

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

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

E-mail: josiane.bustamante@cptec.inpe.br

COLABORADORES

Dra. Claudine Pereira Dereczynski (IGEO/UFRJ)

E-mail: claudinedereczynski@gmail.com

Julho de 2013

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	2
2. DADOS E METODOLOGIA	3
3. RESULTADOS	5
4. CONCLUSÕES E PRÓXIMAS ETAPAS	18
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20

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, a Oscilação de Madden e Julian e o dipolo de temperatura da superfície do mar (TSM) no Oceano Atlântico tropical (norte e sul) 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, a ZCIT 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.

Esta pesquisa é continuação do trabalho iniciado no segundo semestre de 2011, onde foram estudados os comportamentos dos campos de precipitação, temperatura a 2 metros e ventos em 850 e 250 hPa do modelo Eta sazonal em comparação com dados observacionais e Reanálise. Na atual etapa do trabalho foram realizados novos experimentos com o modelo Eta a fim de comparar a performance de diferentes esquemas convectivos e condições de contorno lateral e inferior com o experimento controle, avaliado no relatório anterior, e os dados observacionais e Reanálise. Assim, foram avaliados subjetivamente os campos de precipitação, temperatura a 2 metros e ventos em 850 e 250 hPa gerados pelas previsões do modelo Eta 40 km nos meses de fevereiro, março, abril e maio.

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 (Eta-CTRL).

Além disso, outros três experimentos foram elaborados apenas com algumas alterações com relação ao experimento Eta-CTRL, porém esses foram integrados apenas com a condição inicial do dia 15 de janeiro, ou seja, apenas 1 membro por ano. O primeiro experimento, denominado Eta-OGCM, foi integrado no período de 1998 a 2007 com a mesma configuração do Eta-CTRL exceto pela condição inicial e de contorno lateral e inferior, fornecidas pelo modelo global acoplado oceano-atmosfera do CPTEC (OGCM), assim os valores de TSM utilizados foram previstos pelo modelo OGCM. O segundo experimento foi integrado no período de 2001 a 2010, porém utilizando a parametrização de microfísica segundo o esquema de Ferrier (Ferrier, 2002) ao invés do esquema de Zhao (Zhao, 1997), sendo assim denominado de Eta-Ferrier. As condições iniciais e de contorno lateral são as mesmas do experimento Eta-CTRL. O terceiro experimento, Eta-Zhao, possui apenas uma pequena alteração nos parâmetros do esquema de parametrização convectivo de Betts-Miller (Janjic, 1994). As demais configurações são as mesmas do Eta-CTRL.

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 de chuva, da rede de dados observados disponível no CPTEC, 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.

