	72	346	128	72
Ouricuri	239	139	150	258	141	326	126	322	124	68
S. C. Venerada	99	160	215	231	75	271	70	373	153	16
Trindade	139	247	150	143	92	269	82	352	144	24
<i>Microrregião Salgueiro</i>										
Cedro	149	230	150	440	283	340	275	184	148	53
Mirandiba	394	317	94	280	126	383	312	327	129	60
Parnamirim	175	162	56	157	23	339	215	248	167	26
Salgueiro	252	118	90	380	48	387	99	387	216	38
S. J. Belmonte	235	251	162	318	132	362	75	410	176	68
Serrita	156	230	131	156	112	263	89	345	172	99
Verdejante	157	106	104	221	170	365	127	369	157	43
<i>Microrregião Sertão do Pajeú</i>										
Afog. da Ingazeira	128	565	73	310	132	320	60	297	43	153
Carnaíba	338	531	134	349	184	365	187	255	115	111
Flores	246	502	72	457	52	208	185	273	77	88
Itapetim	249	287	181	584	172	377	86	130	50	45
S. J. Egito	209	397	100	483	178	405	163	169	52	119
Serra Talhada	236	243	129	422	163	403	88	404	55	109
Tabira	176	507	156	490	220	457	226	366	80	49
Triunfo	455	695	153	578	280	465	154	704	78	100
<i>Microrregião Sertão do Moxotó</i>										
Arcoverde	78	208	144	282	37	231	213	385	65	155
Betânia	139	148	29	515	42	242	88	93	20	18
Custódia	43	457	202	307	224	343	132	321	18	39
Ibimirim	111	378	85	260	73	296	61	406	23	29
Inajá	44	166	32	207	8	166	122	231	8	5
Sertânia	182	297	79	204	95	523	186	305	141	162
<i>Microrregião Petrolina</i>										
Afrânio-Arizona	97	213	163	162	58	251	132	487	162	53
Cabrobó	110	192	17	282	20	140	80	179	41	30
Dormentes	89	151	34	75	85	355	58	312	82	44
Orocó	84	138	54	148	41	233	69	77	36	19
Petrolina	83	152	141	207	24	218	46	253	52	5
S. M. B. Vista	71	202	88	227	44	344	89	151	23	31
Terra Nova	244	176	93	422	53	259	115	105	137	20
<i>Microrregião Itapuarica</i>										
B. S. Francisco	39	224	47	221	13	345	40	119	32	2
Floresta	94	371	27	281	21	283	78	321	85	23
Petrolândia	50	195	60	114	16	138	44	357	43	0
Tacaratu	71	197	84	196	36	391	117	876		



Tabela 4.10 – Resultado do prognóstico **Ymin** e dados observados em **Y2** = mar-abr-mai para os anos de 1999 a 2002 na EC2, na Mesorregião Sertão.

	<i>Ymin</i>	<i>Y99</i>	<i>Ymin</i>	<i>Y00</i>	<i>Ymin</i>	<i>Y01</i>	<i>Ymin</i>	<i>Y02</i>
<i>Microrregião Araripina</i>								
Araripina	141	311	134	344	81	148	133	128
Bodoco	179	282	146	221	125	168	205	99
Exu	211	253	317	272	95	258	155	224
Granito	78	259	103	170	73	118	214	147
Ipubi I	132	153	190	143	79	225	249	104
Moreilândia	172	203	214	136	52	141	217	108
Ouricuri	80	234	123	139	65	319	256	60
S. C. Venerada	64	135	178	29	60	112	111	95
Trindade	76	112	68	59	60	190	152	77
<i>Microrregião Salgueiro</i>								
Cedro	105	157	97	297	73	178	156	267
Mirandiba	80	220	229	238	53	176	219	122
Parnamirim	38	135	132	122	40	234	198	149
Salgueiro	15	60	191	154	85	157	138	115
S. J. Belmonte	147	197	143	298	84	204	266	218
Serrita	46	197	221	190	85	279	166	209
Verdejante	118	141	66	246	50	239	139	141
<i>Microrregião Sertão do Pajeú</i>								
Af.og. Da Ingazeira	77	156	89	245	120	267	317	226
Carnaíba	209	183	185	293	75	153	406	164
Flores	93	287	149	212	77	211	210	194
Itapetim	72	185	57	98	24	225	152	294
S.J.Egito	80	296	185	406	38	206	182	344
Serra Talhada	32	117	152	193	130	238	210	219
Tabira	132	199	220	247	109	191	392	314
Triunfo	235	257	310	501	171	144	387	450
<i>Microrregião Sertão do Moxotó</i>								
Arcoverde	85	132	238	224	35	147	253	135
Betânia	103	195	173	130	58	52	250	130
Custódia	141	110	220	272	159	175	472	173
Ibimirim	106	232	185	283	21	234	249	109
Inajá	18	100	83	275	14	70	109	49
Sertania	143	134	243	261	74	148	264	170
<i>Microrregião Petrolina</i>								
Afrânio-Arizona	228	215	192	218	119	146	318	63
Cabrobó	59	115	69	191	23	137	107	120
Dormentes	40	111	82	135	26	23	169	37
Orocó	40	84	19	143	10	112	73	139
Petrolina	49	170	94	141	29	106	120	43
S. M. B. Vista	47	84	103	232	23	168	184	85
Terra Nova	137	120	382	175	71	245	169	90
<i>Microrregião Itaparica</i>								
B. S. Francisco	36	168	109	137	31	185	166	230
Floresta	83	46	95	170	49	274	233	46
Petrolândia	56	116	116	104	34	122	102	61
Tacaratu	38	149	126	201	55	156	200	118

#### 4.2.2.2 Prognóstico de Ymax na EC2

Os prognósticos de precipitação máxima ( $Y_{max}$ ) para a EC2 estão apresentados nas Tabelas 4.11 e 4.12. Acertos acima de 80% dos postos ocorreram em todos os anos do período de validação do modelo. A única exceção foi o ano de 1996, onde ocorreram 9 falhas, o que corresponde a 77,5% de acerto. Como relatado anteriormente na seção 4.2.2.1, o ano de 1996 teve uma boa atuação da ZCIT, devido ao dipolo favorável nos meses de março e abril, o que ocasionou chuvas acima do prognosticado para o período. Ressalta-se que nos anos de 1994, 2000 e 2002 houve 100% de acerto nos prognósticos.

Na análise posto a posto, verificou-se que em 27 postos houve acerto em 100% dos anos; em 12 postos, ocorreram acertos de prognósticos de 78 a 89% dos anos; e em 3 postos os acertos ficaram entre 66 e 78%. Dessa forma, 92% dos postos tiveram um desempenho de acerto em mais de 80% dos anos utilizados na validação.

O desempenho do modelo, com relação à  $Y_{max}$ , foi excelente, para a EC2. Todas as microrregiões apresentaram um alto número de acertos, sendo a microrregião de Itaparica a que mais apresentou falha proporcional ao número de postos. As microrregiões do Sertão do Pajeú e de Araripina obtiveram os maiores índices de acertos, com 98,6% e 97,5%, respectivamente. As microrregiões de Salgueiro e de Petrolina, ambas com quatro falhas, apresentaram o mesmo índice de acerto, qual seja 93,7%, já na Microrregião do Moxotó o índice de acerto foi de 94,4%.

De uma maneira geral, o modelo estatístico mostrou um ótimo desempenho para todos os postos analisados. Também mostrou uma tendência de falhas maior que o esperado em anos de extremos, para prognósticos de  $Y_{max}$  e  $Y_{min}$ , e em anos de Dipolo do Atlântico favorável as chuvas do NEB, para prognóstico de  $Y_{max}$ .

Tabela 4.11 – Resultado do prognóstico  $Y_{max}$  e dados observados em  $Y_2$  = mar-abr-mai para os anos de 1994 a 1998 na EC2, na Mesorregião Sertão.

	$Y_{max}$	y94	$Y_{max}$	Y95	$Y_{max}$	Y96	$Y_{max}$	Y97	$Y_{max}$	Y98
<i>Microrregião Araripina</i>										
Araripina	414	291	287	285	366	355	211	303	726	147
Bodoco	883	208	634	408	607	334	368	371	677	71
Exu	766	238	936	266	1071	393	475	352	649	72
Granito	588	235	331	177	471	434	457	370	614	66
Ipubi I	512	311	215	212	877	401	503	150	941	33
Moreilândia	1226	260	740	222	875	374	232	346	409	72
Ouricuri	1066	139	666	258	627	326	560	322	551	68
S. C. Venerada	540	160	1170	231	408	271	381	373	830	16
Trindade	578	247	622	143	380	269	341	352	596	24
<i>Microrregião Salgueiro</i>										
Cedro	568	230	571	440	1080	340	1048	184	562	53
Mirandiba	1692	317	405	280	539	383	1337	327	514	60
Parnamirim	678	162	216	157	87	339	832	248	647	26
Salgueiro	1033	118	369	380	197	387	406	387	887	38
S. J. Belmonte	810	251	585	318	475	362	271	410	633	68
Serrita	691	230	580	156	496	263	395	345	762	99
Verdejante	658	106	435	221	714	365	535	369	576	43
<i>Microrregião Sertão do Pajeú</i>										
Afog. da Ingazeira	739	565	418	310	760	320	348	297	293	153
Carnaíba	2228	531	555	349	764	365	774	255	477	111
Flores	972	502	283	457	204	208	728	273	305	88
Itapetim	1294	287	941	584	896	377	448	130	268	45
S.J.Egito	1532	397	738	483	1307	405	1194	169	379	119
Serra Talhada	1045	243	574	422	722	403	392	404	243	109
Tabira	635	507	564	490	795	457	816	366	290	49
Triunfo	1837	695	618	578	1128	465	622	704	315	100
<i>Microrregião Sertão do Moxotó</i>										
Arcoverde	479	208	877	282	227	231	1300	385	398	155
Betânia	539	148	114	515	161	242	342	93	79	18
Custódia	176	457	822	307	910	343	535	321	72	39
Ibimirim	633	378	482	260	417	296	349	406	128	29
Inajá	275	166	199	207	50,8	166	754	231	47	5
Sertania	871	297	377	204	455	523	888	305	675	162
<i>Microrregião Petrolina</i>										
Afrânio-Arizona	413	213	694	162	247	251	561	487	688	53
Cabrobó	671	192	101	282	123	140	487	179	253	10
Dormentes	837	151	321	248	800	355	540	312	768	44
Orocó	839	138	538	138	410	233	695	77	359	19
Petrolina	513	152	870	207	150	218	284	253	319	5
S. M. B. Vista	351	202	438	227	216	344	444	151	113	31
Terra Nova	1024	176	390	422	223	259	484	105	575	20
<i>Microrregião Itaparica</i>										
B. S. Francisco	263	224	315	221	85	345	270	119	215	2
Floresta	468	371	133	281	106	283	389	321	425	23
Petrolândia	340	195	407	114	110	138	297	357	292	0
Tacaratu	425	197	508	196	220	391	707	876		

Tabela 4.12 – Resultado do prognóstico **Ymax** e dados observados em **Y2 = mar-abr-mai** para os anos de 1999 a 2002 na EC2, na Mesorregião Sertão.

	<i>Ymax</i>	<i>Y99</i>	<i>Ymax</i>	<i>Y00</i>	<i>Ymax</i>	<i>Y01</i>	<i>Ymax</i>	<i>Y02</i>
<i>Microrregião Araripina</i>								
Araripina	438	311	416	344	251	148	414	128
Bodoco	853	282	697	221	598	168	979	99
Exu	773	253	1163	272	348	258	568	224
Granito	330	166	437	170	310	118	911	147
Ipubi I	531	153	765	143	317	225	999	104
Moreilândia	550	203	685	136	167	141	695	108
Ouricuri	354	234	548	139	291	319	1141	60
S. C. Venerada	347	135	968	29	324	112	604	95
Trindade	318	112	281	59	247	190	633	77
<i>Microrregião Salgueiro</i>								
Cedro	399	157	369	297	277	178	595	267
Mirandiba	343	220	982	238	226	176	940	122
Parnamirim	145	135	510	122	156	234	766	149
Salgueiro	63	60	784	154	349	157	566	115
S. J. Belmonte	530	197	515	298	301	204	956	218
Serrita	202	197	981	190	378	279	738	209
Verdejante	494	141	279	246	208	239	584	141
<i>Microrregião Sertão do Pajeú</i>								
Afog. da Ingazeira	445	156	516	245	690	267	1825	226
Carnaíba	866	183	769	293	311	153	1683	164
Flores	366	287	588	212	305	211	828	194
Itapetim	376	185	299	98	122	225	792	294
S.J.Egito	590	296	1356	406	281	206	1335	344
Serra Talhada	142	117	672	193	577	238	933	219
Tabira	476	199	795	247	396	191	1418	314
Triunfo	950	257	1252	501	688	144	1559	450
<i>Microrregião Sertão do Moxotó</i>								
Arcoverde	520	132	1454	224	211	147	1544	135
Betânia	398	195	669	130	224	52	968	130
Custódia	574	110	893	272	645	175	1919	173
Ibimirim	601	232	1050	283	119	234	1417	109
Inajá	114	100	513	275	89	70	678	49
Sertania	686	134	1164	261	354	148	1265	170
<i>Microrregião Petrolina</i>								
Afrânio-Arizona	969	215	818	218	507	146	196	17
Cabrobó	351	115	419	191	170	137	649	120
Dormentes	374	111	768	135	244	23	1588	37
Orocó	398	84	191	143	101	66	737	139
Petrolina	304	170	576	141	179	106	738	43
S. M. B. Vista	234	84	511	232	115	168	913	85
Terra Nova	575	120	1603	175	296	245	711	90
<i>Microrregião Itaparica</i>								
B. S. Francisco	244	168	736	137	206	185	1121	230
Floresta	412	46	472	170	246	274	1162	46
Petrolândia	376	116	780	104	230	122	685	61
Tacaratu	226	149	762	201	329	156	1208	118

#### 4.2.2.3 Mapas de Prognóstico de Ymin na EC2

A seguir, serão mostrados mapas de Ymin, Y2 e da diferença entre os valores observados e os prognosticados, com o objetivo de melhor ilustrar os resultados dos prognósticos. As áreas com desvios positivos representam os prognósticos corretos, e os desvios negativos indicam que ocorreram falhas de prognósticos. Uma das vantagens da apresentação em mapas é a rápida visualização espacial e quantitativa dos resultados do modelo.

Apesar do período janeiro a maio ser estação chuvosa do Sertão, os mapas representam o prognóstico de Ymin para todo o estado. Dessa forma, se pode avaliar o desempenho do modelo nas mesorregiões fora da estação chuvosa.

Em 1994 o modelo previu totais mínimos de precipitação (Figura 4.5) de 100mm nos postos localizados mais ao sul do Sertão Pernambucano (Mesorregiões de Petrolina e Itaparica); de 200mm nas Mesorregiões de Araripina, Moxotó e parte do Sertão do Pajeú; e entre 200 e 500mm nas Mesorregiões de Salgueiro. As precipitações observadas no período podem ser vistas na Figura 4.6, com ocorrência de valores inferiores a 200mm nos setores centro e oeste do Sertão, onde ocorreram os menores totais pluviométricos.

O desempenho do modelo no ano de 1994, na EC2 pode ser analisado através da Figura 4.7, na qual se observa que, na maior parte do Sertão do Estado, os prognósticos da precipitação mínima esperada foram corretos e as falhas (valores negativos) ocorreram em postos isolados das Mesorregiões de Araripina, de Salgueiro e de Petrolina. Também se verificou um ótimo desempenho do modelo na Ymin da Zona da Mata e Litoral, com acertos em todas as localidades analisadas no estudo e no Agreste, com acertos de prognósticos na maior parte da mesorregião.

