



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS
MESTRADO EM METEOROLOGIA**



**UMA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DOS MODELOS DE PREVISÃO DE
TEMPO PARA AS REGIÕES AGRESTE/LITORAL, CARIRI/CURIMATAU E
SERTÃO DA PARAÍBA**

FABIO GUILHERME BORGES DE AZEVEDO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

ORIENTADOR: Prof. Dr. Mário de Miranda Vilas Boas Ramos Leitão

CAMPINA GRANDE - PB

Agosto de 2003

**UMA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DOS MODELOS DE PREVISÃO DE
TEMPO PARA AS REGIÕES AGRESTE/LITORAL, CARIRI/CURIMATAU E
SERTÃO DA PARAÍBA**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado
em Meteorologia da Universidade Federal de
Campina Grande em cumprimento às
exigências para a obtenção do grau de mestre.

Área de concentração: Meteorologia de Meso e Grande Escalas

Subárea: Sinótica - Dinâmica da Atmosfera

Orientador: Prof. Dr. Mário de Miranda Vilas Boas Ramos Leitão

Campina Grande - PB

Agosto de 2003



A994a Azevedo, Fabio Guilherme Borges de
 Uma avaliação do desempenho dos modelos de previsão
de tempo para as regiões agreste/litoral, cariri/curimatau e sertão da
Paraíba / Fabio Guilherme Borges de Azevedo. - Campina Grande:
UFCCG, 2003.

88p.:il.

Dissertação (Mestrado em Meteorologia) UFCCG/
CCT/DCA

Inclui Bibliografia.

1. Modelos de Previsão de Tempo 2. Prognósticos
3. Precipitação 4. Cobertura de Nuvens


CDU:551.509


FÁBIO GUILHERME BORGES DE AZEVEDO


UMA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DOS MODELOS DE PREVISÃO DE TEMPO
PARA AS REGIÕES AGRESTE/LITORAL, CARIRI/CURIMATAU E SERTÃO DA
PARAÍBA

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 18/8/2003

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. MÁRIO DE MIRANDA VILAS BOAS RAMOS LEITÃO
Departamento de Ciências Atmosféricas
Universidade Federal de Campina Grande


Prof. Dr. ENIO PEREIRA DE SOUZA
Departamento de Ciências Atmosféricas
Universidade Federal de Campina Grande


Prof. Dr. JOSÉ ORIBE ROCHA DE ARAGÃO
Departamento de Oceanografia
Universidade Federal de Pernambuco

DEDICATÓRIA

Dedico todo esforço necessário à conclusão deste trabalho aos meus pais Everaldo Gomes de Azevedo e Maria Antonieta Borges de Azevedo e a minha irmã Ana Emilia Borges de Azevedo pelo incentivo, amor e lições de vida ao longo da caminhada. E a minha noiva Luciene de Oliveira Barbosa pela paciência e companheirismo.

AGRADECIMENTOS

A Deus, o Arquiteto da Criação, onde tudo depende de sua vontade, minha gratidão por chegar até aqui, vitorioso pela conquista obtida depois de tanta luta, incertezas e dificuldades;

Ao curso de Mestrado em Meteorologia do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal de Campina Grande pela oportunidade;

À Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Ensino Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudo;

Ao professor Dr. Mário de Miranda Vilas Boas Ramos Leitão pela orientação, dedicação e apoio constantes;

Ao Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e ao Laboratório de Meteorologia Recursos Hídricos e Sensoriamento Remoto da Paraíba (LMRS-PB), pela concessão de dados e informações;

Aos professores e funcionários do Departamento de Ciências Atmosféricas, em especial a Eyres Diana Ventura Silva e Divanete C. Rocha por estarem sempre dispostas a ajudar;

Aos meus colegas de curso, pelos momentos de alegria e descontração compartilhadas;

Aos meus familiares e amigos por serem força e paciência e por estarem sempre presentes;

E finalmente a todos que direta ou indiretamente contribuíram para realização deste trabalho.

RESUMO

Neste trabalho, são realizados estudos que visam apresentar os desempenhos dos principais modelos meteorológicos usados na previsão de tempo no Brasil: GLOBAL/CPTEC, ETA/CPTEC, MBAR/INMET E NCEP/INMET e ao mesmo tempo contribuir para o aprimoramento da previsão do tempo. A área estudada foi o Estado da Paraíba, a qual foi dividida em três regiões distintas: Agreste/Litoral, Cariri/Curimatau e Sertão. O período analisado foi de janeiro a Dezembro de 2002, sendo a principal variável analisada a Precipitação. Durante este período comparou-se diariamente os prognósticos de chuva de cada modelo mencionado com os dados observados nas estações pluviométricas existentes no Estado, bem como dos prognósticos de nebulosidade com imagens do satélite GOES-8. Os resultados mostraram que no geral em termos de prognóstico de chuva, o modelo GLOBAL/CPTEC foi o que teve o melhor desempenho entre os modelos analisados. Por outro lado, com relação ao prognóstico de cobertura de nuvens, tanto o modelo ETA/CPTEC quanto o MBAR/INMET apresentaram bons desempenhos. Diante disto, poderiam ser desenvolvidos regionalmente mais estudos visando o aprofundamento do conhecimento das condições locais, para que sejam obtidos prognósticos melhores da qualidade da nebulosidade, e assim ter-se prognósticos de precipitação mais eficientes.

ABSTRACT

In this work, studies are conducted to discuss the performances of the main meteorological models used in the forecast of weather in Brazil: GLOBAL/CPTEC, ETA/CPTEC, MBAR/INMET and NCEP/INMET and at the same time contribute to the improvement of the weather forecast. The studied area was the State of Paraíba, which was divided into three different areas: Agreste/Litoral, Cariri/Curimatau and Sertão. The study covered the period from January to December of 2002, and the main analyzed variable is precipitation. During this period the daily prognostic of rain of each model mentioned was compared with the data observed in the pluviometric stations of the State, as well as the prognostics of cloudiness with images of the GOES-8 satellite. The results showed that in terms of rain prognostic, in general, the GLOBAL/CPTEC model had the best performance among the analyzed models. On the other hand, with relation to the prognostic of cloud cover, the model ETA/CPTEC as well as MBAR/INMET presented good performances. Before this, it could be developed regionally more studies in order to improve the knowledge of the local conditions and obtaining better prognostics of the quality of the cloudiness to obtain better precipitation prognostics.

SUMÁRIO

	Pág.
LISTA DE FIGURAS	Xi
LISTA DE TABELAS	Xv
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3. MATERIAL E METODOLOGIA	14
3.1. Descrição dos modelos	14
3.1.1. Modelo ETA/CPTEC	15
3.1.2. Modelo MBAR/INMET	16
3.1.3. Modelo GLOBAL/CPTEC	17
3.1.4. Modelo NCEP/INMET	18
3.2. Métodos	20
3.2.1. Regiões estudadas	20
3.2.2. Distribuição dos postos pluviométricos	21
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
4.1. Análise do desempenho mensal dos modelos	23
4.1.1. Janeiro – 2002	23
4.1.2. Fevereiro	25
4.1.3. Março	26
4.1.4. Abril	27

4.1.5. Maio	28
4.1.6. Junho	29
4.1.7. Julho	31
4.1.8. Agosto	32
4.1.9. Setembro	33
4.1.10. Outubro	34
4.1.11. Novembro	36
4.1.12. Dezembro	37
4.2. Comparação das Precipitações Prognosticadas e Observadas	43
4.3. Análise dos prognósticos de precipitação nos períodos seco e chuvoso	61
4.4. Análise do Prognóstico de Nebulosidade	64
4.4.1. Análise do Prognóstico de Nebulosidade para dois dias	65
4.5. Análise dos Erros Relativos Médios do Período de Estudo	73
5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES	76
5.1. Conclusões	76
5.2. Sugestões	78
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1 - Mapa do Brasil com região Nordeste e Paraíba em destaque. Fonte Rodriguez (2002)	02
Figura 3.1 - Mapa das três regiões pluviométricas da Paraíba estudadas	20
Figura 3.2 - Distribuição espacial dos postos pluviométricos da Paraíba	21
Figura 4.1 - a) Número de dias com chuva e b) Erro relativo dos modelos no mês de janeiro de 2002	24
Figura 4.2 - a) Número de dias com chuva e b) Erro relativo dos modelos no mês de fevereiro de 2002	26
Figura 4.3 - a) Número de dias com chuva e b) Erro relativo dos modelos no mês de março de 2002	27
Figura 4.4 - a) Número de dias com chuva e b) Erro relativo dos modelos no mês de abril de 2002	28
Figura 4.5 - a) Número de dias com chuva e b) Erro relativo dos modelos no mês de maio de 2002	29
Figura 4.6 - a) Número de dias com chuva e b) Erro relativo dos modelos no mês de junho de 2002	30
Figura 4.7 - a) Número de dias com chuva e b) Erro relativo dos modelos no mês de julho de 2002	32
Figura 4.8 - a) Número de dias com chuva e b) Erro relativo dos modelos do mês de agosto de 2002	33
Figura 4.9 - a) Número de dias com chuva e b) Erro relativo dos modelos no mês de setembro de 2002	34
Figura 4.10 - a) Número de dias com chuva e b) Erro relativo dos modelos no mês de outubro de 2002	35
Figura 4.11 - a) Número de dias com chuva e b) Erro relativo dos modelos no mês de novembro de 2002	37

Figura 4.12 - a) Número de dias com chuva e b) Erro relativo dos modelos no mês de dezembro de 2002	38
Figura 4.13 - Topografia do Estado da Paraíba. Fonte : Rodriguez 1985	39
Figura 4.14 - Prognóstico de precipitação: a) modelo ETA para as 12UTC do dia 18/01/02; b) modelo ETA para as 00UTC do dia 19/01/02; e c) modelo GLOBAL para o dia 18/01/02.	44
Figura 4.15 - Prognóstico de precipitação: a) modelo MBAR para as 12UTC do dia 18/01/02; b) modelo MBAR para as 00UTC do dia 19/01/02 ; e c) modelo NCEP para o dia 18/01/02.	45
Figura 4.16 - Precipitação observada no dia 18/01/02.	46
Figura 4.17 - Prognóstico de precipitação: a) modelo ETA para as 12UTC do dia 12/02/02; b) modelo ETA para as 00UTC do dia 13/02/02; e c) modelo GLOBAL para o dia 12/02/02.	47
Figura 4.18 - Prognóstico de precipitação: a) modelo MBAR para as 12UTC do dia 12/02/02; b) modelo MBAR para as 00UTC do dia 13/02/02 ; e c) modelo NCEP para o dia 12/02/02.	48
Figura 4.19 - Precipitação observada no dia 12/02/02.	49
Figura 4.20 - Prognóstico de precipitação: a) modelo ETA para as 12UTC do dia 07/03/02; b) modelo ETA para as 00UTC do dia 08/03/02; e c) modelo GLOBAL para o dia 07/03/02.	50
Figura 4.21 - Prognóstico de precipitação: a) modelo MBAR para as 12UTC do dia 07/03/02; b) modelo MBAR para as 00UTC do dia 08/03/02 ; e c) modelo NCEP para o dia 07/03/02.	51
Figura 4.22 - Precipitação observada no dia 07/03/02.	52
Figura 4.23 - Prognóstico de precipitação: a) modelo ETA para as 12UTC do dia 09/04//02; b) modelo ETA para as 00UTC do dia 10/04/02; e c) modelo GLOBAL para o dia 09/04/02.	53
Figura 4.24 - Prognóstico de precipitação: a) modelo MBAR para as 12UTC do dia 09/04/02; b) modelo MBAR para as 00UTC do dia 10/04/02 ; e c) modelo NCEP para o dia 09/04/02.	54
Figura 4.25 - Precipitação observada no dia 09/04/02.	55

Figura 4.26 - Prognóstico de precipitação: a) modelo ETA para as 12UTC do dia 28/05/02; b) modelo ETA para as 00UTC do dia 29/05/02; e c) modelo GLOBAL para o dia 28/05/02.	56
Figura 4.27 - Prognóstico de precipitação: a) modelo MBAR para as 12UTC do dia 28/05/02; b) modelo MBAR para as 00UTC do dia 29/05/02 ; e c) modelo NCEP para o dia 28/05/02.	57
Figura 4.28 - Precipitação observada para o dia 28/05/02.	58
Figura 4.29 - Prognóstico de precipitação: a) modelo ETA para as 12UTC do dia 28/06/02; b) modelo ETA para as 00UTC do dia 29/06/02; e c) modelo GLOBAL para o dia 28/06/02.	59
Figura 4.30 - Prognóstico de precipitação: a) modelo MBAR para as 12UTC do dia 28/06/02; b) modelo MBAR para as 00UTC do dia 29/06/02 ; e c) modelo NCEP para o dia 28/06/02.	60
Figura 4.31 - Precipitação observada para o dia 28/06/02.	61
Figura 4.32 - Erro relativo para os períodos seco e chuvoso da região Agreste/Litoral.	62
Figura 4.33 - Erro relativo para os períodos seco e chuvoso da região Cariri/Curimatau.	63
Figura 4.34 - Erro relativo para os períodos seco e chuvoso da região do Sertão.	63
Figura 4.35 - Prognóstico de cobertura de nuvens: a) modelo ETA para as 12UTC de 18/01/02 ; b) modelo ETA para as 00UTC de 19/01/02; c) modelo MBAR para as 12UTC de 18/01/02; e d) modelo MBAR para as 00UTC de 19/01/02.	66
Figura 4.36 - Prognóstico de precipitação: a) modelo ETA para as 12UTC de 18/01/02; b) modelo ETA para as 00UTC de 19/01/02 ; c) modelo MBAR para as 12UTC de 18/01/02 ; e d) modelo MBAR para as 00UTC de 19/01/02	67
Figura 4.37 – Imagem do satélite GOES - 8 dia 18/01/02: a) 09:09 UTC; b)12:09 UTC; c) 15:09 UTC; e d) 18:09 UTC.	68
Figura 4.38 - Distribuição espacial da precipitação observada no dia 18/01/02.	69
Figura 4.39 - Prognóstico de cobertura de nuvens: a) modelo ETA para as 12UTC de 31/01/02 ; b) modelo ETA para as 00UTC de 01/02/02; c) modelo MBAR para as 12UTC de 31/01/02; e d) modelo MBAR para as 00UTC de 01/02/02.	70

- Figura 4.40 - Prognóstico de precipitação: a) modelo ETA para as 12UTC de 31/01/02; b) modelo ETA para as 00UTC de 01/02/02 ; c) modelo MBAR para as 12UTC de 31/01/02 ; e d) modelo MBAR para as 00UTC de 01/02/02. 71
- Figura 4.41 - Imagem do satélite GOES - 8 dia 31/01/02: a) 09:09 UTC; b)12:09 UTC; c) 15:09 UTC; e d) 18:09 UTC. 72
- Figura 4.42 - Distribuição espacial da precipitação observada para o dia 31/01/02. 73

LISTA DE TABELAS

	Pág.
Tabela 4.1 - Menor erro relativo mensal entre os modelos de previsão	39
Tabela 4.2a - Erro relativo mensal do prognóstico de dias chuvosos para a região do Agreste/Litoral dos modelos GLOBAL e NCEP	40
Tabela 4.2b - Erro relativo mensal do prognóstico de dias chuvosos para a região do Agreste/Litoral dos modelos ETA e MBAR	40
Tabela 4.3a - Erro relativo mensal do prognóstico de dias chuvosos para a região do Cariri/Curimatau dos modelos GLOBAL e NCEP	41
Tabela 4.3b - Erro relativo mensal do prognóstico de dias chuvosos para a região do Cariri/Curimatau dos modelos ETA e MBAR	41
Tabela 4.4a - Erro relativo mensal do prognóstico de dias chuvosos para a região do Sertão dos modelos GLOBAL e NCEP	42
Tabela 4.4b - Erro relativo mensal do prognóstico de dias chuvosos para a região do Sertão dos modelos ETA e MBAR	42
Tabela 4.5 - Períodos secos e chuvosos das regiões do estado	61
Tabela 4.6a - Erro relativo médio do trimestre chuvoso (Fevereiro - Março - Abril)	74
Tabela 4.6b - Erro relativo médio do quadrimestre chuvoso (Abril - Maio - Junho - Julho)	75
Tabela 4.6c - Erro relativo médio do trimestre seco (Agosto - Setembro - Outubro)	75
Tabela 4.6d - Erro relativo médio do período de (Janeiro a Junho)	75
Tabela 4.6e - Erro relativo médio do período de (Julho a Dezembro)	75
Tabela 4.6f - Erro relativo médio do período de (Janeiro a Dezembro)	75

1 – INTRODUÇÃO

A previsão do tempo é uma das funções básicas importantes dos órgãos operacionais de meteorologia no mundo inteiro. No Brasil, além do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE), vários Centros Estaduais de Meteorologia também efetuam rotineiramente a previsão do tempo.

Esses órgãos operacionais procuram a cada dia melhorar a qualidade de suas previsões. Para tanto, buscam o aperfeiçoamento dos modelos numéricos. Dentro deste contexto, a prática tem mostrado que a qualidade das previsões de variáveis como: pressão, temperatura e vento produzidas por modelos numéricos é superior a da previsão de precipitação, parâmetro que apresenta grande variabilidade espacial e temporal. No entanto, a previsão de precipitação é um dos parâmetros mais utilizados pelo público em geral.

Na região tropical, a variável chuva é muito importante para os diversos setores da sociedade, tendo em vista que representa um fator limitante à implementação de

várias atividades humanas, particularmente aquelas ligadas à agricultura, geração de energia hidroelétrica, transportes e defesa civil.

Em especial, a Região Nordeste do Brasil situada entre 1°S a 18°S e 34°W a 48°W, e abrangendo uma área de 1,6 milhão de km², apresenta em toda sua extensão, precipitação pluviométrica bastante irregular tanto em escala espacial quanto temporal, muito provavelmente devido aos diferentes sistemas meteorológicos que atuam na região. O tempo e o clima nessa região são influenciados por fenômenos associados a várias escalas temporais e espaciais, que vão desde a planetária até a escala local. Dentre os sistemas que atuam no Nordeste, destacam-se: a Zona de Convergência Intertropical (ITCZ); a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS); os Distúrbios Ondulatórios de Leste; os Sistemas Frontais; e os Vórtices Ciclônicos de Ar Superior (VCAS), Roucou et al (1996).

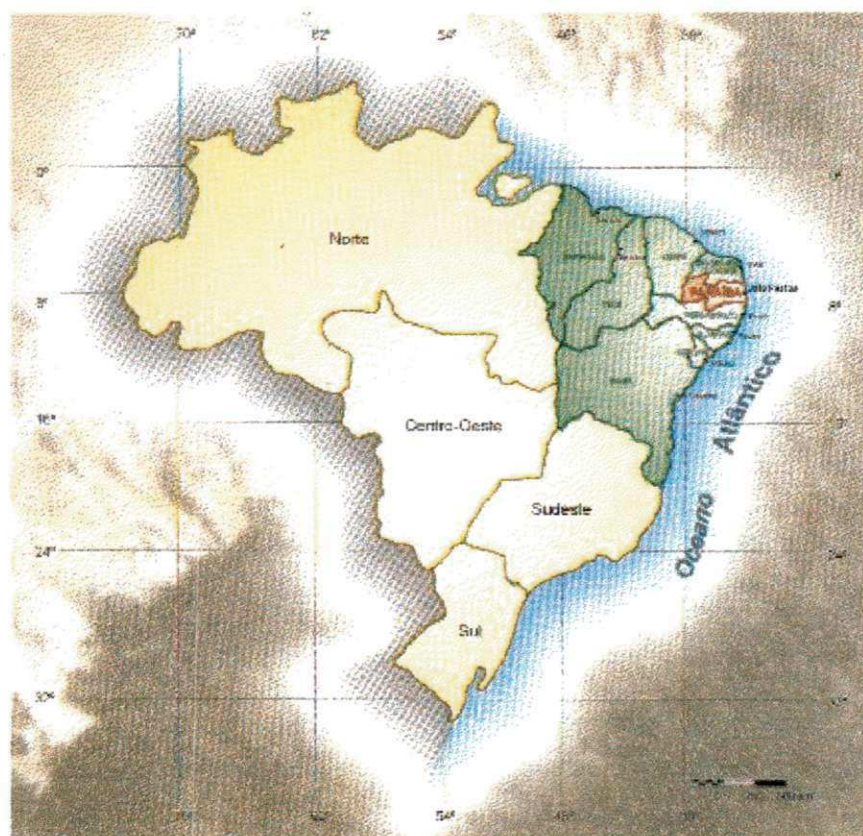


Figura 1.1. Mapa do Brasil com região Nordeste e Paraíba em destaque. Fonte Rodriguez (2002)

Para conhecer e acompanhar as melhorias nas previsões decorrentes dos ajustes dos modelos de previsão numérica de tempo, faz-se necessário o uso de métodos de avaliação e verificação desses modelos (Anthes, 1983). Sabe-se que as previsões com modelos atmosféricos apresentam incertezas, que podem ser decorrentes da representação dos processos físicos do modelo, os quais podem não estar ajustados às condições de determinados locais, ou mesmo da precisão dos cálculos. Muitas vezes, tais incertezas estão associadas à falta de calibração dos modelos às condições regionais e locais. Dentro desse contexto, os métodos de avaliação são capazes de indicar os índices de erros, a destreza e as possíveis limitações dos modelos (Fonseca, 1988).

Diante do exposto, torna-se plenamente justificável esforços no sentido de avaliar e comparar objetivamente as grandezas meteorológicas previstas, quer sejam de interesse do público ou por serem relevantes à determinação da confiabilidade das soluções dos modelos.

O presente estudo tem como objetivo efetuar uma avaliação do desempenho dos modelos MBAR/INMET, NCEP/INMET, GLOBAL/CPTEC e ETA/CPTEC, nas regiões Agreste/Litoral, Cariri/Curimatau e Sertão da Paraíba, comparando os prognósticos de chuvas e de cobertura de nuvens aos respectivos dados observados, visando conhecer os índices de acerto e o grau de confiabilidade desses modelos.

2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Distúrbios Ondulatórios de Leste - Sistemas que influenciam diretamente a precipitação do NEB, e se caracterizam por aglomerados de nuvens que se deslocam de leste para oeste, propagando-se sobre o Atlântico, desde a África até a costa leste brasileira, na faixa de latitude compreendida de 5°S a 15°S. Essa configuração, ao atingir o litoral leste do NEB, provoca chuvas sobre toda a região costeira e parte do agreste. Essas bandas de nebulosidade são vistas principalmente nos meses de inverno no Hemisfério Sul (Yamazaki e Rao, 1977).

Sistemas Frontais - podem atuar durante o ano todo, desempenhando um importante papel na pluviosidade da parte sul do NEB (Bahia). Também estão associados a um aumento da precipitação ao longo da costa leste do nordeste (desde a Bahia até o Rio Grande do Norte) durante o outono e o inverno (Kousky, 1979).

Vórtices Ciclônicos de Ar Superior (VCAS) - originam-se na parte subtropical do Atlântico Sul e Pacífico Sul principalmente nos meses de verão. No nordeste da América do Sul e áreas oceânicas, formam-se ou intensificam-se com a aproximação de um sistema frontal. Durante seu desenvolvimento, ao adentrar o continente (NEB), na periferia do vórtice em direção ao movimento geram atividade de cumulus e precipitação, enquanto na retaguarda e no centro do vórtice deixam o céu claro, como consequência dos movimentos subsidentes existentes em seu núcleo (Kousky & Gan, 1981).

A Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) - caracteriza-se pela presença de uma banda de nebulosidade que se estende desde a Amazônia até a porção subtropical do Atlântico Sul. A ZCAS é um sistema típico de verão e atua principalmente nas regiões sudeste e centro-oeste do país, e também algumas vezes no sul da Bahia (Quadro, 1994).

Chou et al. (1998) avaliaram a qualidade das previsões de precipitação do Modelo Regional ETA para o período de fevereiro de 1997 a janeiro de 1998, na América do Sul, subdividindo-a em três regiões: Norte, Nordeste e Centro-Sul. Utilizaram para tal índices estatísticos (ETS e BIAS) para previsões de chuva nos períodos de T+24h, T+36h, T+48h e T+60h. Verificaram que o modelo mostrou ser bom indicador de ocorrência de chuvas, porém geralmente superestimando as chuvas moderadas, e subestimando as chuvas intensas. Na região Centro-Sul, o modelo apresentou valores de BIAS e ETS bons, enquanto no Nordeste mostrou uma tendência em superestimar a precipitação nas estações chuvosas e a subestimar sistematicamente, nas estações secas.

Bitencourt (1998) analisou o desempenho das previsões de tempo do modelo global do CPTEC/COLA em duas áreas: a primeira incluindo a região tropical Sul americana e parte da América Central e a segunda incluindo regiões subtropicais e extratropicais da América do Sul. Para isso, calculou o coeficiente de correlação entre as anomalias da previsão e as anomalias das análises correspondentes para as duas áreas das seguintes variáveis (umidade específica, temperatura virtual, altura geopotential, ventos zonal e meridional). As previsões foram feitas com antecedência de 24 a 144 horas para os dias 6, 7 e 8 de maio de 1996. Ele verificou que as previsões para a área extratropical foram melhores que as previsões para a área tropical.

Rodrigues et al (1998) fizeram um estudo de caso para verificar a destreza dos parâmetros do modelo de circulação geral do CPTEC (omega, convergência de umidade e vento) em prever, para o Estado de Pernambuco, os sistemas atuantes entre 18 e 19 de janeiro de 1998, afim de saber qual deles poderia melhor auxiliar as previsões realizadas pelo Departamento de Hidrometeorologia (DEHM), e identificar os sistemas meteorológicos atuantes no NEB, e mais especificamente no estado de Pernambuco. Verificaram que os três parâmetros (omega, convergência de umidade e vento) podem ser utilizados satisfatoriamente para a previsão de 24 horas em Pernambuco nos meses de verão, bem como sistemas atuantes como a Alta da Bolívia, Cavado, VCAS e as instabilidades associadas à frente fria influenciam as precipitações que ocorreram em Pernambuco no período estudado.