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

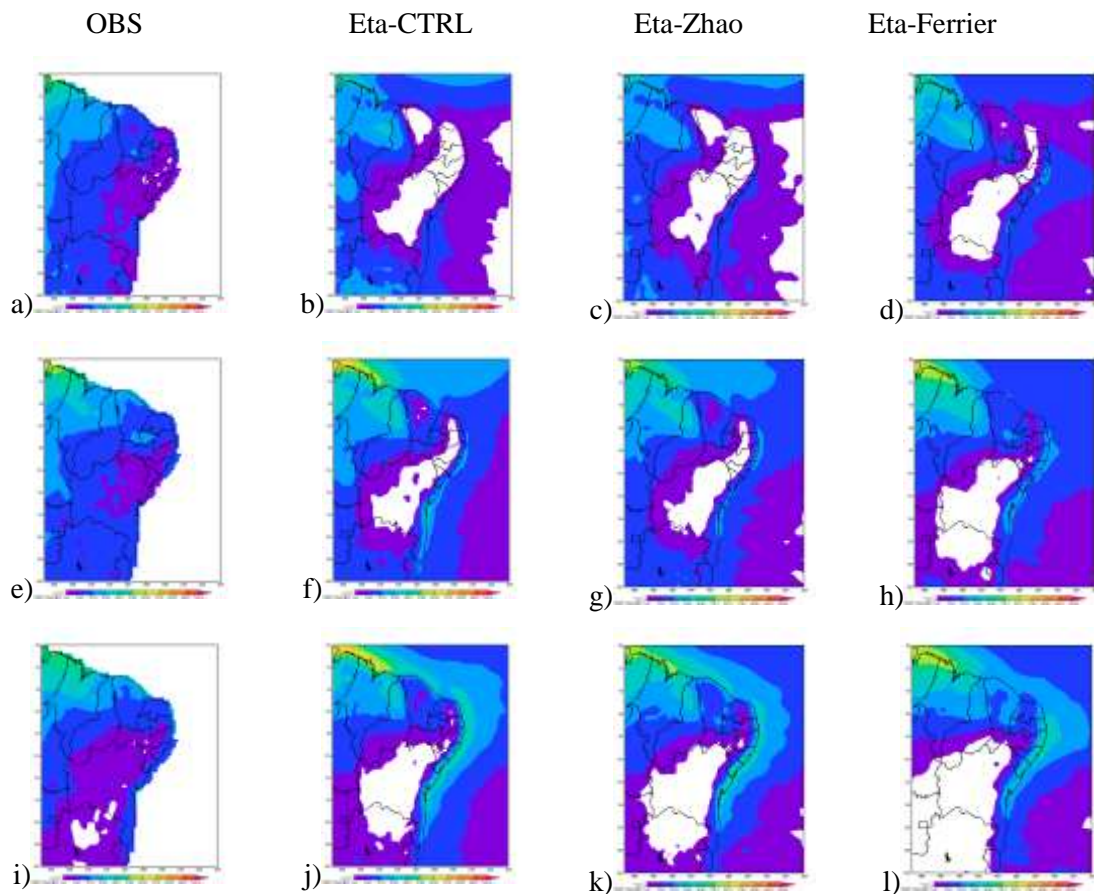
3. RESULTADOS

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, para os experimentos Eta-CTRL, Eta-Ferrier e Eta-Zhao. A avaliação do experimento Eta-OGCM está em andamento, porém ainda não foi concluída.

3.1 Precipitação

A precipitação foi avaliada inicialmente analisando-se os campos de climatologia mensal, e posteriormente as anomalias anuais.

A Figura 3.1 apresenta os campos de climatologia mensal, calculado como a média do acumulado mensal dos 10 anos disponíveis para cada um dos meses, para cada um dos experimentos e para o dado observado. Pode-se observar que, na média, todos os experimentos tendem a subestimar a precipitação no interior da Bahia nos meses de fevereiro a abril, enquanto o mês de maio é bem representado. Os experimentos Eta-CTRL e Eta-Zhao também apresentam subestimativa no Ceará nos meses de fevereiro a abril, sendo o Eta-Ferrier o que melhor representa a região norte do NEB nos meses de março a maio. Já no litoral leste, todos os experimentos posicionam os núcleos de máxima precipitação próximo ao oceano, subestimando o interior. Não se observa muita diferença nos valores de precipitação acumulada entre os experimentos Eta-CTRL e Eta-Zhao.