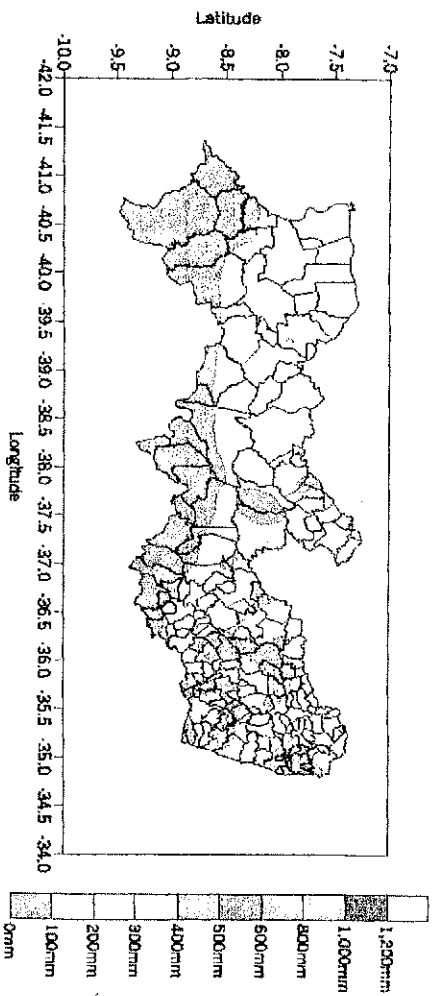


Figura 4.5 – Distribuição espacial de Ymin para mar-abr-mai/1994, na EC2.

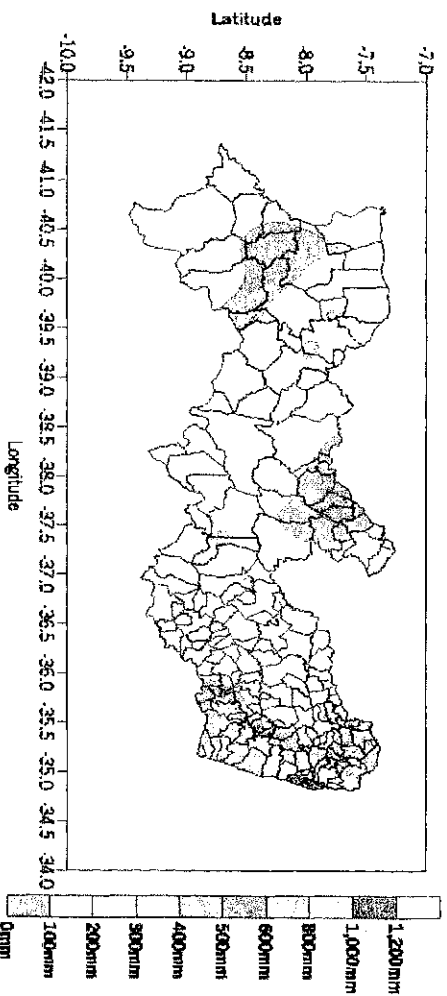


Figura 4.6 – Distribuição espacial de Y2 em mar-abr-mai /1994, na EC2.

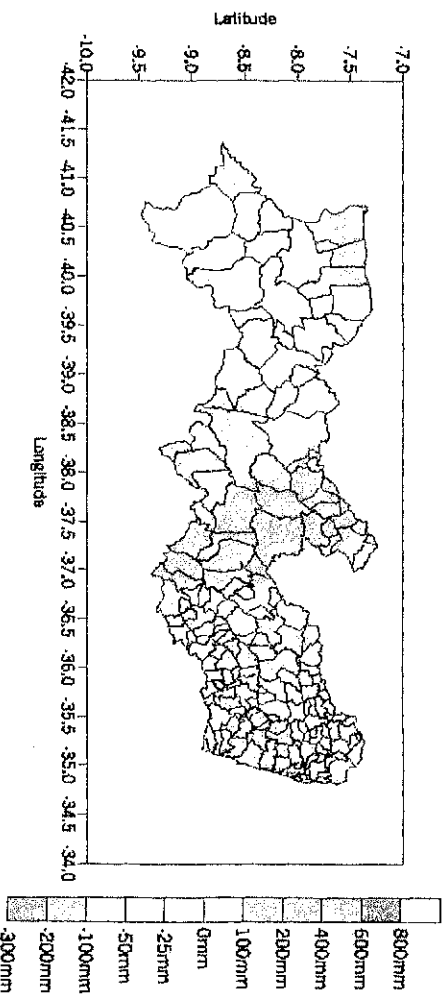


Figura 4.7 – Diferença entre Y2 e Y em mar-abr-mai /1994, na EC2.

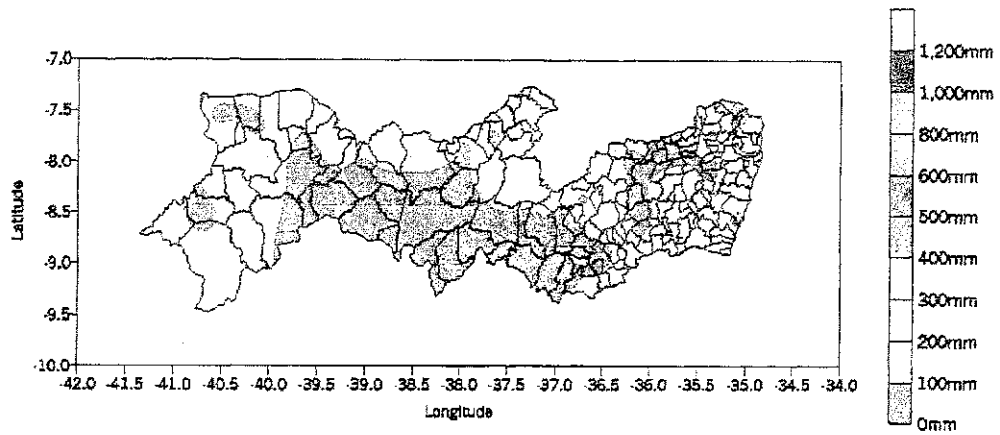


Figura 4.8 – Distribuição espacial de Ymin para mar-abr-mai/1995, na EC2.

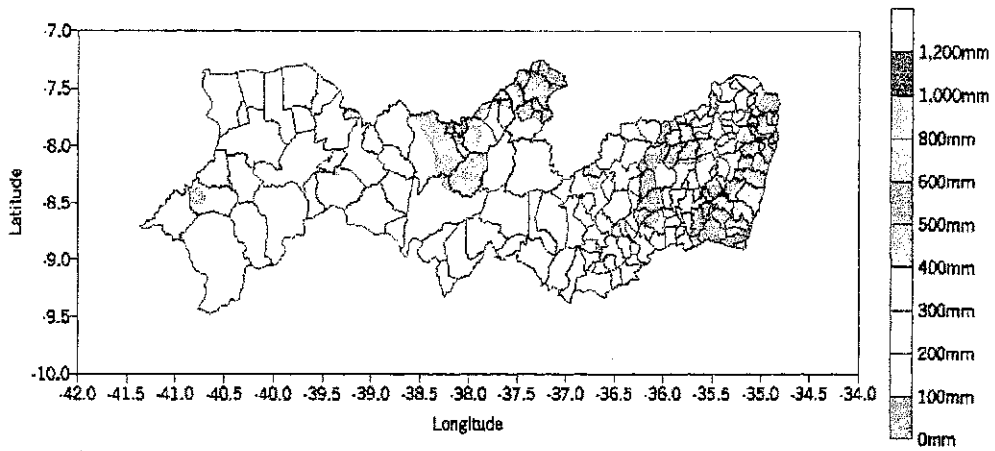


Figura 4.9 – Distribuição espacial de Y2 em mar-abr-mai/1995, na EC2.

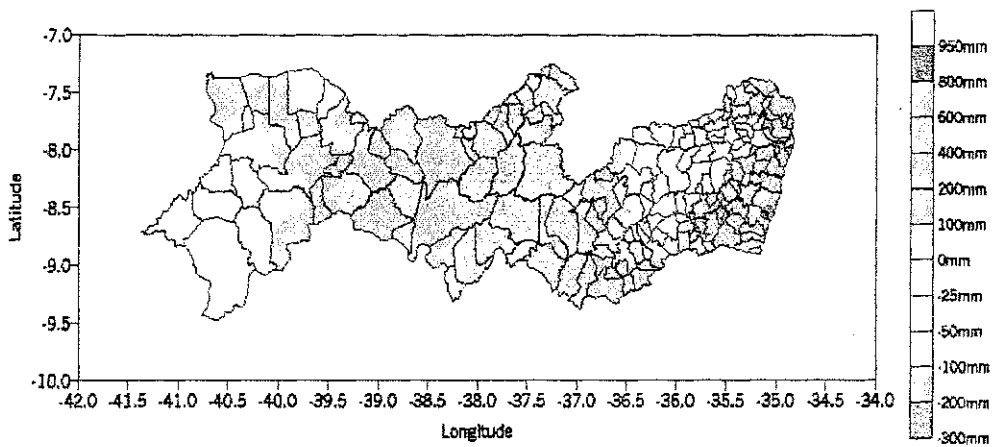


Figura 4.10 – Diferença entre Y2 e Ymin em mar-abr-mai/1995, na EC2.

A precipitação mínima prevista para 1995 variou entre 100 e 200 mm em praticamente todo o Sertão Pernambucano, como pode ser visto na Figura 4.8, e a precipitação observada (Figura 4.9) variou entre 100 e 500 mm. Dessa forma, houve acertos de prognósticos para todas as localidades analisadas nesse estudo (Figura 4.10), o que mostra um ótimo desempenho do modelo, nesse ano, para o prognóstico de Ymin.

Acertos de Ymin também foram verificados em toda Zona da Mata e Litoral. No Agreste, observaram-se algumas falhas, sendo que na maior parte da mesorregião predominou diferenças positivas entre o Y2 e o Ymin, o que indica acertos de prognósticos, como pode ser observado na Figura 4.10. Nesse sentido, em 1995 verificou-se um bom desempenho do modelo também para essas mesorregiões na EC2.

No ano de 1996, o modelo fez prognósticos dos totais pluviométricos da segunda parte da EC2, serem no mínimo de 100mm em toda a Microrregião de Petrolina e Itaparica, entre 100 e 300mm nas Microrregiões de Araripina, Salgueiro, Sertão do Pajeú e Moxotó (Figura 4.11). As precipitações ocorridas (Figura 4.12) variaram entre 100 e 500 mm em todo o Sertão, resultando em acertos de prognósticos em todas as localidades e mostrando mais uma vez um ótimo desempenho do modelo probabilístico Beta, nesse ano em questão.

Com relação ao Agreste, Zona da Mata e Litoral, também foram verificados bons resultados na EC2 de 1996. O prognóstico de Ymin foi de precipitações de até 200 mm no Agreste, e entre 200 e 400 mm na Zona da Mata e Litoral, e como a precipitação observada no período (Y2) variou entre 100 e 400 mm no Agreste, e acima de 200 mm na Zona da Mata e Litoral ocorreram acertos em praticamente todas as localidades das mesorregiões (Figura 4.13).



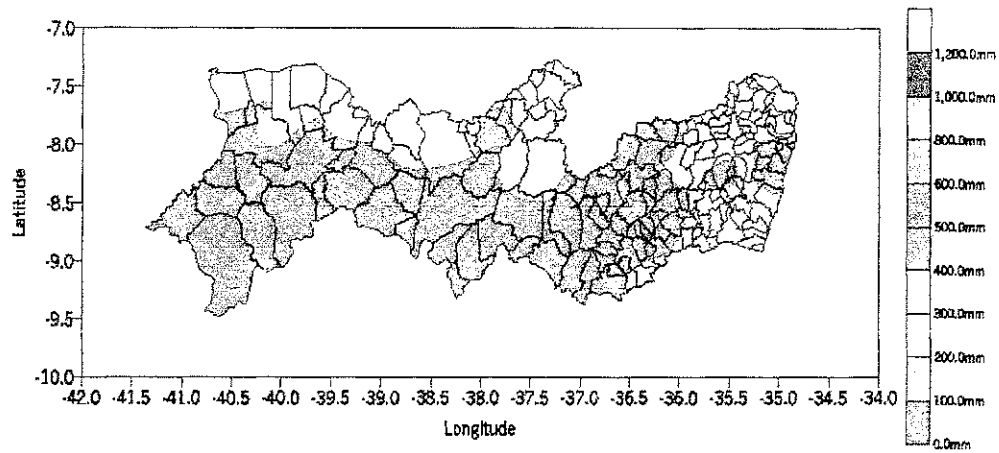


Figura 4.11 – Distribuição espacial de Ymin para mar-abr-mai /1996, na EC2.

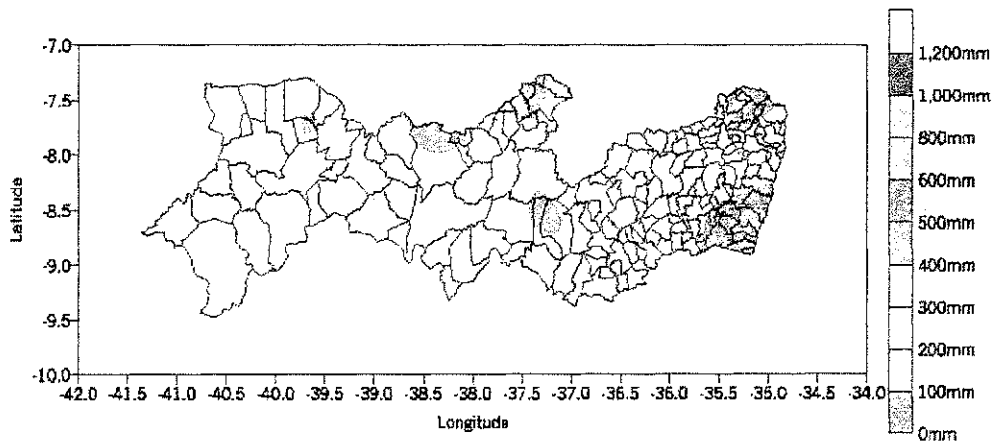


Figura 4.12 – Distribuição espacial de Y2 em mar-abr-mai /1996, na EC2.

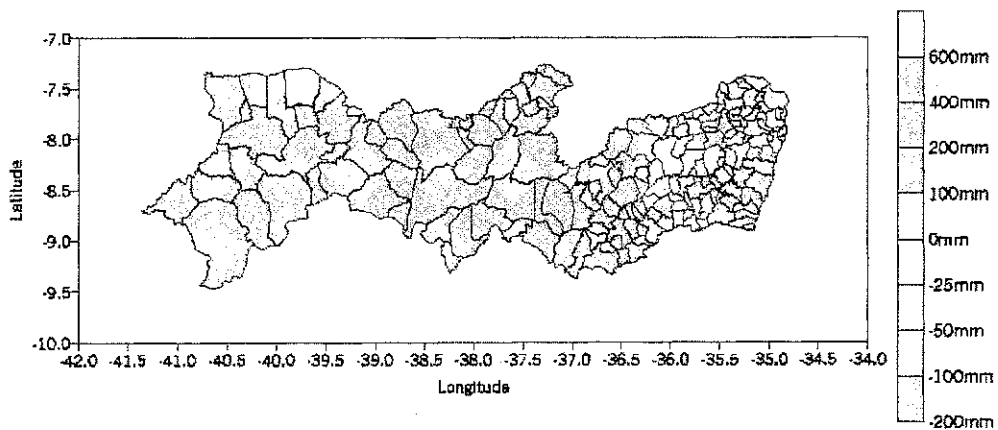


Figura 4.13 – Diferença entre Y2 e Ymin em mar-abr-mai /1996, na EC2.