Damião (1999) afirma que os sistemas atmosféricos de mesoescala contribuem de forma significativa para o regime pluviométrico do Nordeste, através da precipitação associada a estes sistemas na presença de um cenário sinótico favorável. Tais situações de convecção organizada, resultantes da interação entre as diversas escalas, são determinantes na definição da qualidade da estação chuvosa sob o ponto de vista hidrológico.

A Zona de Convergência Intertropical (ITCZ) - formada a partir da interação da zona de confluência dos ventos alísios, a região do cavado equatorial, as áreas de máxima temperatura da superfície do mar e de máxima convergência de massa, bem como seu posicionamento é de extrema importância na qualidade da estação chuvosa sobre o setor norte do NEB (Uvo, 1989). Embora, climatologicamente, a ITCZ atue mais no período de março a maio, pode também contribuir para a precipitação dessa região em janeiro e fevereiro. A qualidade da estação chuvosa do NEB, depende fortemente do período de atuação da ITCZ sobre a região.

Rozante et al (2000) apresentaram uma avaliação da importância do aumento da resolução do modelo regional ETA na qualidade da previsão. Eles estudaram o primeiro episódio frio, ocorrido na segunda quinzena de abril de 1999 na região Sul do Brasil. Configuraram então o modelo para as seguintes resoluções horizontal e vertical (40km_38Lo, 40km_38Lr, 20km_38L e 20km_50L) e compararam as análises com dados observados de temperatura do ar a superfície e pressão ao nível médio do mar. Verificaram que, para o evento estudado, o aumento da resolução melhora a qualidade das previsões de tempo das variáveis estudadas.

Alves et al (2000), apresentaram um estudo do desempenho do modelo ETA em prever precipitação, para os períodos de novembro de 1998 a janeiro de 1999 (NDJ) e junho a agosto de 1999 (JJA), sobre o Brasil. Para isso, compararam simulações de precipitação mensais geradas pelo modelo com os dados observados, utilizando como critério a frequência de dias com chuva, considerando, entre outros aspectos, as categorias de chuva leve, moderada e forte. Verificaram que, para os trimestres NDJ e JJA, o resultado do modelo apresentou uma configuração espacial similar a dos dados observados, porém não simulou bem a ocorrência de dias com chuva forte para ambos os períodos analisados.

Lucena (2001), ao avaliar o impacto das perturbações na temperatura da superfície do mar (TSM) do oceano Atlântico sobre a precipitação do Nordeste do Brasil - NEB, observou que o aumento da TSM na região do oceano Atlântico adjacente à costa do NEB causa impacto positivo na precipitação da região leste do estado da Paraíba, o que é mais bem configurado no período seco do que no chuvoso.

Cavalcanti et al. (2001) apresentaram as características climáticas de uma simulação do modelo de circulação global da atmosfera do CPTEC/COLA, o qual foi integrado com nove condições iniciais, tendo como condição de contorno a TSM mensal observada por 10 anos (1982-1991) para obter uma climatologia e analisar a variabilidade interanual e o desempenho do modelo. Concluíram que o modelo foi capaz de simular as características do clima global e os resultados consistentes com as análises de outros MCGA. Entre outros resultados, verificaram que a variabilidade sazonal foi bem representada em todas as variáveis analisadas e que a variabilidade espacial da precipitação também foi bem simulada. Porém, houve superestimação da precipitação na parte sul da

Zona de Convergência do Atlântico Sul e subestimação na Amazônia em relação aos dados observados.

Marengo et al. (2001), analisando os resultados da simulação de Cavalcanti et al. (2001), concluíram que a variabilidade climática interanual no Nordeste do Brasil, e na Amazônia, entre outras regiões, é bem simulada pelo modelo, o qual exibiu menor destreza da precipitação nas regiões de monções do globo e sul da África, mas capturou bem os conhecidos sinais de anomalias de precipitação e circulação do El Niño de 1982-83, indicando sua sensibilidade a uma forte forçante externa. Concluíram também que, em anos normais, a variabilidade climática interna pode afetar a previsibilidade do clima em diversas regiões, especialmente nas áreas de monções do globo.

Dereczynski et al. (2002) avaliaram a performance do modelo global do CPTEC em prever a frequência de distúrbios transientes, e em configurar sistemas climatológicos com o objetivo de definir os principais fatores limitantes à previsão climática na Região Nordeste do Brasil. Para isso, foram analisadas as saídas diárias de 25 membros da previsão por conjunto do modelo para os meses de março, abril e maio de 1997 e comparadas com os campos de pressão atmosférica ao nível médio do mar (hPa), ventos ($m.s^{-1}$), convergência dos ventos (s^{-1}), precipitação ($mm.dia^{-1}$), mapas médios de previsão da radiação de onda longa (ROL), anomalias dos campos de precipitação e Imagens do satélite METEOSAT-5 no canal infravermelho (IR). Verificaram que, o desempenho da previsão do conjunto para o campo de precipitação foi muito boa. Os resultados mostraram também que o modelo previu um número de sistemas frontais e de VCAS inferior ao observado. As análises desenvolvidas sugeriram ainda que os sistemas

transientes nos baixos níveis foram os grandes responsáveis pela qualidade da previsão de precipitação.

Machado et al. (2002), usando os índices estatísticos BIAS e RMS, compararam o prognóstico da pressão ao nível médio do mar com as análises dos três modelos operacionais rodados pelo CPTEC (o regional ETA e os GLOBAIS T062 e T126), para os Trópicos e Extratropicos durante o período de março de 2001 a fevereiro de 2002, considerando as correspondentes estações do ano. Verificaram que os modelos apresentam uma tendência de subestimação da pressão ao nível médio do mar nos Trópicos, com erros decrescentes e superestimação nos Extratropicos, porém os erros são crescentes com aumento do prazo de previsão. Também verificaram que os valores de BIAS e RMS foram menores nos Trópicos que nos Extratropicos, indicando que esta região apresentou maior previsibilidade.

Haas et al. (2002), comparando precipitações observadas com os prognósticos meteorológicos gerados pelos modelos regionais de previsão do tempo ETA e MBAR, para o período de 12 de setembro a 9 de outubro de 2000, nas cidades de Palmas e Guarapuava (PR), verificaram que tanto os parâmetros estatísticos (BIAS e RMS), como as análises qualitativas, indicaram que o modelo MBAR foi mais adequado que o ETA para prever precipitação, visto que o MBAR apresentou valores razoavelmente semelhantes às precipitações observadas.

Palmeira et al. (2002) analisaram a sensibilidade do modelo ETA à condição inicial (determinadas por análises operacionais do NCEP as 00UTC) sobre o Sudeste do Brasil, para o período de dezembro de 2001. Para isso, compararam as análises do modelo

ETA com as análises do NCEP a cada 6 horas, e com a precipitação observada, para um período de 72 horas. Verificaram que, em relação a variável prognosticada, o modelo ETA gerou menores erros e variabilidade que as análises do NCEP nas primeiras 24 horas, no entanto, ambos aumentaram com o período de integração.

Silveira et al. (2002) apresentaram uma análise dos prognósticos do MBAR para outubro de 2001, em localidades próximas à Bahia, Minas Gerais e Rio de Janeiro. Comparando os valores previstos pelo modelo e pelas análises correspondentes para as seguintes variáveis (geopotencial, temperatura e umidade relativa), para 5 níveis de altitude (850 hPa, 500 hPa, 300 hPa, 200 hPa e 100 hPa), através do erro quadrático médio e Bias. Verificaram que as previsões pioravam quanto maior fosse o período do prognóstico, bem como para níveis mais altos.

Bustamante et al (2002) apresentaram uma verificação do método de atualização da temperatura da superfície do mar (SST) e o impacto desta sobre as previsões do modelo regional ETA, utilizando para tal, três pontos, um no Atlântico Sul em 35°S/35°W; outro no Atlântico Equatorial em 5°N/35°W e um terceiro sobre o oceano Pacífico em 30°S/80°W. Portanto, fizeram dois experimentos com prazo de integração de três meses, a começar do dia 27/11/01: o primeiro com SST fixa e o segundo com SST atualizada. Verificaram que o maior impacto da atualização de SST foi observado sobre o campo de precipitação e que os valores previstos pelo modelo, em geral, foram mais próximos dos observados principalmente sobre a região Nordeste do Brasil

Branco et al (2002) testaram a sensibilidade do Modelo Regional ETA quanto ao domínio e à resolução, em um caso da passagem de uma frente fria intensa, sobre o Sul e Sudeste do Brasil, durante o período de 01 a 08 de maio de 2001. Para isso, fizeram uma comparação entre os resultados numéricos, dados observacionais de precipitação, temperatura, análises do MCG do NCEP e imagens de satélite, utilizando um período de 186 horas de integração do modelo e 38 níveis verticais em quatro experimentos com as seguintes resoluções horizontais e domínios, respectivamente (40km e toda a América do Sul; 40km e entre os paralelos de 8°N e 35°S; 17km e entre os paralelos de 8°N e 35°S; e 17km e a região Sudeste do Brasil e parte do Oceano Atlântico). Verificaram que, o Exp4 foi o que melhor capturou o padrão de grande escala da análise e sua variabilidade, como também que o aumento da resolução e a diminuição do domínio ocasionou uma redistribuição dos máximos de precipitação e da localização da frente.

Souza (2002) avaliaram a precisão do modelo Global (T062) do CPTEC quanto as previsões da posição e intensidade de alguns sistemas atmosféricos, para o período de outubro de 1999, na América do Sul. Para tanto, comparando resultados de um esquema numérico desenvolvido pela mesma, com previsões e análises do modelo, imagens de satélites meteorológicos, campos de linhas de corrente e magnitude do vento, vorticidade relativa e divergência horizontal para os níveis de 850, 700, 500 e 200 hPa. Verificou que o modelo apresentou melhor precisão para as previsões da posição dos sistemas do que para intensidade dos mesmos.

Pesquero et al (2002) fizeram uma avaliação do modelo Global (T062L28) do CPTEC com relação à previsão e as trajetórias dos sistemas transientes de alta e baixa pressão, para o período de setembro de 1998 a agosto de 1999, no Hemisfério Sul. Para

isso compararam resultados de um esquema numérico desenvolvido pelo mesmo, com campos de pressão ao nível médio do mar previstos com antecedências de 24, 48, 72, 96 e 120 h e análises do NCEP. Verificaram que o modelo tende a prever ciclones mais rápidos em todos os períodos e horários, exceto no verão após 72 horas. Com relação à variação da pressão em 24 horas, o modelo teve melhor desempenho em prever a intensificação de sistemas de baixa pressão do que seu enfraquecimento.

Moura et al (2002) avaliaram o desempenho dos modelos operacionais do CPTEC, para prever o posicionamento de Sistemas Frontais no período de janeiro a março de 2002, no Brasil, comparando as previsões para 24, 48 e 72 horas, com o posicionamento do Sistema Frontal, obtido através de cartas sinóticas, imagens de satélite e análises do NCEP das 00 e 12 UTC. Verificaram que o modelo regional foi o que apresentou o melhor desempenho, e que a inicialização dos modelos com a análise das 12 UTC proporcionou um percentual de acerto maior.

3 - MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - Descrição dos modelos

Os modelos de circulação geral (MCG) e os modelos regionais da atmosfera (MR) são hoje as ferramentas mais importantes para a previsão numérica de tempo em todo mundo. Os MCG têm demonstrado bom comportamento na representação de sistemas de larga escala e de padrões climáticos.

Entretanto, devido ao fato da atmosfera possuir um amplo espectro de fenômenos em diversas escalas de tempo e de espaço, os MCG possuem limitações na representação de alguns fenômenos, principalmente os de meso e microescala. Nestas escalas o uso de modelos regionais têm conseguido melhorar a representação do modelo global na previsão de tempo. Essa melhoria está fortemente associada ao uso de maior resolução dos MR. Uma maior resolução permite a representação mais realista das condições de contorno, como topografia, linhas costeiras, solo e vegetação, entre outros.

O Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) integra operacionalmente os seguintes modelos de previsão de tempo: modelo regional ETA (40

km) (Chou, 1996); modelo global CPTEC/COLA T062 (200km) e modelo global T126 (100 km) (Bonatti, 1996). O modelo ETA é integrado para 72h, utilizando as análises do NCEP como condições iniciais e as previsões do CPTEC/COLA (T062) como contornos laterais, enquanto os globais são integrados para 168 horas.

3.1.1 - Modelo ETA/CPTEC

Este é um modelo de aplicação regional, desenvolvido na Universidade de Belgrado, Iugoslávia, operacionalizado pelo NCEP (National Centers for Environmental Prediction), que vem sendo integrado pelo CPTEC desde dezembro de 1996. Além do CPTEC, o modelo ETA também é usado operacionalmente pelos centros de previsão do tempo de diferentes países como: Iugoslávia (Federal Hydrometeorological Institute, FHMI); Estados Unidos da América (National Centers for Environmental Prediction, NCEP); África do Sul (South African Weather Bureau, SAWB); Turquia (Turkish Meteorological Service); Grécia (Hellenic National Meteorological Service).

Em relação às parametrizações físicas, os processos turbulentos são tratados através do esquema de Mellor e Yamada (1974 e 1982). A parametrização de radiação de onda longa (Fels e Schwarzkopf, 1975) e curta (Lacis e Hansen, 1974) foi desenvolvida no Geophysical Fluid Dynamics Laboratory. Para parametrizar a convecção o modelo utiliza o esquema de Betts e Miller (1986) modificado (Janic, 1994), enquanto o balanço hídrico é calculado pelo esquema OSU (Chen et al., 1997).

Algumas características operacionais: o domínio do ETA abrange a maior parte da América do Sul e dos oceanos Atlântico e Pacífico, estendendo-se de 45° S a 10,2° N e de 78,2° W a 28,6° W. A resolução horizontal é de 0,40° (aproximadamente 40km) e a resolução vertical de 38 camadas. O modelo é integrado duas vezes por dia, às

00:00 e 12:00 UTC. Utiliza como condição inicial a análise fornecida pelo NCEP e como condições de contorno as previsões do modelo global CPTEC/COLA, atualizadas a cada 6 horas. Os prognósticos do modelo ETA se estendem por um período de 60 horas.

3.1.2 - Modelo MBAR/INMET

O Modelo Brasileiro de Alta Resolução (MBAR) teve sua instalação no INMET em 1999. Esse nome surgiu da combinação do nome original em inglês High Resolution Model (HRM), cujo significado é Modelo de Alta Resolução, com o adicionamento da antiga unidade de pressão: milibar. Esse modelo, desenvolvido e mantido pelo Serviço Meteorológico Alemão (Deutscher Wetterdienst, DWD), foi gratuitamente cedido ao INMET através de uma cooperação técnico-científica.

Em relação às parametrizações físicas, o MBAR utiliza as seguintes: esquema de radiação delta dois fluxos segundo Ritter e Geleyn (1992), incluindo fluxos de radiação de onda longa e onda curta; retorno total da radiação das nuvens; derivação diagnóstica da cobertura parcial de nuvens; esquema de precipitação resolvido pela parametrização da microfísica de nuvens, baseado em Kessler (1969); esquema de convecção do fluxo de massa segue Tiedtke (1989), diferenciando entre convecção profunda, rasa e de nível médio; esquema de nível-2 de difusão vertical na atmosfera basea-se em Mellor e Yamada (1974), com a teoria de similaridade na superfície resolvida conforme Louis (1979); modelo de solo de duas camadas, inclui armazenamento e interceptação da neve conforme Dickison (1984).

Algumas características operacionais: o MBAR é processado num domínio que cobre quase toda a América do Sul, estendendo-se de 40° S a 9,75° N e de 86° W a 32° W. O espaçamento horizontal médio é de 0,25° (aproximadamente 25 km) e tem 21

camadas na vertical. O modelo é inicializado às 00 e 12 UTC com as análises do Modelo Global Alemão (GME), para previsões de até 78 horas para algumas variáveis e 48 horas para precipitação, utilizando como fronteiras laterais as previsões do referido modelo global, que também é um modelo em pontos de grade icosaedral-hexagonal. Devido o espaçamento de grade do modelo global (~60 km) ser maior do que o do MBAR, as fronteiras e análises precisam ser interpoladas para o espaçamento do MBAR. Uma vez processado o modelo, obtêm-se diversas variáveis prognósticas e diagnósticas.

3.1.3 - Modelo GLOBAL/CPTEC

O modelo global, em uso no CPTEC desde 1995, teve sua origem no NCEP e foi modificado pelo Center for Ocean-Land-Atmosphere Studies (COLA/EUA) nas décadas de 80/90, e pelo CPTEC nos últimos 10 anos. É um modelo espectral e tem coordenadas horizontais esféricas e vertical sigma (pressão do nível normalizada pela pressão de superfície no ponto considerado). Possui truncamento triangular e tem condições de contorno dadas por velocidade vertical sigma nula no topo e na superfície, usa topografia espectralmente truncada, dióxido de carbono constante, temperatura da superfície do mar e gelo do mar pré-fixados. Usa como condição inicial campos climatológicos de umidade do solo e neve. A parte dinâmica do modelo usa as equações espectrais primitivas em forma de divergência e vorticidade, temperatura virtual, umidade específica e logaritmo natural da pressão à superfície. Possui um procedimento de inicialização diabática não-linear por modos normais. Usa diferenças finitas na vertical e o esquema de integração no tempo é o semiimplícito com filtro de Asselin. Os processos físicos considerados são descritos a seguir. Na superfície sobre o continente usa um modelo biológico simplificado e sobre o oceano um esquema aerodinâmico tipo "bulk". A

camada limite planetária é tratada com um esquema de difusão vertical turbulenta com fechamento de segunda ordem Mellor e Yamada (1974), considerando também os efeitos do arraste devido às ondas de gravidade. Tem um tratamento para a radiação solar ativado a cada hora de integração e para radiação de onda longa a cada três horas segundo Davies (1982). A convecção profunda principal é do tipo Kuo (1974), modificado por Anthes (1977), possuindo uma opção para um esquema do tipo Arakawa-Schubert Relaxado (Moorthi e Soares, 1991). A convecção rasa é do tipo difusiva seguindo o esquema de Tiedke (1984). Possui esquemas de ajustamentos para a precipitação na escala da grade, difusão horizontal bi-harmônica e esquema difusivo para controle de instabilidade computacional.

3.1.4 Modelo NCEP/INMET

É um modelo numérico baseado na estrutura do modelo espectral global do National Center for Environmental Predictions, conhecido como MRF ou AVN. É um modelo atmosférico de área limitada utilizado principalmente para previsões diárias de tempo, e/ou simulações e previsões de clima.

A dinâmica do sistema pode ser hidrostática ou não-hidrostática. A diferença horizontal é obtida através de computação espectral pelo método das perturbações. A diferença vertical é computada através do método de diferenças finitas. A física do modelo é apresentada por meio de radiação, balanço de energia a superfície, leis físicas da camada limite planetária, ondas de gravidade, convecção rasa, convecção de cumulus, precipitação de grande escala e um modelo do solo. Por causa da aplicação das condições de mesoescala, algumas físicas de mesoescala são planejadas e adicionadas, como esquema de prognóstico de nuvens.

Operacionalmente as características são as de grandezas da forma espectral para uma grade Gaussiana para cálculo de quantidades não-lineares e físicas, resolução Horizontal equivalente a uma grade de aproximadamente $0,5^\circ \times 0,5^\circ$ de latitude/longitude, resolução vertical variando da superfície da terra ($\sigma=1$) para o topo da atmosfera ($\sigma=0$), e dividido em 64 níveis e a integração de tempo principal é leapfrog para os termos de advecção não-linear, e semi-implícito para ondas de gravidade, advecção zonal de vorticidade e umidade.

Em termos de parametrizações físicas; a formulação de radiação de ondas curtas é feita pela técnica de multi-bandas que seguem a aproximação de Slingo (1989), Chou et al. (1998). Essa formulação inclui absorção por vapor de água, ozônio, gás carbônico, nuvens, aerossóis e oxigênio; a radiação de ondas longas segue o método de troca simplificada de Fels e Schwarzkopf (1975) e Schwarzkopf e Fels (1991), com o cálculo em cima de faixas espectrais associadas com gás carbônico, vapor de água, e ozônio; as ondas de gravidade são simuladas segundo Alpert et al. (1988), a qual inclui a determinação do fluxo de impulso(momentum) devido as ondas de gravidade à superfície, como também em níveis mais altos; A convecção profunda é simulada por Pan e Wu (1994), a qual está baseado em Arakawa e Schubert(1974) e simplificada por Grell (1993). A convecção Rasa que segue Tiedtke (1983), é parametrizada como uma extensão do esquema de difusão vertical; a fração de nuvens, a qual a área do ponto de grade é coberta é computada diagnosticamente seguindo a aproximação de Xu e Randall (1996).

3.2 – MÉTODOS

3.2.1 – Regiões estudadas

Para avaliar o desempenho dos modelos GLOBAL, NCEP, MBAR e ETA, quanto ao prognóstico de precipitação nas regiões do Agreste/Litoral, Cariri/Curimatau e Sertão da Paraíba, indicadas na Figura 3.1, foram comparados, para o período de 01/01/2002 a 31/12/2002, os prognósticos de precipitação de cada modelo para 24 horas, com a ocorrência de chuva observada no mesmo intervalo de tempo.



Figura 3.1 Mapa das três regiões pluviométricas da Paraíba estudadas.

3.2.2- Distribuição dos postos pluviométricos

Para a comparação mencionada anteriormente, foram utilizados as observações diárias de precipitação registradas em 222 postos da Paraíba, o que compreende 79 postos no Agreste/Litoral; 55 postos no Cariri/Curimatau e 88 postos no Sertão, conforme indica a Figura 3.2.

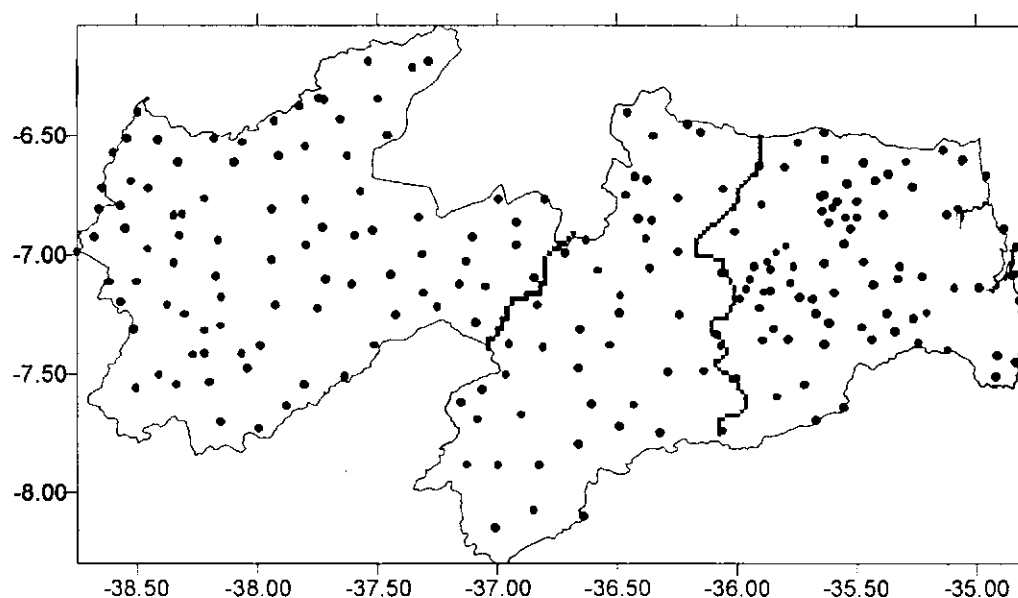


Figura 3.2 Distribuição espacial dos postos pluviométricos da Paraíba.

Também, visando avaliar o desempenho dos modelos em prever a cobertura de nuvens, foram efetuadas análises comparativas dos respectivos prognósticos com o real desenvolvimento de nebulosidade, tomando-se como base imagens do satélite GOES-8.

Por fim, considerando que é importante avaliar a eficiência dos modelos de previsão do tempo, serão utilizados parâmetros estatísticos para quantificar os erros/acertos dos prognósticos. Essa quantificação permite avaliar o desempenho dos modelos,

ou seja, usando-se a diferença entre o valor observado e o valor previsto, podem-se medir os erros absoluto e relativo.

O erro absoluto, indicado por E_A é dado pela equação (1).

$$E_A = P_O - P_P \quad (1)$$

e o erro relativo, indicado por E_R , é dado pela equação (2).

$$E_R = \frac{P_O - P_P}{P_O} \quad (2)$$

em que: P_P - Número de dias chuvosos prognosticados

P_O - Número de dias chuvosos observados

Para avaliar a habilidade dos modelos em prognosticar chuva, utilizou-se o erro relativo. Na prática os valores dos erros absoluto e relativo são considerados em módulo, mas aqui, convencionou-se que, os valores de ER negativos indicam subestimação do valor observado, enquanto os valores de ER positivos indicam sobrestimação. O erro relativo, por ser uma quantidade adimensional, será representado na forma de percentagem.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1- Análise do desempenho mensal dos modelos

4.1.1 Janeiro - 2002

Observou-se que durante o mês de janeiro na região do Litoral, enquanto houve 16 dias chuvosos, o modelo do NCEP previu chuvas em 22 dias e o MBAR em 24 dias. Por outro lado, os modelos GLOBAL e ETA previram chuvas em 12 e 9 dias, respectivamente. Desse modo, enquanto os modelos NCEP e MBAR sobestimaram o número de dias com ocorrência de chuva, o GLOBAL e o ETA o subestimaram. Em termos de erro relativo, o modelo que apresentou o melhor desempenho foi o modelo Global, com um erro de -25%. Na região do Cariri, observou-se que durante o mês de janeiro houve 19 dias chuvosos, no entanto os modelos GLOBAL e MBAR previram chuvas em 12 dias, o ETA previu chuvas em 5 dias. Já o modelo do NCEP previu chuvas em 19 dias. Desse modo, durante o mês de janeiro de 2002, enquanto os modelos

GLOBAL, MBAR e principalmente o ETA subestimaram o número de dias com chuva na região do Cariri, o modelo do NCEP foi bastante preciso, acertando 100% dos dias chuvosos. Na região do Sertão, enquanto durante o mês de janeiro foram registradas chuvas em 27 dias, os modelos NCEP, GLOBAL, ETA, MBAR previram chuvas em 16, 14, 12 e 8 dias, respectivamente. Desse modo verificou-se que, no Sertão os quatro modelos analisados subestimaram o número de dias com chuva. Diante do exposto, embora o modelo NCEP tenha apresentado o melhor desempenho, seu erro relativo de -40,7% foi bastante considerável. Como mostra a figura 4.1(b), no mês de janeiro considerando as três regiões, o modelo NCEP, teve o melhor desempenho médio, seguido do modelo GLOBAL.