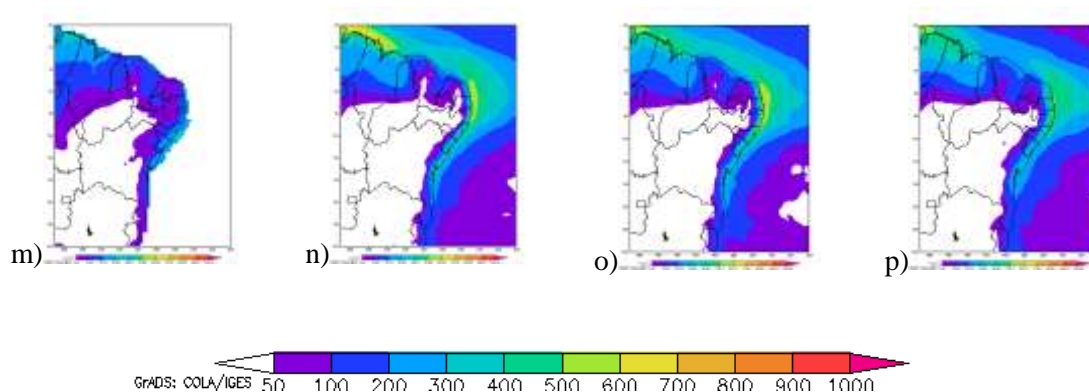
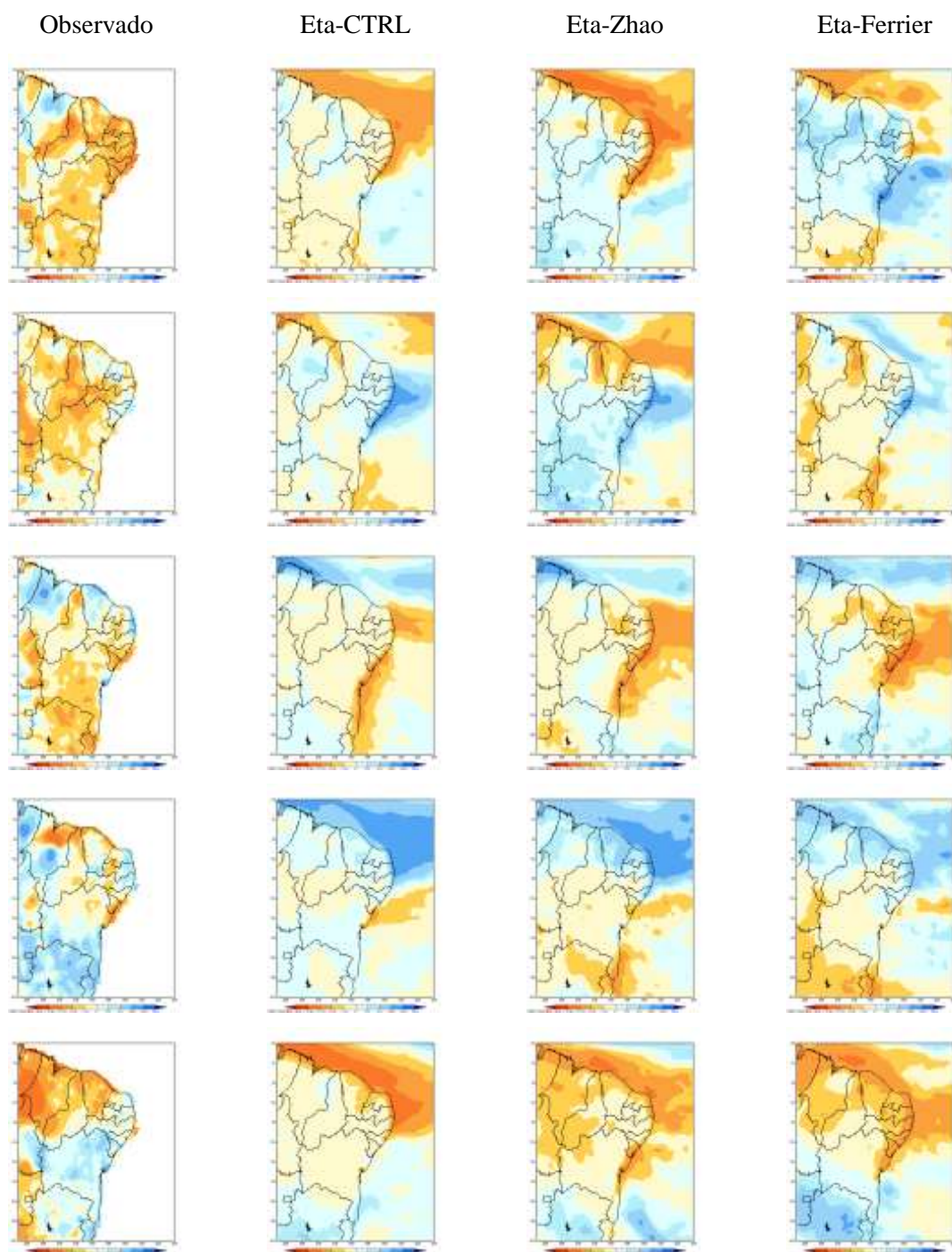


Figura 3.1 - Climatologia do acumulado mensal de precipitação (mm/mês). As linhas correspondem aos meses de: (a), (b), (c) e (d) fevereiro, (e), (f), (g) e (h) março, (i), (j), (k) e (l) abril e (m), (n), (o) e (p) maio. As colunas correspondem aos campos: (a), (e), (i) e (m) Observado, (b), (f), (j) e (n) Eta-CTRL, (c), (g), (k) e (o) Eta-Zhao, (d), (h), (l) e (p) Eta-Ferrier. Não há dado observado sobre o oceano.