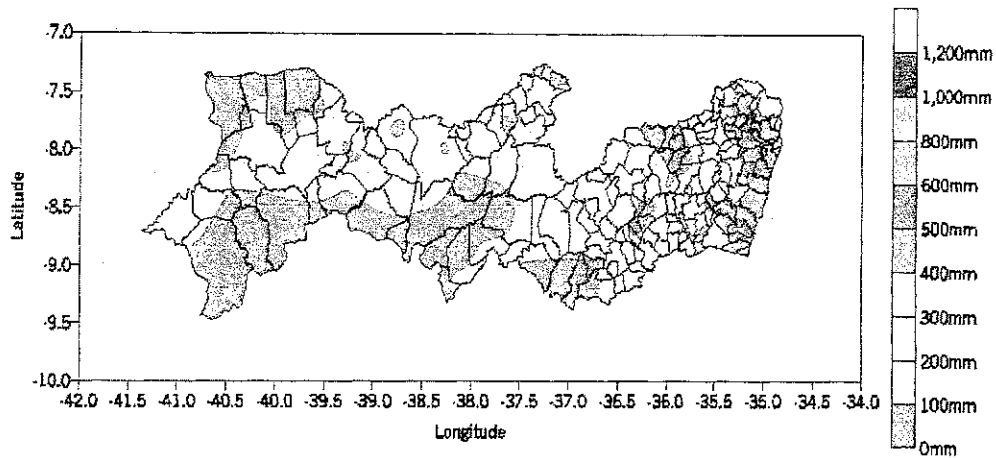


Figura 4.14 – Distribuição espacial de Ymin para mar-abr-mai /1997, na EC2.

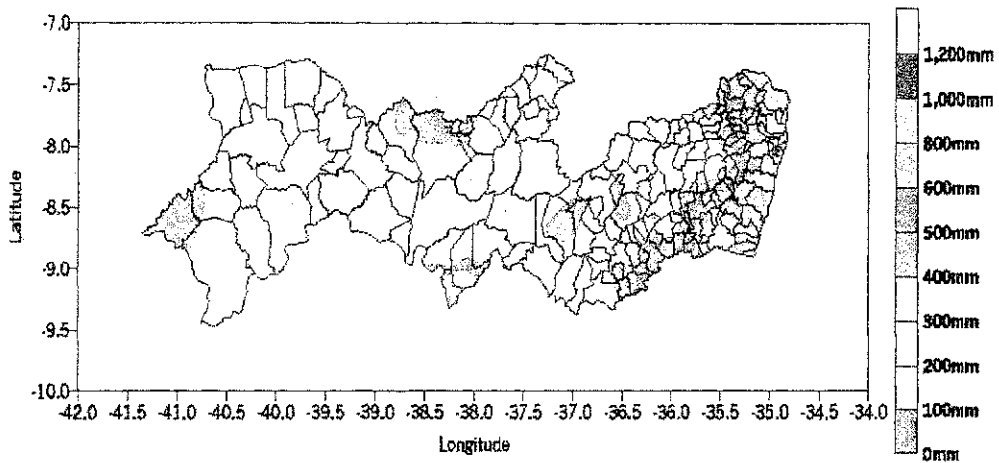


Figura 4.15 – Distribuição espacial de Y2 em mar-abr-mai /1997, na EC2.

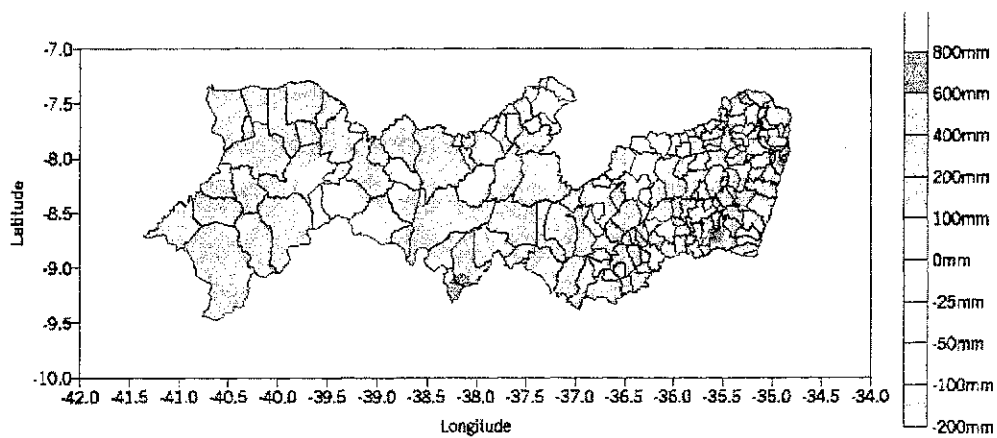


Figura 4.16 – Diferença entre Y2 e Ymin em mar-abr-mai /1997, na EC2.

O desempenho do modelo no ano de 1997 também foi muito bom, considerando que em todas as localidades analisadas no Sertão, o prognóstico da precipitação mínima esperada foi correto, como ilustrado na Figura 4.16. A precipitação ocorrida no período variou entre 100 e 800 mm (Figura 4.15) e os valores prognosticados para a precipitação mínima esperada variaram de 50 até 300 mm (Figura 4.14).

No Agreste, Zona da Mata e Litoral ocorreram acertos de prognósticos em todas as localidades analisadas na EC2 de 1997, o que confirmou o ótimo desempenho do modelo também para essas mesorregiões.

No ano de 1998, o modelo prognosticou, para o segundo período da EC2, um total mínimo de precipitação variando entre 20 e 100 mm em grande parte do Sertão, excetuando-se as microrregiões de Araripina e Salgueiro, onde o Ymin teve valores entre 100 e 200 mm (Figura 4.17). Apesar de Ymin ter tido valores baixos, a precipitação observada (Figura 4.18) foi abaixo do mínimo prognosticado em grande parte do Sertão. Apenas as microrregiões do Sertão do Pajeú e do Moxotó apresentaram acertos de prognósticos nessa EC. Na Figura 4.19, pode-se observar que o modelo não apresentou um bom desempenho nesse ano, com um índice de falhas maior que o de acertos.

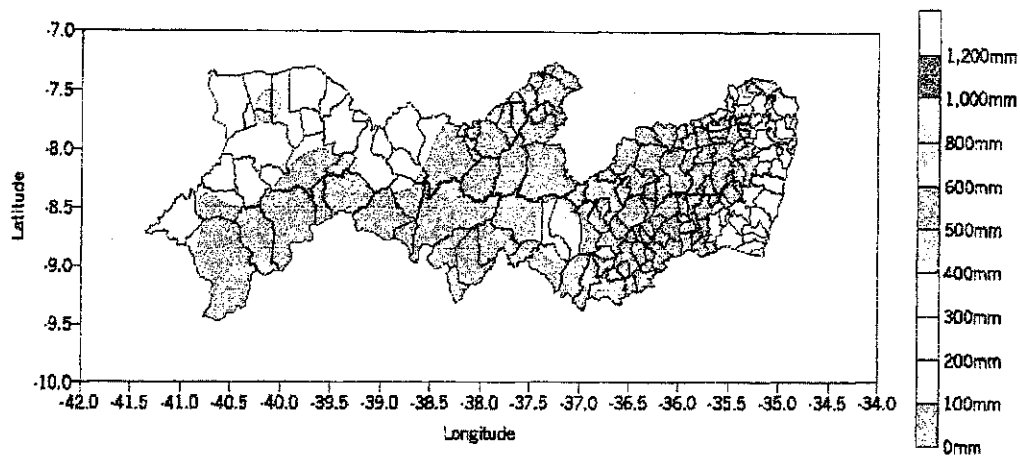


Figura 4.17 – Distribuição espacial de Ymin para mar-abr-mai /1998, na EC2.

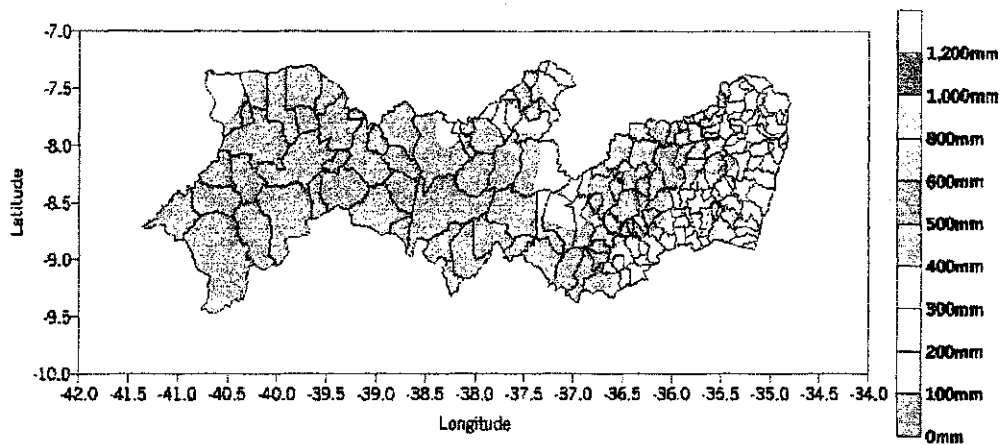


Figura 4.18 – Distribuição espacial de Y2 em mar-abr-mai /1998, na EC2.

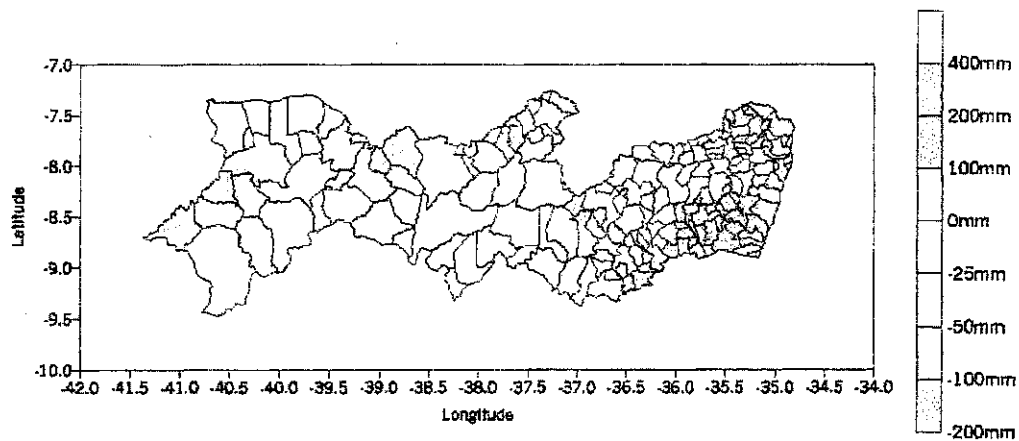


Figura 4.19 – Diferença entre Y2 e Ymin em mar-abr-mai /1998, na EC2.

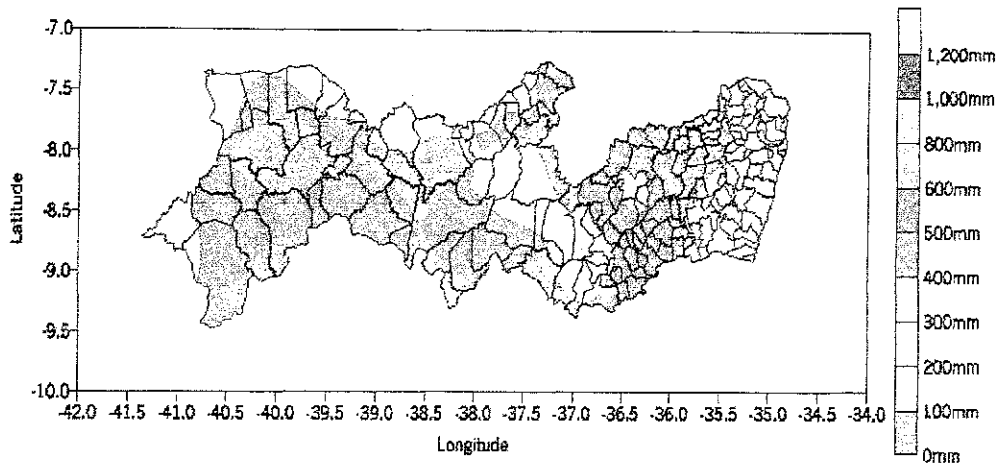


Figura 4.20 – Distribuição espacial de Ymin para mar-abr-mai /1999, na EC2.

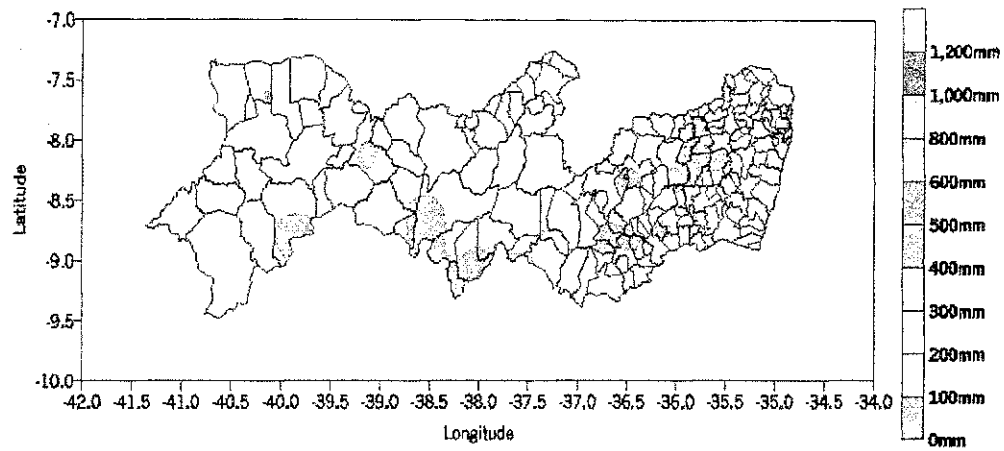


Figura 4.21 – Distribuição espacial de Y2 em mar-abr-mai /1999, na EC2.

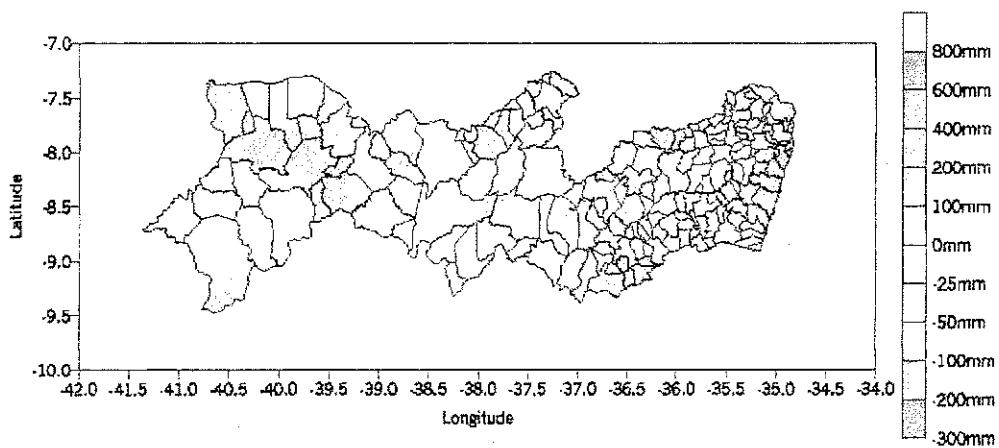


Figura 4.22 – Diferença entre Y2 e Ymin em mar-abr-mai/1999, na EC2.

De acordo com a Figura 4.20 verificou-se que a precipitação mínima esperada para o Y2 no ano de 1999 variou de 4 a 100 mm na maior parte do Sertão, e de 100 a 200 mm no extremo norte da mesorregião. Com precipitação acima de 100 mm em, praticamente, todo o Sertão (Figura 4.21), acertos de prognósticos foram verificados em quase toda a extensão do Sertão, mostrando um ótimo desempenho do modelo, neste ano em questão (Figura 4.22).

Em 1999 o modelo também apresentou também um bom desempenho nas mesorregiões do Agreste, Zona da Mata e Litoral, com acertos de prognósticos em grande parte das mesorregiões e falhas em poucas localidades.

