

## **Avaliação da Climatologia das Previsões Climáticas Sazonais para o Período Chuvoso da Região Nordeste do Brasil**

### **RELATÓRIO FINAL DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA (PIBIC/CNPq/INPE)**

Ana Luísa Cruz (UFRJ, Bolsista PIBIC/CNPq)

E-mail: [analu.cruz@gmail.com](mailto:analu.cruz@gmail.com)

Dra. Josiane F. Bustamante Fonseca (DMD/CPTEC/INPE, Orientadora)

E-mail: [josiane.bustamante@cptec.inpe.br](mailto:josiane.bustamante@cptec.inpe.br)

### **COLABORADORES**

Dra. Claudine Pereira Dereczynski (IGEO/UFRJ)

E-mail: [claudinedereczynski@gmail.com](mailto:claudinedereczynski@gmail.com)

Julho de 2012

## SUMÁRIO

|    |                                  |    |
|----|----------------------------------|----|
| 1. | INTRODUÇÃO.....                  | 1  |
| 2. | DADOS E METODOLOGIA .....        | 3  |
| 3. | RESULTADOS .....                 | 4  |
| 4. | CONCLUSÕES PRELIMINARES .....    | 10 |
| 5. | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS ..... | 14 |

## 1. INTRODUÇÃO

O regime de chuvas da Região Nordeste do Brasil (NEB) é influenciado pela presença de sistemas meteorológicos tais como a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN), os distúrbios de leste, as linhas de instabilidade e até mesmo os sistemas frontais que alcançam o sul do NEB (Satyamurty et al., 1998). Além desses fenômenos de escala sinótica outros eventos, tais como os fenômenos El Niño Oscilação Sul e a Oscilação de Madden e Julian atuam na área em estudo.

Como é bastante conhecido a ZCIT, é a região de baixa pressão à superfície localizada em torno do equador, que apresenta, numa estreita faixa, máximos de nebulosidade e precipitação, e para onde convergem os ventos alísios de nordeste do HN e de sudeste do HS. Este sistema migra durante o ano entre os hemisférios. Sobre o Oceano Atlântico, ela atinge sua posição mais setentrional (cerca de 14°N) durante os meses de agosto-setembro e sua posição mais austral (cerca de 2°S) durante os meses de março-abril (Nobre e Molion, 1988). Embora o curso anual da ZCIT seja bem conhecido, sua posição é bastante variável em escalas de tempo mensal a interanual, o que contribui para a grande variabilidade espacial e temporal da precipitação no norte da Região Nordeste do Brasil (Uvo, 1999), dificultando sua previsibilidade. Desta forma, de acordo com Rosário et al. (2003), a representação adequada deste sistema é fundamental para que um modelo de previsão numérica do tempo (PNT) apresente um elevado potencial de previsibilidade da precipitação sobre o norte do Nordeste do Brasil. Por outro lado, os autores argumentam que a previsibilidade da ZCIT e, conseqüentemente, da precipitação no norte do Nordeste do Brasil, está fortemente relacionada aos padrões de anomalias de Temperatura da Superfície do mar (TSM) nos Oceanos Atlântico e Pacífico tropicais, reforçando, assim, a dependência das previsões dos modelos de PNT às condições de contorno oceânicas.

O objetivo principal deste projeto é avaliar a capacidade do modelo operacional sazonal regional do CPTEC (Chou et al., 2005) com resolução horizontal de 40 km e 38 níveis na vertical, para prever a estação chuvosa (fevereiro a maio) do NEB. Este período (fevereiro a maio) é de grande importância sócio-econômica para o NEB, pois, compõe a estação chuvosa da região, influenciando diretamente nas culturas agrícolas e nos níveis dos reservatórios das usinas hidrelétricas locais. Diferentes versões do modelo Eta sazonal empregando diferentes esquemas de produção de chuva serão comparados para definir o esquema que melhor represente a estação chuvosa na região.

Nesta etapa do trabalho foi realizada a avaliação subjetiva dos campos de precipitação e ventos em 850 e 250 hPa gerados pelas previsões do modelo Eta 40 km nos meses de fevereiro, março, abril e maio no período de 2001 a 2010.

## **2. DADOS E METODOLOGIA**

O modelo utilizado é o modelo Eta com suas mais novas atualizações (Mesinger et al., 2012). Este modelo é mais vantajoso em regiões de orografia complexa devido à coordenada vertical eta (Mesinger, 1984), pois esta trata adequadamente os problemas numéricos próximos de regiões com inclinação topográfica. Por ser um modelo regional, onde alta resolução pode ser aplicada, ele também se mostra adequado para estudos de fenômenos de mesoescala.

A topografia é resolvida na forma de degraus discretos. O topo do modelo está em 25 hPa e a superfície em 1013,25 hPa. As variáveis prognósticas são: temperatura, umidade, vento horizontal, pressão à superfície, energia cinética turbulenta, hidrometeoros, umidade e temperatura do solo.

O modelo possui complexa representação dos processos físicos que são tratados através de esquemas de parametrizações. As trocas turbulentas na vertical são resolvidas pelo esquema de Mellor-Yamada (1982) no nível de fechamento 2.5. As trocas de energia à superfície se baseiam na teoria de similaridade de Monin-Obukhov e utilizam as funções de estabilidade de Paulson. A radiação de onda curta se baseia no esquema de Lacis e Hansen (1974) e a radiação de onda longa se baseia no esquema de Fels e Schwarzkopf (1975). As distribuições de dióxido de carbono, ozônio e do albedo iniciais são retiradas da climatologia. A hidrologia de superfície é baseada no esquema NOAH (CHEN ET AL., 1997). O modelo possui 4 camadas no solo e um mapa com 12 tipos de cobertura vegetal e 7 tipos de solo. A produção de chuva convectiva se baseia no esquema do tipo ajuste de Betts-Miller-Janjic (Janjic, 1994). A chuva e as nuvens estratiformes do modelo são representadas pelo esquema de microfísica de nuvens (Zhao, 1997).

A construção da climatologia da nova versão do modelo sazonal Eta foi feita seguindo a metodologia já empregada na construção da climatologia da atual versão determinística do modelo sazonal em operação no CPTEC (Bustamante et al., 2006). No entanto, previsões numéricas sazonais são sensíveis às pequenas perturbações introduzidas pelo estado inicial da previsão. Diante disto, o modelo Eta foi integrado por um período de 4,5 meses, partindo de 5 condições iniciais com diferentes datas iniciais, do dia 13 até o dia 17 de cada mês. Desta forma pequenas diferenças são computadas às condições iniciais. Foram executadas 5 rodadas para cada mês, entre os anos 2001 e 2010, formando um conjunto de 50 rodadas.

As condições iniciais e de contorno lateral foram fornecidas pelo modelo sazonal global do CPTEC na resolução T062L28. A temperatura da superfície do mar é a anomalia observada persistida para o período de integração e atualizada diariamente. A versão do modelo Eta utilizada foi integrada com 40 km de resolução horizontal e 38 níveis na vertical. Os horários de saídas do modelo Eta são: 0, 6, 12 e 18 Z. Tais rodadas do modelo serão denominadas previsão controle (PREVCTRL).

As climatologias mensais de cada campo foram geradas considerando-se todos os dez anos (2001 a 2010) para cada um dos meses (fev, mar, abr e mai) nos 4 horários de saída do modelo Eta (0, 6, 12 e 18 Z). A partir destas climatologias mensais do modelo foi possível gerar os campos de anomalias mensais do modelo. Tais campos de anomalias são calculados subtraindo-se o campo médio mensal do campo climatológico. Assim por exemplo, a anomalia do campo de magnitude do vento em 850 hPa para o mês de fevereiro de 2001 é calculada subtraindo-se o campo de magnitude do vento no mês de fevereiro de 2001 pelo campo de magnitude do vento climatológico (considerando-se os dez meses de fevereiro desde 2001 até 2010).