A seguir, na figura 3.2 são apresentados os campos de anomalias da precipitação média no período fev-mai para cada ano entre 2001 e 2010. Elas foram calculadas através da subtração da média do período de fevereiro a maio dos campos de precipitação acumulada mensal de cada ano e da climatologia do modelo, que é a média dos acumulados mensais referentes ao período de fevereiro a maio dos 10 anos de integração. Observa-se em todos os experimentos do modelo que os núcleos intensos de anomalias tanto positivas quanto negativas tendem a se posicionar no oceano próximo ao litoral. Entretanto, a análise dos campos de anomalia mensal prevista (não apresentada) mostra uma grande variabilidade de um mês para outro, fazendo com que na média os valores de anomalia dentro do continente fiquem em torno de zero, o que não ocorre nos campos observados. No ano de 2008, em que se configurou uma La Niña forte, pode-se observar que todos os experimentos apresentaram uma anomalia positiva, coerente com a observação. Também no ano de 2009, chuvoso (valores $>50\text{mm/mês}$), o modelo apresentou anomalias positivas, em concordância com a anomalia observada. Os anos de 2005 e 2010 apresentaram forte seca na região norte do NEB (valores $<-50\text{mm/mês}$). Para o ano de 2005, o modelo configurou anomalias negativas no oceano próximo ao litoral e dentro do continente anomalias negativas, porém menos intensas, sendo os experimentos Eta-Zhao e Eta-Ferrier os que apresentaram melhor performance. Para o ano de 2010, o modelo prevê anomalias negativas no oceano, enquanto no continente apresenta valores quase nulos, porém positivos, em concordância com o observado no interior da Bahia. Neste ano (2010), os experimentos Eta-

Zhao e Eta-Ferrier representam um pouco melhor as anomalias do que o Eta-CTRL, apresentando algumas regiões com anomalias positivas.