Em 2000 a precipitação mínima prevista para o segundo período da EC2 variou de 100 a 300 mm, na maior parte do Sertão de Pernambuco (Figura 4.23). Como os valores observados em Y2 variaram de 100 a 400 mm, houve acertos de prognóstico na maior parte do Sertão, resultando num bom desempenho do modelo, como pode ser observado na Figura 4.25. Por outro lado, nas mesorregiões Agreste, Zona da Mata e Litoral houve um grande número de falhas, demonstrando um fraco desempenho do modelo nesse ano em questão, no setor oriental do estado.

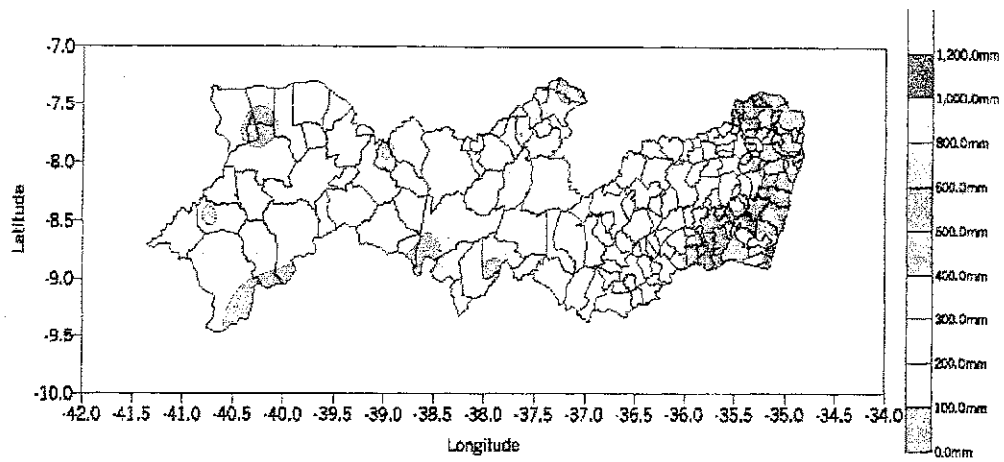


Figura 4.23 – Distribuição espacial de Ymin para mar-abr-mai /2000, na EC2.

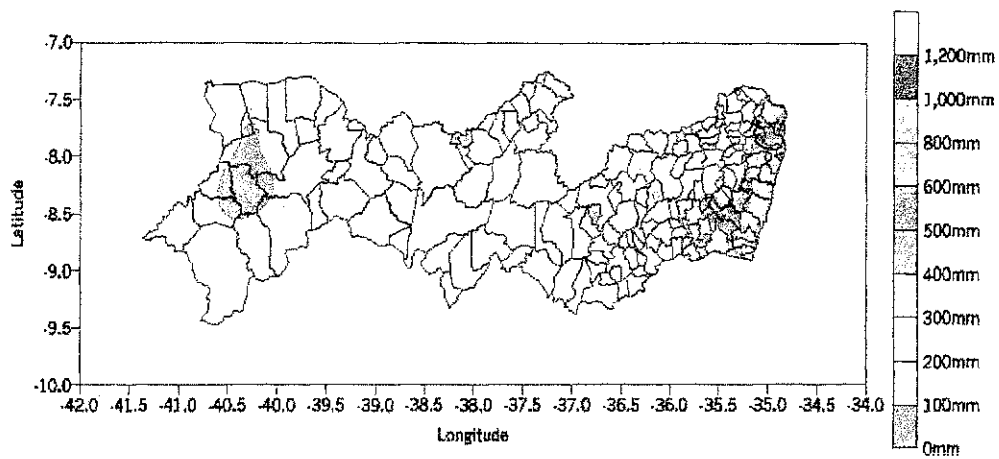


Figura 4.24 – Distribuição espacial de Y2 em mar-abr-mai /2000, na EC2.

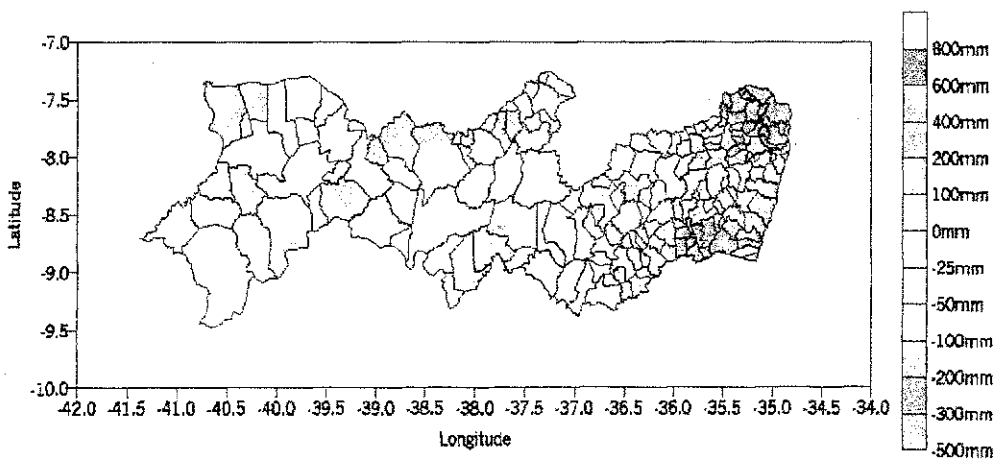


Figura 4.25 Diferença entre Y2 e Ymin em mar-abr-mai/2000, na EC2.

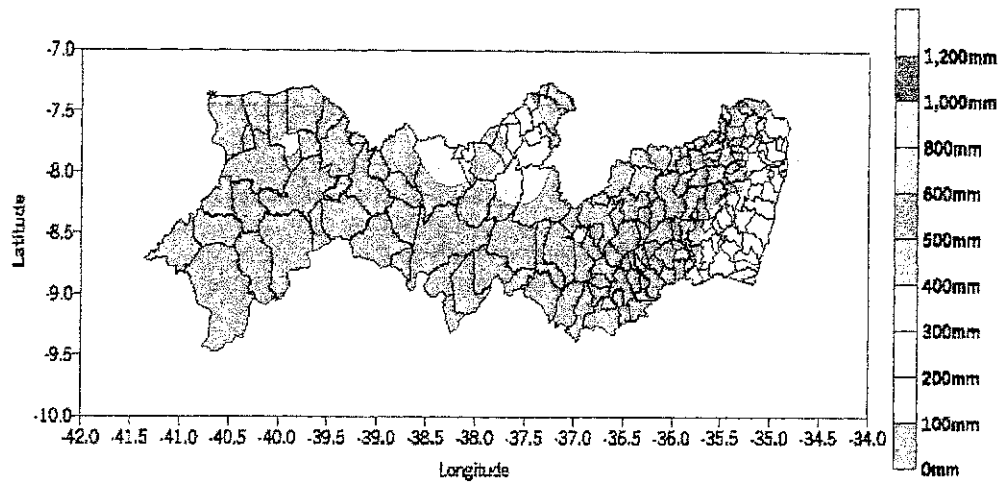


Figura 4.26 – Distribuição espacial de Ymin para mar-abr-mai /2001, na EC2.

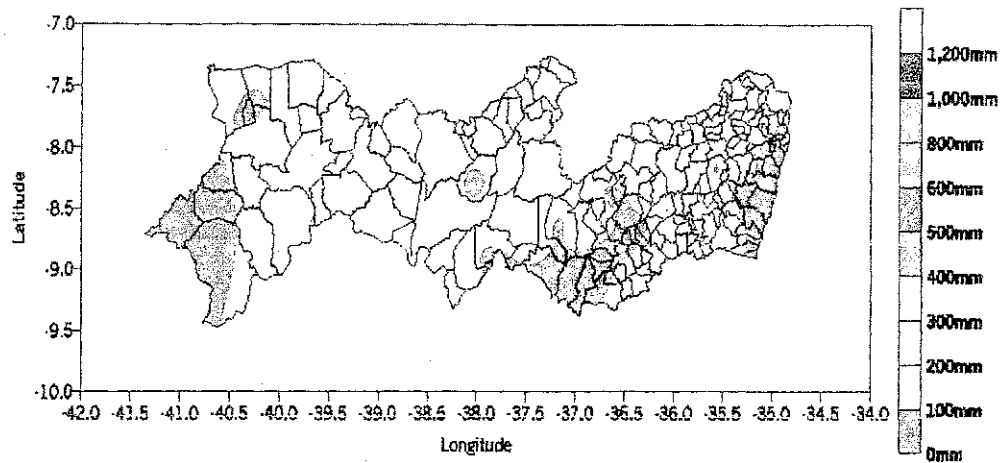


Figura 4.27 – Distribuição espacial de Y2 em mar-abr-mai /2001, na EC2.

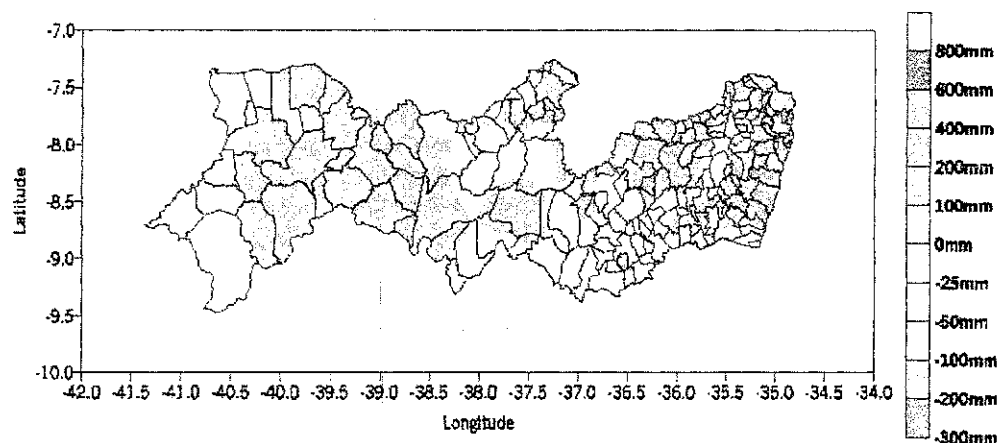


Figura 4.28 – Diferença entre Y2 e Ymin em mar-abr-mai/2001, na EC2.



O prognóstico feito para 2001, de acordo com a Figura 4.26, foi de que a precipitação mínima tivesse valores de até 100 mm, na maior parte do Sertão. Como os totais pluviométricos da segunda parte da EC2 ficaram acima do previsto, ocorreram acertos de prognósticos em toda a mesorregião, como pode visualizar-se na Figura 4.28. Também ocorreram acertos de prognósticos no Agreste, Zona da Mata e Litoral pernambucano. Dessa forma, verificou-se um ótimo desempenho do modelo em todo o estado no ano de 2001.

No ano de 2002 houve falhas nos prognósticos da precipitação mínima esperada na maior parte do Sertão. Os acertos ocorreram nas localidades do extremo norte do Sertão e na microrregião de Itaparica. Como foi comentado anteriormente, as chuvas extremas que ocorreram em janeiro elevaram os valores do prognóstico dessas EC (Figura 4.29), e as chuvas ocorridas não atingiram o valor mínimo esperado, resultando em um grande número de falhas. Da mesma forma, nas mesorregiões do setor oriental do estado também foram verificadas um alto índice de falhas, devido às chuvas que ocorreram em janeiro terem sido muito acima da normal, também fizeram com que os prognósticos de  $Y_{min}$  tivessem valores elevados.

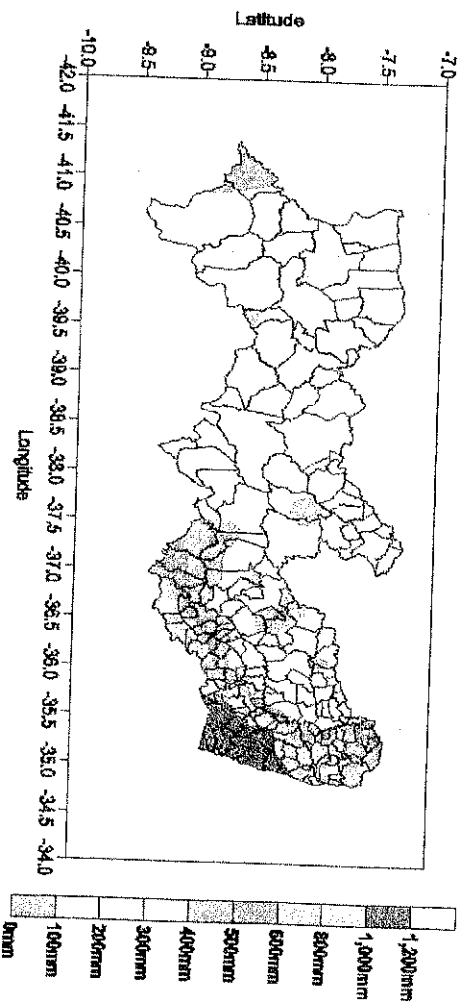


Figura 4.29 – Distribuição espacial de Ymin para mar-abr-mai/2002, na EC2.

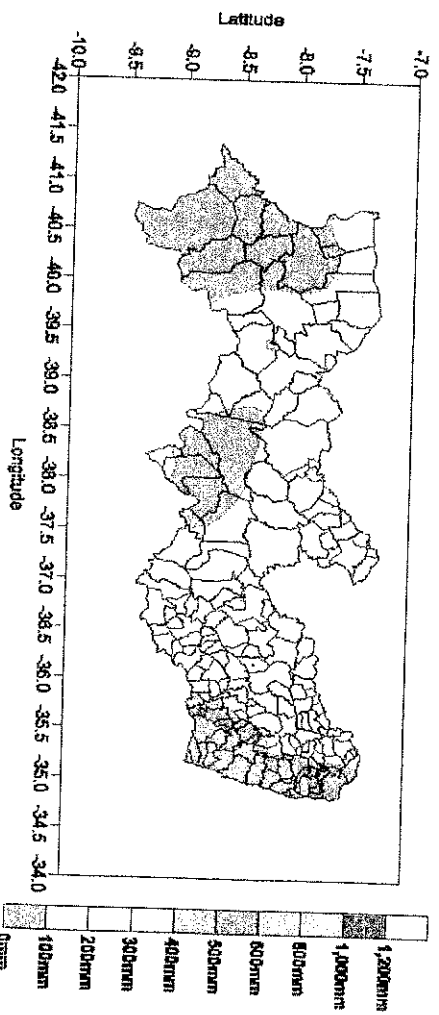


Figura 4.30 – Distribuição espacial de Y2 em mar-abr-mai/2002, na EC2.

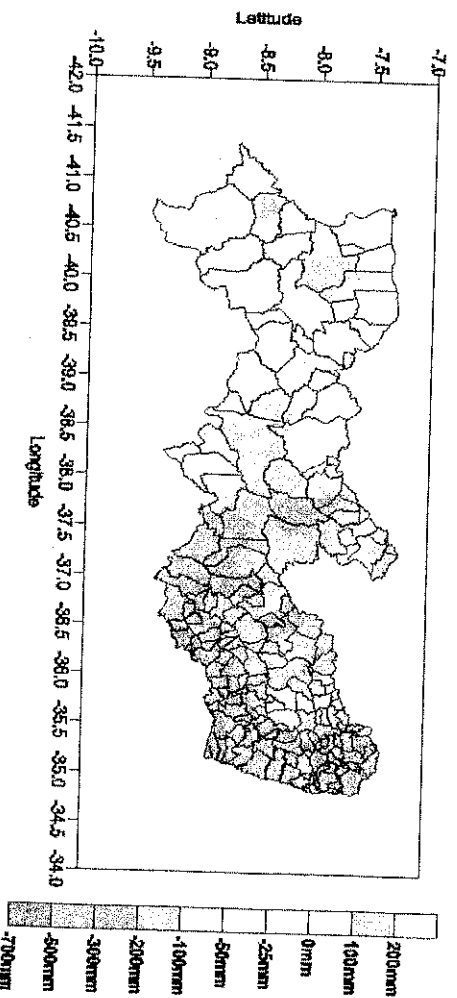


Figura 4.31 – Diferença entre Y2 e Ymin em mar-abr-mai/2002, na EC2.