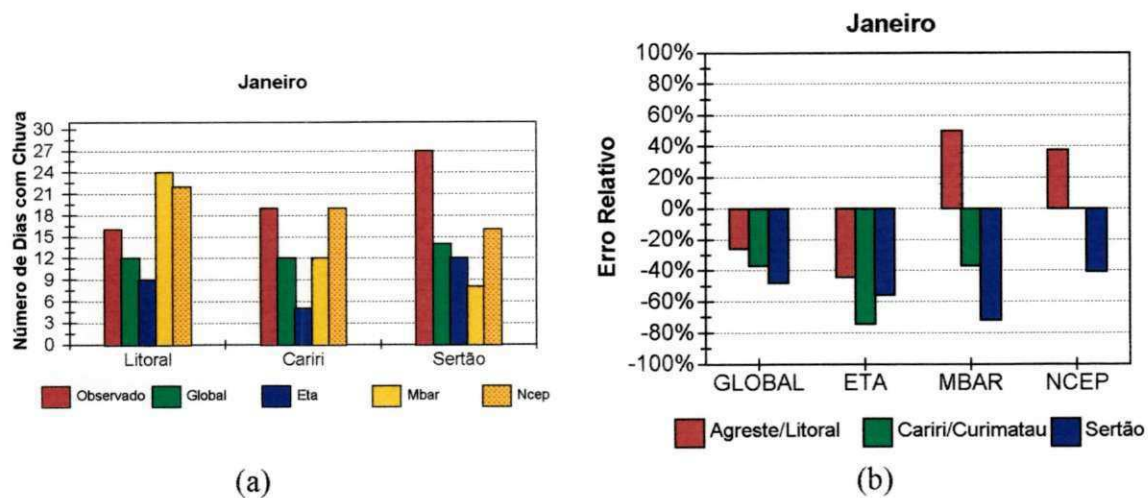


Figura 4.1 - a) Número de dias com chuva e b) Erro relativo dos modelos no mês de janeiro de 2002

4.1.2 Fevereiro - 2002

Da mesma forma, durante o mês de fevereiro na região do Litoral, enquanto houve 10 dias chuvosos, os modelos GLOBAL, NCEP previram chuvas em 7 e 4 dias respectivamente, e o ETA previu chuva em apenas 1 dia. Por outro lado, o modelo MBAR previu chuva em 14 dias. Desse modo, enquanto os modelos GLOBAL, NCEP e ETA subestimaram o número de dias com chuva, o MBAR sobrestimou o número de dias com chuva. Esses resultados mostram que em termos de erro relativo, o modelo que apresentou o melhor desempenho foi o modelo Global, com um erro de -30%, enquanto, o modelo ETA teve o pior desempenho, apresentando um erro de -90%. Na região do Cariri, durante o mês de fevereiro houve chuva em 8 dias, porém os modelos GLOBAL e NCEP previram chuvas em 6 e 4 dias respectivamente, enquanto o ETA previu chuva em apenas 1 dia. Já o MBAR previu chuva em 8 dias. Desse modo, enquanto os modelos GLOBAL, NCEP e ETA subestimaram o número de dias com chuva, o MBAR foi muito preciso, acertando 100%. Na região do Sertão, observou-se que durante fevereiro houve 15 dias chuvosos, entretanto os modelos MBAR, NCEP, GLOBAL, ETA, previram chuvas em 8, 6, 5 e 5 dias, respectivamente. Ou seja, todos os modelos subestimaram o número de dias com chuva. Desse modo, em termos de erro relativo, mesmo o modelo MBAR tendo apresentado o melhor desempenho, teve um erro de -46,7%, o que representa em média um erro para cada acerto. Como mostra na figura 4.2(b), no mês de fevereiro, considerando todas as regiões, o melhor desempenho foi do modelo MBAR, seguido do modelo GLOBAL.

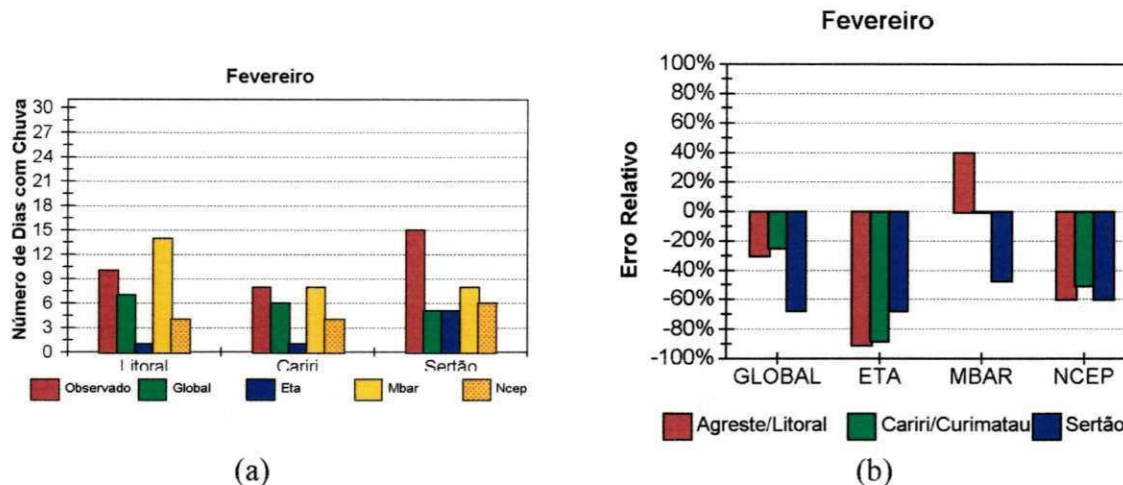


Figura 4.2 - a) Número de dias com chuva e b) Erro relativo dos modelos no mês de fevereiro 2002

4.1.3 Março - 2002

Durante o mês de março na região do Litoral, enquanto houve 12 dias chuvosos, os modelos NCEP, GLOBAL e ETA previram chuvas em 7, 5 e 5 dias respectivamente. Já o MBAR previu chuva em 13 dias. Desse modo, enquanto os modelos NCEP, GLOBAL e ETA subestimaram o número de dias com chuva, o MBAR sobrestimou. Esses números indicam que, em termos de erro relativo, o modelo que apresentou o melhor desempenho foi o modelo MBAR, com um erro de 8%, sendo este sobrestimado. Já na região do Cariri, observou-se que durante o mês de março houve 8 dias chuvosos, os modelos ETA e NCEP previram chuvas em 1 e 6 dias respectivamente, enquanto o GLOBAL e o MBAR previam chuvas em 8 dias. Desse modo, enquanto os modelos NCEP e ETA subestimaram o número de dias com chuva, o MBAR e o GLOBAL foram muito precisos, acertando 100%. Por outro lado, na região do Sertão, observou-se que durante o mês de março houve 12 dias chuvosos, e os modelos GLOBAL, MBAR, NCEP e ETA, previram chuvas em 9, 7, 5 e 5 dias respectivamente. Todos subestimando o

número de dias com chuva. Esses números indicam que em termos de erro relativo, o modelo que apresentou o melhor desempenho foi o modelo GLOBAL, com um erro de -25,0%. Como pode ser observado na figura 4.3(b), em março o melhor desempenho foi também do modelo MBAR, seguido do modelo GLOBAL.

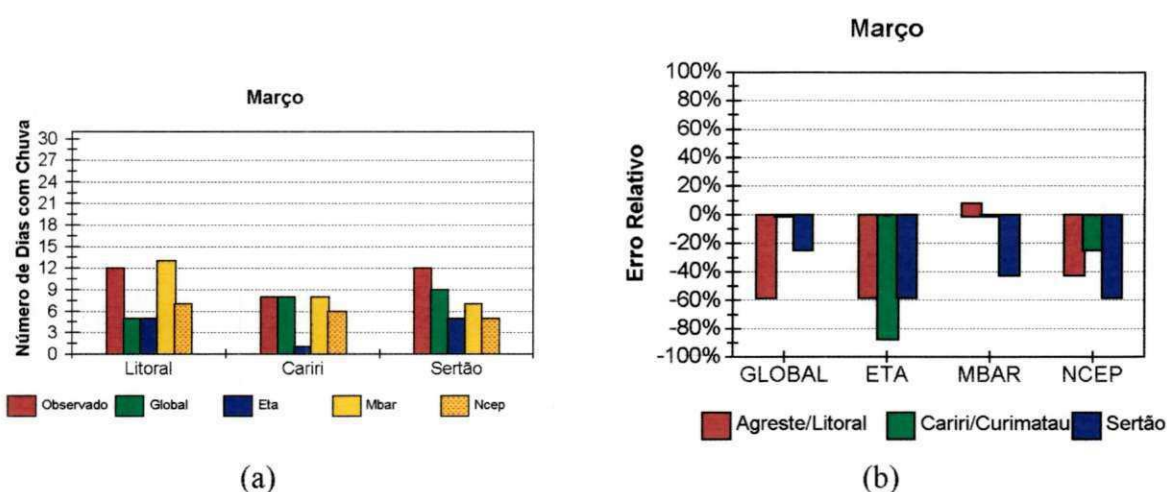


Figura 4.3 - a) Número de dias com chuva e b) Erro relativo dos modelos no mês de março de 2002

4.1.4 Abril - 2002

Já no mês de abril na região do Litoral, enquanto houve 11 dias chuvosos, os modelos MBAR, ETA e NCEP previram chuvas em 8, 5 e 4 dias respectivamente. Já o GLOBAL previu chuva em 13 dias. Desse modo, enquanto os modelos MBAR, ETA e NCEP subestimaram o número de dias com chuva, o GLOBAL sobrestimou. Sendo assim, em termos de erro relativo, o modelo GLOBAL foi o que apresentou o melhor desempenho, com um erro de 18,2%. Na região do Cariri, observou-se que durante o mês de abril houve 7 dias chuvosos, e os modelos NCEP, MBAR e ETA previram chuvas em apenas 3, 2 e 2 dias respectivamente, enquanto o GLOBAL previu chuvas em 13 dias. Desse modo, enquanto os modelos NCEP, MBAR e ETA subestimaram acentuadamente o

número de dias com chuva, o modelo GLOBAL sobrestimou. Esses números indicam que em termos de erro relativo, o modelo NCEP foi o que apresentou o melhor desempenho, com um erro de -57,1%. Na região do Sertão, observou-se que durante o mês de março houve 17 dias chuvosos, e os modelos GLOBAL, MBAR, NCEP e ETA previram chuvas em 13, 8, 6 e 3 dias, respectivamente. Com isso todos subestimaram o número de dias com chuva. O modelo que apresentou o melhor desempenho foi o modelo GLOBAL, com um erro relativo de -23,5%. Como mostra a figura 4.4(b), em abril apesar de ter apresentado um erro de cerca de 80% no Cariri/Curimatau, em média o modelo GLOBAL, teve o melhor desempenho seguido do modelo MBAR.

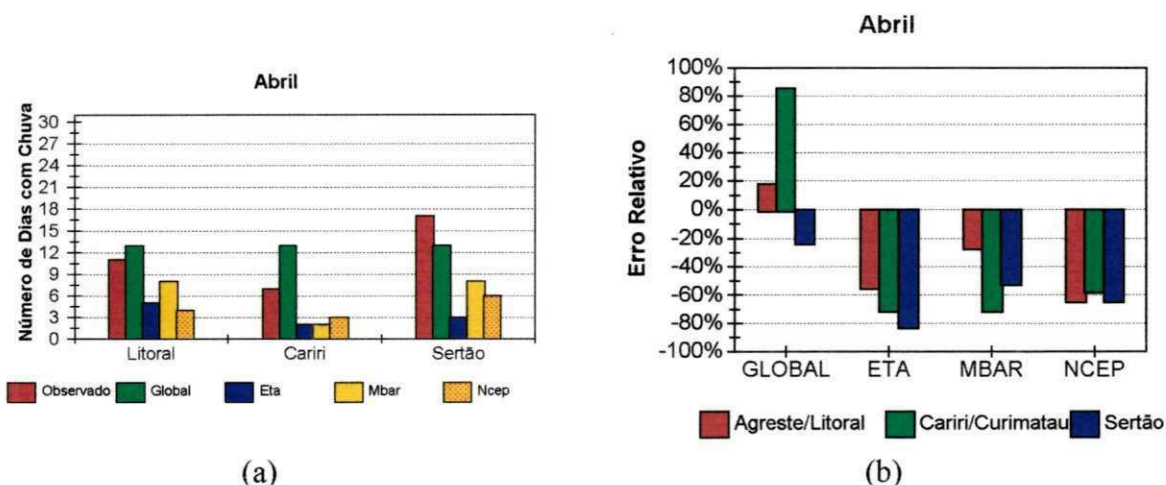


Figura 4.4 - a) Número de dias com chuva e b) Erro relativo dos modelos no mês de abril de 2002

4.1.5 Maio - 2002

Analogamente, durante o mês de maio na região do Litoral, enquanto houve 9 dias chuvosos, os modelos GLOBAL, MBAR, ETA e NCEP previram chuvas em 7, 7, 1 e 5 dias respectivamente. Assim, todos subestimaram o número de dias com chuva. Contudo, os modelos GLOBAL e MBAR foram os que apresentaram o melhor

desempenho, com um erro de $-22,2\%$ respectivamente. Na região do Cariri, durante o mês de maio houve 7 dias chuvosos, os modelos NCEP, MBAR e ETA previram chuvas em 3, 1 e 3 dias respectivamente, enquanto o GLOBAL previu chuvas em exatamente 7 dias. Desse modo, enquanto os modelos NCEP, ETA e MBAR subestimaram o número de dias com chuva, o GLOBAL foi muito preciso, acertando 100%. Na região do Sertão, enquanto no mês de maio houve 10 dias chuvosos, e os modelos GLOBAL, ETA, MBAR e NCEP previram chuvas em 9, 2, 1 e 2 dias, respectivamente. Embora todos os modelos tenham subestimado o número de dias com chuva, no Sertão, o modelo GLOBAL apresentou um bom desempenho, com um erro de apenas $-10,0\%$. Observa-se claramente na figura 4.5(b), que em maio o modelo GLOBAL teve o melhor desempenho mensal durante todo o período estudado, pois teve nesse mês, o menor erro mensal.

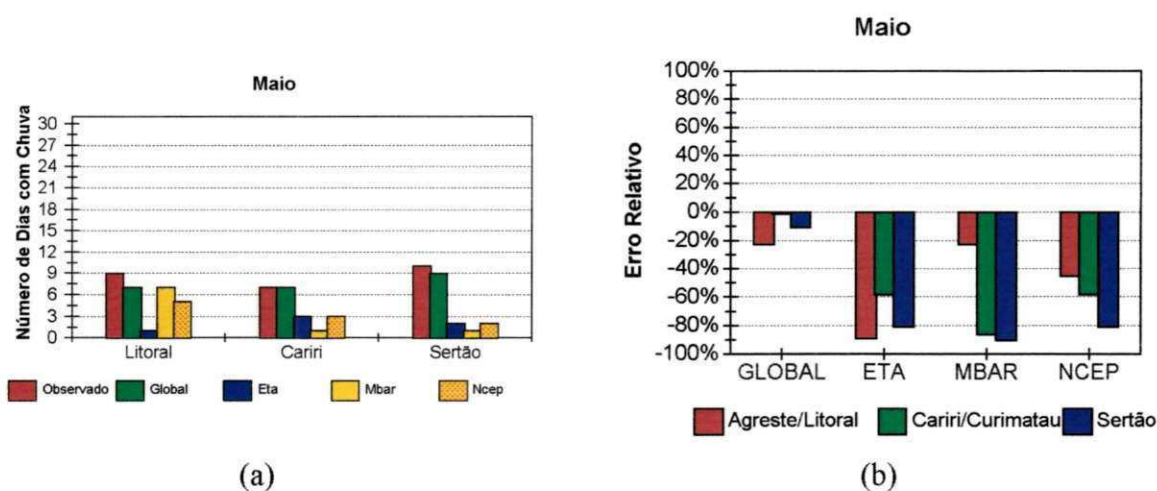


Figura 4.5 - a) Número de dias com chuva e b) Erro relativo dos modelos no mês de maio de 2002

4.1.6 Junho - 2002

Observou-se que durante o mês de junho na região do Litoral, enquanto houve 11 dias chuvosos, os modelos MBAR, GLOBAL, NCEP e ETA previram chuvas em

5, 3, 3 e 2 dias respectivamente. Com isso, todos subestimaram o número de dias com chuva. Logo, em termos de erro relativo, mesmo o modelo que apresentou o melhor desempenho, o MBAR, teve um erro de -54,5%, o que representa cerca de um erro para cada acerto. Similarmente, na região do Cariri, durante o mês de junho houve 8 dias chuvosos, no entanto os modelos NCEP, GLOBAL e MBAR previram chuvas em apenas 3, 2 e 2 dias respectivamente, enquanto o ETA não previu chuva em nenhum dia. Todos subestimaram o número de dias com chuva. Assim sendo, o modelo NCEP foi o que apresentou o melhor desempenho, com um erro de -62,5% e o pior desempenho o ETA, com um erro de 100%. Na região do Sertão, durante o mês de junho observou-se que houve 5 dias chuvosos, e os modelos GLOBAL, NCEP e MBAR previram chuvas em 4, 2 e 2 dias, respectivamente, enquanto o ETA não previu chuva. Todos subestimaram o número de dias com chuva. Esses números indicam que em termos de erro relativo, o modelo que apresentou o melhor desempenho foi o modelo GLOBAL, com um erro de -20,0%. Como pode ser observado na figura 4.6(b), em junho, exceto o modelo GLOBAL no Sertão que teve um erro de -20%, todos os demais erros foram superior ou próximo de 50%.

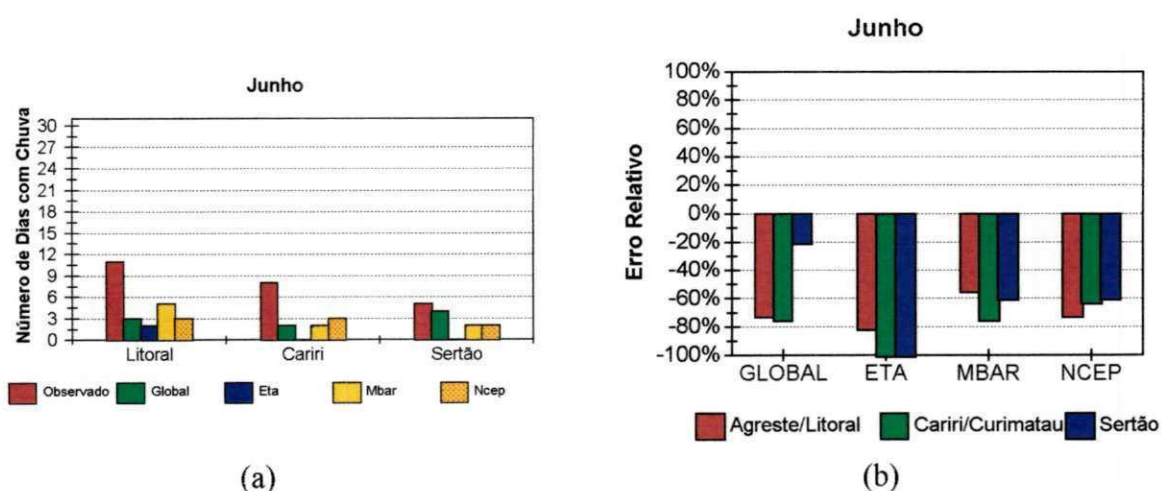


Figura 4.6 - a) Número de dias com chuva e b) Erro relativo dos modelos no mês de junho de 2002

4.1.7 julho - 2002

Durante o mês de julho na região do Litoral, enquanto houve 14 dias chuvosos, os modelos MBAR, GLOBAL, ETA e NCEP previram chuvas em 7, 7, 1 e 6 dias respectivamente. Todos subestimaram o número de dias com chuva. Em termos de erro relativo, os modelos que apresentaram o melhor desempenho foram o MBAR e o GLOBAL, com um erro de -50,0% respectivamente, o que representa um erro para cada acerto. Do mesmo modo, na região do Cariri, observou-se que durante o mês de julho houve 7 dias chuvosos, os modelos NCEP, GLOBAL, ETA e MBAR previram chuvas em 4, 3, 1 e 2 dias respectivamente. Todos subestimaram o número de dias com chuva. Diante do exposto, embora o modelo NCEP tenha apresentado o melhor desempenho, seu erro relativo de -42,9% foi bastante considerável. Na região do Sertão, observou-se que durante o mês de julho houve 5 dias chuvosos, e os modelos GLOBAL e NCEP previram chuvas em 4 e 3 dias, respectivamente. Já o ETA e o MBAR não previram chuva. Todos subestimando o número de dias com chuva. Então temos que, o modelo GLOBAL apresentou o melhor desempenho com um erro de -20,0%, enquanto os piores desempenhos foram apresentados pelos modelos ETA e MBAR, com erros de -100% respectivamente. Conforme indica a figura 4.7(b), durante o mês julho, novamente em todas as regiões os erros também foram consideráveis, ou seja, maiores do que -40%, exceto o erro do modelo GLOBAL no Sertão que foi de apenas -20%.

sobrestimou. Já o NCEP acertou 100%. Como mostrado na figura 4.8(b), todos os modelos apresentaram erros superiores a 80%, exceto o GLOBAL no Agreste/Litoral e Cariri/Curimatau, que mostrou erros próximos de -40% e -50% respectivamente.

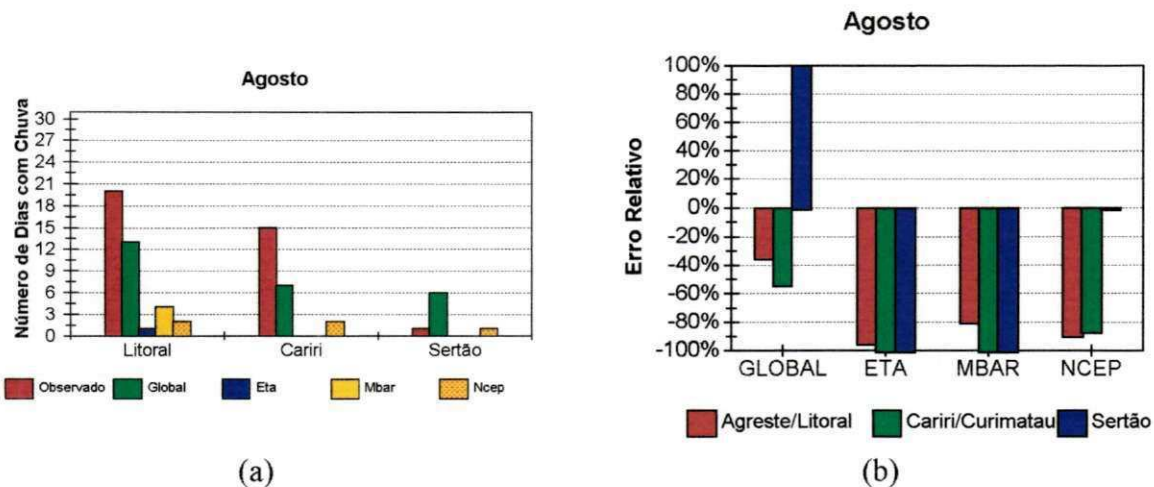


Figura 4.8 - a) Número de dias com chuva e b) Erro relativo dos modelos no mês de agosto de 2002

4.1.9 Setembro - 2002

Da mesma forma, no mês de setembro na região do Litoral, enquanto houve 4 dias chuvosos, os modelos NCEP e GLOBAL previram chuvas em 1 e 4 dias respectivamente. Já os modelos MBAR e ETA não previram chuva. Os modelos NCEP, MBAR e ETA subestimaram o número de dias com chuva. Enquanto o GLOBAL foi preciso, acertando 100%. Do mesmo modo, na região do Cariri, observou-se que durante o mês de setembro houve 3 dias chuvosos, o modelo GLOBAL previu 1 dia com chuva, enquanto que os modelos NCEP, GLOBAL e MBAR não previram chuvas. Todos subestimando o número de dias com chuva. Diante do exposto, embora o modelo GLOBAL tenha apresentado o melhor desempenho, seu erro relativo de -66,7%, foi

bastante considerável. Na região do Sertão, observou-se que durante o mês de setembro houve 1 dia chuvoso, o modelo MBAR previu chuva em 1 dia e o GLOBAL da mesma forma, enquanto os modelos ETA e NCEP não previram chuva. Os modelos ETA e NCEP subestimaram o número de dias com chuva, enquanto os modelos GLOBAL e MBAR foram muito precisos, acertando 100%. Na figura 4.9(b), percebe-se que o modelo GLOBAL, foi disparadamente o que teve o melhor desempenho, no Agreste/Litoral e Sertão, enquanto os demais tiveram erros bastante elevados.