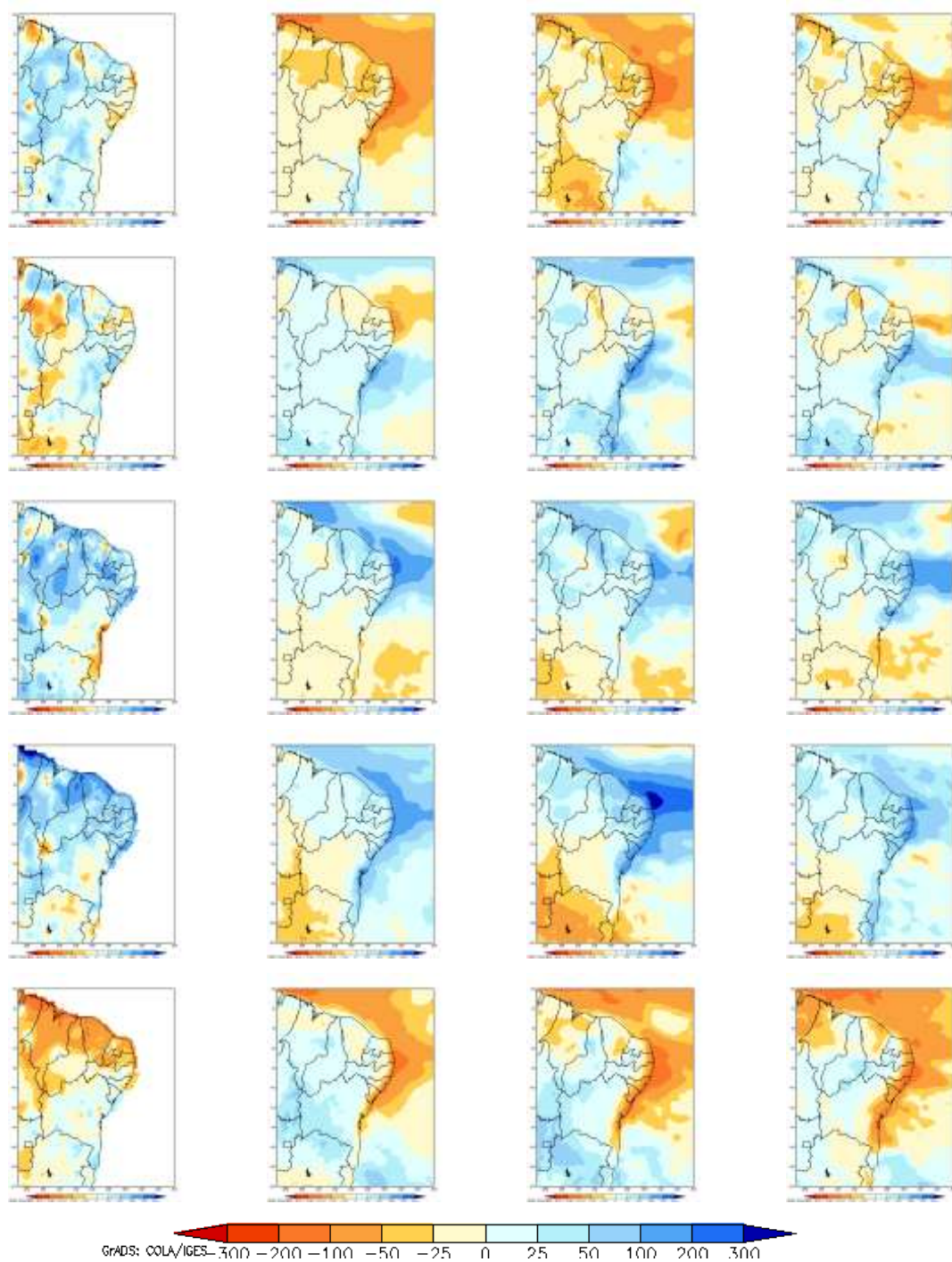


Figura 3.2 – Anomalias do meses de FMAM dos acumulados mensais de precipitação (mm/mês). As linhas correspondem aos anos de 2001 a 2010 respectivamente. As colunas correspondem aos campos: Observado, Eta-CTRL, Eta-Zhao e Eta-Ferrier respectivamente. Não há dado observado sobre o oceano.

3.2 Ventos

A avaliação dos ventos foi elaborada para os níveis inferiores (850 hPa) e superiores (250 hPa), considerando-se a climatologia do modelo mensalmente, de fevereiro a maio, em todo o período estudado (2001-2010). Os dados observados são da Reanálise Era-Interim.

a) Nível de 850 hPa

As Figuras 3.3, 3.4, 3.5 e 3.6 a seguir apresentam os campos de climatologia mensal de vento em 850 hPa, calculada como a média anual para cada um dos meses estudados, para o dado observado e para cada um dos experimentos. Podemos observar que em todos os experimentos e para todos os meses a magnitude do vento é superestimada em aproximadamente 2 m/s sobre o NEB, principalmente no mês de maio. No mês de fevereiro, todos os experimentos superestimam a magnitude do vento na região da ZCIT (Figura 3.3). A posição do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) e do Anticiclone Subtropical do Pacífico Sul (ASPS) são em média bem simulados nos meses de fevereiro, março e abril nos experimentos Eta-CTRL, Eta-Zhao e Eta-Ferrier. Nos meses de maio (Figura 3.6), esses experimentos tendem a posicionar a ASAS aproximadamente 5° mais ao sul do que o observado.