As anomalias do modelo são comparadas com as anomalias “observadas” a fim de conhecer a habilidade do modelo em reproduzir o padrão observado.

Para elaborar os campos “observados” de anomalias foram utilizados, no caso da precipitação, dados observacionais de chuva, aqui denominados “análise de precipitação do CPTEC”. Para os demais campos (ventos e temperatura em 2 metros) utilizou-se dados da Reanálise ERA-Interim (Dee et al., 2011), considerando para a climatologia o período de 2001 a 2010, assim como no modelo Eta.

O erro sistemático (BIAS) para cada campo foi definido como a subtração da climatologia do campo previsto pela climatologia do campo observado.

A situação do fenômeno El Niño – Oscilação Sul (ENOS) no Pacífico durante o período em estudo foi investigada no sítio da NOAA (<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/>) e o resumo das condições observadas a cada ano (período de fevereiro a maio) encontra-se na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 – Condições no Oceano Pacífico em relação aos Fenômenos El Niño e La Niña no período de 2001 a 2011

| Ano  | Situação                        |
|------|---------------------------------|
| 2001 | La Niña fraca                   |
| 2002 | El Niño fraco                   |
| 2003 | El Niño moderado, enfraquecendo |
| 2004 | Neutro                          |
| 2005 | El Niño fraco                   |
| 2006 | La Niña se fortalecendo         |
| 2007 | El Niño enfraquecendo           |
| 2008 | La Niña forte                   |
| 2009 | La Niña fraca                   |
| 2010 | El Niño enfraquecendo           |
| 2011 | La Niña fraca                   |

### 3. RESULTADOS

Neste item são apresentados os resultados da avaliação das previsões sazonais do modelo Eta para a precipitação, ventos em 850 e 250 hPa e temperatura do ar em 2 metros.

#### 3.1 Precipitação

A precipitação foi avaliada inicialmente analisando-se os erros sistemáticos (BIAS) a cada mês, a seguir elaborou-se uma avaliação das anomalias da precipitação mensal (não apresentada neste relatório) e por último foi feita uma avaliação da precipitação sazonal.

O erro sistemático (BIAS), definido como a subtração da precipitação climatológica prevista pelo modelo da precipitação climatológica observada, é apresentado na Figura 3.1. Nota-se inicialmente que os meses de fevereiro, março e abril apresentam um padrão semelhante do erro sistemático, subestimando a precipitação no oeste da Bahia e no norte dos Estados do Maranhão e do Ceará e superestimando a precipitação no norte do Piauí. O mês de maio apresenta um padrão um pouco diferente dos demais, com superestimativa da precipitação no norte do Maranhão, e uma representação satisfatória da precipitação prevista, com BIAS entre -30 e 30 mm/mês, para a maior parte das regiões do NEB. Analisando-se apenas o litoral leste do NEB, no mês de fevereiro o modelo apresenta bom desempenho, enquanto que nos demais meses a previsão de chuva é superestimada, com anomalias positivas que chegam a 200 mm/mês nos meses de abril e maio (Figuras 3.1 c e d).

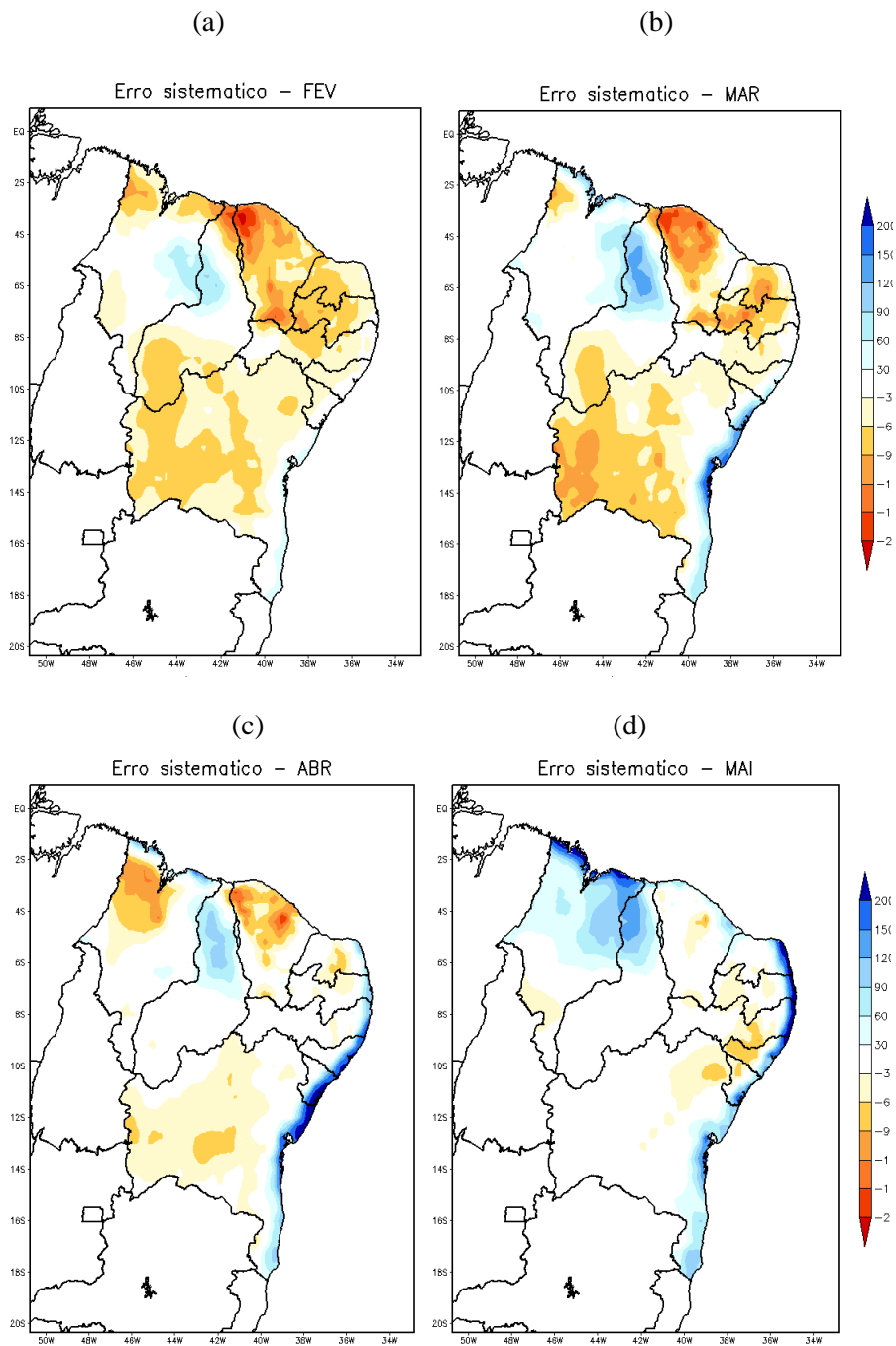


Figura 3.1 – BIAS de precipitação (mm) para os meses: (a) fevereiro, (b) março, (c) abril e (d) maio para a Região Nordeste do Brasil (as demais áreas foram ocultadas da análise). Diferenças entre os valores médios no período de 2001 a 2010 das previsões por conjunto do modelo Eta e das observações.

A Figura 3.2 apresenta a precipitação média mensal do período de fevereiro, março, abril e maio, tanto para os campos previstos pelo modelo (média do conjunto) quanto para os dados observacionais. Nota-se na Figura 3.2 pouca variabilidade da precipitação nos campos previstos, com máximos no norte do Maranhão e leste do Nordeste (>250 mm/mês) e mínimos (< 100 mm/mês) na região central do NEB, incluindo o norte do Ceará. Este padrão descrito anteriormente é, em geral, observado. Contudo, nos anos em que as chuvas são inibidas no norte do Maranhão (anos 2005 e 2010) e no leste do Nordeste (2001) ou nos anos em que chove no interior do NEB (2009) o modelo não é capaz de reproduzir a distribuição espacial da precipitação observada.