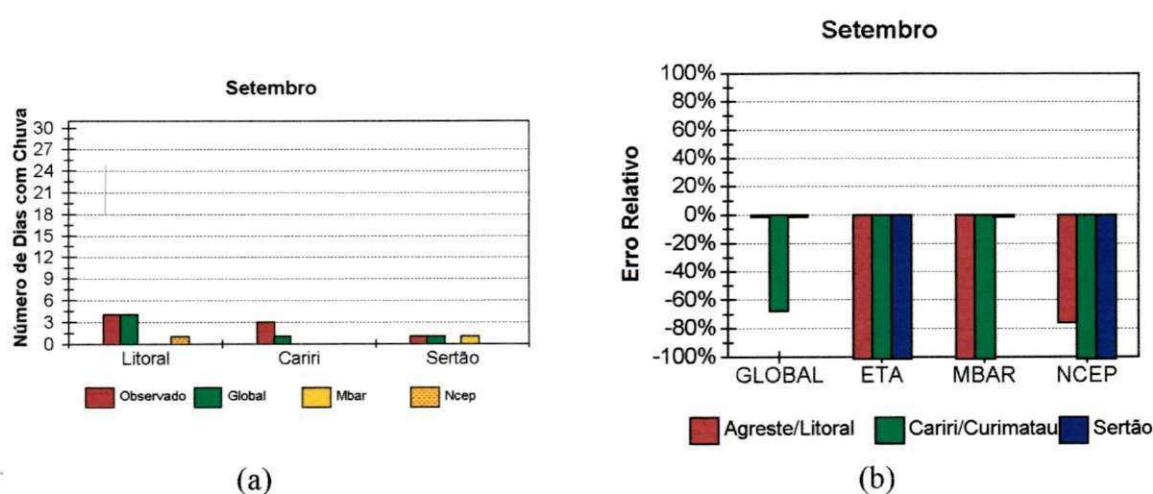


Figura 4.9 - a) Número de dias com chuva e b) Erro relativo dos modelos no mês de setembro de 2002

4.1.10 Outubro - 2002

Observou-se que durante o mês de outubro na região do Litoral, enquanto houve 8 dias chuvosos, os modelos NCEP e GLOBAL previram chuvas em 1 e 7 dias respectivamente, enquanto que os modelos MBAR e ETA não previram chuvas. Todos subestimando o número de dias com chuva. Logo, em termos de erro relativo, o modelo GLOBAL foi o que apresentou o melhor desempenho, com um erro de -12,5%. Já na

região do Cariri, observou-se que durante o mês de outubro houve 5 dias chuvosos, o modelo GLOBAL previu chuva em 6 dias, enquanto os modelos ETA, MBAR e NCEP não previram chuva. O modelo GLOBAL sobrestimou o número de dias com chuva, enquanto que os modelos ETA, MBAR e NCEP subestimaram. Esses números indicam que em termos de erro relativo, o modelo que apresentou o melhor desempenho foi o modelo GLOBAL, com um erro de 20,0%, em contra partida, os outros modelos apresentaram erros de -100%. Na região do Sertão, observou-se que durante o mês de outubro houve 4 dias chuvosos, o modelo GLOBAL previu chuva em 6 dias, enquanto os modelos ETA, MBAR e NCEP não previram chuva. O modelo GLOBAL sobrestimou o número de dias com chuva, enquanto que os modelos ETA, MBAR e NCEP subestimaram. Sendo assim, o modelo GLOBAL foi o que apresentou o melhor desempenho, com um erro relativo de 50%, enquanto que, todos os outros modelos tiveram erros de -100%. Como mostra a figura 4.10(b), o modelo GLOBAL teve o melhor desempenho, enquanto, os demais apresentaram em todas as três regiões erros bastante elevados.

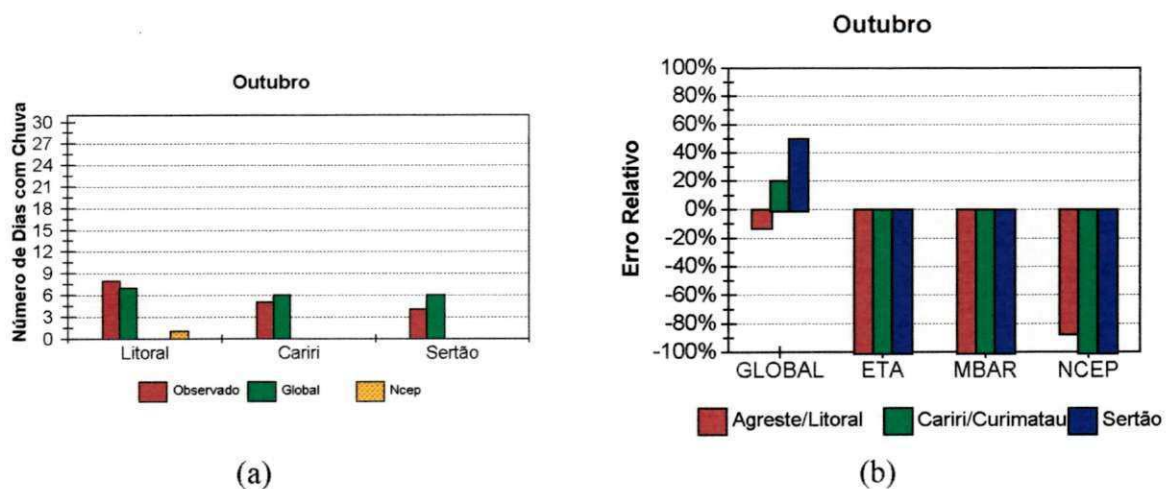


Figura 4.10 - a) Número de dias com chuva e b) Erro relativo dos modelos no mês de outubro de 2002

4.1.11 Novembro - 2002

Analogamente, no mês de novembro na região do Litoral, enquanto houve 16 dias chuvosos, os modelos GLOBAL, MBAR e NCEP previram chuvas em 5, 1 e 3 dias respectivamente, enquanto o ETA não previu chuva. Todos subestimaram o número de dias com chuva. Logo, o modelo GLOBAL apresentou o melhor desempenho, com um erro de -68,7%, sendo este bastante elevado. Na região do Cariri, observou-se que durante o mês de outubro houve 8 dias chuvosos, os modelos NCEP e GLOBAL previram chuvas em 1 e 2 dias respectivamente, enquanto o ETA e o MBAR não previram chuva. Todos subestimando o número de dias com chuva. Então em termos de erro relativo, o modelo que apresentou o melhor desempenho foi o modelo GLOBAL, com um erro de -75,0%. Na região do Sertão, observou-se que durante o mês de novembro houve 6 dias chuvosos, os modelos MBAR e GLOBAL previram chuvas em 1 e 4 dias, respectivamente. Enquanto os modelos ETA e NCEP não previram chuva. Todos subestimaram o número de dias com chuva. Esses números indicam que em termos de erro relativo, o modelo GLOBAL apresentou o melhor desempenho, com um erro de -33,3%. Na Figura 4.11(b), verifica-se que durante o mês de novembro, novamente em todas as regiões os erros foram maiores que -80%, estes bastante consideráveis, exceto para o modelo GLOBAL.

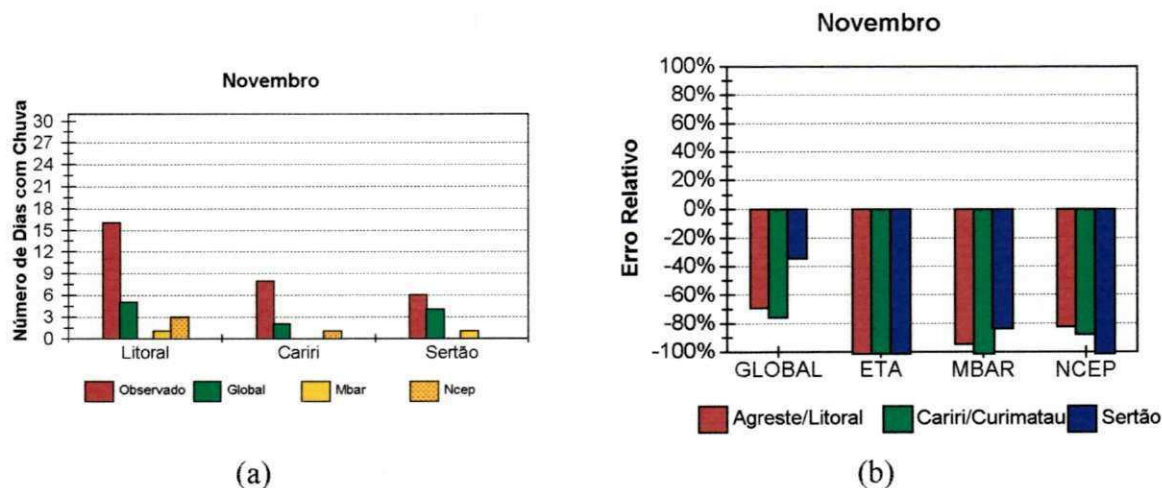


Figura 4.11 - a) Número de dias com chuva e b) Erro relativo dos modelos no mês de novembro de 2002

4.1.12 Dezembro - 2002

Observou-se que no mês de dezembro na região do Litoral, enquanto houve 6 dias chuvosos, os modelos GLOBAL, ETA e NCEP previram chuvas em 2, 1 e 2 dias respectivamente, enquanto o modelo MBAR não previu chuva. Todos subestimando o número de dias com chuva. Desta forma em termos de erro relativo, os modelos que apresentaram o melhor desempenho foram o NCEP e o GLOBAL, com um erro de -66,7%. Na região do Cariri, observou-se que durante o mês de dezembro houve 5 dias chuvosos, e os modelos GLOBAL e ETA previram chuvas em 3 e 2 dias respectivamente, enquanto o MBAR e o NCEP não previram chuva. Todos subestimaram o número de dias com chuva. Assim sendo, o modelo que apresentou o melhor desempenho foi o modelo GLOBAL, com um erro de -40,0%. Já na região do Sertão, observou-se que durante o mês de dezembro houve 4 dias chuvosos, e os modelos GLOBAL, MBAR e ETA previram chuvas em 5, 1 e 3 dias, respectivamente. Enquanto o NCEP não previu chuva. Os modelos ETA, MBAR e NCEP subestimaram o número de dias com chuva, enquanto o GLOBAL o

sobrestimou. Esses números indicam que em termos de erro relativo, os modelos que apresentaram os melhores desempenhos foram o modelo ETA e GLOBAL, com erros de -25,0% e 25%. Como observado na figura 4.12(b), considerando as três regiões, o modelo GLOBAL, teve o melhor desempenho médio, seguido do modelo ETA.

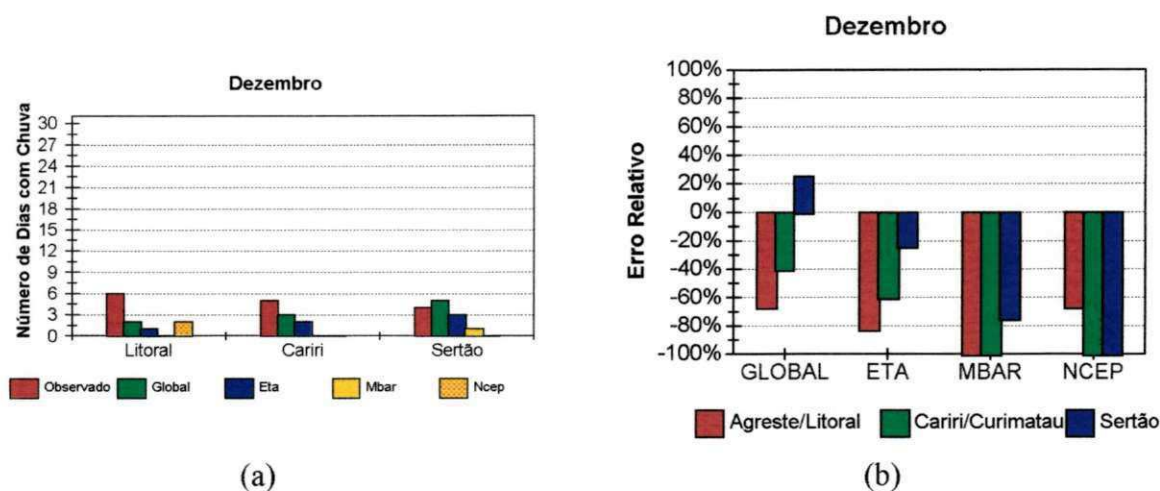


Figura 4.12 - a) Número de dias com chuva e b) Erro relativo dos modelos no mês de dezembro de 2002

Para melhor ilustrar o desempenho dos quatro modelos estudados, é apresentado na Tabela 4.1, o melhor modelo e respectivamente o menor erro para cada mês, durante o período de estudo.

Os dados da Tabela 4.1 indicam claramente que para as três regiões, Agreste/Litoral, Cariri/Curimatau e Sertão, o GLOBAL foi o que apresentou o melhor desempenho entre os modelos. Entretanto, o modelo GLOBAL teve seu melhor desempenho no Agreste/Litoral e Sertão, regiões de altitude mais baixas e relevo relativamente plano, fato que não ocorreu no Cariri/Curimatau, uma região de relevo mais

variável e que compreende grande parte a Chapada da Borborema, conforme pode ser observado na Figura 4.13.

Tabela 4.1 – Menor erro relativo mensal entre os modelos de previsão

Modelo com Menor Erro Relativo Mensal do número de dias chuvosos			
Mês	Litoral	Cariri	Sertão
Janeiro	GLOBAL (-25%)	NCEP (0%)	NCEP (-40,7%)
Fevereiro	GLOBAL (30%)	MBAR (0%)	MBAR (-46,7%)
Março	MBAR (8%)	MBAR/ETA (0%)	GLOBAL (-25%)
Abril	GLOBAL (18,2%)	NCEP (-57,1%)	GLOBAL (-23,5%)
Mai	GLOBAL/MBAR (-22,2%)	GLOBAL (0%)	GLOBAL (-10%)
Junho	MBAR (-54,5%)	NCEP (-62,5%)	GLOBAL (-20%)
Julho	GLOBAL/MBAR (-50%)	NCEP (-42,9%)	GLOBAL (-20%)
Agosto	GLOBAL (-35%)	GLOBAL (-53,3%)	NCEP (0%)
Setembro	GLOBAL (0%)	GLOBAL (- 66,7%)	GLOBAL/MBAR (0%)
Outubro	GLOBAL (-12,5%)	GLOBAL (20%)	GLOBAL (50%)
Novembro	GLOBAL (-68,7%)	GLOBAL (-75%)	GLOBAL (-33,3%)
Dezembro	GLOBAL/NCEP (-66,7%)	GLOBAL (-40%)	GLOBAL/ETA (25%)

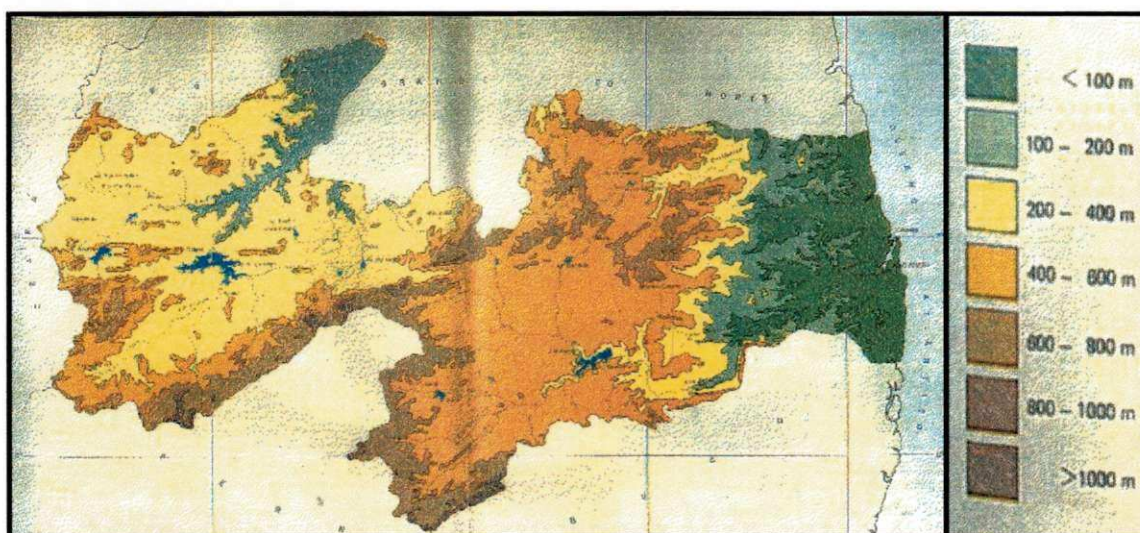


Figura 4.13 - Topografia do Estado da Paraíba. Fonte : Rodriguez 1985

Nas Tabelas 4.2;4.3; e 4.4, é apresentado para cada mês o número de dias chuvosos observados e previstos pelos quatro modelos de previsão para as três regiões estudadas.

Tabela 4.2a - Erro relativo mensal do prognóstico de dias chuvosos

Mês	Região do Agreste/Litoral							
	Modelo GLOBAL				Modelo NCEP			
	Observado	Previsto	Erro (%)	Falhas	Observado	Previsto	Erro (%)	Falhas
Jan	16	12	-25,0	3	16	22	37,5	3
Fev	10	7	-30,0	8	10	4	-60,0	8
Mar	12	5	-58,3	14	12	7	-41,7	14
Abr	11	13	18,2	12	11	4	-63,6	12
Mai	9	7	-22,2	17	9	5	-44,4	17
Jun	11	3	-72,7	16	11	3	-72,7	16
Jul	14	7	-50,0	14	14	6	-57,1	14
Ago	20	13	-35,0	10	20	2	-90,0	10
Set	4	4	0,0	14	4	1	-75,0	14
Out	8	7	-12,5	12	8	1	-87,5	12
Nov	16	5	-68,8	15	16	3	-81,3	15
Dez	6	2	-66,7	21	6	2	-66,7	21

Tabela 4.2b - Erro relativo mensal do prognóstico de dias chuvosos

Mês	Região do Agreste/Litoral							
	Modelo ETA				Modelo MBAR			
	Observado	Previsto	Erro (%)	Falhas	Observado	Previsto	Erro (%)	Falhas
Jan	16	9	-43,8	3	16	24	50,0	3
Fev	10	1	-90,0	8	10	14	40,0	8
Mar	12	5	-58,3	14	12	13	8,3	14
Abr	11	5	-54,5	12	11	8	-27,3	12
Mai	9	1	-88,9	17	9	7	-22,2	17
Jun	11	2	-81,8	16	11	5	-54,5	16
Jul	14	1	-92,9	14	14	7	-50,0	14
Ago	20	1	-95,0	10	20	4	-80,0	10
Set	4	0	-100,0	14	4	0	-100,0	14
Out	8	0	-100,0	12	8	0	-100,0	12
Nov	16	0	-100,0	15	16	1	-93,8	15
Dez	6	1	-83,3	21	6	0	-100,0	21

Obs: A coluna falhas corresponde ao número de dias nos quais não se obteve imagens e/ou prognósticos.

Tabela 4.3a - Erro relativo mensal do prognóstico de dias chuvosos

Mês	Região do Cariri/Curimatau							
	Modelo GLOBAL				Modelo NCEP			
	Observado	Previsto	Erro (%)	Falhas	Observado	Previsto	Erro (%)	Falhas
Jan	19	12	-36,8	3	19	19	0,0	3
Fev	8	6	-25,0	8	8	4	-50,0	8
Mar	8	8	0,0	14	8	6	-25,0	14
Abr	7	13	85,7	12	7	3	-57,1	12
Mai	7	7	0,0	17	7	3	-57,1	17
Jun	8	2	-75,0	16	8	3	-62,5	16
Jul	7	3	-57,1	14	7	4	-42,9	14
Ago	15	7	-53,3	10	15	2	-86,7	10
Set	3	1	-66,7	14	3	0	-100,0	14
Out	5	6	20,0	12	5	0	-100,0	12
Nov	8	2	-75,0	15	8	1	-87,5	15
Dez	5	3	-40,0	21	5	0	-100,0	21

Tabela 4.3b - Erro relativo mensal do prognóstico de dias chuvosos

Mês	Região do Cariri/Curimatau							
	Modelo ETA				Modelo MBAR			
	Observado	Previsto	Erro (%)	Falhas	Observado	Previsto	Erro (%)	Falhas
Jan	19	5	-73,7	3	19	12	-36,8	3
Fev	8	1	-87,5	8	8	8	0,0	8
Mar	8	1	-87,5	14	8	8	0,0	14
Abr	7	2	-71,4	12	7	2	-71,4	12
Mai	7	3	-57,1	17	7	1	-85,7	17
Jun	8	0	-100,0	16	8	2	-75,0	16
Jul	7	1	-85,7	14	7	2	-71,4	14
Ago	15	0	-100,0	10	15	0	-100,0	10
Set	3	0	-100,0	14	3	0	-100,0	14
Out	5	0	-100,0	12	5	0	-100,0	12
Nov	8	0	-100,0	15	8	0	-100,0	15
Dez	5	2	-60,0	21	5	0	-100,0	21

Obs: A coluna falhas corresponde ao número de dias nos quais não se obteve imagens e/ou prognósticos.

Tabela 4.4a - Erro relativo mensal do prognóstico de dias chuvosos

Mês	Região do Sertão							
	Modelo GLOBAL				Modelo NCEP			
	Observado	Previsto	Erro (%)	Falhas	Observado	Previsto	Erro (%)	Falhas
Jan	27	14	-48,1	3	27	16	-40,7	3
Fev	15	5	-66,7	8	15	6	-60,0	8
Mar	12	9	-25,0	14	12	5	-58,3	14
Abr	17	13	-23,5	12	17	6	-64,7	12
Mai	10	9	-10,0	17	10	2	-80,0	17
Jun	5	4	-20,0	16	5	2	-60,0	16
Jul	5	4	-20,0	14	5	3	-40,0	14
Ago	1	6	500,0	10	1	1	0,0	10
Set	1	1	0,0	14	1	0	-100,0	14
Out	4	6	50,0	12	4	0	-100,0	12
Nov	6	4	-33,3	15	6	0	-100,0	15
Dez	4	5	25,0	21	4	0	-100,0	21

Tabela 4.4b - Erro relativo mensal do prognóstico de dias chuvosos

Mês	Região do Sertão							
	Modelo ETA				Modelo MBAR			
	Observado	Previsto	Erro (%)	Falhas	Observado	Previsto	Erro (%)	Falhas
Jan	27	12	-55,6	3	27	8	-70,4	3
Fev	15	5	-66,7	8	15	8	-46,7	8
Mar	12	5	-58,3	14	12	7	-41,7	14
Abr	17	3	-82,4	12	17	8	-52,9	12
Mai	10	2	-80,0	17	10	1	-90,0	17
Jun	5	0	-100,0	16	5	2	-60,0	16
Jul	5	0	-100,0	14	5	0	-100,0	14
Ago	1	0	-100,0	10	1	0	-100,0	10
Set	1	0	-100,0	14	1	1	0,0	14
Out	4	0	-100,0	12	4	0	-100,0	12
Nov	6	0	-100,0	15	6	1	-83,3	15
Dez	4	3	-25,0	21	4	1	-75,0	21

Obs: A coluna falhas corresponde ao número de dias nos quais não se obteve imagens e/ou prognósticos.

4.2 Comparação das Precipitações Prognosticadas e Observadas

Para melhor entender o desempenho dos modelos quanto a prognósticos de chuva, é mostrado a seguir alguns casos de distribuição espacial das precipitações prognosticadas e observadas. Nesse sentido, todas as análises comparativas foram realizadas para o período de 24 horas, porém para ilustrar utilizou-se apenas dois horários dos prognósticos dos modelos regionais.

Analisando as Figuras 4.14 e 4.15, observa-se que no dia 18/01/02, os prognósticos de precipitação dos modelos ETA e NCEP não indicaram precipitação em nenhuma das regiões do estado. Diferentemente, o modelo GLOBAL indicou chuva nas três regiões e o MBAR apenas na região do Agreste/Litoral. Os dados observados e apresentados na Figura 4.16, mostram que neste dia houve ocorrência de chuva em todas as regiões do estado.

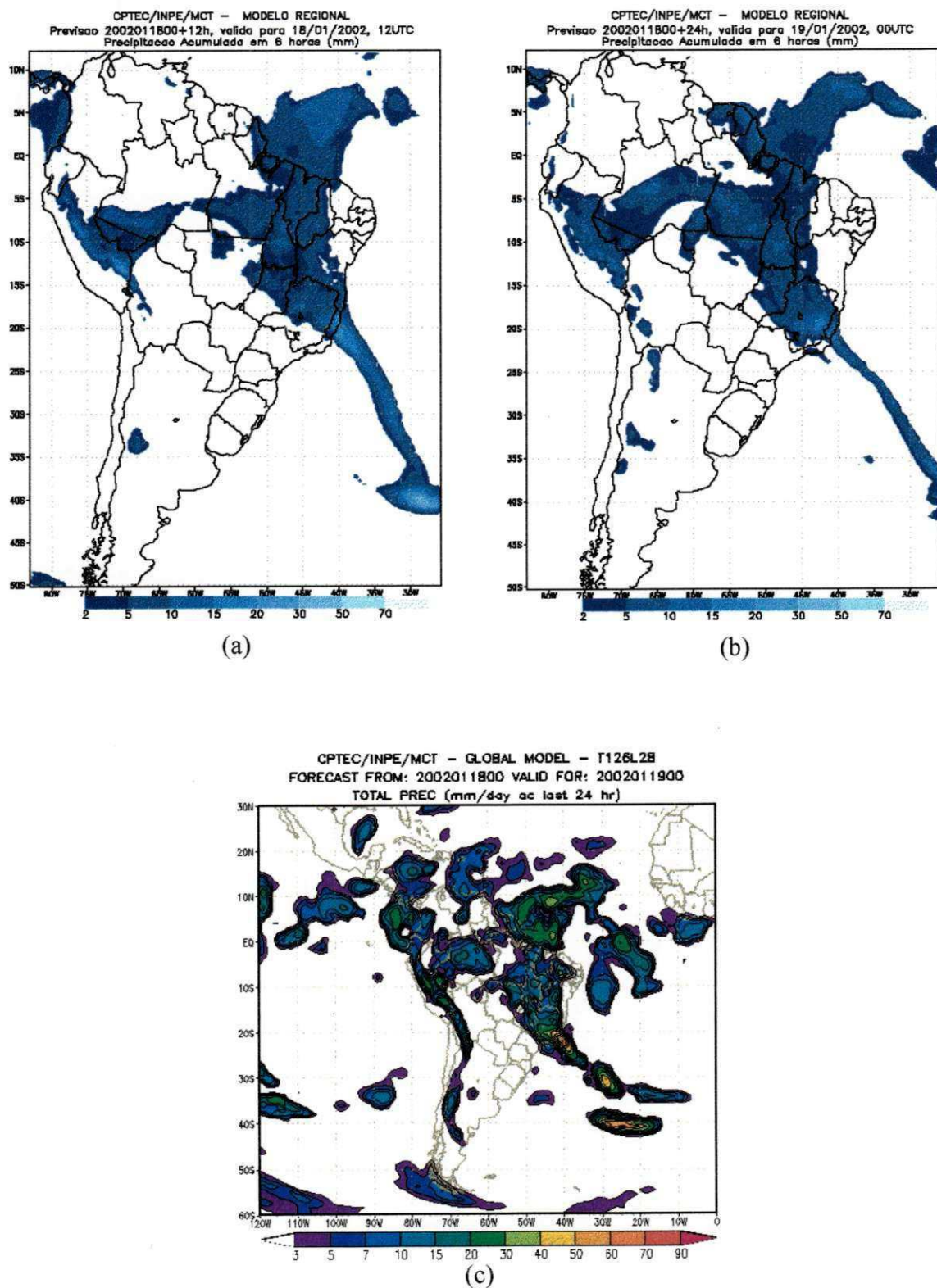


Figura 4.14 - Prognóstico de precipitação: a) modelo ETA para as 12UTC do dia 18/01/02; b) modelo ETA para as 00UTC do dia 19/01/02; e c) modelo GLOBAL para o dia 18/01/02.