### 4.2.3 Estação Chuvosa EC3

Os prognósticos de  $Y_{min}$  e  $Y_{max}$ , na estação chuvosa da mesorregião Agreste Pernambucano ( $X_3$  = fev-mar-abr e  $Y_3$  = mai-jun-jul), estão apresentados nas Tabelas 4.13 a 4.16. Também estão apresentados os valores da precipitação ocorrida no segundo período da EC3, para facilitar a análise de falhas e acertos dos prognósticos.

#### 4.2.3.1 Prognóstico de $Y_{min}$ na EC3

Analisando o desempenho do modelo, verificou-se que houve acerto de 100% dos prognósticos da precipitação mínima prevista, nos anos de 1994, 1995, 2001 e 2002. Nos anos de 1997, 1998, 1999 e 2000, verificou-se que ocorreu falha em apenas um posto, o que resultou um índice de acerto de 97,2%. Em 1996, a percentagem de acerto foi de 88,9%, com uma ocorrência de 4 falhas.

Na análise temporal de cada posto, verificou-se que, em 77,8% dos postos, houve acertos de prognósticos em 100% dos anos. Nos outros 22,2% dos postos, ocorreu apenas um ano de falha, resultando em 88,9% de acertos.

O modelo apresentou excelentes resultados nos prognósticos de  $Y_{min}$ , em todas as microrregiões do Agreste Pernambucano. Proporcionalmente ao número de postos dentro de cada microrregião, constatou-se o melhor desempenho na microrregião do Brejo Pernambucano, com 100% de acertos, seguida pela microrregião do Vale do Ipojuca com 99% de acerto. A microrregião de Garanhuns apresentou um índice de acerto de 98,6%; as

microrregiões do Alto Capibaribe, Vale do Ipanema e Médio Capibaribe tiveram, respectivamente, os seguintes índices de acertos: 97,8%; 95,6% e 91,7%. Portanto, verificaram-se em todas as microrregiões índices de acertos acima de 90%.

Tabela 4.13 – Resultado do prognóstico  $Y_{min}$  e dados observados em  $Y_3$  = abr-mai-jun para os anos de 1994 a 1998 na EC3, na Mesorregião Agreste.

	$Y_{min}$	$Y_{94}$	$Y_{min}$	$Y_{95}$	$Y_{min}$	$Y_{96}$	$Y_{min}$	$Y_{97}$	$Y_{min}$	$Y_{98}$
<i>Microrregião Vale do Ipanema</i>										
Águas Belas	163	423	73	183	232	352	132	140	38	83
Buique	143	608	183	366	271	471	264	342	98	134
Itaíba	117	455	91	197	149	306	117	274	42	64
Pedra	78	579	80	233	87	251	102	281	50	147
Tupanantiga	149	524	85	178	149	343	139	262	57	71
<i>Microrregião Vale do Ipojuca</i>										
Alagoinha	60	289	86	117	85	156	51	109	14	11
Belo Jardim	156	247	152	185	132	127	97	240	32	118
Brejo da Madre Deus	96	296	40	122	73	48	133	108	44	101
Cachoeirinha	82	256	42	149	61	202	98	176	48	32
Caruaru	103	460	117	198	136	162	115	279	54	64
Gravatá	100	609	68	322	46	126	107	182	22	41
Pesqueira	119	274	184	224	159	250	131	254	35	88
Poção	213	465	110	264	87	292	96	200	29	95
Sanharó	114	316	91	144	150	208	145	248	26	64
São Bento do Una	161	389	255	234	86	218	253	239	31	87
Sao Caetano	70	395	61	158	109	117	143	108	27	75
<i>Microrregião Alto Capibaribe</i>										
Sta Cruz Capibaribe	42	442	45	109	22	107	59	64	12	48
Surubim	66	552	90	368	153	193	140	151	23	42
Taquaritin. do Norte	194	565	122	372	249	372	326	514	23	39
Toritama	50	547	38	182	46	132	133	188	14	44
Vertentes	48	514	63	187	202	166	197	216	59	89
<i>Microrregião Médio Capibaribe</i>										
Bom Jardim	370	803	148	433	371	281	298	280	53	149
Cumaru	46	104	41	226	346	207	205	575	74	130
Limoeiro	248	862	251	552	433	315	499	473	78	193
Machados	295	814	266	390	365	329	287	490	112	256
<i>Microrregião Garanhuns</i>										
Bom Conselho	133	348	159	225	219	276	165	279	30	131
Brejão	262	711	238	607	353	613	348	473	122	250
Correntes	209	663	359	684	351	526	487	501	130	270
Garanhuns	295	395	130	307	160	268	274	244	28	206
Jurema	104	369	150	221	101	271	289	222	36	126
Lajedo	145	376	149	126	160	298	156	197	55	90
Paranatama	165	442	139	137	122	309	210	204	40	174
Saloá	158	390	139	237	134	188	288	244	36	182
<i>Microrregião Brejo</i>										
Altinho	130	383	106	236	97	222	163	281	68	128
Ibirajuba	222	355	108	211	69	158	259	453	65	56
Panelas	98	493	98	252	90	205	216	195	62	112

Tabela 4.14 – Resultado do prognóstico  $Y_{min}$  e dados observados em  $Y_3$  = abr-mai-jun para os anos de 1999 a 2002 na EC3, na Mesorregião Agreste.

	$Y_{min}$	Y99	$Y_{min}$	Y00	$Y_{min}$	Y01	$Y_{min}$	Y02
<i>Microrregião Vale do Ipanema</i>								
Águas Belas	46	53	205	345	122	290		
Buique	169	131	108	113	84	267	93	251
Itaíba	80	101	90	149	80	218	102	206
Pedra	65	175	66	148	125	289	58	227
Tupanantiga	57	44	164	138	62	192	115	158
<i>Microrregião Vale do Ipojuca</i>								
Alagoinha	36	130	70	127	54	186	54	152
Belo Jardim	37	140	113	289	47	247	145	269
Brejo da Madre Deus	30	187	113	123	101	150	89	127
Cachoeirinha	41	150	147	431	60	195	115	235
Caruaru	34	161	178	373	120	217	137	282
Gravatá	30	179	102	673	58	253	105	377
Pesqueira	55	137	95	179	54	270	131	269
Poção	25	266	117	281	68	361	75	300
Sanharó	15	143	127	308	43	215	106	223
São Bento do Una	59	171	129	155	59	291	120	296
São Caetano	12	113	53	98	61	170	48	181
<i>Microrregião Alto Capibaribe</i>								
Sta Cruz Capibaribe	29	128	44	88	38	177	44	101
Surubim	77	196	173	298	118	169	102	211
Taquaritinga do Norte	80	283	193	431	312	408	236	522
Toritama	50	194	114	326	69	239	88	257
Vertentes	83	196	220	260	123	176	111	236
<i>Microrregião Médio Capibaribe</i>								
Bom Jardim	90	216	210	305	155	348	105	391
Cumaru	85	173	121	458	120	343	101	297
Limoeiro	109	326	194	265	161	283	95	317
Machados	138	421	281	604	165	467	162	183
<i>Microrregião Garanhuns</i>								
Bom Conselho	71	161	218	358	50	488	152	336
Brejão	218	253	259	646	98	607	236	586
Correntes	93	273	274	486	96	417	343	480
Garanhuns	52	141	208	338	88	350	135	326
Jurema	53	150	185	498	62	316	74	282
Lajedo	90	168	78	268	60	140	71	111
Paranatama	114	144	154	341	43	333	165	299
Saloá	85	235	166	289	39	312	133	265
<i>Microrregião Brejo</i>								
Altinho	20	229	128	451	90	232	164	344
Ibirajuba	14	170	192	377	99	243	123	303
Panelas	31	184	196	477	84	296	119	311

#### 4.2.3.2 Prognóstico de Ymax na EC3

A precipitação máxima prevista (Ymax) na EC3 foi analisada através das Tabelas 4.15 e 4.16. Apenas nos anos de 1996 e 1997 não foram observadas falhas no modelo, o que proporcionou um índice de acerto em 100% dos postos. Nos anos de 2000 e 2002, foram verificadas duas falhas o que corresponde a acertos em 94,4% dos postos. Os anos de 1995 e 1998 apresentaram acertos em 88,9% e 86,1% dos postos, respectivamente. Os anos com menor número de acertos foram os seguintes: 2001, com um índice de acerto 66,7%; 1999, com um índice de acerto de 63,9% e 1994, com 58,3% de acerto.

Como a mesorregião do Agreste pernambucano é uma área de transição, entre o Sertão e a Zona da Mata/Litoral, tem-se que os sistemas que provocam chuvas no Agreste em X3 são os mesmos do Sertão, e os que provocam chuvas em Y3 são os mesmos da Zona da Mata e Litoral. Portanto, se a EC do Sertão foi seca, e a EC da Zona da Mata/Litoral for chuvosa, ocorrerá um número de falhas maior que o esperado nos prognósticos de Ymax. Nos anos de 1994, 1999 e 2001 a ZCIT esteve com uma fraca atuação nos meses de fevereiro a abril, as chuvas foram escassas nesse período. Por outro lado, nos meses de maio a julho, a intensificação dos alísios de sudeste favoreceu a ocorrência de distúrbios de leste que se deslocaram até o Agreste.

Fazendo uma análise posto a posto, constatou-se em quatro postos acerto em 100% dos anos, o que corresponde a 11,1% dos postos estudados na EC3. Em 38,9% dos postos, ocorreram acertos de prognósticos em 88,9% dos anos, o equivalente a apenas um ano de falha. Também em 38,9% dos postos, o acerto foi de 77,8% dos anos (duas falhas). Em 11,1% dos postos, o índice de acerto foi de 66,7% dos anos; e apenas um posto

apresentou quatro falhas, ou seja, em 2,8% dos postos o índice de acerto foi de 55,6% dos anos.

Analisando os resultados por microrregião, observaram-se acertos acima de 80% em todas, mostrando um bom desempenho do modelo no que diz respeito ao prognóstico de  $Y_{max}$ . As Microrregiões que apresentaram maiores valores percentuais de acertos foram a do Vale do Ipanema, com um índice de 88,6%; a do Alto Capibaribe, com 83,3% e do Médio Capibaribe com 83,3%. A Microrregião do Brejo Pernambucano obteve um índice de acerto de 81,5%; a de Garanhuns de 81%; e a do Vale do Ipojuca de 80,8%.

De uma maneira geral, os prognósticos de  $Y_{max}$  gerados pelo modelo apresentaram bons resultados, quando comparados com a precipitação observada no período, indicando um bom desempenho do modelo na estação chuvosa EC3, na Mesorregião do Agreste Pernambucano. Ressalta-se que em anos em que a precipitação em X3 tenha sido muito abaixo da média, deve-se utilizar os prognósticos de  $Y_{max}$  com cautela, devido à complexidade da EC do Agreste.

Tabela 4.15 – Resultado do prognóstico Ymax e dados observados em Y3 = abr-mai-jun para os anos de 1994 a 1998 na EC3, na Mesorregião Agreste.

	Ymax	Y94	Ymax	Y95	Ymax	Y96	Ymax	Y97	Ymax	Y98
<i>Microrregião Vale do Ipanema</i>										
Aguas Belas	537	423	241	183	768	352	437	140	127	83
Buique	399	608	512	366	758	471	737	342	274	134
Itaíba	350	455	274	197	449	306	350	274	107	64
Pedra	328	579	338	233	368	251	429	281	213	147
Tupanantiga	388	524	221	178	387	343	361	262	149	71
<i>Microrregião Vale do Ipojuca</i>										
Alagoinha	261	289	291	117	287	156	172	109	48	11
Belo Jardim	381	247	372	185	322	127	237	240	73	118
Brejo da Madre Deus	248	296	104	122	190	48	342	108	115	101
Cachoeirinha	292	256	147	149	217	202	350	274	171	64
Caruaru	373	460	430	198	498	162	422	279	199	64
Gravatá	478	609	325	322	217	126	311	182	105	41
Pesqueira	341	274	529	224	456	250	377	254	100	88
Poção	986	465	509	264	401	292	444	200	135	95
Sanharó	288	316	230	144	380	208	367	248	67	64
São Bento do Una	373	389	589	234	199	218	584	239	72	87
Sao Caetano	310	395	267	158	478	117	630	108	119	75
<i>Microrregião Alto Capibaribe</i>										
Sta Cruz Capibaribe	226	442	281	109	138	107	371	64	76	48
Surubim	226	552	305	368	520	193	476	151	42	42
Taquaritinga do Norte	709	565	447	372	912	372	1194	514	85	39
Toritama	198	547	150	182	183	132	525	188	54	44
Vertentes	171	514	221	187	713	166	697	216	207	89
<i>Microrregião Médio Capibaribe</i>										
Bom Jardim	963	803	385	433	966	281	775	280	139	149
Cumarú	133	104	119	226	1003	207	594	575	214	130
Limoeiro	664	862	673	552	1161	315	1337	473	209	193
Machados	751	814	676	390	929	329	730	490	285	256
<i>Microrregião Garanhuns</i>										
Bom Conselho	469	348	562	225	771	276	583	279	107	131
Brejão	776	711	706	607	1048	613	1034	473	361	250
Correntes	539	663	923	684	903	526	1253	501	334	270
Garanhuns	914	395	404	307	494	268	847	244	87	206
Paranatama	402	442	338	309	298	309	511	204	98	174
Saloá	394	390	357	237	344	188	739	244	91	182
<i>Microrregião Brejo</i>										
Altinho	465	383	380	236	347	222	583	281	244	128
Ibirajuba	536	355	274	211	176	158	656	453	164	56
Panelas	267	493	267	252	247	205	592	195	169	112



Tabela 4.16 – Resultado do prognóstico  $Y_{max}$  e dados observados em  $Y_3$  = abr-mai-jun para os anos de 1999 a 2002 na EC3, na Mesorregião Agreste.

	$Y_{max}$	Y99	$Y_{max}$	Y00	$Y_{max}$	Y01	$Y_{max}$	Y02
<i>Microrregião Vale do Ipanema</i>								
Aguas Belas	154	153	678	345	402	290		
Buique	471	131	301	113	233	267	260	251
Itaíba	241	101	295	149	239	218	306	206
Pedra	272	175	280	148	529	289	245	227
Tupanantiga	149	44	427	138	162	192	298	158
<i>Microrregião Vale do Ipojuca</i>								
Alagoinha	121	130	235	127	183	186	182	152
Belo Jardim	90	140	276	289	116	247	355	269
Brejo da Madre Deus	78	187	292	123	260	150	229	127
Cachoeirinha	145	150	524	431	212	195	306	239
Caruaru	123	161	650	373	438	217	501	282
Gravatá	141	179	487	673	276	253	500	377
Pesqueira	158	137	272	179	156	270	377	269
Poção	115	266	542	281	362	361	350	300
Sanharó	39	143	321	308	108	215	270	223
São Bento do Una	136	171	299	155	136	291	276	296
Sao Caetano	53	113	232	98	267	170	211	181
<i>Microrregião Alto Capibaribe</i>								
Sta Cruz Capibaribe	183	128	278	88	240	177	278	101
Surubim	261	196	589	298	402	169	347	211
Taquaritinga do Norte	294	283	706	431	1141	408	865	522
Toritama	198	194	449	326	272	239	350	257
Vertentes	294	196	778	260	434	176	392	297
<i>Microrregião Médio Capibaribe</i>								
Bom Jardim	233	216	547	305	403	348	272	391
Cumaru	247	173	353	458	347	343	293	297
Limoeiro	291	326	520	265	432	283	256	317
Machados	350	421	714	604	420	467	412	183
<i>Microrregião Garanhuns</i>								
Bom Conselho	249	161	768	358	178	488	537	336
Brejão	647	253	769	646	290	607	761	586
Correntes	239	273	704	486	246	417	883	480
Garanhuns	160	141	644	338	273	350	417	326
Paranatama	277	144	375	341	105	333	402	299
Saloá	219	235	425	289	97	312	304	265
<i>Microrregião Brejo</i>								
Altinho	71	229	456	451	321	232	586	344
Ibirajuba	34	170	487	377	252	243	311	303
Panelas	85	184	535	477	230	296	325	311

#### 4.2.4 Estação Chuvosa EC4

Na Estação chuvosa EC4 foi estudado o período chuvoso do Litoral e Zona da Mata Pernambucana, que compreende os meses de março a agosto. Os resultados estão apresentados nas Tabelas 4.17 e 4.18 com os prognósticos de  $Y_{min}$  e 4.19 e 4.20 com os prognósticos de  $Y_{max}$ , respectivamente. Também estão nas tabelas os dados observados nos dezessete postos que servissem de base para o estudo da mesorregião.