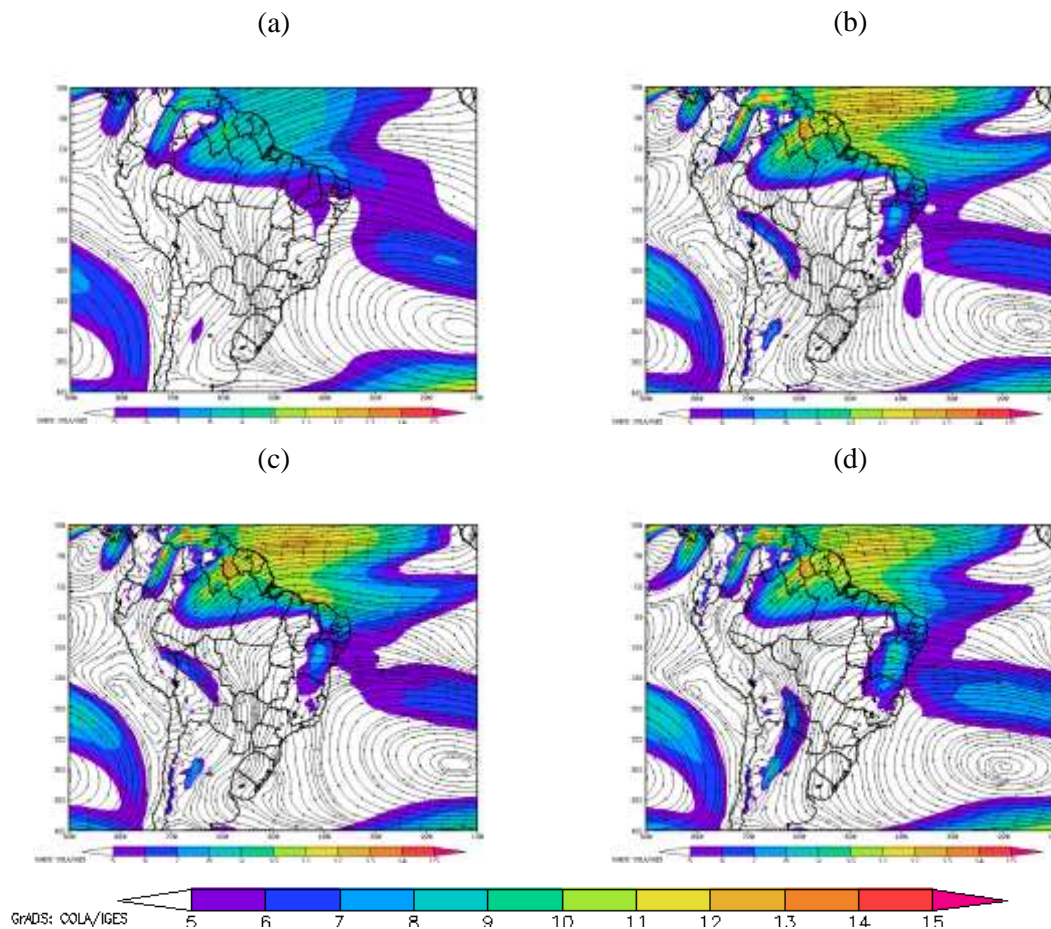


Figura 3.3 – Climatologia mensal do vento em 850 hPa (m/s) para o mês de fevereiro dos campos (a) Reanálise, (b)Eta-CTRL, (c) Eta-Zhao e (d) Eta-Ferrier.