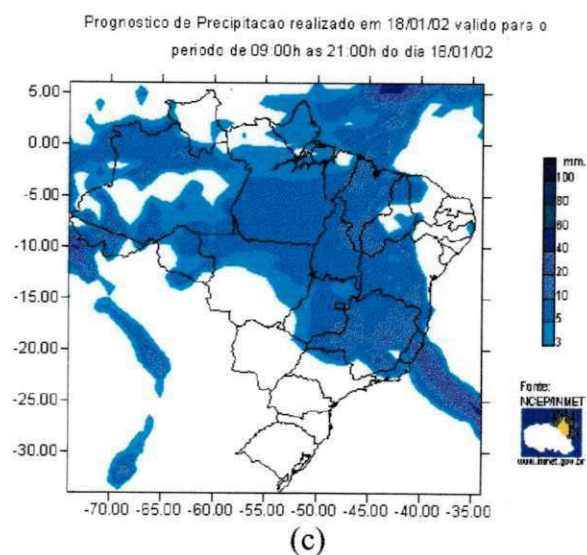
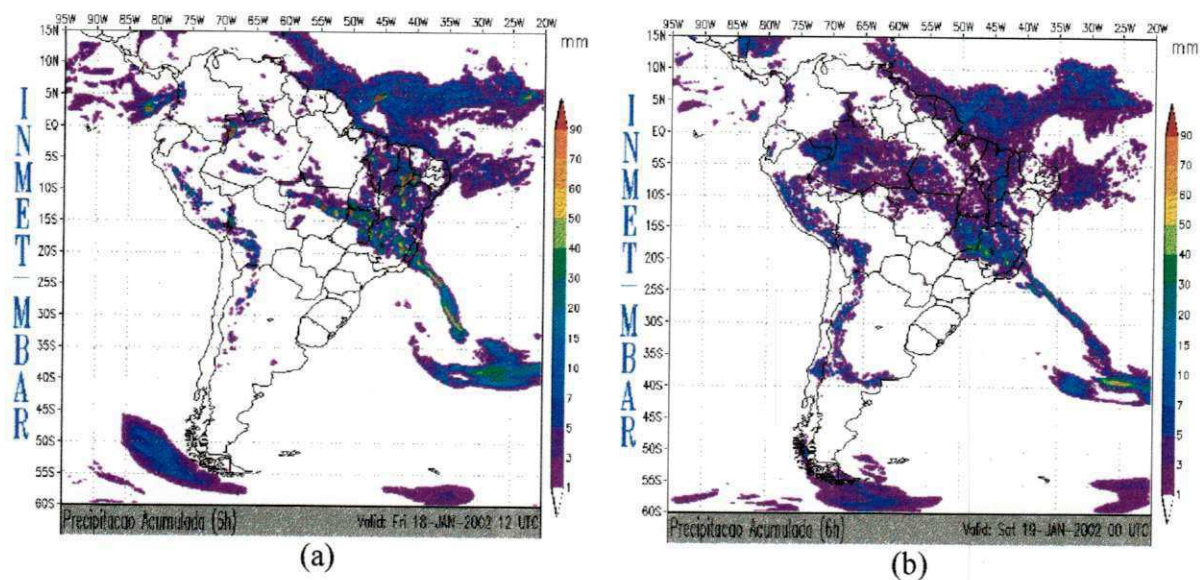


Figura 4.15 - Prognóstico de precipitação: a) modelo MBAR para as 12UTC do dia 18/01/02; b) modelo MBAR para as 00UTC do dia 19/01/02 ; e c) modelo NCEP para o dia 18/01/02.

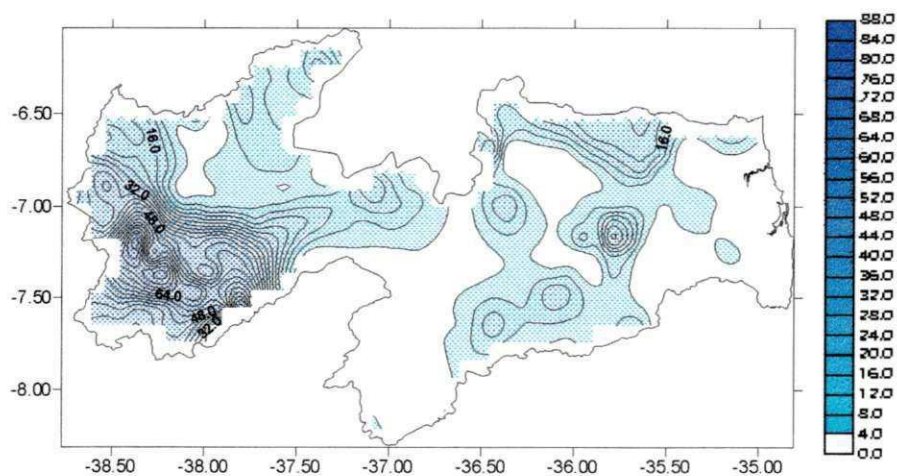


Figura 4.16 - Distribuição espacial da precipitação observada (mm) no dia 18/01/02.

Para o dia 12/02/02, verifica-se através das Figuras 4.17 e 4.18, que os prognósticos de precipitação dos modelos ETA e NCEP indicaram ocorrência de chuva apenas na região do Sertão, enquanto o modelo GLOBAL indicava chuva nas três regiões do estado e o MBAR nas regiões do Agreste/Litoral e Sertão. Nesse dia, como é mostrado na Figura 4.19, foram observadas precipitações nas três regiões.

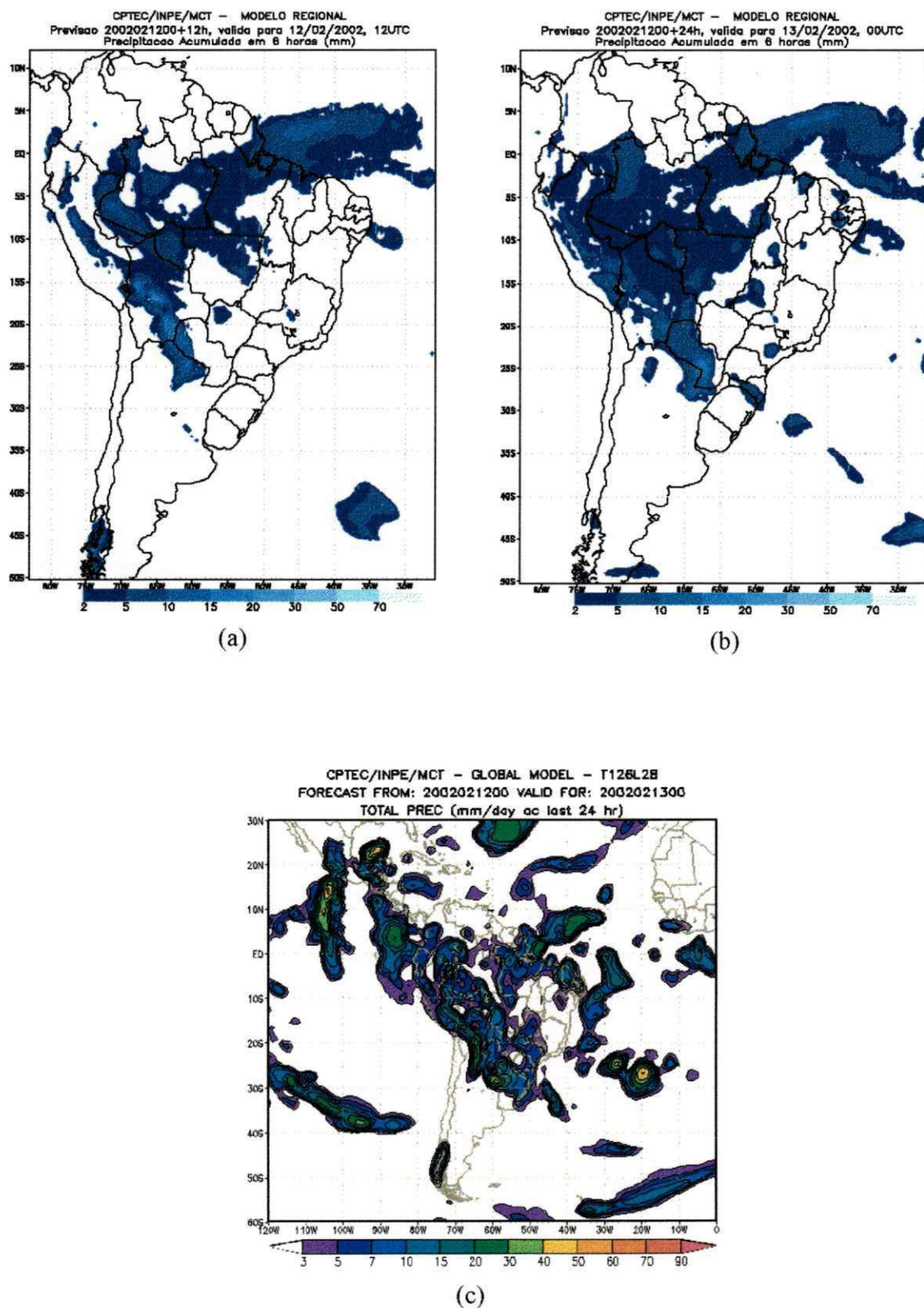


Figura 4.17 - Prognóstico de precipitação: a) modelo ETA para as 12UTC do dia 12/02/02; b) modelo ETA para as 00UTC do dia 13/02/02; e c) modelo GLOBAL para o dia 12/02/02.

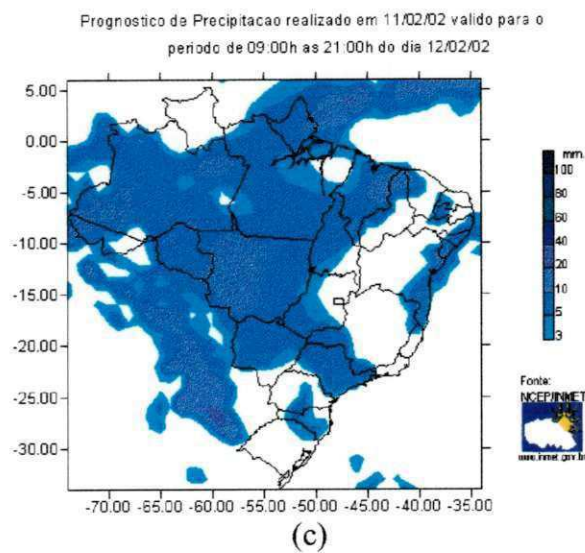
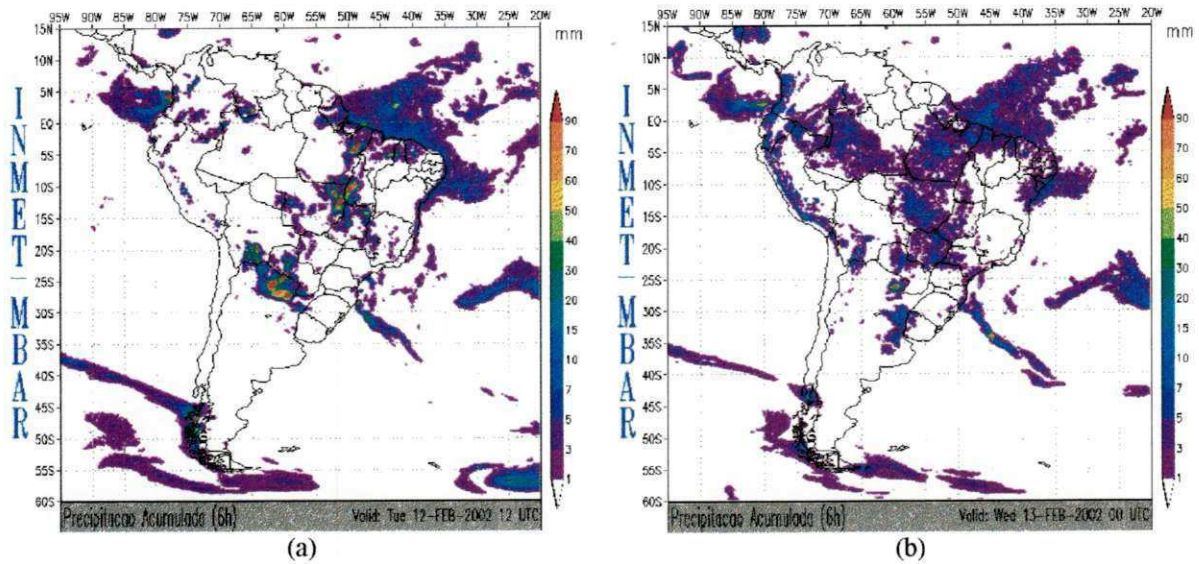


Figura 4.18 - Prognóstico de precipitação: a) modelo MBAR para as 12UTC do dia 12/02/02; b) modelo MBAR para as 00UTC do dia 13/02/02 ; e c) modelo NCEP para o dia 12/02/02.

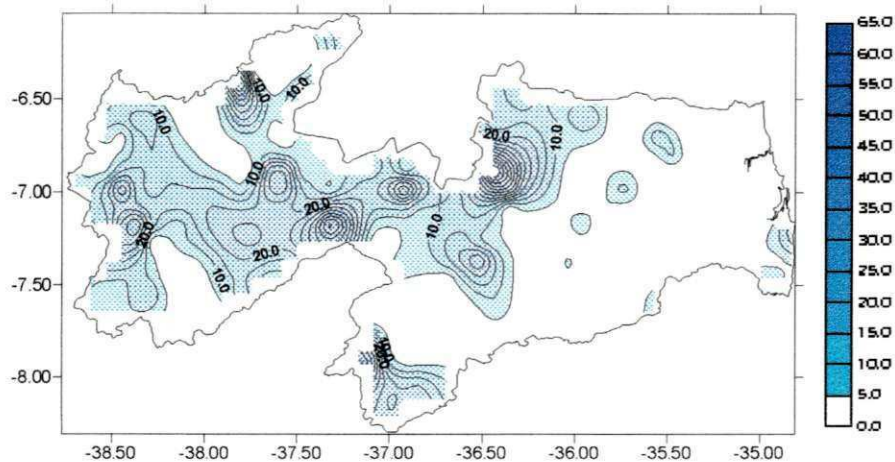


Figura 4.19 - Distribuição espacial da precipitação observada (mm) no dia 12/02/02.

Da mesma forma, observando as Figuras 4.20 e 4.21, verifica-se que no dia 07/03/02, o prognóstico de precipitação dos modelos GLOBAL e MBAR indicavam ocorrência de chuva nas três regiões do estado. Já o ETA nas regiões do Agreste/Litoral e Sertão, diferentemente do NCEP, que não indicava ocorrência de chuva em nenhuma região. Foi observado nesse dia, como mostra a Figura 4.22, ocorrência de chuva em todas as regiões do estado.

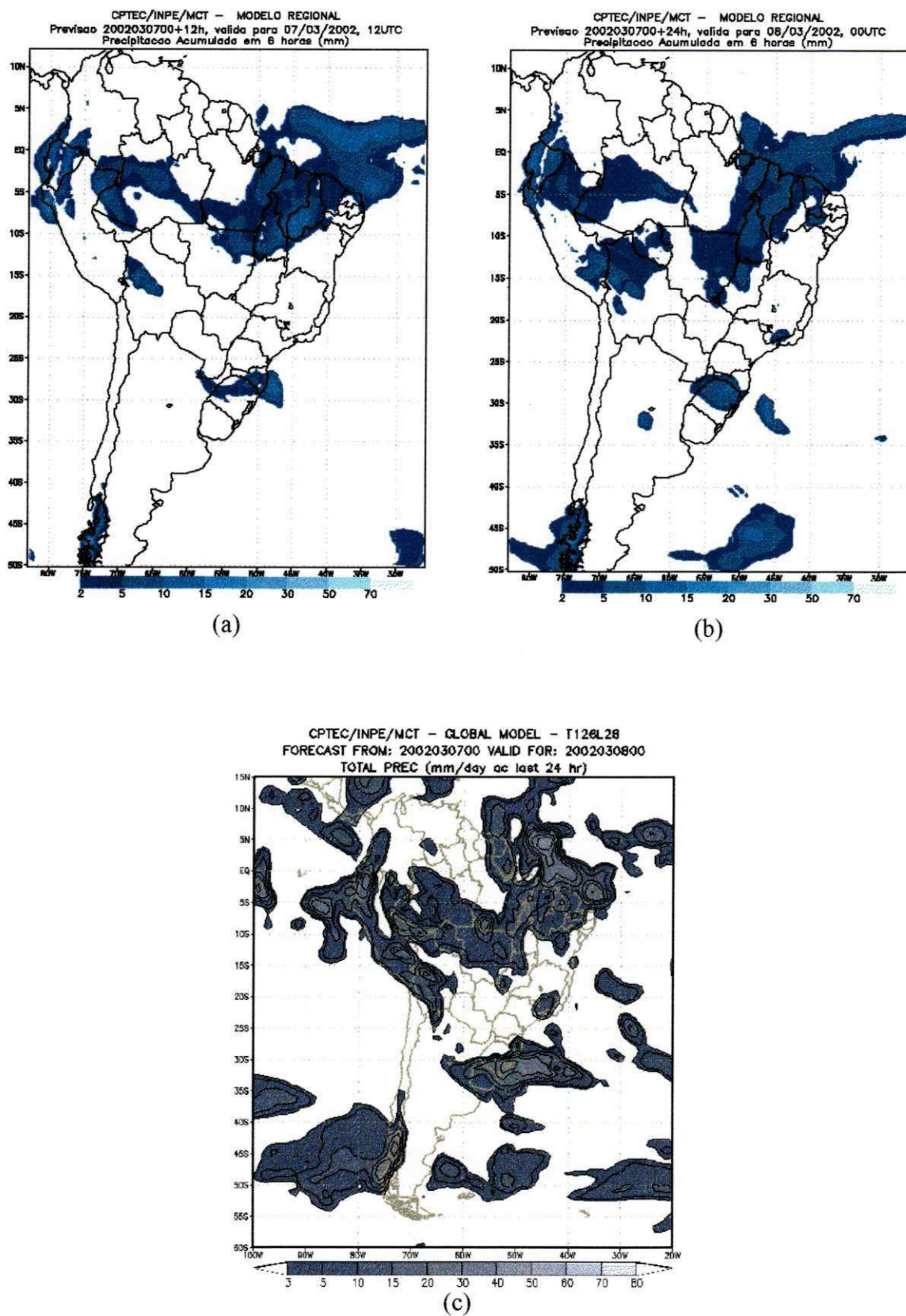


Figura 4.20 - Prognóstico de precipitação: a) modelo ETA para as 12UTC do dia 07/03/02; b) modelo ETA para as 00UTC do dia 08/03/02; e c) modelo GLOBAL para o dia 07/03/02.

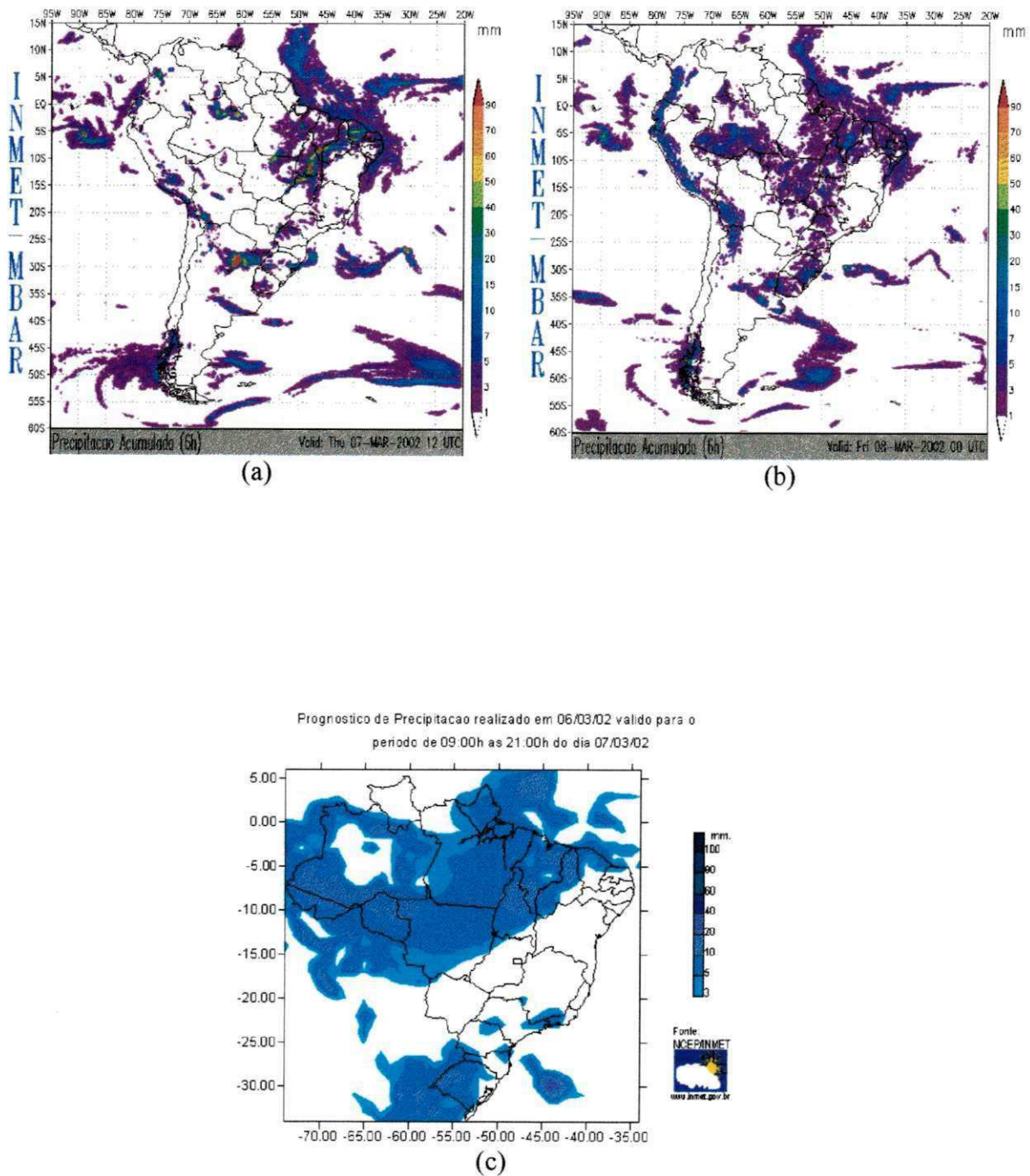


Figura 4.21 - Prognóstico de precipitação: a) modelo MBAR para as 12UTC do dia 07/03/02; b) modelo MBAR para as 00UTC do dia 08/03/02 ; e c) modelo NCEP para o dia 07/03/02.

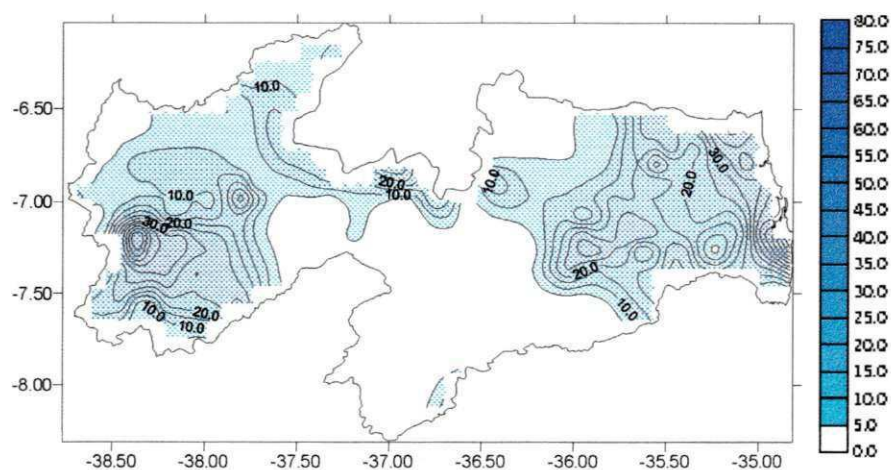


Figura 4.22 - Distribuição espacial da precipitação observada (mm) no dia 07/03/02.

Com base nas Figuras 4.23 e 4.24 do dia 09/04/02, observa-se que os prognósticos de precipitação do modelo GLOBAL indicavam ocorrência de chuva em todas as três regiões do estado, enquanto que o MBAR em nenhuma. Além de os prognósticos do modelo NCEP indicarem ocorrência de chuva nas regiões do Sertão e Cariri/Curimatau, enquanto o ETA apenas no Sertão. Observou-se que nesse dia houve precipitações isoladas nas regiões do Agreste/Litoral e Sertão, como mostra a Figura 4.25.