##### 4.2.4.1 Prognóstico de $Y_{min}$ EC4

De acordo com os resultados apresentados nas Tabelas 4.17 e 4.18, pode-se observar que os prognósticos da precipitação mínima esperada tiveram 100% de acertos nos anos de 1994, 1995, 1998, 1999, 2000, 2001 e 2002. No ano de 1996 ocorreu apenas uma falha de prognóstico, e o índice de acerto foi de 94,1%. Porém, no ano de 1997, apenas em dois postos a precipitação ocorrida esteve próxima do mínimo esperado, e o índice de acerto neste ano foi de 11,8%. A explicação para alto índice de falhas, está no fato de que no segundo período da estação chuvosa (EC4) de 1997, um forte El Niño já estava atuando, o que fez com a precipitação em  $Y_4$  fosse reduzida.

Analisando o desempenho do modelo em cada posto, verificou-se que em apenas um posto houve acerto em 100% dos anos. Também em um posto foram verificadas duas falhas, o que corresponde a um índice de acerto de 77,8% dos anos. Em todos os outros postos analisados (88,8% dos postos), ocorreu um ano de falha, o que corresponde a

acertos em 88,9% dos anos. Esses resultados demonstram um desempenho bastante expressivo, pois em mais de 90% dos postos o índice de acerto foi maior que 88%.

Proporcionalmente ao número de postos, a microrregião que apresentou o melhor desempenho foi a Mata Meridional, com um índice de acertos de 91,7%. Na microrregião de Vitória de Santo Antão, o índice foi de 89,5%. Também, a Mata Setentrional e a Região Metropolitana do Recife tiveram o mesmo índice de acerto, de 88,9%.

Como pode ser visto, na análise dos resultados de  $Y_{min}$ , na EC4, o modelo prognosticou ótimos resultados, mostrando um bom desempenho quando aplicado na Zona da Mata e Litoral de Pernambuco.

Tabela 4.17 – Resultado do prognóstico  $Y_{min}$  e dados observados em  $Y_4$  = mai-jun-jul para os anos de 1994 a 1998 na EC4, na Mesorregião Zona da Mata e Litoral.

	$Y_{min}$	$Y_{94}$	$Y_{min}$	$Y_{95}$	$Y_{min}$	$Y_{96}$	$Y_{min}$	$Y_{97}$	$Y_{min}$	$Y_{98}$
<i>Microrregião Mata Setentrional</i>										
Aliança	495	987	495	444	430	491	489	222	154	339
Buenos Aires	267	597	267	309	308	411	279	273	107	277
Carpina	254	540	254	410	228	453	331	251	122	294
Condado	186	237	186	625	285	487	526	231	138	320
Itambé	331	831	331	590	401	340	278	221	95	249
Macaparana	288	454	287	308	247	262	527	179	101	172
Timbaúba	192	486	192	365	207	300	281	168	68	145
<i>Microrregião Vitória de Santo Antão</i>										
Gloria de Goitá	352	394	352	498	186	310	283	108	78	165
Vitória Sto. Antão	298	583	298	485	186	361	317	188	96	204
<i>Microrregião Mata Meridional</i>										
Palmares	447	953	449	611	435	550	464	309	334	354
Primavera	654	1113	488	838	524	732	538	397	325	489
Rio Formoso	606	925	606	921	443	542	653	528	272	611
Sirinhaém	625	1090	625	768	484	847	440	426	227	428
<i>Região Metropolitana de Recife</i>										
Igarassu	619	1095	619	737	276	603	569	389	209	482
Recife	657	1078	657	722	542	735	619	401	173	463
S. Lourenço Mata	404	761	404	593	318	532	483	262	132	249
Cabo	501	1133	501	775	474	600	670	422	253	497

Tabela 4.18 – Resultado do prognóstico  $Y_{min}$  e dados observados em  $Y_4$  = mai-jun-jul para os anos de 1999 a 2002 na EC4, na Mesorregião Zona da Mata e Litoral.

	$Y_{min}$	$Y_{99}$	$Y_{min}$	$Y_{00}$	$Y_{min}$	$Y_{01}$	$Y_{min}$	$Y_{02}$
<i>Microrregião Mata Setentrional</i>								
Aliança	185	198	241	698	150	504	274	558
Buenos Aires	140	256	203	765	124	513	176	349
Carpina	195	265	221	601	89	788	235	519
Condado	133	208	245	974	155	452		
Itambé	144	264	241	878	137	423	405	611
Macaparana	118	151	218	648	100	430	235	383
Timbaúba	119	128	162	485	48	380		
<i>Microrregião Vitória de Santo Antão</i>								
Gloria de Goitá	115	214	189	698	96	401	108	254
Vitória Sto. Antão	121	230	165	723	137	394	171	498
<i>Microrregião Mata Meridional</i>								
Palmares	208	425	331	910	259	690	482	704
Primavera	349	672	640	1924	376	1001	564	739
Rio Formoso	242	436	436	2280	258	822	348	791
Sirinhaém	199	273	424	1826	292	712	377	911
<i>Região Metropolitana de Recife</i>								
Igarassu	289	429	352	1183	260	582	374	645
Recife	296	352	495	1390	205	680	433	805
S. Lourenço Mata	143	211	368	466	234	876	394	839
Cabo	416	419	537	1380	374	923	454	987

#### 4.2.4.2 Prognóstico de $Y_{max}$ EC4

A precipitação máxima esperada prognosticada pelo modelo está nas Tabelas 4.19 e 4.20, onde se observou que nos anos 1996, 1997, 1999 e 2002 houve 100% de acertos nos postos analisados. Nos anos de 1994 e 1995, o índice do acerto foi 94,1%, com apenas uma falha. Em 1998 ocorreram duas falhas e o índice de acerto foi de 88,2%. Os menores índices de acerto foram verificados nos anos de 2000 e 2001, onde se verificou 100% e 82,3% de falhas, respectivamente. Em 2000 e 2001, ocorreram chuvas extremas,

concentrados em poucos dias, o que fez com os valores observados fossem bem acima dos prognosticados.

O desempenho do modelo em cada posto, não foi tão bom quanto o desempenho de Ymin. Em 23,5% dos postos o índice de acerto foi de 66,6%. Na maioria dos postos (58,6%), o índice de acerto foi de 77,8%. E em três postos, o equivalente a 17,6% dos postos ocorreu apenas um ano de falha, com acertos em 94,1% dos anos.

A microrregião que apresentou o melhor desempenho, proporcionalmente ao número de postos, foi a de Vitória de Santo Antão, com um índice de acerto de 83,3%.

Tabela 4.19 – Resultado do prognóstico  $Y_{max}$  e dados observados em  $Y4$  = mai-jun-jul para os anos de 1994 a 1998 na EC4, na Mesorregião Zona da Mata e Litoral.

	$Y_{max}$	Y94	$Y_{max}$	Y95	$Y_{max}$	Y96	$Y_{max}$	Y97	$Y_{max}$	Y98
<i>Microrregião Mata Setentrional</i>										
Aliança	949	987	577	444	824	491	936	222	295	339
Buenos Aires	591	597	274	309	682	411	617	273	237	277
Carpina	599	540	381	410	537	453	782	251	289	294
Condado	424	237	416	625	651	487	1201	231	316	320
Itambé	790	831	747	590	958	340	664	221	226	249
Macaparana	611	454	327	308	523	262	695	179	215	172
Timbaúba	514	486	407	365	553	300	752	168	183	145
<i>Microrregião Vitória de Santo Antão</i>										
Gloria de Goitá	843	394	430	498	561	310	678	108	187	165
Vitória Sto. Antão	781	583	681	485	490	361	834	188	251	204
<i>Microrregião Mata Meridional</i>										
Palmares	1336	953	938	611	819	550	873	309	628	354
Primavera	1406	1113	963	838	1125	732	1155	397	699	489
Rio Formoso	1213	925	1159	921	999	542	1472	528	612	611
Sirinhaém	1685	1090	1909	768	1305	847	1186	426	612	428
<i>Região Metropolitana de Recife</i>										
Igarassu	1385	1095	1042	737	618	603	1273	389	467	482
Recife	1608	1078	938	722	1327	735	1514	401	425	463
S. Lourenço Mata	1001	761	551	593	787	532	1197	262	327	249
Cabo	950	1133	744	775	899	600	1270	422	480	497

Tabela 4.20 – Resultado do prognóstico  $Y_{max}$  e dados observados em  $Y4$  = mai-jun-jul para os anos de 1999 a 2002 na EC4, na Mesorregião Zona da Mata e Litoral.

	$Y_{max}$	Y99	$Y_{max}$	Y00	$Y_{max}$	Y01	$Y_{max}$	Y02
<i>Microrregião Mata Setentrional</i>								
Aliança	355	198	462	698	287	504	525	558
Buenos Aires	309	256	449	765	275	513	389	349
Carpina	460	265	521	601	209	788	554	519
Condado	303	208	560	974	354	452		
Itambé	343	264	576	878	328	423	969	611
Macaparana	250	151	462	648	213	430	499	383
Timbaúba	318	128	454	485	128	380		
<i>Microrregião Vitória de Santo Antão</i>								
Gloria de Goitá	275	214	453	698	230	401	259	254
Vitória Sto. Antão	317	230	434	723	361	394	449	498
<i>Microrregião Mata Meridional</i>								
Palmares	391	425	623	910	487	690	907	704
Primavera	749	672	1375	1924	808	1001	1212	739
Rio Formoso	544	436	982	2280	580	822	785	791
Sirinhaém	537	273	1145	1826	787	712	1017	911
<i>Região Metropolitana de Recife</i>								
Igarassu	647	429	788	1183	582	582	838	645
Recife	725	352	1212	1390	502	680	1060	805
S. Lourenço Mata	353	211	911	1056	580	876	976	839
Cabo	789	419	1019	1380	710	923	861	987

### 4.3 – PROBABILIDADE DE PRECIPITAÇÕES ACIMA DA MÉDIA

Para o cálculo das probabilidades de ocorrência de chuvas acima da média foi escolhida a microrregião de Araripina na EC1, onde o período inicial e o final compreendem, respectivamente, os meses de dez-jan e fev-mar-abr. A avaliação dos prognósticos da probabilidade de ocorrer precipitação igual ou acima da média foi feita para os anos de 1994 a 2002, nos nove postos dessa microrregião.

Na Tabela 4.21 estão representados os valores da precipitação média do segundo período –  $Y_{cli}$ , com respectivos anos de dados de cálculos, as probabilidades de precipitações iguais ou acima da média e a chuva do segundo período, para cada ano da análise. As probabilidades entre 46 e 54% não foram consideradas para avaliação do desempenho com relação a acertos e falhas de prognósticos, por serem valores muito próximos de 50%.

Fazendo uma análise ano a ano, para cada posto dessa microrregião. verificou-se que em 2001 houve 100% de acerto, com uma interessante observação: apenas no posto Ouricuri Y01 foi acima da média, justamente onde  $P(Y_{01} \geq Y_{clim})$  teve o maior valor (61%). Em 1996, 1998 e 1999 ocorreu apenas uma falha resultando em 88,9% de acerto. Nos anos de 1997 e 2000, o índice de acertos foi de 77,8% com duas falhas de prognóstico. Os anos que apresentaram os menores índices de acertos foram: 1994 e 1995 com três falhas (66,7%) e em 2002 não houve acerto de prognóstico em nenhum posto. Esse alto índice de falhas nos prognósticos de 2002, foi consequência dos altos índices pluviométricos (precipitações superiores a três vezes a média mensal) que ocorreram no mês de janeiro em todo o Sertão Pernambucano. Os altos valores da precipitação na

primeira parte da EC elevaram os valores das proporções  $Z_i$  e conseqüentemente as probabilidades de  $Y_i \geq Y_{cli}$ .

Foi observado que em anos com chuvas muito acima da média em apenas um mês do período chuvoso o índice de falhas de prognóstico aumenta. Essa mesma observação também foi feita por Silva e Lima (2004) quando aplicaram o modelo para o estado da Paraíba.

Em 1998, ano da ocorrência de um forte El Niño, não foram verificadas tantas falhas na microrregião em apreço. Em todos os postos a precipitação em Y4 foi abaixo da média, e somente em Ouricuri, onde a probabilidade de ter precipitação acima da média foi 61%, foi verificada falha. Nos outros postos a probabilidade ficou próxima ou abaixo de 50%.

Com relação à análise temporal de cada posto, verificou-se o melhor desempenho no posto Araripina, com apenas uma falha. Em cinco postos (Bodocó, Exu, Granito e Trindade) ocorreram dois anos de falhas, o que corresponde a um índice de acerto de 77,8% dos anos. Em Santa Cruz da Venerada, verificou-se três anos de falhas com índice de acerto de 66,7%. Já os postos Moreilândia e Ouricuri foram os que apresentaram os menores índices de acerto 55,6%, com quatro falhas.

De uma maneira geral, o índice de acerto para a microrregião nesse período estudado foi de 72,8%. Esse é um ótimo índice de acerto, levando em conta a grande variabilidade espacial e temporal da precipitação que é uma característica marcante de todo semi-árido nordestino e que dificulta nos prognósticos numa escala mais reduzida.



Tabela 4.21 – Resultado do prognóstico  $P(Y1 \geq Ycli)$  e dados observados em  $Y1 = \text{fev-mar-abr}$  para os anos de 1994 a 2002 na ECI, na Microrregião Araripina.