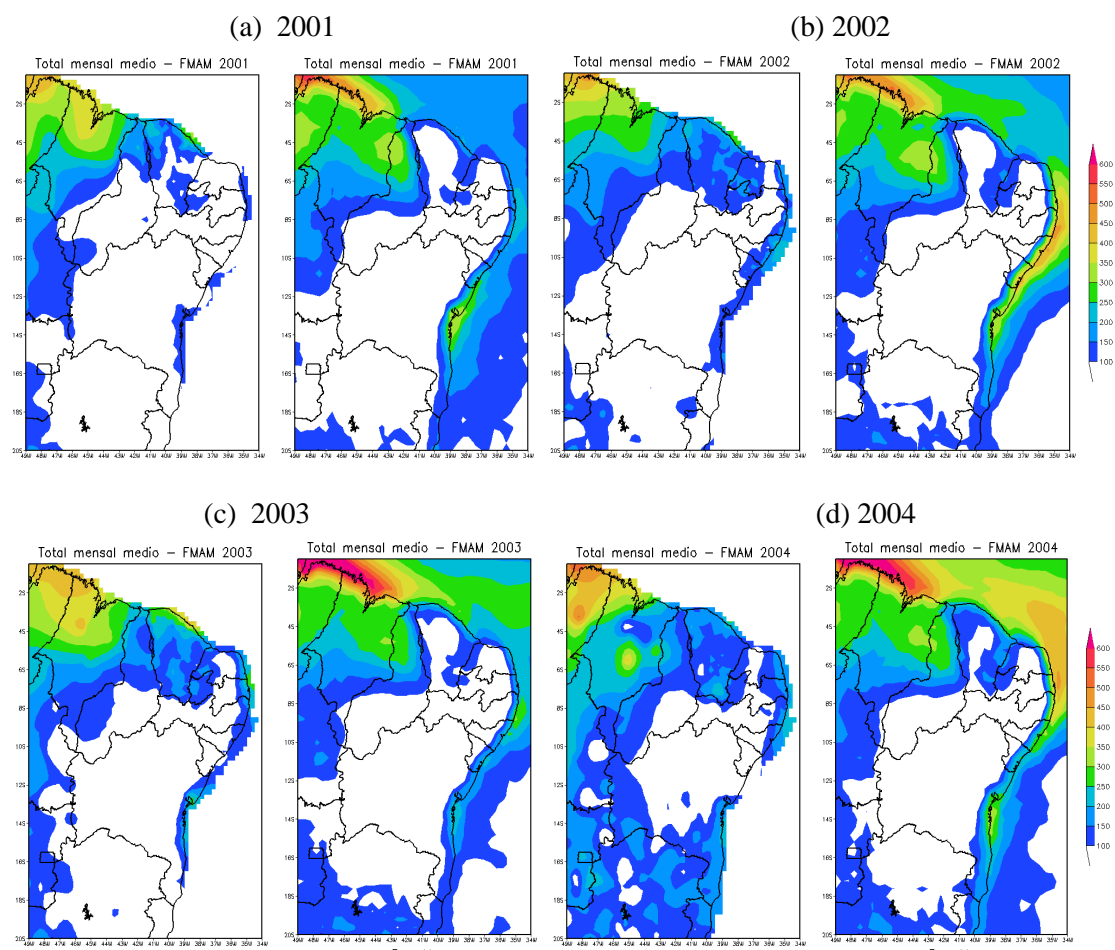


Figura 1.2 – Precipitação média mensal (mm/mês) no período de fevereiro a maio para observação (coluna da esquerda) e previsão (coluna da direita) nos anos de: (a) 2001, (b) 2002, (c) 2003, (d) 2004, (e) 2005, (f) 2006, (g) 2007, (h) 2008, (i) 2009 e (j) 2010.



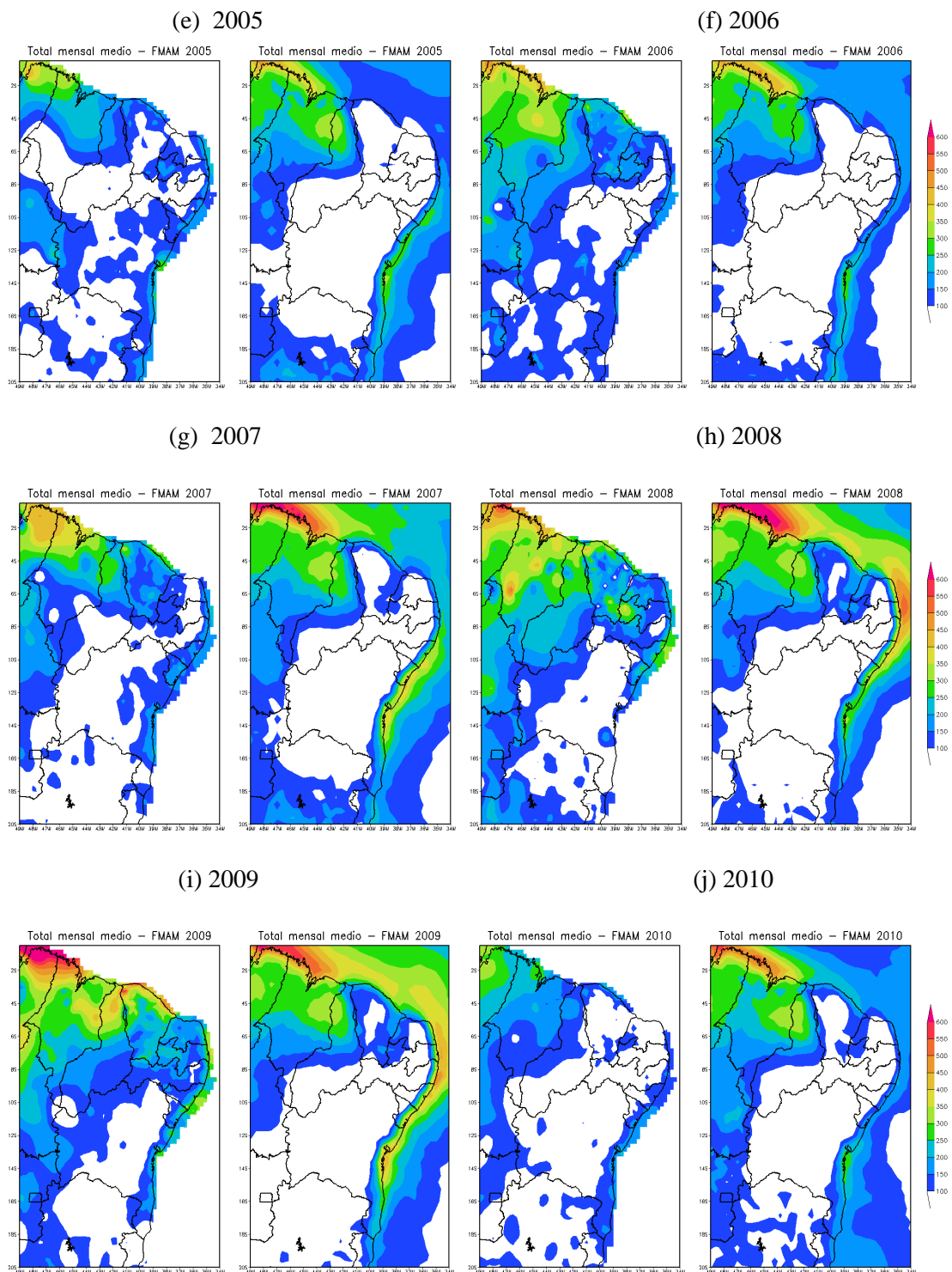


Figura 2.2 – Final.