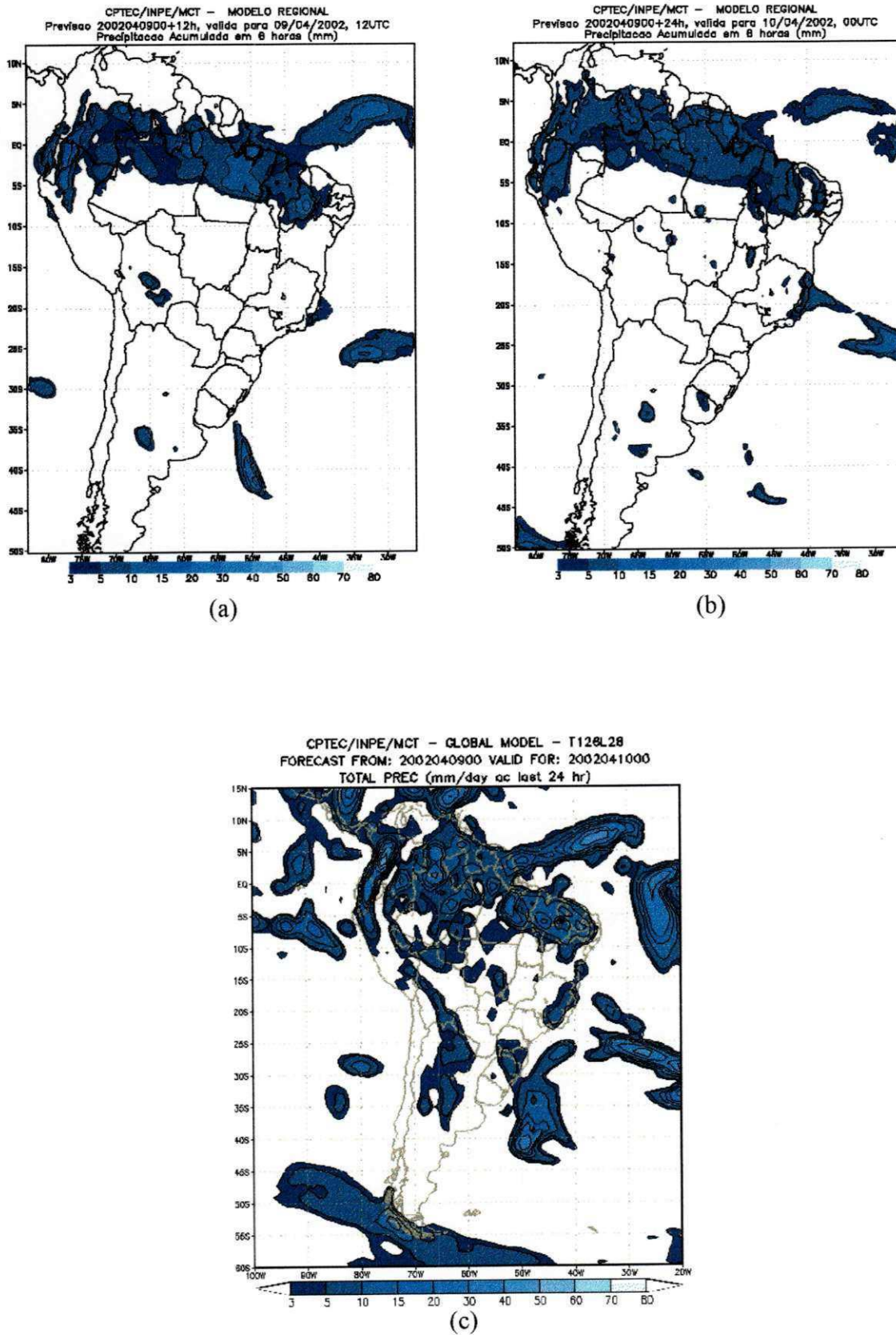


Figura 4.23 - Prognóstico de precipitação: a) modelo ETA para as 12UTC do dia 09/04/02; b) modelo ETA para as 00UTC do dia 10/04/02; e c) modelo GLOBAL para o dia 09/04/02.

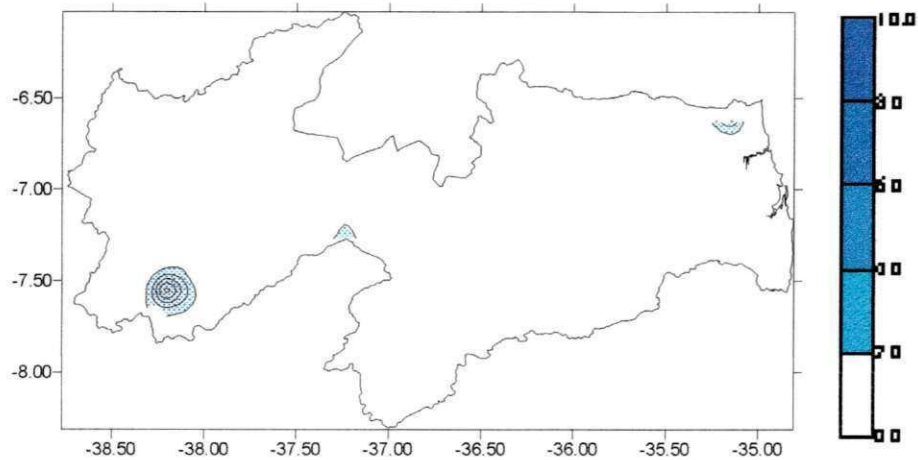


Figura 4.25 - Distribuição espacial da precipitação observada (mm) no dia 09/04/02.

Em contrapartida, analisando-se para o dia 28/05/02 as Figuras 4.26 e 4.27, verifica-se que os prognósticos de precipitação de todos os modelos (ETA, GLOBAL, NCEP e MBAR) não indicaram precipitação em nenhuma região, porém ocorreram chuvas no Litoral e em uma área isolada do Cariri/Curimatau, como pode ser observado na Figura 4.28.

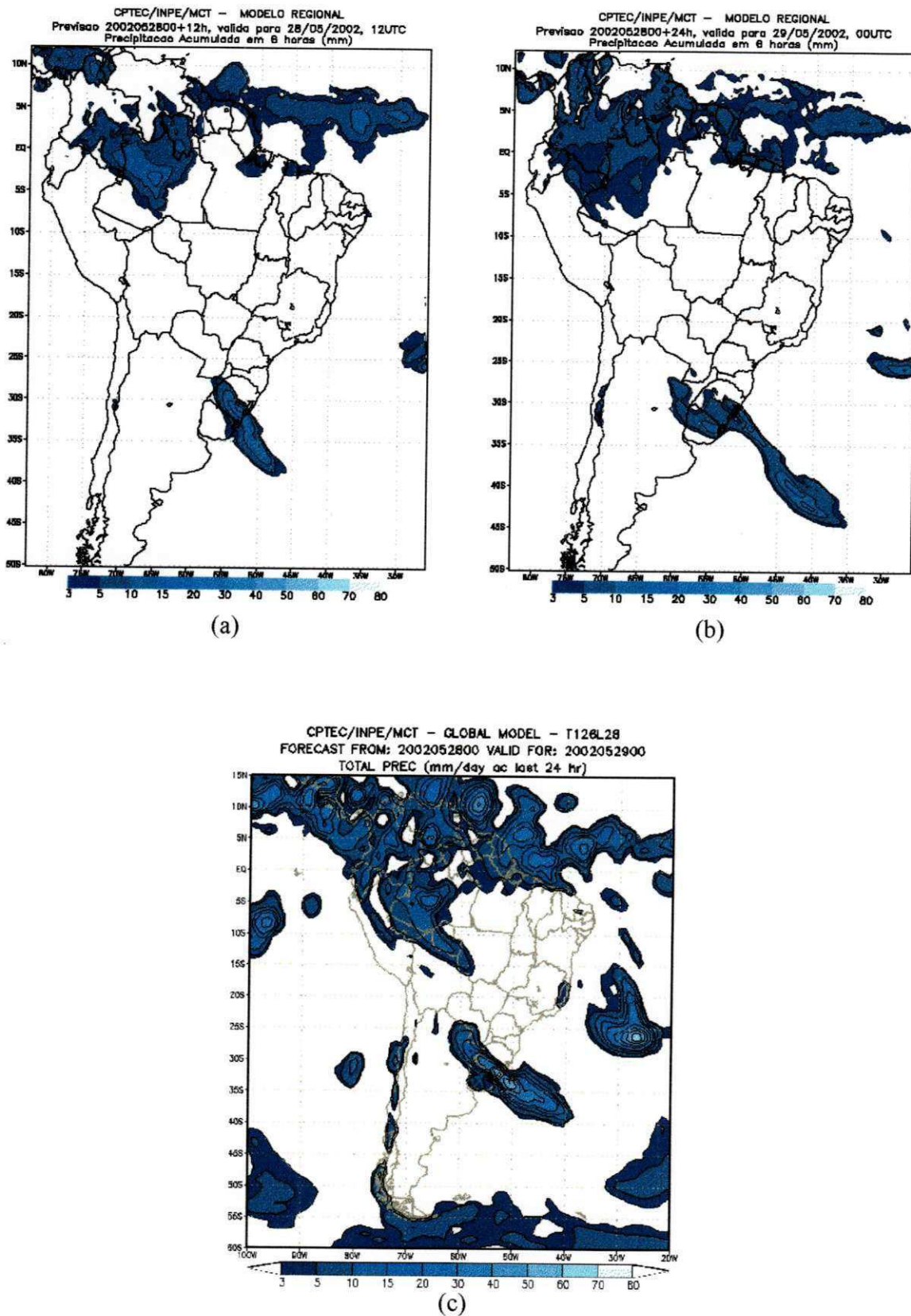


Figura 4.26 - Prognóstico de precipitação: a) modelo ETA para as 12UTC do dia 28/05/02; b) modelo ETA para as 00UTC do dia 29/05/02; e c) modelo GLOBAL para o dia 28/05/02.

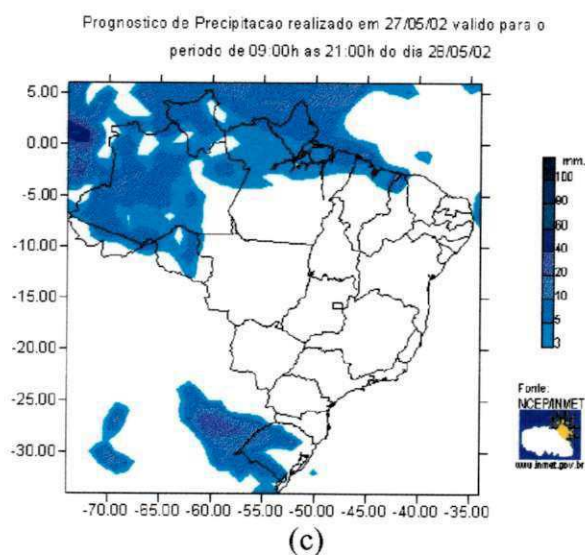
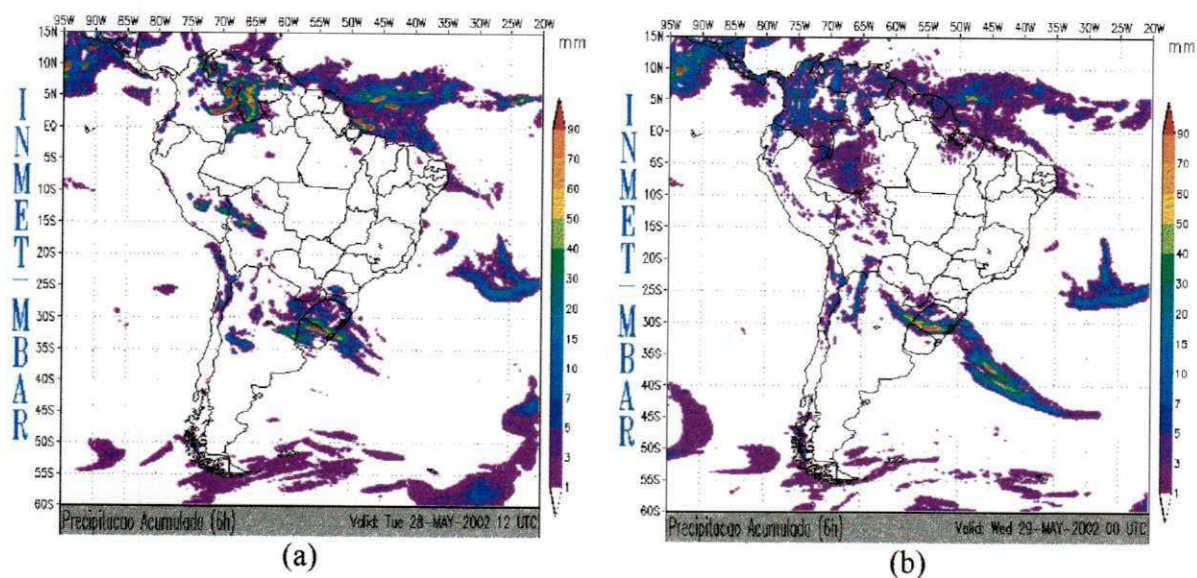


Figura 4.27 - Prognóstico de precipitação: a) modelo MBAR para as 12UTC do dia 28/05/02; b) modelo MBAR para as 00UTC do dia 29/05/02 ; e c) modelo NCEP para o dia 28/05/02.

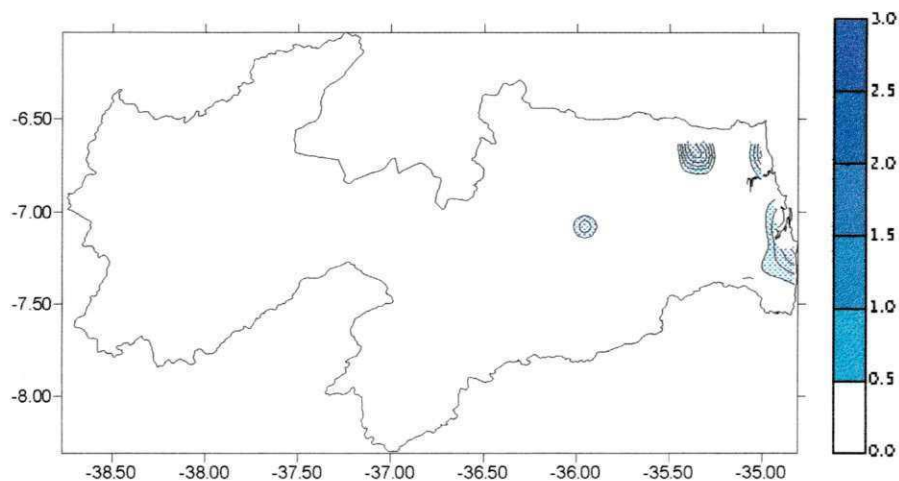


Figura 4.28 - Distribuição espacial da precipitação observada (mm) para o dia 28/05/02.

Da mesma forma, analisando as Figuras 4.29 e 4.30, verifica-se que no dia 28/06/02, os prognósticos de precipitação dos modelos ETA, GLOBAL, NCEP e MBAR não indicaram precipitação em nenhuma das regiões do estado, entretanto observou-se ocorrência de chuva isolada em duas áreas do Agreste/Litoral, com indica a Figura 4.31.

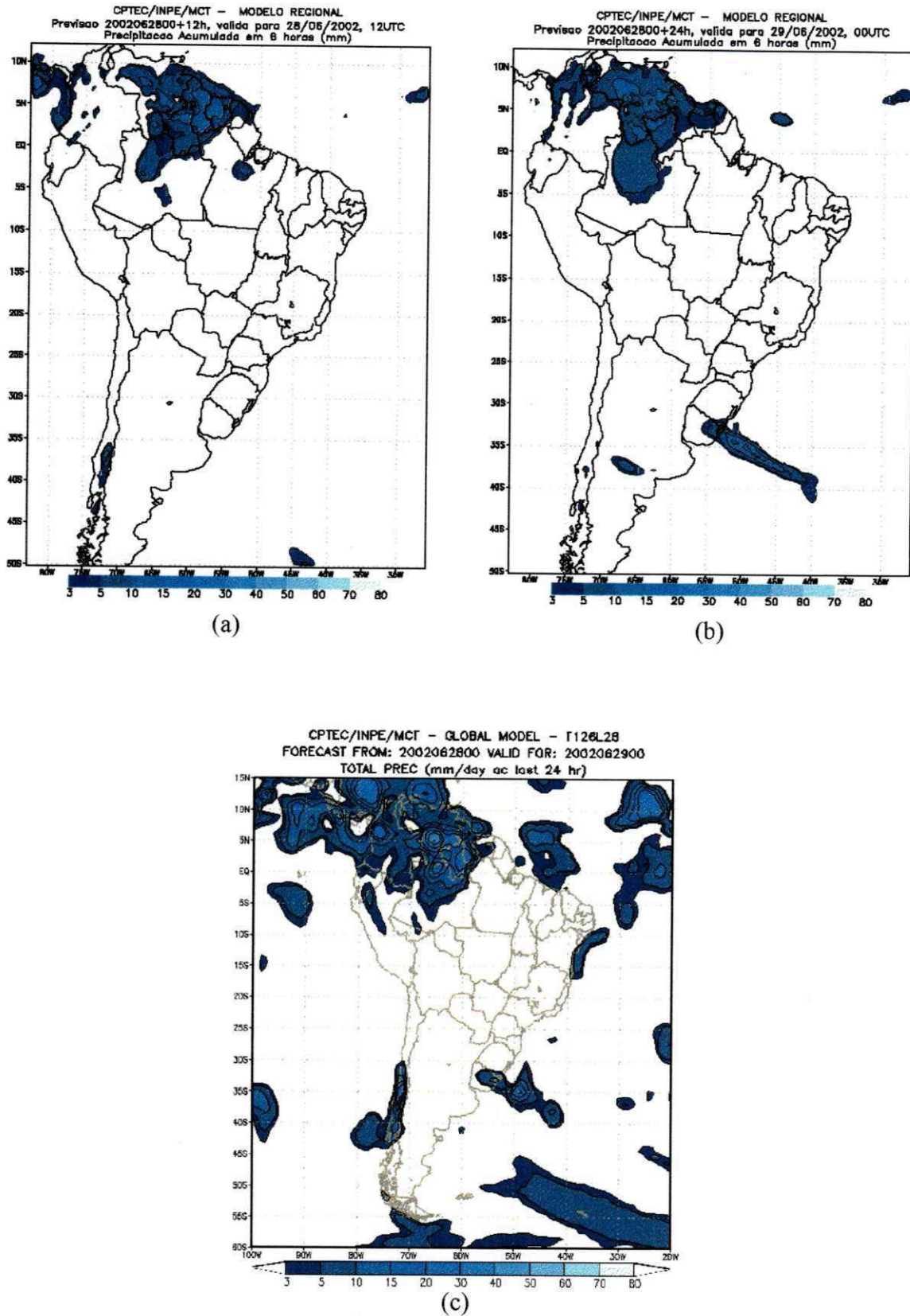
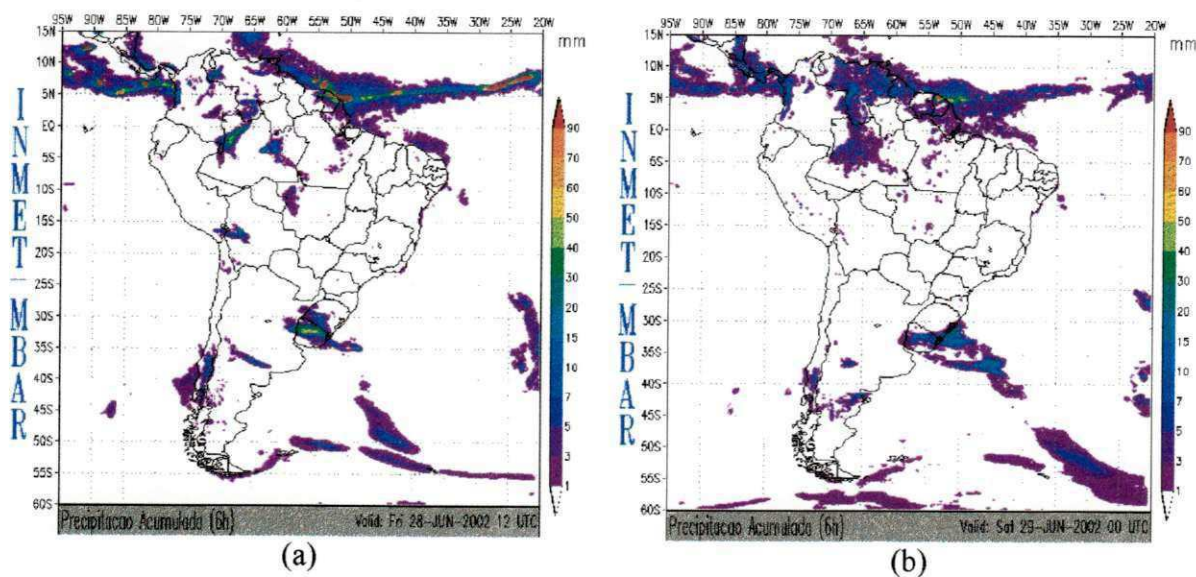
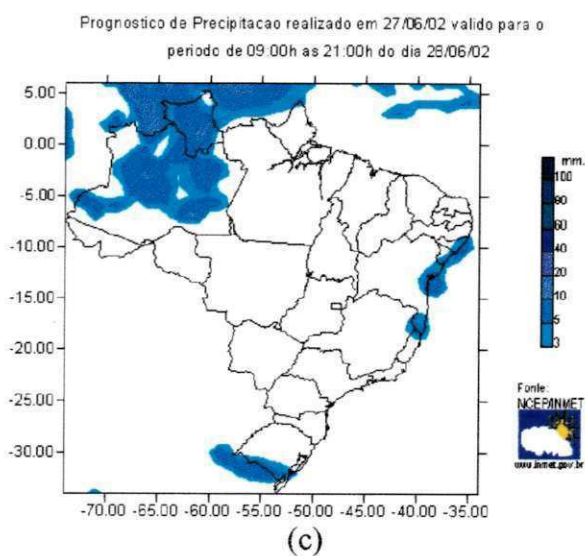


Figura 4.29 - Prognóstico de precipitação: a) modelo ETA para as 12UTC do dia 28/06/02; b) modelo ETA para as 00UTC do dia 29/06/02; e c) modelo GLOBAL para o dia 28/06/02.



(a)

(b)



(c)

Figura 4.30 - Prognóstico de precipitação: a) modelo MBAR para as 12UTC do dia 28/06/02; b) modelo MBAR para as 00UTC do dia 29/06/02 ; e c) modelo NCEP para o dia 28/06/02.

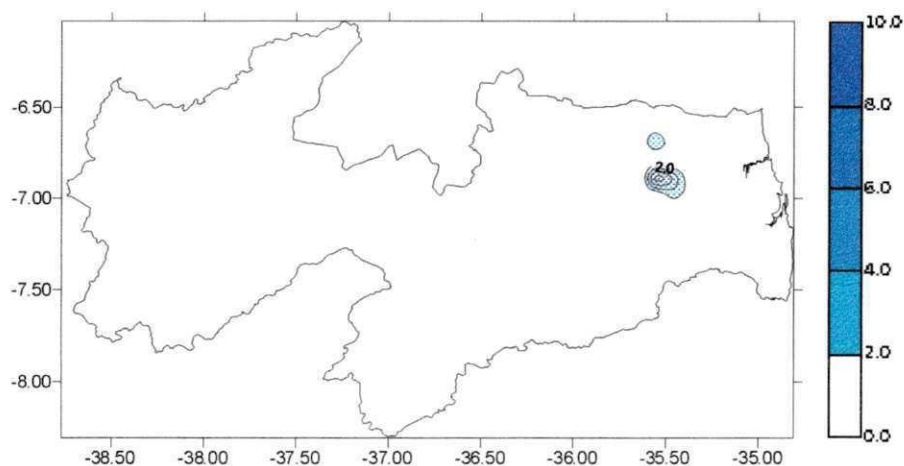


Figura 4.31 - Distribuição espacial da precipitação observada (mm) para o dia 28/06/02.

4.3 - Análise dos prognósticos de precipitação nos períodos seco e chuvoso

Para essa análise, utilizou-se a média aritmética dos erros para os períodos seco e chuvoso de cada região, de acordo com a definição da Tabela 4.5.

Tabela 4.5 - Períodos secos e chuvosos das regiões do estado

Período	Meses Chuvosos e Secos		
	Litoral/Agreste	Cariri/Curimatau	Sertão
Chuvoso	Março – Agosto	Fevereiro – Julho	Dezembro – Maio
Seco	Setembro-Fevereiro	Agosto – Janeiro	Junho – Novembro

Como pode ser observado na Figura 4.32, para o período seco da região do Agreste/Litoral, o modelo GLOBAL apresentou erro relativo de -33,8%, tendo assim, o melhor desempenho entre os modelos. Já o modelo ETA apresentou um erro relativo de -86,2%, ou seja, o pior desempenho. Para o período chuvoso o modelo MBAR teve o melhor desempenho, apresentando um erro de -40,3%, enquanto que o modelo ETA, teve com um erro de -78,6%, e mais uma vez o pior desempenho.

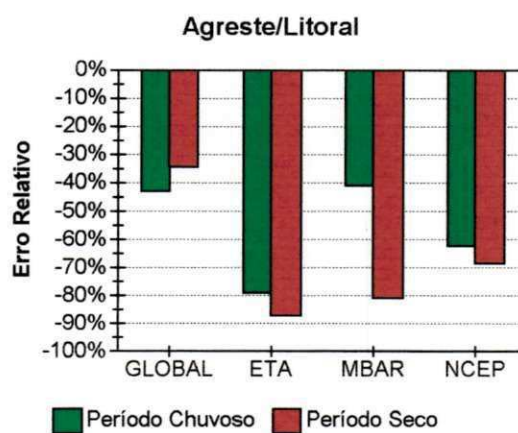


Figura 4.32. Erro relativo para os períodos seco e chuvoso da região Agreste/ Litoral.