	Ycli	ND	$P(Y94 \geq Ycli)$	Y94	$P(Y95 \geq Ycli)$	Y95	$P(Y96 \geq Ycli)$	Y96
Araripina	374	50	31%	340	21%	370	32%	350
Bodocó	347	31	57%	285	65%	386	36%	297
Exu	434	52	26%	307	65%	329	67%	397
Granito	341	32	30%	305	22%	320	33%	393
Ipubi	465	33	45%	212	33%	257	40%	316
Moreilândia	365	50	85%	324	72%	246	81%	377
Ouricuri	335	65	70%	270	53%	333	51%	376
S. C. Venerada	298	55	36%	103	39%	421	51%	294
Trindade	385	30	38%	175	47%	255	51%	256

	Ycli	ND	$P(Y97 \geq Ycli)$	Y97	$P(Y98 \geq Ycli)$	Y98	$P(Y99 \geq Ycli)$	Y99
Araripina	374	50	22%	265	54%	310	35%	329
Bodocó	347	31	19%	322	47%	125	66%	378
Exu	434	52	27%	274	52%	126	35%	301
Granito	341	32	41%	308	50%	131	39%	309
Ipubi	465	33	44%	236	40%	118	41%	227
Moreilândia	365	50	18%	268	36%	150	41%	247
Ouricuri	335	65	38%	307	63%	124	41%	254
S. C. Venerada	298	55	36%	406	54%	109	14%	176
Trindade	385	30	38%	294	21%	115	84%	162

	Ycli	ND	$P(Y00 \geq Ycli)$	Y00	$P(Y01 \geq Ycli)$	Y01	$P(Y02 \geq Ycli)$	Y02
Araripina	374	50	60%	400	41%	303	82%	215
Bodocó	347	31	42%	243	11%	274	96%	128
Exu	434	52	45%	498	20%	320	78%	212
Granito	341	32	36%	228	40%	186	93%	111
Ipubi	465	33	48%	350	03%	92	90%	150
Moreilândia	365	50	58%	266	06%	171	81%	84
Ouricuri	335	65	64%	223	61%	374	95%	88
S. C. Venerada	298	55	25%	252	43%	159	89%	105
Trindade	385	30	51%	127	34%	230	88%	81

## 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

- a) As distribuições de frequências observadas das proporções  $Z_i$  tiveram ajustes satisfatórios ao modelo probabilístico Beta, de acordo com os resultados obtidos pelo teste Kolmogorov–Smirnov, para todos os postos analisados nas diferentes estações chuvosas (EC1, EC2, EC3 e EC4);
- b) O índice de acerto nos prognósticos da precipitação mínima esperada superou os 80% quando avaliado para cada EC; enquanto o índice de acerto nos prognósticos da precipitação máxima esperada superou os 80% quando avaliado para cada EC, excetuando a EC4, que teve um índice de acerto de 77,1%;
- c) Em anos extremamente chuvosos há uma tendência de ocorrer um número maior de falhas nos prognósticos de  $Y_{max}$  e em anos extremamente secos, anos de El Niño forte, há uma tendência de ocorrer um número maior de falhas nos prognósticos de  $Y_{min}$ ;
- d) Em anos com precipitações “fortes” concentradas em poucos dias da EC há uma tendência de ocorrer um número maior de falhas nos prognósticos de  $Y_{max}$  ou de  $Y_{min}$ , dependendo se essas precipitações ocorreram no primeiro ou segundo período, respectivamente;

## SUGESTÕES:

- Com base na técnica propõe-se que sejam identificadas para cada Y das diferentes EC do estado de Pernambuco, as probabilidades de ocorrência de Y vir a ser muito seco, seco, normal, chuvoso e muito chuvoso ou outra classificação (por exemplo a ocorrência de Y vir a ter chuvas acima da normal, na faixa normal ou abaixo do normal).

- Analisar os prognósticos de  $Y_{max}$  e  $Y_{min}$ , para as diferentes mesorregiões de Pernambuco, em anos de EL Nino forte e em anos de dipolo do Atlântico favorável e desfavorável às chuvas no NEB.

- Aplicação do modelo em postos individuais e por microrregião homogênea nos Laboratórios Estaduais de Meteorologia do NEB, onde a técnica ainda não foi testada.

## 6 BIBLIOGRAFIA

ABREU, I. P. **Estudo da variabilidade da precipitação na região de Petrolina**. São José dos Campos, CTA. (Relatório Técnico ECA-01/79), 1979.

ALVES, A. V.; LACERDA, F. F.; MELO, A. B. C.; NOBRE, P.; SOUZA, W. M.; SOUZA, I. A.; CORREIA, A. M.; FERREIRA, M. A. F. Anomalias de Precipitação em Pernambuco e a evolução da oscilação 30-60 dias no período. **Anais do XII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia e II Reunião Latino Americana de Agrometeorologia**, v. 1, p57-58. 2001.

ANDRADE, M. C. O. **Atlas Escolar de Pernambuco**. Editora GRAFSET, 112p. João Pessoa. 1999.

ARAGÃO, J.O.R. **Um estudo da estrutura das perturbações sinóticas no Nordeste do Brasil**. São José dos Campos : Instituto de Pesquisas Espaciais, 1975. 51p. Tese Mestrado.

ARAGÃO, J.O.R. **A general circulation model investigation of the atmospheric response to El Nino**. Cooperative Thesis (National Center for Atmospheric Research), 51p,1986.

AZEVEDO, P. V. de.; SILVA, B. B. da.; RODRIGUES, M. F. G. Previsão estatística das chuvas de outono no Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v.13, n.1, p.19-30, 1998.

BARROS, A.H.C.; Encarnação, C. R. F.; REIS, A. C. S.; LACERDA, F. F.; NETO, J. R. S.; FERREIRA, N. S. **Climatologia das Estações Experimentais do IPA**. Relatório Técnico. Secretaria da Agricultura, IPA, LAMEPE. Recife. 1994.

CAVALCANTI, I. F. A. & KOUSKY, V. E. **Influências da circulação de escala sinótica na circulação da brisa marítima na costa N-NE da América do Sul**. São José dos Campos, (INPE-2573-PRE/221), 1982, 13p.

CAVIEDES, C. N. Secas and El Niño: Two simultâneos climatical hazards in South América. **Proceedings the Association of American Geographers**. v. 5, p. 44-49. 1973.

CHAN, C. S.; FERREIRA, N. J.; SATYAMURTI, P. Análise dos distúrbios ondulatórios de leste sobre o oceano Atlântico Equatorial Sul.. **Anais do VI Congresso Brasileiro de Meteorologia**, 6, Salvador, 19-24 nov. 1990. , SBMet, Rio de Janeiro, p.462-466. 1990.

DEAN, G. A.; **The three dimensional Wind structure over South America and associated rainfall over Brazil**. Florida State University: Departament of Meteorology. (Rep. LAPE-164).1971.

FERREIRA, M. A.; LACERDA, F. F.; SOUZA, I. A.; CORREIA, A. M.; ALVES, A. V.; SOUZA, W. M. Avaliação das Correlações entre Anomalias de Precipitação nas Microrregiões do Sertão de Pernambuco. **XII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia e II Reunião Latino Americana de Agrometeorologia**, CD ROM. 2001.

FRANQUITO, S. H. **Um estudo das circulações térmicas produzidas próximo às costas**. Dissertação de mestrado em meteorologia, São José dos Campos. INPE -1951, 1980.

GALVÃO, C. O. **Aplicabilidade em recursos hídricos da previsão de precipitação de longo prazo no Nordeste do Brasil**. Tese de Doutorado, Porto Alegre. UFRGS. 1999.

GAN, M. A. **Um estudo observacional sobre as baixas frias da alta troposfera, nas latitudes subtropicais do Atlântico Sul e leste do Brasil.** Dissertação de Mestrado em Meteorologia, INPE, São José dos Campos. (INPE-2685-TDL/126), 1983, 80p.

GIRARDI, C.; TEIXEIRA, L.. **Prognóstico do tempo em longo prazo para o Nordeste brasileiro.** IAE/CTA. Relatório Técnico – ECA – 06/78. São José dos Campos – SP. 18p. 1978.

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

KAYANO, M. T.; SATYAMURTI, P.. Oscilações intra-sazonais na precipitação do sul do Ceará. **Climanálise**. v.6, p38-45. 1991.

KITE, G. W. Frequency and risk analyses in hidrology. **Water Resource Publication**. Colorado - USA, 1977.

KOUSKY, E. V.. Frontal influences on Northeast Brazil. **Montly Weather Review**, v.107, n.9, p.1140-1153, 1979.

KOUSKY, E. V.; GAN, M.A.. Upper tropospheric cyclonic vortices in the Tropical South Atlantic. **Tellus**. v.33, p.538-550, 1981.

KOUSKY, E. V.; CAVALCANTI, I. F. A.. Eventos Oscilação do Sul – El Nino: Características, evolução e anomalias de precipitação. **Ciência e Cultura**. V.36, n.11, p. 1888-1889, 1984.

KOUSKY, E. V.; MOURA, A. D. Previsão de precipitação no Nordeste do Brazil: O aspecto dinâmico. **Anais do Simpósio Brasileiro de Hidrologia e Recursos Hídricos**, 4, nov., 1981, Fortaleza, 1981.

LACERDA, F. R.; SILVA, C. V.; SANTOS, A. A.; LACERDA, F. F.; SOUZA, I. A.; ARAGÃO, J. O. R.; MOURA, G. B. A.; FERREIRA, M. A. F.; FERREIRA, F. F.. Análise

da correlação da precipitação entre a pré-estação e a estação chuvosa no estado de Pernambuco em anos de El Nino, com episódios de moderado a forte. **XI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia e I Reunião Latino Americana de Agrometeorologia**, Anais, p1003-1007, 1999.

LIMA, N. M. **Performance de modelo climático de previsão da precipitação pluviométrica no estado da Paraíba**. Dissertação de Mestrado em Meteorologia. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba. 2001

LIMA, M. C. de; RAO, V. B.; FRANQUITO, S. H. Variability of rainfall in the east coast of North-Eastern Brazil region. **Workshop Report**, Fortaleza, 1994, 125p.

LIPPS, F. B. Barotropic Stability and Tropical Disturbances. **Mon. Wea. Rev.**, v.98, n2, p. 122-131, 1970.

MADDEN, R. A.; JULIAN, P.R.. Detection of a 40-50 day oscillation in the zonal wind in Tropical Pacific. **Journal of the Atmospheric Sciences**, v.28, p702-708. 1972.

MARKHAM, C. G. Apparent periodicities in rainfall at Fortaleza, Ceará, Brazil. **J. App. Meteor.**, v. 13, p176-179, 1974.

MARKHAM, C. G.; McLAIN, D. R.. Sea surface temperature related to rain in Ceará, Northeast Brazil. **Nature**. v. 265, p320-323. 1977.

MELO, A. B. C. **Previsibilidade de precipitação na região semi-árida do Nordeste do Brasil, durante a estação chuvosa em função do comportamento diário das chuvas na pré-estação**. Dissertação de Mestrado em Meteorologia. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba. 1997.

MIELKE, P. W. Jr. Convenient beta likelihood techniques for describing and comparing meteorological data. **Journal of Applied Meteorology**, Boston, v.14, p.985-990, 1976.

MOTA, G. V.; GANDU, A. W.. Análises dos padrões ondulatórios de leste no Nordeste do Brasil durante o inverno de 1984. **Anais do X Congresso Brasileiro de Meteorologia**. Brasília. 1998.

MOURA, A. D.; SHUKLA, J. On the dynamics of droughts in Northeast Brazil: Observations, theory and numerical experiments with a general circulation model. **Journal of the Atmospheric Sciences**, Boston. v. 38, p2653-2675. 1981.

MOURA, G. B. A. **A influência dos ventos superficiais e da temperatura dos oceanos Atlântico e Pacífico na variabilidade da precipitação no leste do Nordeste do Brasil: Observações e Modelos Estatísticos de Previsão**. Tese de Doutorado. UFPE. CTG. Departamento de Oceanografia. Recife. 2001. 80p.

SANTOS, F. A. **Previsão estatística da pluviometria da estação chuvosa na costa leste do Nordeste do Brasil. pré-estação**. Dissertação de Mestrado em Meteorologia. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba. 2000.

SERRA, A. B. The General Circulation over South America. **Bulletin American Meteorological Society**. V. 22, p173-179, 1941.

SILVA, B. B. da. **Estudo da precipitação no Estado da Paraíba: regimes pluviométricos e caracterização de anos secos e chuvosos**. Dissertação de Mestrado UFPB. CCT.. Campina Grande, 1985, 100p.

SILVA, B. B. da. Estimativa da chuva de outono nos sertões da Paraíba. **Anais do Congresso Brasileiro de Meteorologia**, 5, Rio de Janeiro, Anais..., IV. 16 - IV. 19, 1988.

SILVA, B. B. da; LIMA, N. M. Modelo climático de previsão da pluviometria do Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Porto Alegre, RS. v. 9, n. 2, p. 115-124, 2004.

SILVA, B. B. da ; LIMA, N. M. ; OLIVEIRA, P. R. S. . Prognóstico das chuvas de outono de 2001 segundo o método das proporções.. In: **XII Cong. Bras. de Agrometeorologia /**



**III Reunião da Soc. Latino-americana de Agrometeorologia.** Fortaleza, CE. v. II. p. 577-578. 2001.

SILVA, Bernardo B. da ; OLIVEIRA, M. B. L. ; OLIVEIRA, P. R. S.. Prognóstico das chuvas de outono de 2000 no estado da Paraíba. In: **XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2000, Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro. v. CD-ROM. p. 515-523. 2000.

SOUZA, I. A.; LACERDA, F. F.; ARAGÃO, J. O. R.; MOURA, G. B. A.; FERREIRA, M. A. F.; FERREIRA, F. F.. Influência do El Niño no comportamento pluviométrico do estado de Pernambuco durante o ano de 1998. **XI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia e I Reunião Latino Americana de Agrometeorologia.** Anais. p1572-1578, 1999.

STRANG, D. M. G. D. Configurações do ar superior e variabilidade das chuvas no Nordeste do Brasil. São José dos Campos, CTA, (**Relatório Técnico ECA-04/83**), 1983, 38p.

SUDENE-DPG-PRN-HME. Dados pluviométricos mensais do Nordeste – Estado Pernambuco, v.16, 363p. Recife. 1990.

UVO, C. B.; REPELLI, C. A.; ZEBIAK, S. E.; KUSHNIR, Y. The relationship between tropical pacific and atlantic SST and Northeast Brazil monthly precipitation. **Journal of Climate.** Boston, v.11, n. 4, p. 551-562, 1998.

YAMAZAKY, Y.; RAO, V.B.. Tropical cloudiness over the South Atlantic Ocean. **Journal of the Meteorological Society of Japan**, v.55, p203-207, 1977.

WALKER, G. T. Ceará, Brasil, famines and the general air movement. **Beitrag zur Physik der freien Atmosphaere.** v.4, p. 88-93, 1928.

WARD, M. N. FOLLAND, C. K. Prediction of seasonal rainfall in the north northeast of Brazil using eigenvectors of sea-surface temperature. **International Journal of Climatology**, v.11, p.711-743, 1991.

WILKS, D.S. Statistical Methods in the Atmospheric Sciences. International Geophysics Series, V. 16. Academic Press, San Diego, 4679 p. 1995.

XAVIER, T.M.B.S.; XAVIER, A. F. S.; DIAS, P. L. S.; DIAS, M. A. F. S. Papel da Componente Meridional do Vento na Costa do Nordeste Brasileiro e de outras Covariáveis para prever a chuva no estado do Ceará (1964-97). **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. v. 3, n. 4, p. 121-139, 1998.