As avaliações subjetivas do modelo Eta para previsão da precipitação no NEB, durante o período chuvoso na região (de fevereiro a maio), indicam que de forma geral o modelo apresenta tendência de prever pouca chuva ( $< 100$  mm/mês) na maior parte da área estudada,

exceto no norte do Maranhão e no litoral leste. Com isso, nota-se um erro sistemático negativo, principalmente no oeste da Bahia e no norte do Ceará nos meses de fevereiro, março e abril.

As previsões indicam uma dificuldade do modelo em representar adequadamente a variabilidade interanual da chuva para a região central da região NEB, ou seja, mantém aproximadamente o mesmo padrão espacial de previsão de chuvas ao longo dos anos, principalmente na região central do NEB. Entretanto, no ano de 2008, quando um forte evento La Niña foi configurado no Pacífico, o modelo indicou chuvas acima da média nas regiões costeiras, o que sugere um aumento em sua previsibilidade associado com condições de contorno (temperatura da superfície do mar) acentuadas, tais como intensos fenômenos El Niño ou La Niña. Outro problema sistemático detectado relaciona-se à dificuldade do modelo em prever núcleos de anomalias extremas (tanto positivas quanto negativas) no interior do continente, posicionando em geral tais núcleos sobre o oceano próximo à costa.

A análise dos membros do conjunto mostrou que não há grande variabilidade nas previsões geradas por cada membro, sugerindo uma influência maior da condição de contorno inferior do que da condição inicial na previsão, o que favorece o aumento da previsibilidade.

### **3.2 Ventos**

A avaliação dos ventos foi feita para os níveis inferiores (850 hPa) e superiores (250 hPa). Inicialmente é feita uma avaliação da climatologia do modelo para fevereiro a maio, em todo o período estudado (2001-2010), e a seguir investiga-se o período (FMAM), anualmente.

#### **a) Nível de 850 hPa**

Na Figura 3.3 é possível confrontar os campos de climatologia dos ventos em 850 hPa obtido através da climatologia do modelo, denominada CTRL (coluna da direita) com os dados observacionais (coluna da esquerda) para FMAM. As figuras mensais foram analisadas, porém não são apresentadas. Nota-se que o modelo simula adequadamente a intensidade dos ventos nos dois centros anticiclônicos, Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) e Alta Subtropical do Pacífico Sul (ASPS), contudo o centro da ASAS apresenta pouco deslocamento para norte de fevereiro a maio, em relação às observações. O modelo também superestima a intensidade dos ventos na região da ZCIT (aproximadamente de 4 m/s no núcleo de máxima intensidade). No NEB a direção dos ventos é bem simulada pelo modelo, contudo sua intensidade é

superestimada principalmente na região central da Bahia no mês de maio (figura não apresentada).

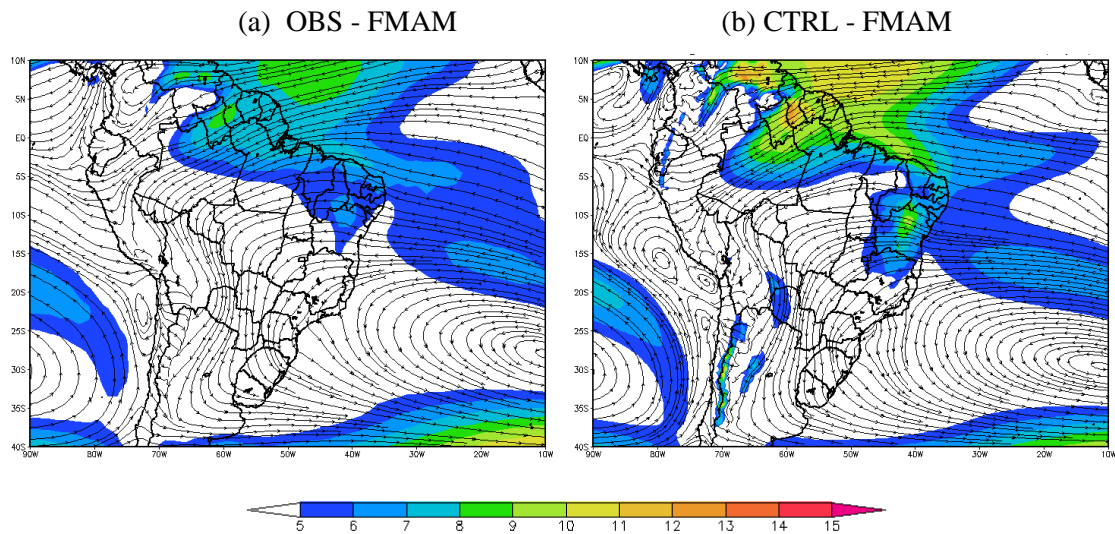


Figura 3.3 – Intensidade do vento (m/s) e linhas de corrente para o nível de 850 hPa. Em (a) Reanálise e (b) simulação média do conjunto CTRL, ambos para o período de fevereiro a maio (FMAM), nos anos de 2001 a 2010.

A Figura 3.4 apresenta para os anos de 2009 e 2010 o campo médio de intensidade do vento para todo o período (FMAM). Tais anos foram selecionados por apresentarem respectivamente a maior e a menor intensidade dos ventos simulados pelo modelo no NEB. Comparando-se esta figura com a Figura 3.2 (i e j), verifica-se que no ano de 2009 (2010), a máxima (mínima) intensidade dos ventos próximos à costa do NEB, coincide com a elevada (reduzida) precipitação no litoral do NEB. Nestas Figuras mais uma vez, fica evidente a superestimativa da velocidade dos ventos no NEB (em relação aos dados da Reanálise).