Como é mostrado na Figura 4.33, durante o período seco da região do Cariri/Curimatau do estado, o modelo GLOBAL apresentou um erro relativo de -48,6%. Dessa forma, teve o melhor desempenho, enquanto que o modelo MBAR o pior, com um erro relativo de -89,5%. Já no período chuvoso o modelo GLOBAL teve um de erro -40,5%, ou seja, novamente o melhor desempenho, enquanto que o modelo ETA o pior desempenho novamente, apresentando um erro relativo de -81,5%.

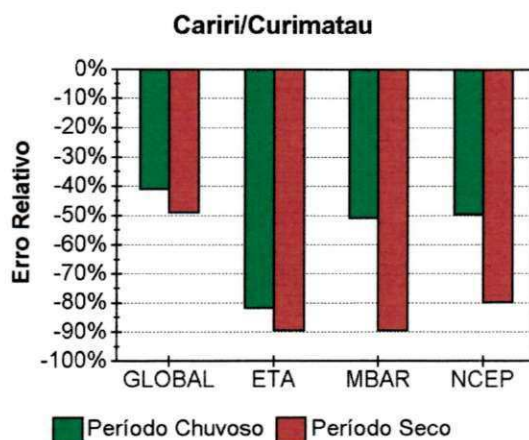


Figura 4.33. Erro relativo para os períodos seco e chuvoso da região Cariri/Curimatau.

Conforme a Figura 4.34, no período seco da região do sertão, o modelo GLOBAL apresentou o melhor desempenho, com um erro de -24,7%, enquanto que o modelo ETA o pior, com um erro relativo de -100,0%. Da mesma forma, no período chuvoso o modelo GLOBAL teve o melhor desempenho, com erro relativo de -33,1%, enquanto que o modelo NCEP apresentou um erro relativo de -67,3%, tendo assim, o pior desempenho.

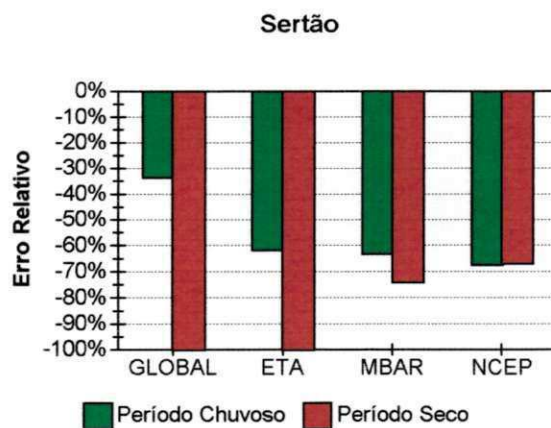


Figura 4.34. Erro relativo para os períodos seco e chuvoso da região do Sertão.

Fazendo-se uma análise nos períodos seco e chuvoso, verifica-se que o modelo GLOBAL foi o que apresentou o maior índice de acerto, enquanto o modelo ETA foi o que teve o menor índice de acerto.

4.4 - Análise do Prognóstico de Nebulosidade

A análise foi realizada comparando-se as imagens de satélite do GOES – 8 do mês de janeiro de 2002 com os campos prognosticados para nebulosidade pelos modelos ETA e MBAR, por serem estes os únicos que fazem este tipo de prognóstico. A existência de falhas ocasionou o estudo com base em 23 dias para o modelo ETA e 25 para o modelo MBAR. Embora esses modelos não tenham apresentado um bom desempenho quanto ao prognóstico de chuva, seus prognósticos de nebulosidade mostram um grau de acerto bastante razoável, pois ambos mostram que conseguem interpretar bem a possibilidade de formação de nebulosidade: O modelo ETA nas regiões do Agreste/Litoral, Cariri/Curimatau e Sertão apresentou acertos de 93,3%, 73,7% e 72,0% respectivamente; enquanto o modelo MBAR, teve acertos de 78,9% para região do Cariri/Curimatau e de 100% nas regiões Agreste/Litoral e Sertão. Diante do exposto, considerando que os modelos regionais conseguem prognosticar bem a formação de nebulosidade, sugere-se que estudos sejam desenvolvidos regionalmente visando o aprofundamento do conhecimento das condições locais, para que estes modelos possam prognosticar melhor a qualidade da nebulosidade, tornando mais eficientes os prognósticos de precipitação.

4.4.1 - Análise do Prognóstico de Nebulosidade para dois dias

Analisando as Figuras 4.35 a 4.38, verifica-se que no dia 18/01/02, os modelos MBAR e ETA prognosticaram ocorrência de nebulosidade para todo estado da Paraíba, o que foi confirmado pelas imagens do satélite GOES - 8. Contudo, em termos de prognóstico de precipitação para esse dia, enquanto o modelo ETA prognosticava que não haveria precipitação em nenhuma das regiões do estado, o MBAR indicava ocorrência de chuva nas regiões do Agreste/Litoral e Cariri/Curimatau. Neste dia foram registradas chuvas nas três regiões.

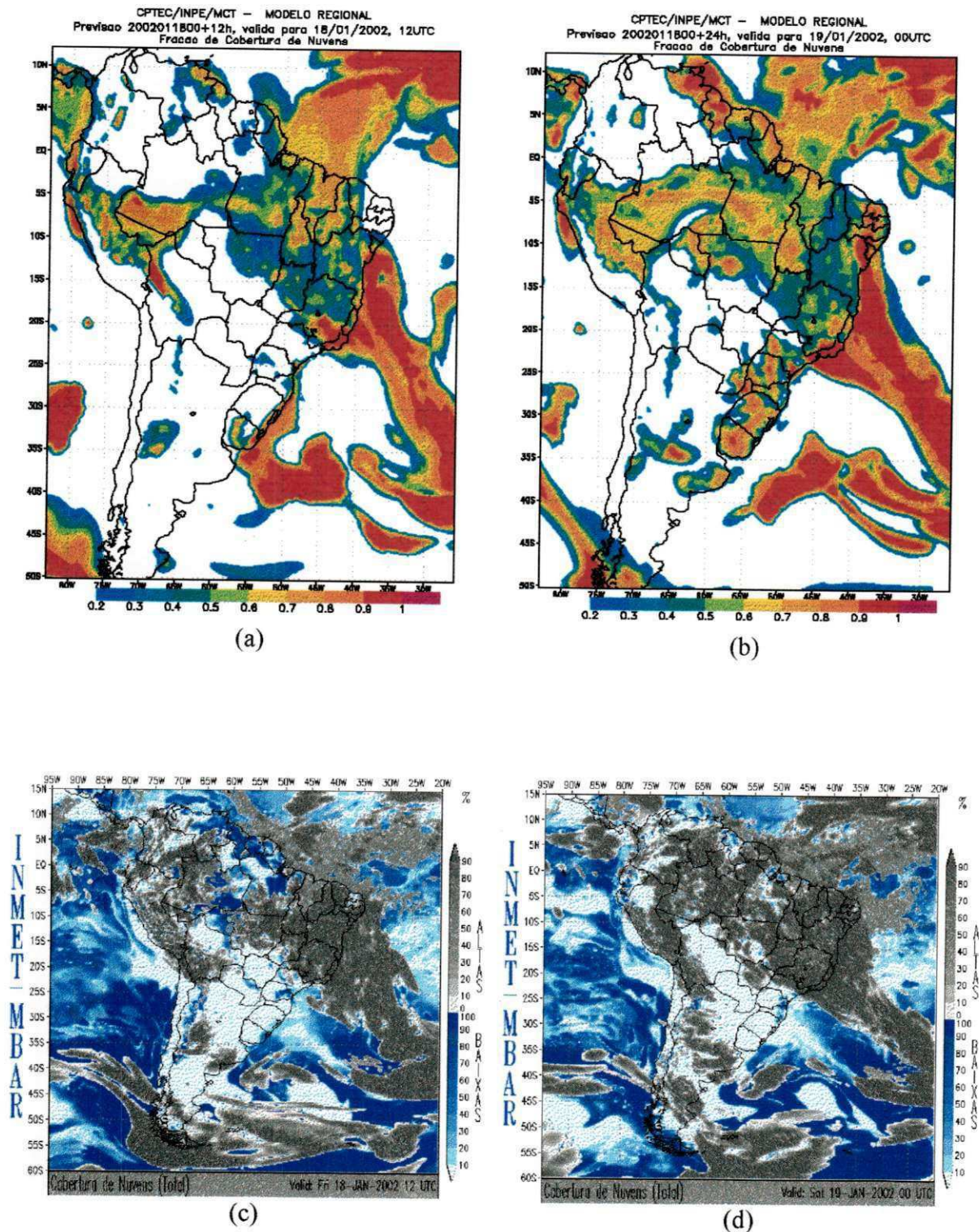


Figura 4.35 - Prognóstico de cobertura de nuvens: a) modelo ETA para as 12UTC de 18/01/02 ; b) modelo ETA para as 00UTC de 19/01/02; c) modelo MBAR para as 12UTC de 18/01/02; e d) modelo MBAR para as 00UTC de 19/01/02.

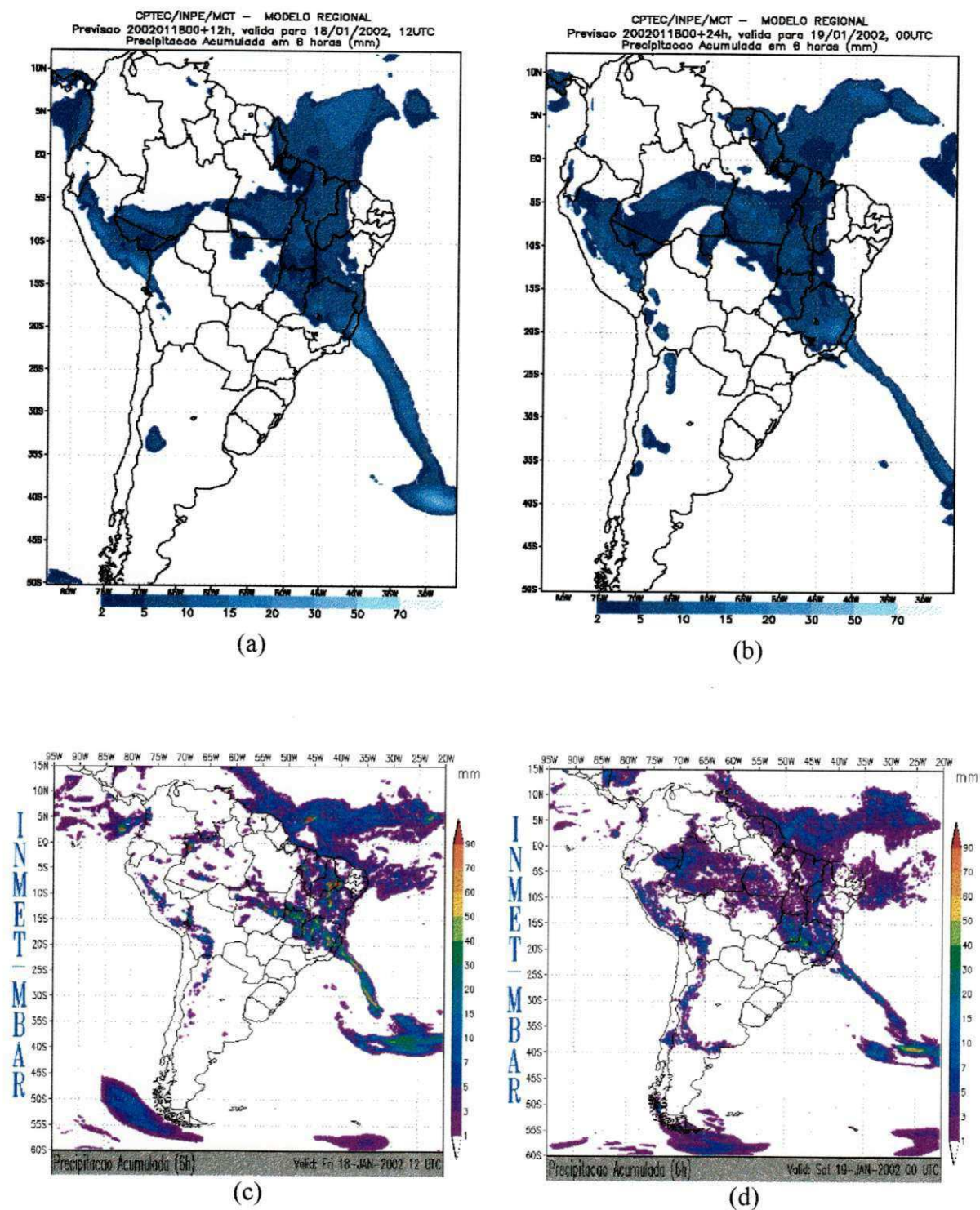


Figura 4.36 - Prognóstico de precipitação: a) modelo ETA para as 12UTC de 18/01/02; b) modelo ETA para as 00UTC de 19/01/02 ; c) modelo MBAR para as 12UTC de 18/01/02 ; e d) modelo MBAR para as 00UTC de 19/01/02.

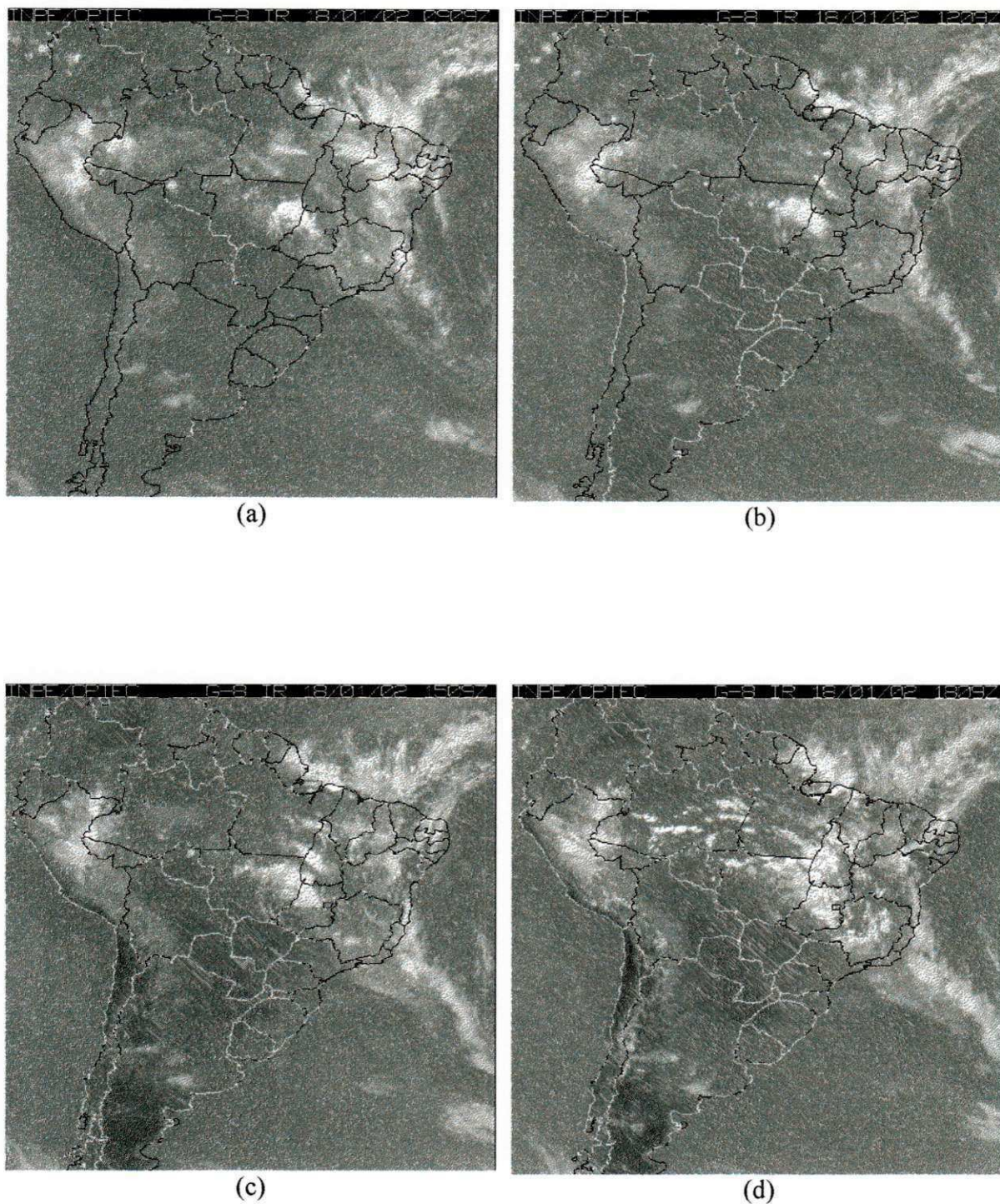


Figura 4.37 - Imagem do satélite GOES - 8 dia 18/01/02: a) 09:09 UTC; b) 12:09 UTC; c) 15:09 UTC; e d) 18:09 UTC.

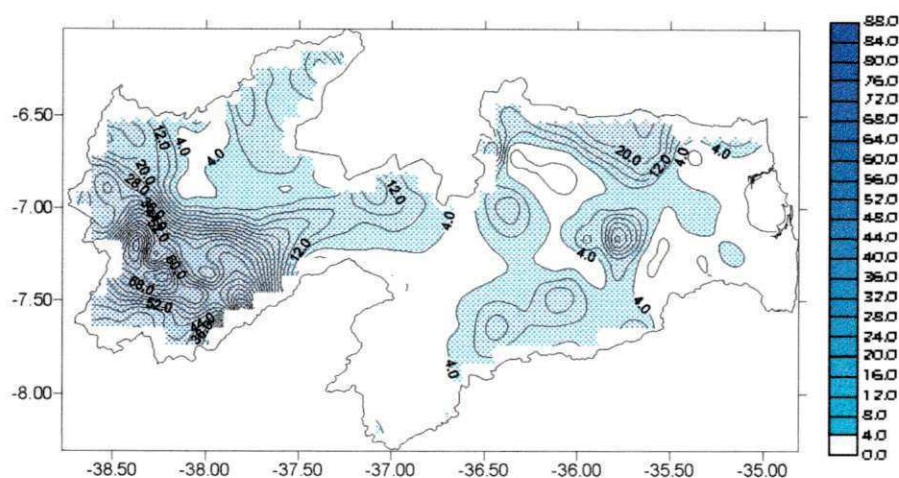


Figura 4.38 – Distribuição espacial da precipitação observada (mm) no dia 18/01/02.

Analisando as Figuras de 4.39 a 4.42, observa-se que para o dia 31/01/02 o modelo ETA prognosticou ocorrência de nebulosidade nas três regiões do estado, enquanto o MBAR prognosticou apenas para a região do Sertão. Observando as imagens do satélite GOES – 8, verifica-se a presença de pouca nebulosidade nas regiões do Agreste/Litoral e Cariri/Curimatau. Todavia, para esse dia, o modelo MBAR indicava ocorrência de chuva nas regiões do Agreste/Litoral e Cariri/Curimatau, enquanto o ETA prognosticava chuva apenas para a região do Sertão. Para este dia foram registradas chuvas nas regiões do Sertão e Cariri/Curimatau.

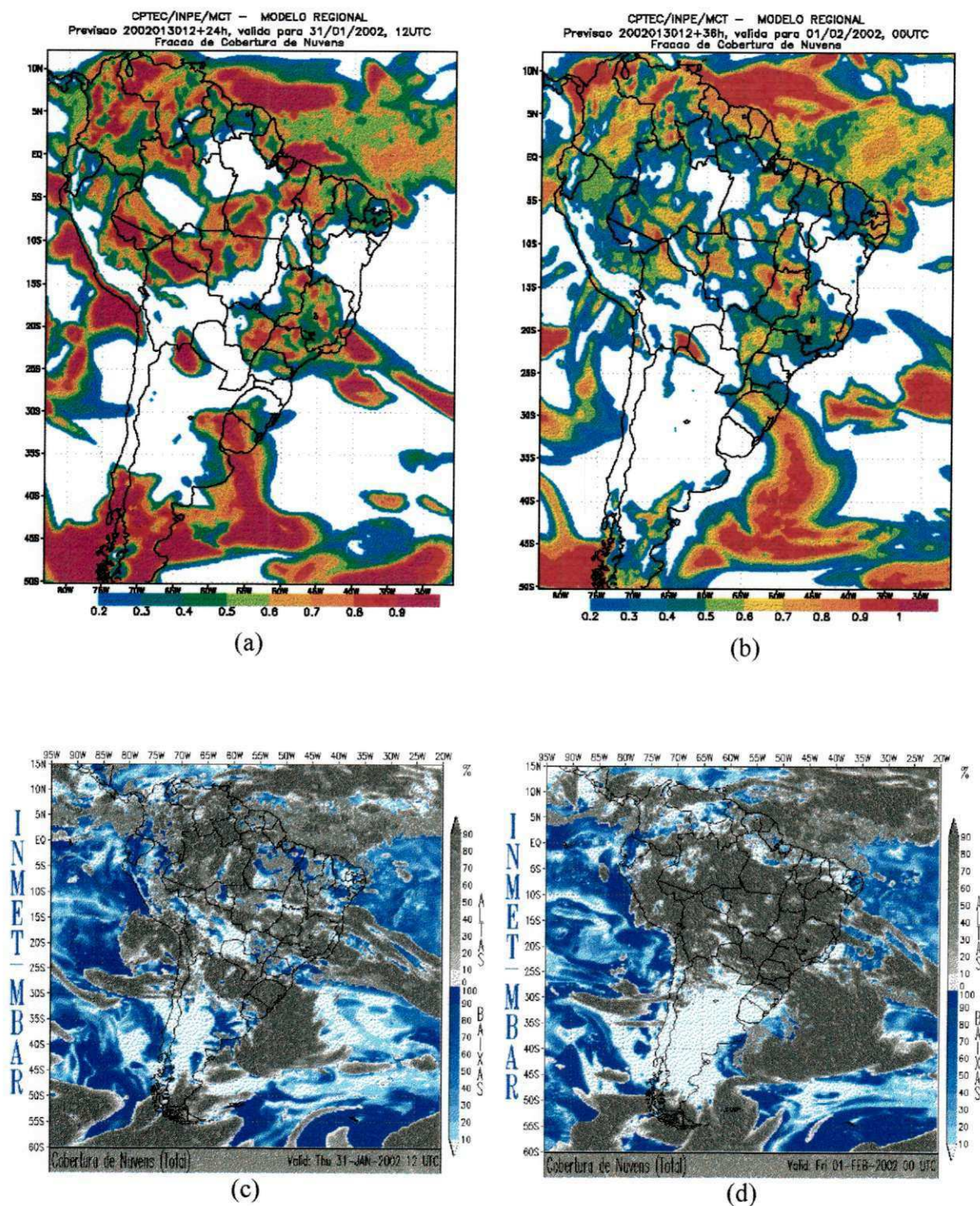


Figura 4.39 - Prognóstico de cobertura de nuvens: a) modelo ETA para as 12UTC de 31/01/02 ; b) modelo ETA para as 00UTC de 01/02/02; c) modelo MBAR para as 12UTC de 31/01/02; e d) modelo MBAR para as 00UTC de 01/02/02.

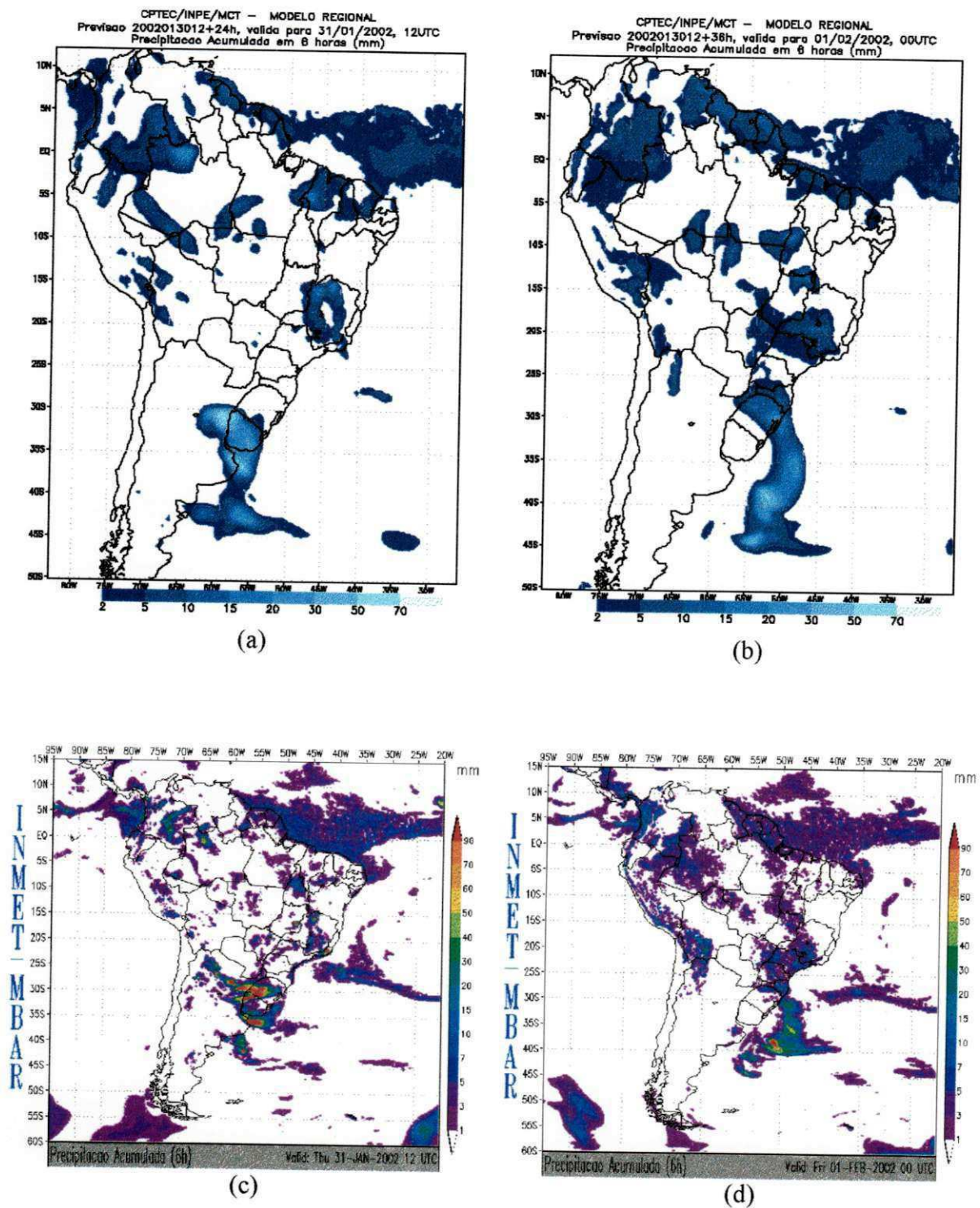


Figura 4.40 - Prognóstico de precipitação: a) modelo ETA para as 12UTC de 31/01/02; b) modelo ETA para as 00UTC de 01/02/02 ; c) modelo MBAR para as 12UTC de 31/01/02 ; e) modelo MBAR para as 00UTC de 01/02/02.