7 APÉNDICES

Apêndice 01 – Localização das estações pluviométricas da Mesorregião Sertão

Localidade	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Período
Afogados da Ingazeira	07° 45'	37° 39'	525	1914-2002
Afrânio (Arizona)	08° 40'	40° 58'	500	1934-2002
Araripina	07° 33'	40° 34'	620	1935-2002
Arcoverde	08° 26'	37° 04'	633	1913-2002
Belém de São Francisco	08° 46'	38° 58'	305	1912-2002
Bodocó	07° 48'	39° 56'	440	1963-2002
Cabrobó	08° 30'	39° 19'	350	1911-2002
Carnaíba	07° 48'	37° 49'	450	1965-2002
Cedro	07° 43'	39° 20'	610	1963-2002
Custódia	08° 06'	37° 39'	542	1934-2002
Dormentes	08° 25'	40° 47'	500	1963-2002
Exu	07° 31'	39° 43'	510	1935-2002
Flores	07° 51'	37° 59'	460	1912-2002
Floresta	08° 36'	38° 35'	317	1911-2002
Granito	07° 43'	39° 37'	445	1963-2002
Ipubi	07° 39'	40° 08'	560	1963-2002
Itapetim	07° 22'	37° 11'	630	1963-2002
Mirandiba	08° 07'	38° 44'	452	1963-2002
Moreilândia <sup>1</sup>	07° 44'	39° 33'	750	1935-2002
Orocó	08° 37'	39° 36'	370	1963-2002
Ouricuri	07° 53'	40° 04'	432	1913-2002
Parnamirim	08° 05'	39° 34'	379	1911-2002
Petrolândia	09° 04'	38° 18'	282	1935-2002
Petrolina	09° 23'	40° 30'	376	1911-2002
Salgueiro	08° 04'	39° 07'	415	1911-2002
Serrita	07° 56'	39° 19'	425	1935-2002
Sertânia	08° 05'	37° 16'	605	1911-2002
São José do Belmonte	07° 52'	38° 47'	460	1911-2002
São José do Egito	07° 28'	37° 17'	575	1914-2002
Santa Cruz da Venerada	08° 16'	40° 15'	489	1935-2002
Serra Talhada	07° 59'	38° 18'	435	1911-2002
Tabira	07° 35'	37° 36'	580	1963-2002
Tacaratu	09° 06'	38° 09'	550	1920-2002
Trindade	07° 45'	40° 15'	450	1963-2002
Triunfo	07° 50'	38° 07'	1010	1911-2002
Verdejante	07° 55'	38° 59'	455	1963-2002

<sup>1</sup> Antes Sítio dos Moreiras

Apêndice 02 – Localização das estações pluviométricas da Mesorregião Agreste

Localidade	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Período
Águas Belas	09° 07'	37° 07'	376	1920-2002
Alagoinha	08° 29'	36° 49'	762	1963-2002
Altinho	08° 29'	36° 05'	470	1963-2002
Belo Jardim	08° 20'	36° 27'	616	1963-2002
Betânia	08° 17'	38° 12'	431	1935-2002
Brejão	09° 03'	36° 30'	620	1963-2002
Brejo da Madre de Deus	08° 09'	36° 23'	646	1912-2002
Bom Conselho	09° 10'	36° 41'	654	1934-2002
Bom Jardim	07° 48'	35° 35'	325	1912-2002
Buenos Aires	07° 47'	35° 22'	150	1967-2002
Buíque	08° 37'	37° 10'	798	1920-2002
Cachoeirinha	08° 29'	36° 14'	780	1963-2002
Caruaru	08° 17'	35° 58'	545	1913-2002
Condado	07° 35'	35° 03'	095	1963-2002
Correntes	09° 07'	36° 20'	391	1934-2002
Cumaru	08° 01'	35° 42'	395	1957-2002
Garanhuns	08° 53'	36° 29'	866	1921-2002
Gravatá	08° 13'	35° 34'	447	1934-2002
Ibirajuba	08° 35'	36° 11'	640	1963-2002
Itaíba	08° 57'	37° 26'	470	1963-2002
Jurema	08° 43'	36° 08'	640	1963-2002
Lajedo	08° 40'	36° 19'	663	1963-2002
Macaparana	07° 33'	35° 27'	350	1963-2002
Machados	07° 41'	35° 31'	320	1963-2002
Panelas	08° 40'	36° 02'	620	1934-2002
Paranatama	08° 55'	36° 40'	830	1963-2002
Pedras	08° 30'	36° 58'	660	1920-2002
Pesqueira	08° 22'	36° 42'	650	1920-2002
Poção	08° 11'	36° 42'	1035	1963-2002
Saloá	08° 57'	36° 40'	850	1963-2002
Sanharó	08° 22'	36° 34'	653	1963-2002
Santa Cruz do Capibaribe	07° 57'	36° 12'	472	1963-2002
São Bento do Una	08° 31'	36° 22'	645	1920-2002
São Caetano	08° 19'	36° 09'	552	1914-2002
São Joaquim do Monte	08° 25'	35° 51'	501	1963-2002
Surubim	07° 50'	35° 45'	380	1912-2002
Tacaímbó	08° 19'	36° 18'	570	1963-2002
Taquaritinga do Norte	07° 54'	36° 03'	785	1912-2002
Toritama	08° 01'	36° 04'	376	1963-2002
Tupanatinga	08° 45'	37° 21'	709	1963-2002
Vertentes	07° 55'	35° 59'	401	1912-2002

Apêndice 03 – Localização das estações pluviométricas da Mesorregião Zona da Mata e Litoral

Localidade	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Período
Aliança	07° 35'	35° 12'	060	1963-2003
Amaragi	08° 23'	35° 27'	295	1963-2003
Barreiros	08° 50'	35° 12'	023	1963-2003
Cabo	08° 18'	35° 02'	030	1963-2003
Carpina	07° 51'	35° 15'	184	1934-2003
Condado	07° 35'	35° 03'	095	1963-2003
Cortês	08° 28'	35° 33'	340	1963-2003
Escada	08° 22'	35° 14'	093	1921-****
Igarassu	07° 50'	34° 54'	022	1963-2003
Itambé	07° 25'	35° 07'	190	1911-2003
Glória de Goitá	08° 00'	35° 18'	200	1963-2003
Palmares	08° 41'	35° 36'	109	1921-2003
Primavera	08° 21'	35° 21'	156	1963-2003
Recife	08° 02'	34° 53'	004	1911-2003
Rio Formoso	08° 40'	35° 09'	039	1934-2003
São Lourenço da Mata	08° 00'	35° 03'	070	1963-2003
Sirinhaem	08° 35'	35° 07'	049	1963-2003
Timbauba	07° 31'	35° 19'	190	1911-2003
Vitória de Santo Antão	08° 07'	35° 18'	137	1921-2003

Apêndice 04 – Parâmetros estatísticos da EC1, na Mesorregião Sertão.

	Xeli	Yeli	Q1	Q4	ix	in	NA
<i>Microrregião Araripina</i>							
Araripina	193,5	374,0	0,2170	0,4650	3,6190	1,1500	50
Bodoco	158,0	347,0	0,2055	0,4335	3,8662	1,3068	31
Exu	163,5	434,1	0,1830	0,3830	4,4790	1,6140	52
Granito	142,3	341,1	0,1580	0,4475	5,3291	1,2346	32
Ipubi	189,8	465,4	0,1520	0,4345	5,5789	1,3015	33
Moreilândia	138,3	364,6	0,1650	0,3650	5,0640	1,7410	50
Ouricuri	146,5	334,6	0,1780	0,4560	4,6270	1,1950	65
S. C. Venerada	150,8	298,3	0,1790	0,4860	4,5960	1,0560	55
Trindade	188,1	384,5	0,1530	0,4480	5,5359	1,2321	30
<i>Microrregião Petrolina</i>							
Afrânio-Arizona	123,2	250,0	0,2050	0,4730	3,8680	1,1160	50
Cabrobo	125,4	262,8	0,1230	0,5250	7,1040	0,9060	69
Dormentes	172,3	299,0	0,1910	0,4930	4,2410	1,0300	22
Orocó	124,5	267,8	0,1440	0,5410	5,9400	0,8500	27
Petrolina	122,6	233,3	0,2020	0,5470	3,9530	0,8290	71
S. M. B. Vista	121,9	258,5	0,1670	0,4970	5,0020	1,0110	71
Terra Nova	154,1	418,2	0,1590	0,3740	5,2810	1,6740	31
<i>Microrregião Itaparica</i>							
B. S. Francisco	114,7	236,7	0,1450	0,5210	5,9010	0,9210	74
Floresta I	123,3	278,9	0,1350	0,4500	6,4290	1,2220	72
Petrolândia	94,7	194,6	0,1740	0,5850	4,7570	0,7090	55
Tacaratu	93,0	249,8	0,1290	0,4580	6,7400	1,1850	67

Apêndice 05 – Parâmetros estatísticos da EC2, na Mesorregião Sertão.

	Xcli	Ycli	Q1	Q4	ix	in	NA
<i>Microrregião Araripina</i>							
Araripina	242,7	273,0	0,33	0,61	1,990	0,639	49
Bodoco	189,8	290,7	0,23	0,59	3,320	0,696	32
Exu	228,1	382,4	0,22	0,56	3,547	0,966	54
Granito	164,5	283,9	0,23	0,56	3,338	0,784	33
Ipubi	224,0	345,2	0,24	0,56	3,202	0,797	32
Moreilândia	176,6	313,7	0,24	0,5	3,218	1,005	52
Ouricuri	182,9	261,6	0,25	0,6	3,027	0,680	66
S. C. Venerada	166,5	250,3	0,23	0,62	3,372	0,621	55
Trindade	200,5	255,3	0,28	0,61	2,604	0,627	31
<i>Microrregião Salgueiro</i>							
Cedro	233,5	343,9	0,25	0,56	2,976	0,781	36
Mirandiba	189,6	323,7	0,2	0,53	4,179	0,974	36
Parnamirim	186,3	253,9	0,28	0,59	2,640	0,682	72
Salgueiro	191,7	265,0	0,26	0,59	2,861	0,697	77
São José do Belmonte	214,6	321,8	0,25	0,54	3,045	0,846	66
Serrita	167,9	270,8	0,23	0,57	3,372	0,759	54
Verdejante	141,7	258,4	0,21	0,53	3,717	0,885	32
<i>Microrregião Sertão do Pajeú</i>							
Afogados da Ingazeira	161,5	343,7	0,16	0,52	5,431	0,942	73
Carnaíba	190,6	394,0	0,17	0,46	4,865	1,174	33
Flores	213,6	376,0	0,22	0,52	3,585	0,909	66
Itapetim	172,0	341,1	0,18	0,53	4,525	0,871	31
São José do Egito	144,7	302,2	0,13	0,51	7,026	0,957	59
Serra Talhada	175,4	305,7	0,22	0,55	3,630	0,819	67
Tabira	173,1	375,2	0,19	0,46	4,208	1,165	30
Triunfo	274,9	556,3	0,19	0,49	4,147	1,028	61
<i>Microrregião Sertão do Moxotó</i>							
Arcoverde	103,6	276,6	0,11	0,43	8,124	1,329	59
Betânia	140,8	258,8	0,2	0,5	3,936	1,015	56
Custódia	173,2	401,9	0,15	0,42	5,515	1,356	53
Ibimirim	118,1	218,1	0,18	0,55	4,587	0,806	53
Inajá	94,0	159,2	0,19	0,59	4,236	0,684	40
Sertânia	128,9	297,8	0,15	0,46	5,622	1,175	68
<i>Microrregião Petrolina</i>							
Afrânio-Arizona	136,9	189,6	0,25	0,59	3,018	0,710	48
Cabrobo	147,1	201,0	0,22	0,63	3,608	0,592	70
Dormentes	175,9	233,4	0,2	0,7	4,061	0,433	21
Orocó	148,2	223,2	0,2	0,72	3,902	0,389	27
Petrolina	145,9	158,2	0,29	0,71	2,492	0,405	72
S. M. B. Vista	157,3	190,6	0,27	0,65	2,702	0,544	71
Terra Nova	207,9	333,0	0,22	0,55	3,484	0,830	30
<i>Microrregião Itaparica</i>							
B. S. Francisco	133,2	189,1	0,21	0,65	3,701	0,548	77
Floresta I	159,7	215,7	0,23	0,6	3,321	0,667	72
Petrolândia	113,2	177,5	0,17	0,59	4,787	0,710	51
Tacaratu	116,8	274,3	0,13	0,47	6,862	1,138	67



Apêndice 06 – Parâmetros estatísticos da EC3, na Mesorregião Agreste.

	Xcli	Ycli	Q1	Q4	ix	in	NA
<i>Microrregião Vale do Ipanema</i>							
Aguas Belas	204,4	277,4	0,274	0,555	2,647	0,801	66
Buique	359,7	440,8	0,328	0,577	2,048	0,733	58
Itaíba	281,3	261,5	0,386	0,654	1,593	0,53	34
Pedra	336,2	238,8	0,437	0,765	1,291	0,306	51
Tupanantiga	360,8	333	0,416	0,649	1,406	0,541	35
<i>Microrregião Vale do Ipojuca</i>							
Alagoinha	300,9	170,3	0,494	0,767	1,023	0,304	38
Belo Jardim	320	235,9	0,44	0,657	1,274	0,521	31
Brejo da Madre Deus	271,8	199,6	0,452	0,708	1,211	0,412	37
Cachoeirinha	355,6	268,1	0,44	0,67	1,273	0,493	70
Caruaru	182,1	191,3	0,357	0,607	1,798	0,648	34
Gravatá	178,5	251,5	0,276	0,583	2,622	0,716	56
Pesqueira	186,2	208,9	0,308	0,68	2,242	0,47	48
Poção	289,2	231,5	0,413	0,669	1,422	0,495	60
Sanharó	361,7	236,5	0,475	0,73	1,106	0,37	36
São Bento do Una	325,5	223,1	0,467	0,69	1,139	0,449	31
Sao Caetano	237,1	206,5	0,416	0,622	1,403	0,607	65
<i>Microrregião Alto Capibaribe</i>							
Sta Cruz Capibaribe	211,9	170,2	0,349	0,772	1,863	0,296	29
Surubim	211,9	284,7	0,267	0,552	2,751	0,81	73
Taquaritinga do Norte	342	480,5	0,254	0,555	2,942	0,803	37
Toritama	246,4	198,6	0,395	0,72	1,534	0,388	32
Vertentes	240,5	327,9	0,263	0,558	2,798	0,792	65
<i>Microrregião Médio Capibaribe</i>							
Bom Jardim	431,4	670,1	0,276	0,498	2,618	1,006	79
Cumaru	272,3	442,9	0,269	0,517	2,712	0,934	36
Limoeiro	265,4	438,4	0,254	0,477	2,939	1,096	37
Machados	349,1	556,9	0,271	0,486	2,693	1,059	38
<i>Microrregião Garanhuns</i>							
Bom Conselho	133,5	255,3	0,22	0,498	3,554	1,008	47
Brejão	483	833	0,287	0,477	2,481	1,098	30
Correntes	236,8	477,5	0,229	0,433	3,369	1,309	51
Garanhuns	211,5	356,1	0,231	0,481	3,335	1,078	59
Paranatama	250,6	346,6	0,31	0,529	2,228	0,89	30
Saloá	321,4	305,1	0,43	0,581	1,327	0,722	33
<i>Microrregião Brejo</i>							
Altinho	212,2	255,5	0,315	0,58	2,175	0,725	35
Ibirajuba	214,6	303,1	0,331	0,513	2,018	0,949	30
Panelas	197	258,5	0,316	0,558	2,167	0,793	52

Apêndice 07 – Parâmetros estatísticos da EC4, na Mesorregião Zona da Mata e Litoral.

	<i>Xeli</i>	<i>Yeli</i>	<i>Q1</i>	<i>Q4</i>	<i>ix</i>	<i>in</i>	<i>NA</i>
<i>Microrregião Mata Setentrional</i>							
Aliança	445,1	433,9	0,4135	0,5995	1,4184	0,741	37
Buenos Aires	433,4	453,2	0,406	0,5745	1,4631	0,662	32
Carpina	412,5	406,3	0,408	0,619	1,4500	0,615	44
Condado	556,2	543,4	0,408	0,6115	1,4510	0,635	33
Itambé	540,5	529,9	0,397	0,611	1,5190	0,636	78
Macaparana	384,8	374	0,4115	0,5975	1,4301	0,674	33
Timbaúba	445,1	432,6	0,45	0,606	1,2230	0,65	77
<i>Microrregião Vitória de Santo Antão</i>							
Gloria de Goitá	379,5	414,4	0,383	0,598	1,6110	0,672	33
Vitória Sto. Antão	392,1	367,7	0,4	0,637	1,4970	0,57	69
<i>Microrregião Mata Meridional</i>							
Palmares	557,5	587,4	0,413	0,57	1,4200	0,755	59
Primavera	683,3	848,4	0,3515	0,538	1,8450	0,859	29
Rio Formoso	930,9	850,3	0,439	0,61	1,2780	0,639	41
<i>Região Metropolitana de Recife</i>							
Recife	660,9	657,5	0,387	0,607	1,5840	0,647	59
S. Lourenço Mata	660,9	657,5	0,387	0,607	1,5840	0,647	59