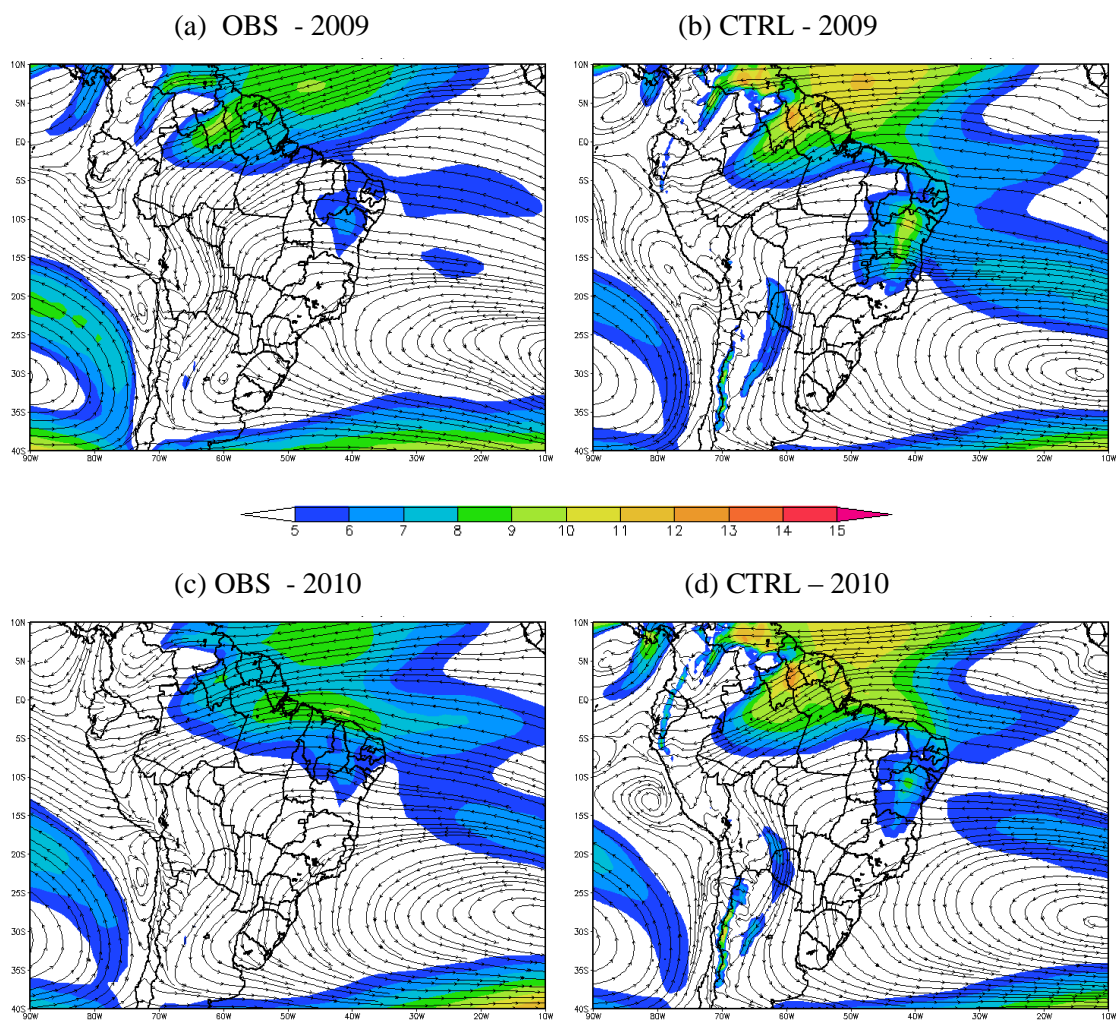


Figura 4.4 – Intensidade do vento (m/s) e linhas de corrente para o nível de 850 hPa. Em (a) e (c) Reanálise; (b) e (d) simulação média do conjunto CTRL, ambos para o período de fevereiro a maio, nos anos de 2009 e 2010.

#### b) Nível de 250 hPa

A Figura 3.5 apresenta a climatologia dos ventos observada (esquerda) e a climatologia simulada pela média do conjunto do modelo Eta (direita) para todos os meses (FMAM) em todo o período (2001 a 2010). Neste nível o modelo representa a Alta da Bolívia (AB) e o cavado do Nordeste (CNE).

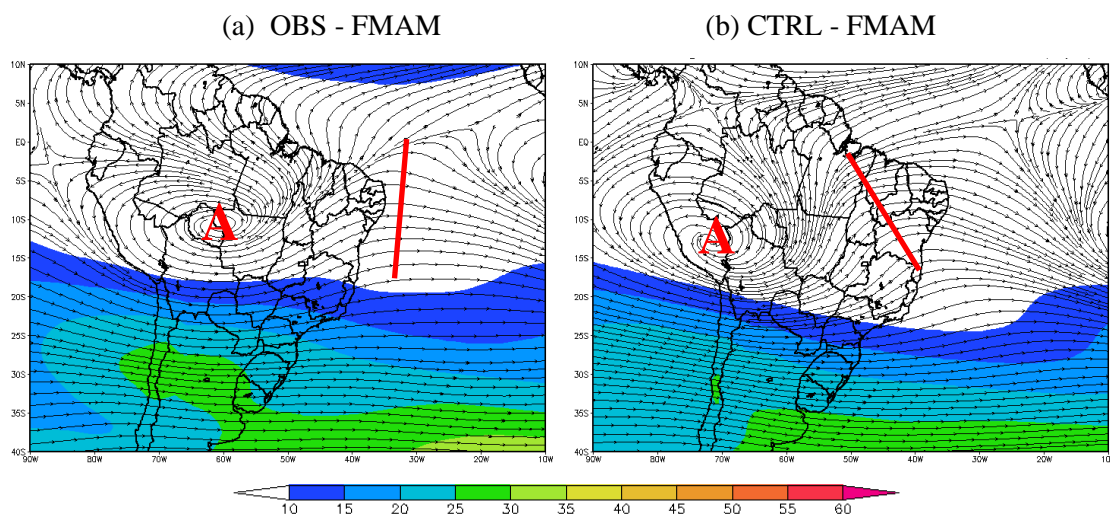


Figura 5.5 – Intensidade do vento (m/s) e linhas de corrente ao nível de 250 hPa para (a) observação e (b) simulação média do conjunto CTRL, ambos para o período de fevereiro a maio, nos anos de 2001 a 2010.

Analisando-se os campos de linhas de corrente em 250 hPa anualmente para todo o período (FMAM), nota-se que o modelo Eta simula durante todos os anos a AB centrada no oeste da América do Sul, entre Peru e Bolívia, enquanto nas observações o centro da AB apresenta maior deslocamento longitudinal, posicionando-se desde o norte da Bolívia até o sul do Pará. Com relação ao CNE este se mantém em geral sobre o NEB nas simulações, enquanto nas observações posiciona-se inclusive sobre o Atlântico Norte. Para exemplificar o que foi descrito acima se apresenta na Figura 3.6 os campos de linhas de corrente e intensidade dos ventos para o ano de 2006 ao nível de 250 hPa.

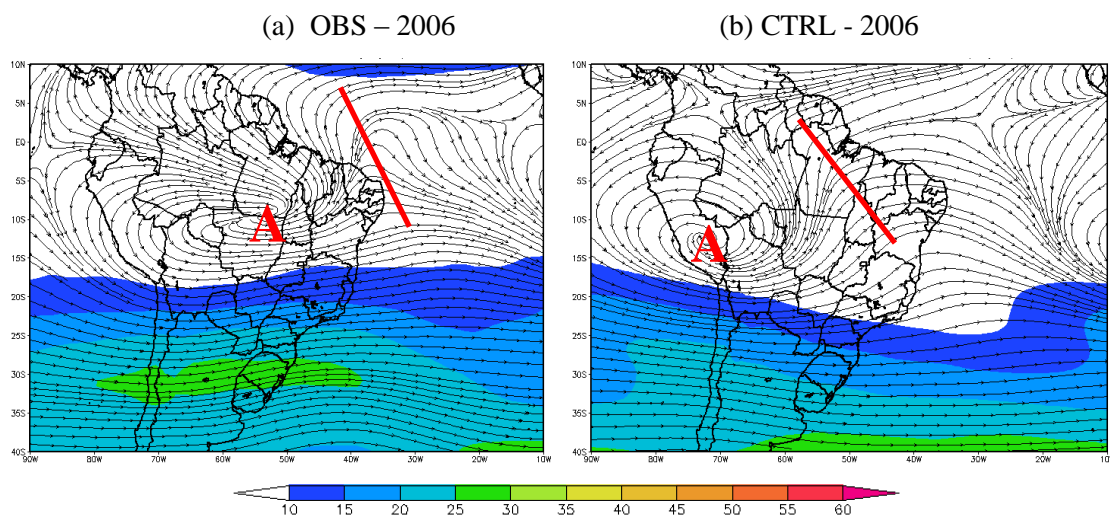


Figura 6.6 – Intensidade do vento (m/s) e linhas de corrente ao nível de 250 hPa para (a) observação e (b) simulação média do conjunto CTRL, ambos para o período de fevereiro a maio, no ano de 2006.

### 3.3 Temperatura do Ar a 2 m

A climatologia da temperatura do ar a 2 metros em FMAM do modelo Eta é avaliada em comparação com os dados da Reanálise ERA-Interim (Figura 3.7). Nota-se que as temperaturas sobre o Oceano Atlântico, a leste do NEB e na área da ZCIT são subestimadas pelo modelo. Por outro lado, o modelo apresenta dentro do continente maior estrutura deste campo, devido a sua maior resolução e principalmente melhor representação da topografia. Desta forma, o gradiente térmico do modelo apresenta-se mais acentuado no NEB, o que pode estar relacionado com a maior intensidade dos ventos no local.