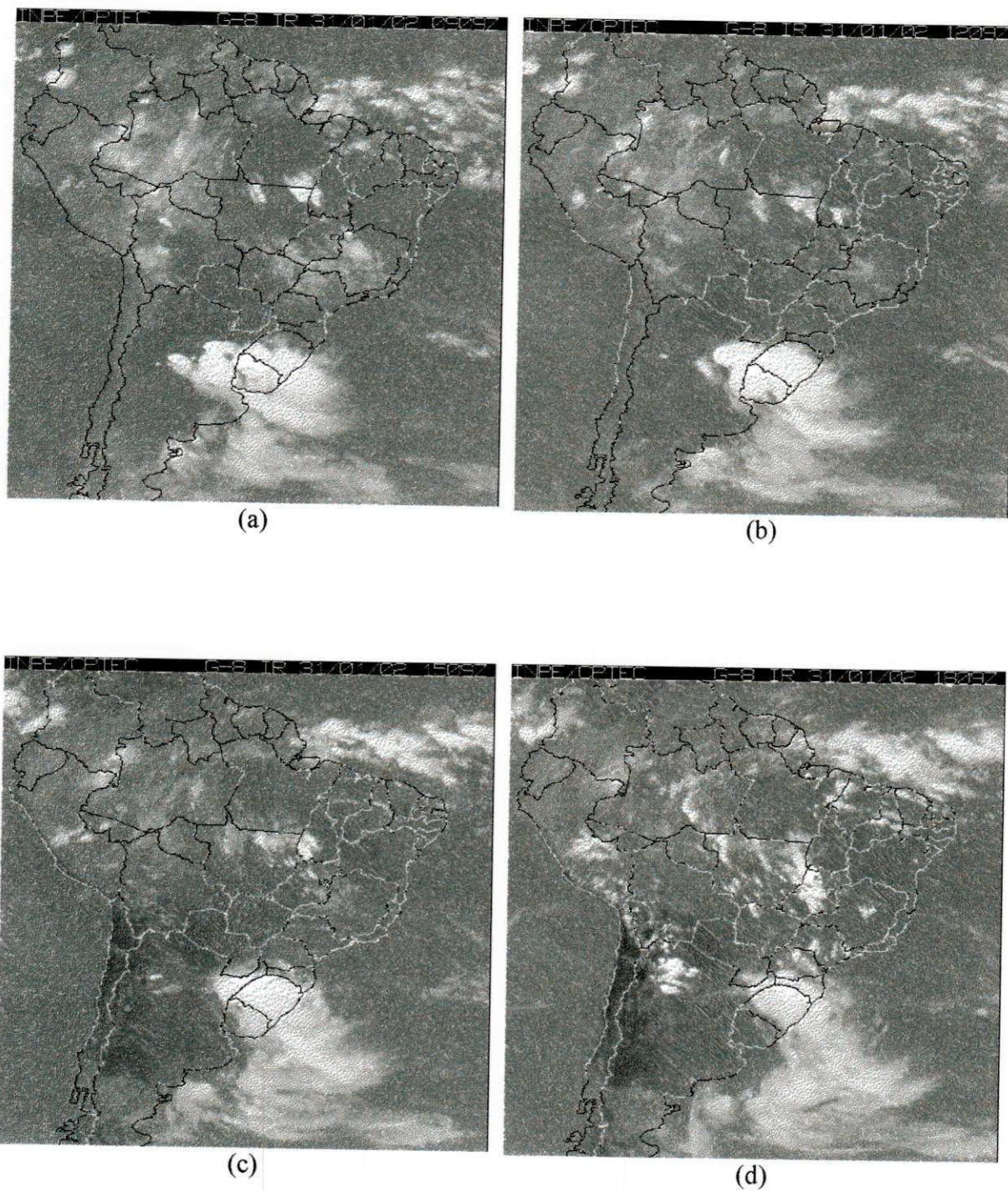


Figura 4.41 - Imagem do satélite GOES - 8 dia 31/01/02: a) 09:09 UTC; b) 12:09 UTC; c) 15:09 UTC; e d) 18:09 UTC.

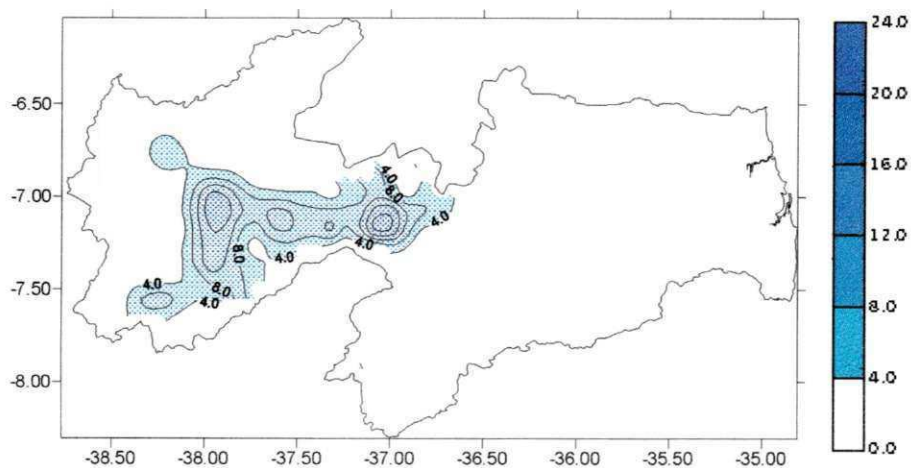


Figura 4.42 – Distribuição espacial da precipitação observada (mm) para o dia 31/01/02.

4.5 – Análise dos Erros Relativos Médios do Período de Estudo

Os dados da Tabela 4.6a indicam que o modelo MBAR, seguido pelo modelo GLOBAL foram os que apresentaram de fevereiro a abril os melhores desempenhos para as três áreas estudadas, com erros relativos de 32,0 e 36,9%, respectivamente. É importante observar que esse período coincide com a fase de maior concentração de precipitação dentro da estação chuvosa nas regiões do Cariri/Curimatau e Sertão, bem como de parte da estação chuvosa do Agreste/Litoral. Já, analisando os dados Tabela 4.6b, que compreende o período de abril a junho, a fase de maior ocorrência de precipitação dentro da estação chuvosa da região do Agreste/Litoral, verifica-se que o modelo GLOBAL foi o que teve o melhor desempenho, porém, o erro relativo médio foi de 37,9%.

Com base nos dados da Tabela 4.6c, que se refere ao período de agosto a outubro, estação seca em todo o estado, exceto o modelo GLOBAL que teve erros relativos médios pequenos na região do Agreste/Litoral (15,8%) e na região do Sertão (25,0%), todos os outros apresentaram erros bastante elevados, em todas as regiões.

Os dados das Tabelas 4.6d e 4.7e, correspondem a dois períodos: janeiro a junho e julho a dezembro, para as três regiões estudadas. Observa-se que o modelo GLOBAL teve melhor desempenho tanto no primeiro período com no segundo, com erros relativos médios de 35,7 e 35,5% respectivamente. Já os demais modelos apresentaram erros bastante elevados para ambos os períodos. Por último, de acordo com os dados da Tabela 4.6f, correspondentes ao período de janeiro a dezembro, tem-se também o modelo GLOBAL como o que teve o melhor desempenho anual.

Nas Tabelas 4.6, são apresentados os erros relativos médios para as regiões do Agreste/Litoral, Cariri/Curimatau e Sertão para os quatro modelos no período do estudo.

Tabela 4.6a - Erro relativo médio do trimestre chuvoso (Fevereiro – Março – Abril)

Erro relativo médio dos modelos				
Regiões	GLOBAL	ETA	MBAR	NCEP
Agreste/Litoral	35,5%	67,6%	25,2%	55,1%
Cariri/Curimatau	36,9%	82,1%	23,8%	44,0%
Sertão	38,4%	69,1%	47,1%	61,0%
Média	36,9%	73,0%	32,0%	53,4%

Tabela 4.6b - Erro relativo médio do quadrimestre chuvoso (Abril – Maio – Junho - Julho)

Erro relativo médio dos modelos				
Regiões	GLOBAL	ETA	MBAR	NCEP
Agreste/Litoral	40,8%	79,5%	38,5%	59,5%
Cariri/Curimatau	54,5%	78,6%	75,9%	54,9%
Sertão	18,4%	90,6%	75,7%	61,2%
Média	37,9%	82,9%	63,4%	58,5%

Tabela 4.6c - Erro relativo médio do trimestre seco (Agosto - Setembro – Outubro)

Erro relativo médio dos modelos				
Regiões	GLOBAL	ETA	MBAR	NCEP
Agreste/Litoral	15,8%	98,3%	93,3%	84,2%
Cariri/Curimatau	46,7%	100,0%	100,0%	95,6%
Sertão	25,0%	100,0%	66,7%	66,7%
Média	29,2%	99,4%	86,7%	82,1%

Tabela 4.6d – Erro relativo médio do período de (Janeiro a Junho)

Erro relativo médio dos modelos				
Regiões	GLOBAL	ETA	MBAR	NCEP
Agreste/Litoral	37,7%	69,6%	33,7%	53,3%
Cariri/Curimatau	37,1%	79,5%	44,8%	42,0%
Sertão	32,2%	73,8%	60,3%	60,6%
Média	35,7%	74,3%	46,3%	52,0%

Tabela 4.6e - Erro relativo médio do período de (Julho a Dezembro)

Erro relativo médio dos modelos				
Regiões	GLOBAL	ETA	MBAR	NCEP
Agreste/Litoral	38,8%	95,2%	87,3%	76,3%
Cariri/Curimatau	52,0%	91,0%	95,2%	86,2%
Sertão	15,7%	87,5%	76,4%	73,3%
Média	35,5%	91,2%	86,3%	78,6%

Tabela 4.6f – Erro relativo médio do período de (Janeiro a Dezembro)

Erro relativo médio dos modelos				
Regiões	GLOBAL	ETA	MBAR	NCEP
Agreste/Litoral	38,3%	82,4%	60,5%	64,8%
Cariri/Curimatau	44,6%	85,2%	70,0%	64,1%
Sertão	24,7%	80,7%	68,3%	67,0%
Média	35,8%	82,8%	66,3%	65,3%

5 - CONCLUSÕES E SUGESTÕES

5.1 Conclusões

Tomando como base os resultados obtidos, chegou-se às seguintes conclusões:

De um modo geral, verificou-se que todos os modelos de previsão de tempo analisados, apresentaram os menores erros relativos no período chuvoso de cada região. No entanto, o modelo GLOBAL/CPTEC também apresentou no período seco (agosto - outubro) o menor erro relativo na região do Agreste/Litoral. Este modelo, também teve seu melhor desempenho nas regiões de altitudes baixas e planas (Agreste/Litoral e Sertão).

No período chuvoso de fevereiro a abril, o modelo MBAR/INMET, foi o que apresentou o menor erro relativo médio, considerando as três regiões, e conseqüentemente, o melhor desempenho, seguido do modelo GLOBAL/CPTEC. Já no período de abril a julho, o modelo GLOBAL/CPTEC, teve o melhor desempenho seguido do NCEP/INMET.

No período mais seco (agosto, setembro e outubro), verificou-se que apenas o modelo GLOBAL/CPTEC nas regiões do Agreste/Litoral e Sertão, apresentou um erro relativo médio aceitável. Os demais modelos, nas três regiões e o próprio GLOBAL/CPTEC na região do Cariri/Curimatau, apresentaram erros relativos bastante elevados, o que indica previsões bastante erradas durante este período.

Nos períodos de janeiro a junho e de julho a dezembro, nas três regiões estudadas, o modelo GLOBAL/CPTEC foi o que apresentou o menor erro relativo médio, bem como no período de janeiro a dezembro, tendo mais uma vez o melhor desempenho.

Os prognósticos dos campos de nebulosidade sobre as áreas estudadas em termos de distribuição espacial e temporal, mostraram-se bastante coerentes com a nebulosidade observada nas imagens de satélites. No entanto, isto não se reflete nos prognósticos de precipitação, o que sugere que estudos sejam desenvolvidos regionalmente visando o aprofundamento do conhecimento das condições locais, para que estes modelos possam prognosticar melhor a qualidade da nebulosidade, tornando mais eficientes os prognósticos de precipitação.

5.2 Sugestões

Algumas sugestões para possíveis trabalhos futuros são:

Considerando que os modelos regionais mostraram que conseguem prognosticar bem a formação de nebulosidade, sugere-se que mais estudos sejam realizados regionalmente visando um maior conhecimento das condições locais, para obter melhores prognósticos quanto à qualidade da nebulosidade, e assim, tornar mais eficientes os prognósticos de precipitação.

Sugere-se também que análises mais detalhadas quanto ao desempenho dos modelos de previsão de tempo em prognosticar precipitação sejam realizadas, considerando individualmente cada sistema meteorológico que atua no Nordeste do Brasil.

6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALPERT, J. C., KANAMITSU, M., CAPLAN, P. .M., SELA, J. G., WHITE, G. .H e KALNAY, E. **Mountain induced gravity wave drag parameterization in the NMC medium-range model**. Preprints of the Eighth Conference on Numerical Weather Prediction, Baltimore, MD, American Meteorological Society, 726-733, 1988.

ALVES, L. M., MELO, A. B. C., CHOU, S. C e NOBRE, P. **Estudo Comparativo Entre a Precipitação Sazonal Simulada Pelo Modelo Eta e Observada Sobre o Brasil**. Anais, XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2000, Rio de Janeiro.

ANTHES, R. A. **Hurricane model experiments with a new cumulus parameterization schene**. Monthly Weather Review, 105: 270-286, 1977.

ANTHES, R. A. **Regional Models of the Atmosphere in Middle Latitudes.** Monthly Weather Review, 111: 1306-1335, 1983.

ARAKAWA, A e SHUBERT, W. H. **Interaction of a Cumulus Ensemble with the Large-Scale Environment, Part I.** J. Atmos. Sci., 31, 674-704, 1974.

BETTS, A.K. e MILLER, M. J. **A new convective adjustment scheme. Part II: Single column tests using GATE wave, ATEX and Arctic Air mass data sets.** Quart. J. R. Met. Soc., 112, 693-709, 1986.

BITENCOURT, D. P. **Comparação entre o Desempenho das Previsões do Modelo Global do CPTEC/COLA para Diferentes Áreas da América do Sul.** Anais, XI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 1999, Florianópolis.

BONATTI, J. P. **Modelo de Circulação Geral Atmosférico do CPTEC.** Climanálise Especial - Edição comemorativa de 10 anos, outubro de 1996 - MCT/INPE/CPTEC, Cachoeira Paulista, SP, v 11, p.198-202, 1996.

BRANCO, R. A ., TANAJURA, C. A. S e CÁRDENAS, J. W. **Um Estudo de Caso Sobre a Sensibilidade do Modelo ETA ao Domínio e à Resolução.** Anais, XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2002, Foz do Iguaçu.

BUSTAMANTE, J. F., GOMES, J. L e CHOU, S. C. **Influência da Temperatura da Superfície do Mar Sobre as Previsões Climáticas Sazonais do Modelo Regional ETA.** Anais, XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2002, Foz do Iguaçu

CAVALCANTI, I. F. A., SATYAMURTY, P., MARENGO, J. A, TROSNIKOV, I., BONATTI, J. P., NOBRE, C. A., D'ALMEIDA, C., SAMPAIO, G., CUNNINGHAM, C. A. C., CAMARGO, H e SANCHES, M. B. **Climate Characteristics in an Ensemble Simulation Using the CPTEC/COLA Atmospheric Global Circulation Model**, São José dos Campos, INPE, 2001, 71 p. (INPE-8150-RPQ/717).

CHEN, F., JANJIC, Z. I e MITCHELL, K. **Impact of atmospheric surface-layer parameterization in the newland - surface scheme of NCEP**. *Boundary-Layer Meteor.*, n. 85, p. 391- 421, 1997.

CHOU, S. C. 1996: **Modelo Regional Eta - Climanálise Especial - 10 anos**
<http://www.cptec.inpe.br/products/climanalise/clies10a/index1.html>

CHOU, S. C e SILVA, M. G. J. S. **Avaliação de Precipitação do Modelo Regional Eta**. Anais, X Congresso Brasileiro de Meteorologia, 1998, Brasília.

CHOU, M.D., SUAREZ, M. J., HO, C. H., YAN, M. H e LEE, K. T. **Parameterizations for cloud overlapping and shortwave single scattering properties for use in general circulation and cloud ensemble models**. *J. Climate*, 11, 202- 214, 1998.

CHOU, S. C. **Avaliação Objetiva das Previsões de Precipitação do Modelo Regional Eta**. Anais, XI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 1999, Florianópolis.

DAMIÃO, M. C. Um Estudo das Condições Atmosféricas em Janeiros Secos e Chuvosos no Semi-árido do Nordeste do Brasil e sua Relação com a Chuva em Meses Posteriores na Região. 1999. Tese (Mestrado em Meteorologia) - Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

DAVIES, R. Documentation of the solar radiation parameterization in the GLAS climate model. NASA tech. Memo. 83961, 57p., Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD, 1982.

DERECZYNSKIL, C. P e NOBRE, C. A. Avaliação das Previsões Climáticas do Modelo Global do Cptec para o Trimestre Chuvoso de 1997 na Região Nordeste do Brasil. Anais, XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2002, Foz do Iguaçu.

DICKINSON, R.E. Modeling evapotranspiration for 3-dimensional global climate models. Geophysical Monograph, Maurice Ewing, v. 5, n. 29, p. 58-72, 1984.

FELS, S.B e SCHWARZKOPF, M. D. The simplified exchange approximation: A new method for radiative transfer calculations. J. Atmos. Sci., 37, 2265-2297, 1975.

FELS, S. B e SCHWARZTKOPF, M. D. The simplified exchange approximation. A new method for radiative transfer calculations. J. Atmos. Sci., n. 32, p. 1475-1488, 1975.

FONSECA, J. F. B. **Modelos regionais de previsão numérica do tempo: Um estudo comparativo das destrezas dos modelos FSU e ETA, sobre a América do Sul.** Tese de Mestrado-INPE, 1998.

GRELL, G. A. **Prognostic Evaluation of Assumptions Used by Cumulus Parameterizations.** Mon. Wea. Rev., 121, 764-787, 1993.

HASS, J e MINE, M. R. M. **Avaliação das Previsões Meteorológicas Quantitativas de Precipitação Geradas Pelos Modelos Eta (CPTEC) e Mbar (INMET).** Anais, XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2002, Foz do Iguaçu.

JANJIC, Z. I. **The step-mountain ETA coordinate model: further developments of the convection, viscous sublayer, and turbulence closure schemes.** Monthly Weather Review, n. 122, p. 927-945, 1994.

KASAHARA, A. e PURI, K. **Spectral representation of three-dimensional global data by expansion in normal mode functions.** Monthly Weather Review, 109 (1): 37-51, 1981.

KESSLER, E. **On the distribution and continuity of water substance in atmospheric circulation models.** American Meteor. Soc., Boston, n. 10, 1969.

KOUSKY, V. E. e GAN, M. A. **Upper Tropospheric Cyclonic Vórtices in the Tropical South Atlantic.** Tellus. 33, 538-551. 1981.

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

LOUIS, J. F. **A parametric model of vertical eddy fluxes in the atmosphere**. Boundary-Layer Meteor., n. 17, p. 187-202, 1979.

LUCENA, D. B. **Influência da Temperatura da Superfície do Mar Próximo à Costa Leste na Precipitação do Nordeste do Brasil**. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, Tese de mestrado, 2001.

MACHADO, L. H. R., BOTTINO, M. J e ROZANTE, J. R. **Comparação da Previsão da Pressão ao Nível Médio do Mar nos Modelos Operacionais Eta e Globais T062 e T126**. Anais, XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2002, Foz do Iguaçu.

MARENGO, J. A., CAVALCANTI, I. F. A., SATYAMURTY, P., TROSNIKOV, I., BONATTI, J. P., NOBRE, C. A., D'ALMEIDA, C., SAMPAIO, G., CUNNINGHAM, C. A. C., CAMARGO, H., SANCHES, M. B., PEZZI, L. P e CALBETE, N. **Ensemble Simulation of Interannual Climate Variability Using the CPTEC/COLA Atmospheric Model** - São José dos Campos, INPE, 2001, 77 p. (INPE-8135- RPQ/717).

MELLOR, G. L e YAMADA, T. **A hierarchy of turbulence closure models for planetary boundary layers**. J. Atmos. Sci., n. 31, p. 1791-1806, 1974.

MELLOR, G. L e YAMADA, T. **Development of a turbulence closure models for geophysical fluid problems**. Rev. Geophys. Space Phys., n. 20, p. 851-875, 1982.

MOORTHI, S e SUARES, M. J. **Relaxed Arakwa-Schubert : A parameterization of moist convection for general circulation models.** Monthly Weather Review, 120: 978-1001, 1991.

MOURA, R. G., SILVA, J. T., ROZANTE, J. R e NOGUEIRA, V. S. **Análises Preliminares das Observações Versus as Previsões de Sistemas Frontais Obtidas Através dos Modelos Operacionais de Previsão Numérica de Previsão de Tempo Global(T062) e Regional(Eta) do CPTEC/INPE.** Anais, XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2002, Foz do Iguaçu.

PALMEIRA, R. J., TANAJURA, C. A. S e CÁRDENAS, J. W. **Validação do Modelo Eta na Previsão de Tempo Sobre o Sudeste Durante o Verão de 2001/2002.** Anais, XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2002, Foz do Iguaçu.

PESQUERO, J. F e SATYAMURTY, S. **Um Estudo de Avaliação do Modelo Global do CPTEC com Relação ao Número, Trajetória e Intensidade de Ciclones e Anticiclones para o Hemisfério Sul.** Anais, XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2002, Foz do Iguaçu.

QUADRO, M. F. L. **Estudo de Episódios da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) sobre a América do Sul.** Dissertação de Mestrado em Meteorologia. São José dos Campos : Instituto de Pesquisas Espaciais. São Paulo, 1994.

RITTER, B. J.F.; GELEYN. **A comprehensive radiation scheme for numerical weather prediction models with potential applications in climate simulations.** Monthly Weather Review, n. 120, p. 303-325, 1992.

ROUCOU, P., ARAGAO, J. O. R., HARZALLAH, A., FONTAINE, B e JANICOT, S. **Vertical Motion Changes Related to North-East Brazil Rainfall Variability: A GCM Simulation.** International Journal of Climatology. Inglaterra: ROYAL METEOROLOGICAL SOCIETY, v.16, p.879 - 891, 1996.

RODRIGUES, R. S., FERREIRA, F. F., LACERDA, F. F., ARAGÃO, J. O. R., MOURA, G. B. A ., FERREIRA, M. A. F., LACERDA, F. R e SOUZA, I. A. **Avaliação de Alguns Parâmetros Meteorológicos do Modelo Global do CPTEC em Pernambuco de 18 a 19 de Janeiro de 1998 - Parte II.** Anais, XI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 1999, Florianópolis.

RODRIGEZ, J. L. **Atlas Geográfico do Estado da Paraíba.** Ed. GRAFSET, João Pessoa, 100p. 1985.

RODRIGEZ, J. L. **Mapeamento Cultural da Paraíba.** Ed GRAFSET, 2ª edição. João Pessoa, 64p. 2002.

ROZANTE, J. R e CHOU, S. C. **Avaliação da Destreza do Modelo Eta em Diferentes Resoluções.** Anais, XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2000, Rio de Janeiro.

SCHWARZOPF, M. D e FELS, S. B. **The simplified exchange method revisited: An accurate, rapid method for computation of infrared cooling rates and fluxes.** J. Geophys. Res., 96, 9075-9096, 1991.

SILVEIRA, R. B., FILHO, F. Q., MOL, J. M. D e SANTOS, R. R. **Alguns Resultados dos Procedimentos de Verificação do Mbar do Inmet.** Anais, XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2002, Foz do Iguaçu.

SLINDO, A. **A GCM parameterization for the shortwave radiative properties of water clouds.** J. Atmos. Sci., 46, 1419-1427, 1989.

SOUZA, P. P. **Uma Avaliação do Modelo Global do CPTEC para Outubro de 1999.** Anais, XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2002, Foz do Iguaçu.

TIEDTKE, M. **The sensitivity of the time-mean large-scale flow to cumulus convection in the ECMWF model.** ECMWF Workshop on Convection in Large-Scale Models, 28 November-1 December 1983, Reading, England, pp. 297-316, 1983.

TIEDTKE, M. **The sensitivity of the time-mean large-scale flow to cumulus convection in the ECMWF model.** Proc., Workshop on Convection in Large-scale Numerical Models. ECMWF, Reading, U.K., 297-316, 1984.

TIEDTKE, M. **A comprehensive mass flux scheme for cumulus parametrization in large-scale models.** Monthly Weather Review, n. 117, p. 1779-1800, 1989.

UVO, C. R. B. **A Zoma de Convergência Intertropical (ZCIT) e sua relação com a precipitação na região norte do Nordeste Brasileiro.** Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – INPE – 4887 – TDL/378, 1989.

XU, K. M e RANDALL, D. A. **A semiempirical cloudiness parameterization for use in climate models.** J. Atmos. Sci., 53, 3084-3102, 1996.

YAMAZAKI, Y e RAO, V.B. **Tropical Cloudiness over the South Atlantic Ocean.** Journal of the Meteorological Society of Japan. 55, 203-207. 1977.