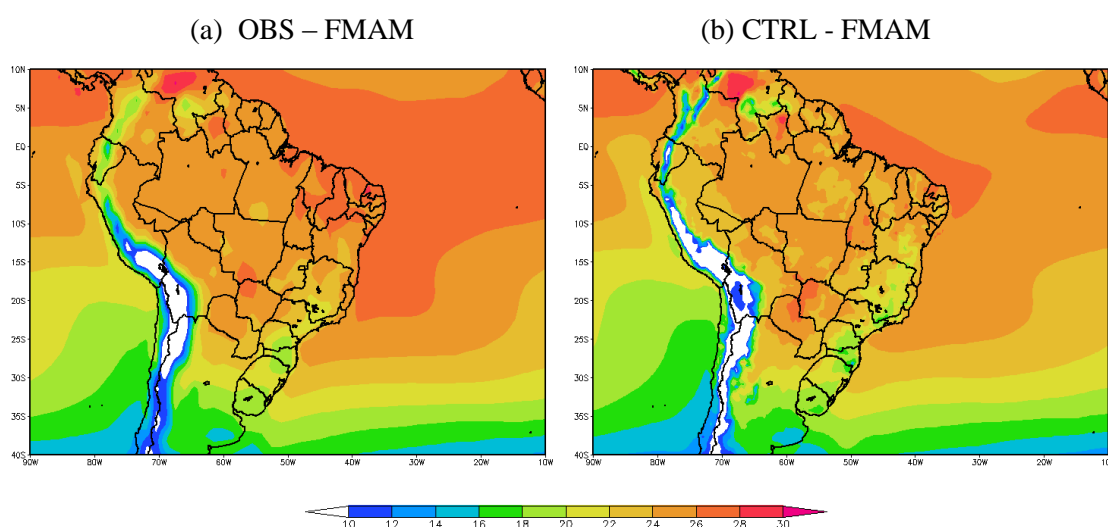


Figura 7.7 – Temperatura do ar a 2 metros (°C) média para FMAM dos anos de 2001 a 2010. Em (a) Observação (OBS) e (b) simulação média do conjunto (CTRL).

Os campos de anomalia de temperatura observados e simulados pelo modelo estão apresentados na Figura 3.8 para os anos de 2001 a 2010. Nota-se que na maior parte dos anos analisados o modelo simula corretamente a anomalia de temperatura no NEB, apesar dos valores próximos da normalidade. Para o ano de 2008, quando ocorreu um evento de La Niña intenso, as temperaturas ficaram abaixo da normal, acompanhando o aumento da precipitação na região. Para este ano, o modelo simula bem as anomalias negativas de temperatura observadas na região.



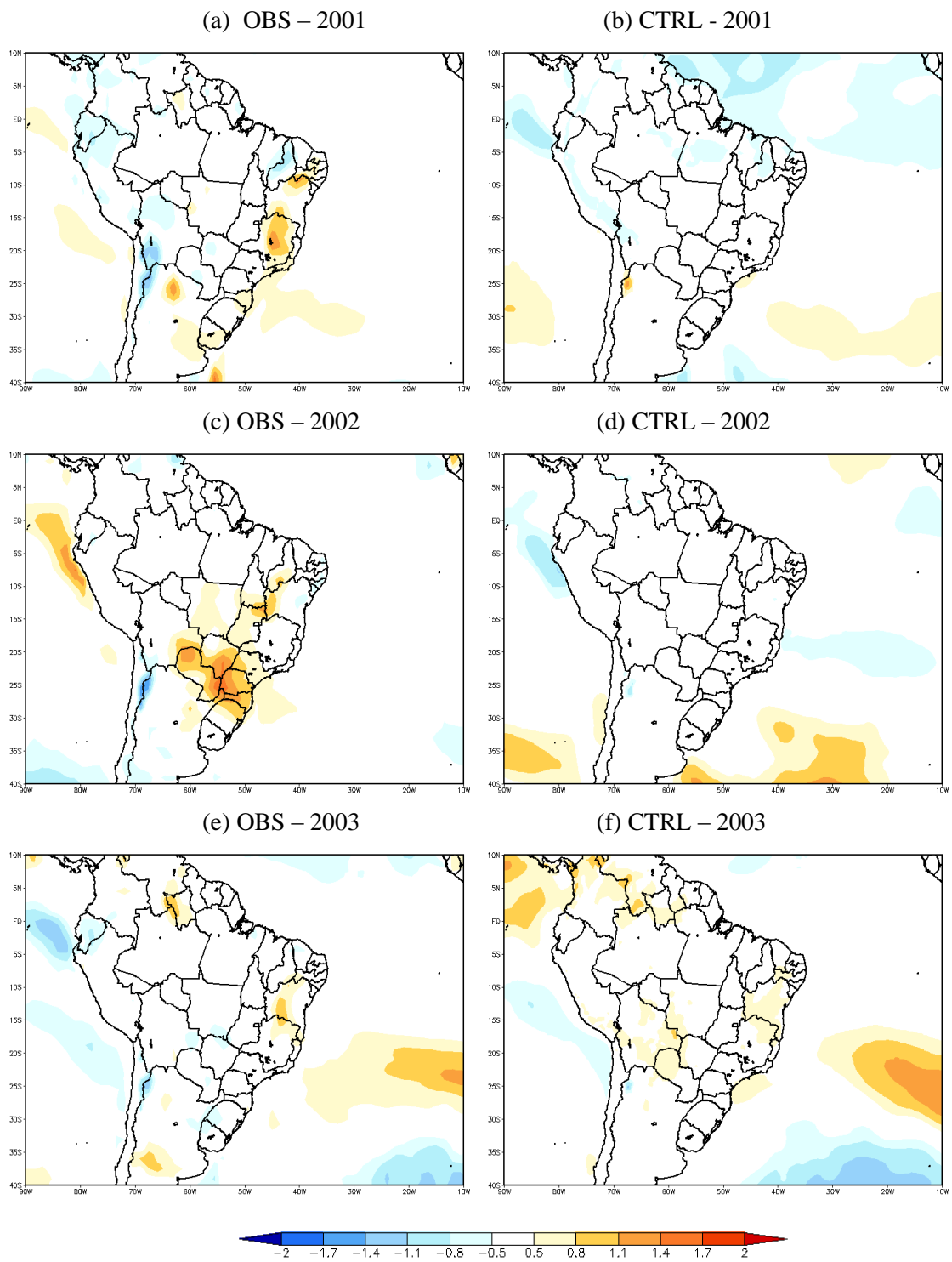


Figura 8.8 – Anomalia de Temperatura do ar a 2 metros ( $^{\circ}\text{C}$ ) média para FMAM para os anos: (a) e (b) 2001, (c) e (d) 2002, (e) e (f) 2003, (g) e (h) 2004, (i) e (j) 2005, (k) e (l) 2006, (m) e (n) 2007, (o) e (p) 2008, (q) e (r) 2009 e (s) e (t) 2010. Na coluna da esquerda observação (OBS) e na coluna da direita simulação média do conjunto (CTRL).

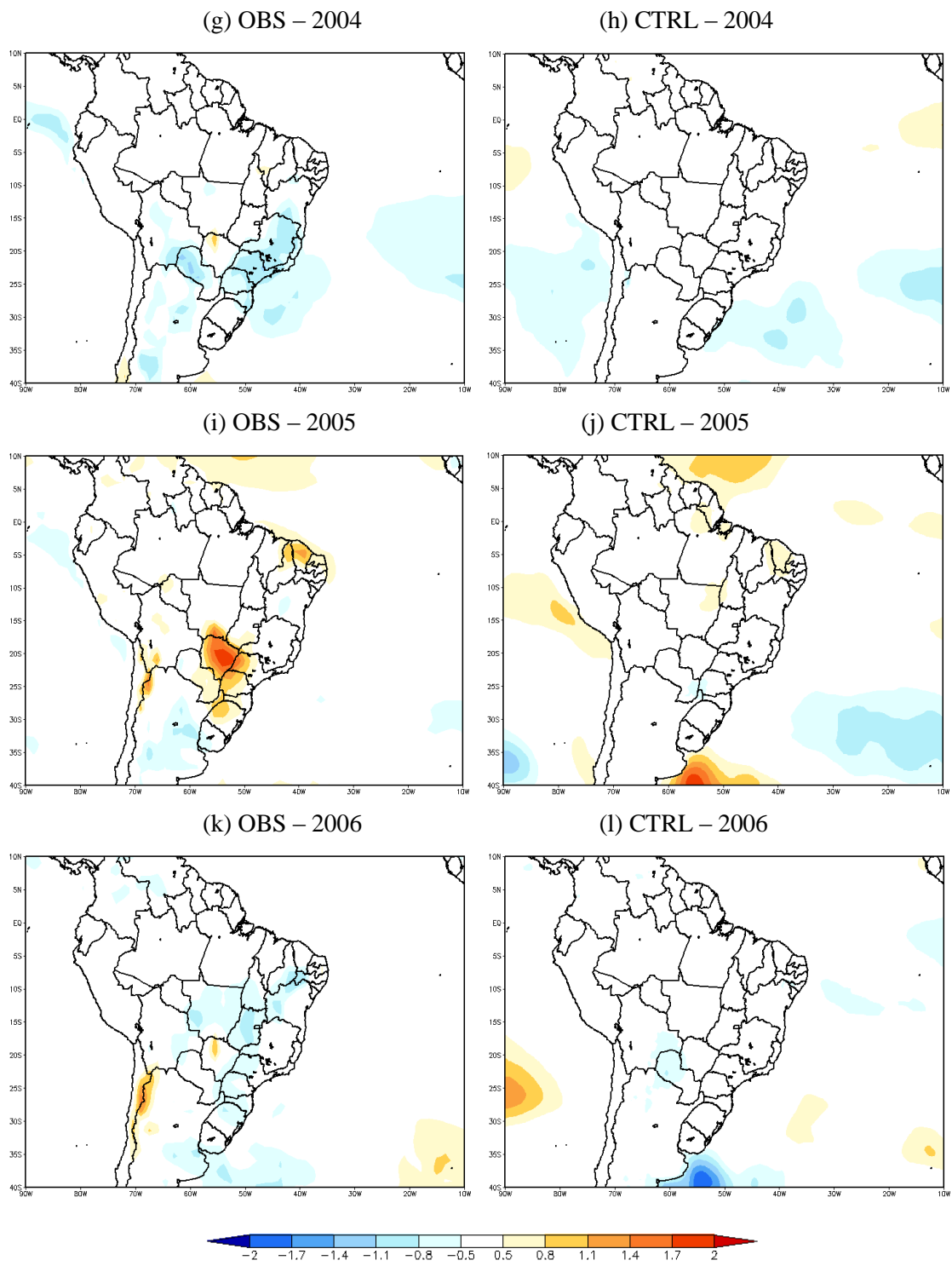


Figura 3.8 – Continuação



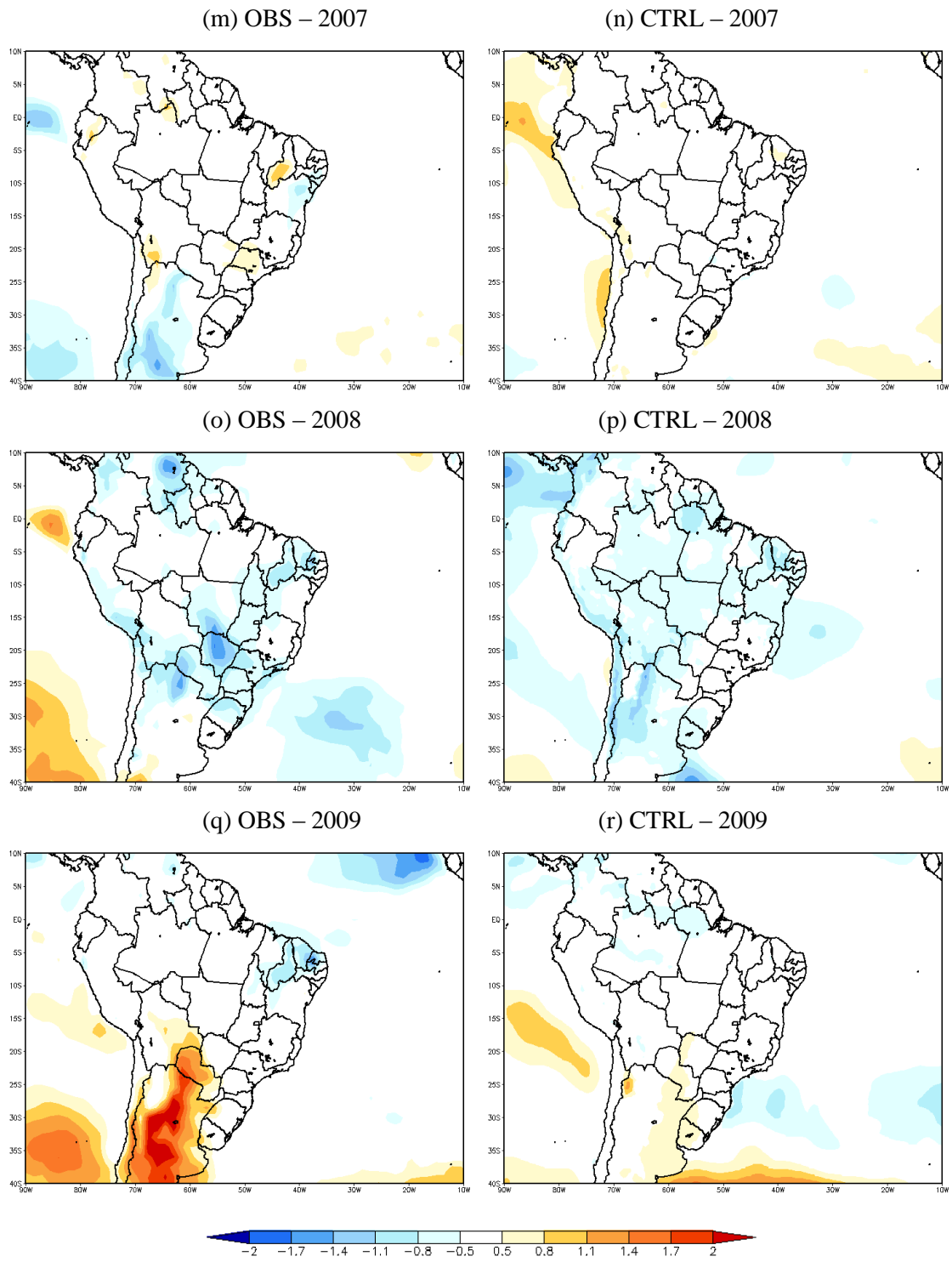


Figura 3.8 – Continuação

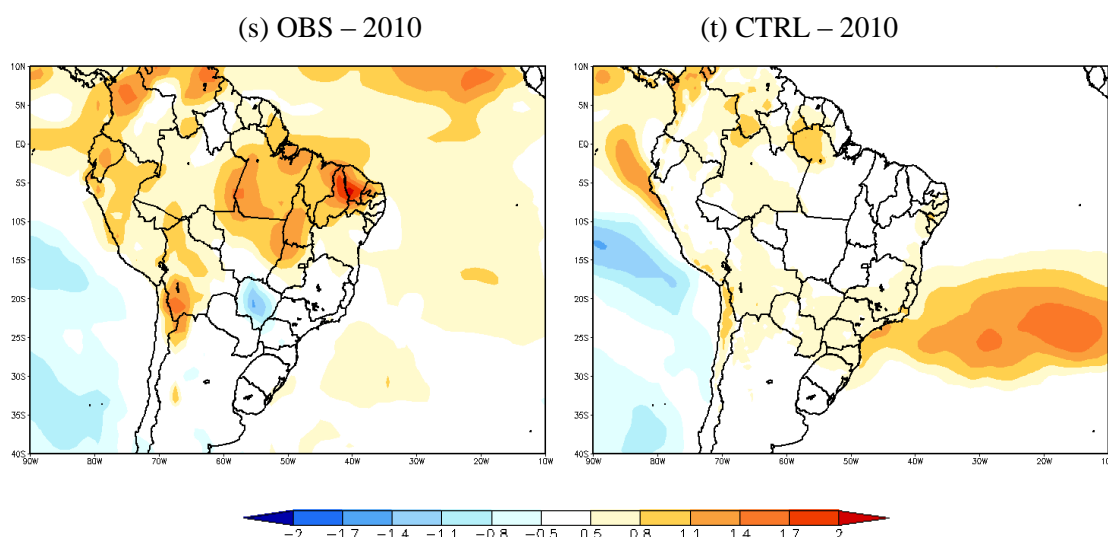


Figura 3.8 – Final.

#### 4. CONCLUSÕES E PRÓXIMAS ETAPAS

Neste relatório apresenta-se uma investigação preliminar do desempenho do modelo regional sazonal Eta (Mesinger et al., 2012) durante a estação chuvosa (fevereiro a maio) no NEB. A construção da climatologia foi feita integrando-se o modelo Eta por um período de 4,5 meses, partindo de 5 condições iniciais com diferentes datas iniciais, do dia 13 até o dia 17 de cada mês, totalizando-se 5 rodadas para cada mês, entre os anos 2001 e 2010, formando um conjunto de 50 rodadas.

Os resultados da avaliação da precipitação indicaram que de forma geral o modelo apresenta tendência de prever pouca chuva ( $< 100$  mm/mês) na maior parte da área estudada, exceto no norte do Maranhão e no litoral leste. Com isso, nota-se um erro sistemático negativo, principalmente no oeste da Bahia e no norte do Ceará nos meses de fevereiro, março e abril. Além disso, o modelo não parece capaz de representar adequadamente a variabilidade interanual da chuva na região central do NEB, mantendo aproximadamente o mesmo padrão espacial de previsão de chuvas ao longo dos anos. Entretanto, no ano de 2008, quando um forte evento La Niña foi configurado no Pacífico, o modelo indicou chuvas acima da média, o que sugere um aumento em sua previsibilidade associado com condições de contorno (temperatura da superfície do mar) acentuadas, tais como intensos fenômenos El Niño ou La Niña. Outro problema sistemático detectado relaciona-se à dificuldade do modelo em prever núcleos de anomalias extremas (tanto positivas quanto negativas) no interior do continente, posicionando em geral tais núcleos sobre o oceano próximo à costa. A análise dos membros do conjunto (não apresentada neste relatório) mostrou que não há grande variabilidade nas previsões geradas por

cada membro, sugerindo uma influência maior da condição de contorno inferior do que da condição inicial na previsão, o que favorece o aumento da previsibilidade.

A avaliação dos ventos nos baixos níveis (850 hPa) revela que o modelo superestima a intensidade dos ventos próximos à costa do NEB, o que pode estar associado com o máximo de precipitação que ocorre no local. Nos altos níveis (250 hPa) verifica-se que o modelo é capaz de simular a AB e o CNE, contudo, tende a simular tais sistemas aproximadamente na mesma região em todos os anos, diferindo das observações.

Com relação à avaliação da temperatura do ar nota-se que o modelo subestima as temperaturas sobre o Oceano Atlântico, a leste do NEB e que no ano de La Niña forte (2008) o modelo conseguiu simular corretamente as anomalias negativas de temperatura na região do NEB.

Nas próximas etapas deste trabalho, complementando as avaliações da integração CTRL, serão ainda avaliados os campos de umidade relativa do modelo.

Um novo conjunto com diferentes versões do modelo Eta sazonal empregando diferentes esquemas de produção de chuva está sendo construído e deverão ser realizadas as seguintes atividades:

- 1- Construção da climatologia dos membros do modelo Eta com diferentes esquemas de parametrizações convectiva e de microfísica, baseada nos 10 anos, para extrair a previsão de anomalias climáticas.
- 2- Avaliação da precipitação para o período chuvoso do NEB fornecida pelos diferentes esquemas de parametrização convectiva e de microfísica.
- 3- Comparação da precipitação fornecida pelas diferentes técnicas de previsão por conjunto.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Bustamante, J. F., Gomes, J. L. and Chou, S. C.. 5-year Eta Model seasonal forecast climatology over South America. 8<sup>th</sup> Inter Conference on Southern Hemisphere meteorology and Oceanography, Foz do Iguaçu, 2006.
- Chen, F., Z. Janjic, and K. Mitchell. Impact of atmospheric surface-layer parameterizations in the new land-surface scheme of the NCEP mesoscale Eta Model. *Bound.-Layer Meteor.*, 85, 391-421.
- Chou, S. C., Bustamante, J., Gomes, J. L., 2005. Evaluation of Eta Model seasonal precipitation forecasts over South America. *Nonlinear Processes in Geophysics*, v.12, p.537 - 555.
- Dee et al., 2011. The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system. *Q. J. R. Meteorol. Soc.* 137: 553-597.
- Fels, S. B., and M. D. Schwarzkopf (1975), The simplified exchange approximation: A new method for radiative transfer calculations, *J. Atmos. Sci.*, 32, 1475-1488. Janjic, Z. I. (1994),

- The step-mountain eta coordinate model: further developments of the convection, viscous sublayer and turbulence closure schemes, *Monthly Weather Review*, 122, 927-945. Lacis A. A., and J. E Hansen (1974), A parameterization of the absorption of solar radiation in earth's atmosphere, *J. Atmos. Sci.*, 31, 118-133.
- Mellor, G. L.; and Yamada, T. Development of a turbulence closure model for geophysical fluid problems. *Rev. Geophys. Space Phys.*, v. 20, p. 851-875, 1982.
- Mesinger, F. A blocking technique for representation of mountains in atmospheric models. *Riv. Meteor. Aeronáutica*, v.44, p.195-202, 1984.
- Mesinger, F., Chou, S. L., Gomes, J. L., Jovic, D., Bastos, P. , Bustamante , J. F., Lazic, L., Lyra, A. A., Morelli, S., Ristic, I., Veliovic, K., 2012: An upgraded version of the Eta model, *Meteorol Atmos Phys*, DOI 10.1007/s00703-012-0182-z
- Nobre, C. A. e Molion, 1988: The Climatology of Droughts and Drought Prediction. In: *The Impact of Climatic Variations on Agriculture. Part III – Section 2*. Eds.: M. L. Parry, T. R. Carter. Kluwer Academic Publishers. 305-323.
- Rosário, N., P. Nobre e A. B. C. de melo, 2003: Zona de Convergência Intertropical do Atlântico: Um estudo comparativo entre simulações do MCGA CPTEC/COLA, Observações e Reanálises do NCEP.  
<http://www.cptec.inpe.br/products/climanalise/artigos/artcien2.shtml>
- Satyamurty P., Nobre C. A., Silva Dias P. L., 1998: South America. *Meteorology of the Southern Hemisphere*. In: Karoly DJ, Vicent DG (eds) American Meteorological Society, pp 119–139.
- Uvo, C. B., 1999: Influence of sea surface temperature on rainfall and runoff in Northeastern South America: Analysis and Modeling. Report N. 1021, Lund, Sweden Department of Water Resources Engineering. Lund Institute of Technology, Lund University, Sweden.
- Zhao, Q. and Carr, F. H.: A prognostic cloud scheme for operational NWP Models, *Mon. Wea. Rev.*, 125, 1931–1953, 1997.