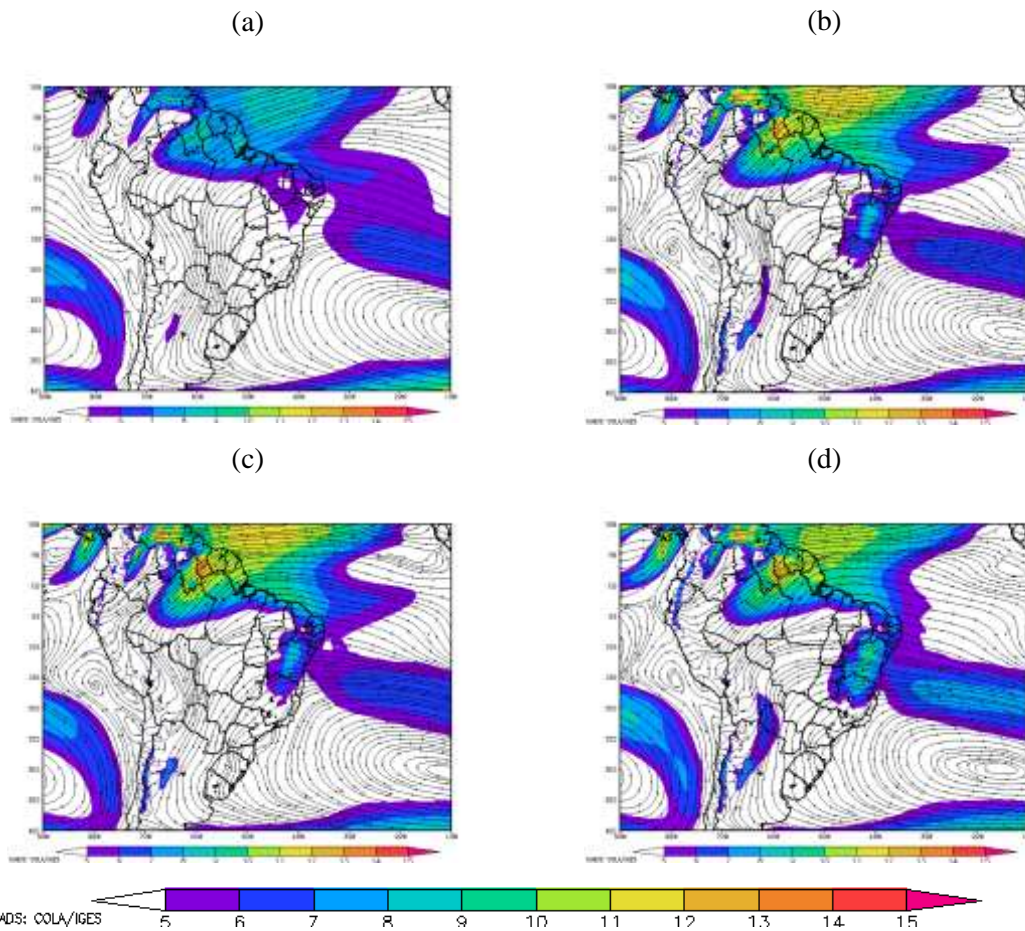
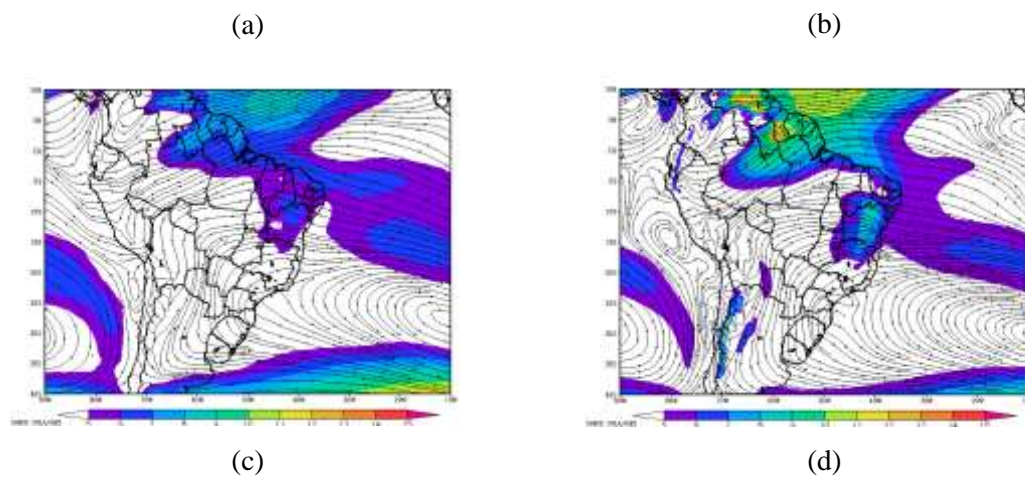


Figura 3.4 – Climatologia mensal do vento em 850 hPa (m/s) para o mês de março dos campos (a) Reanálise, (b)Eta-CTRL, (c) Eta-Zhao e (d) Eta-Ferrier.



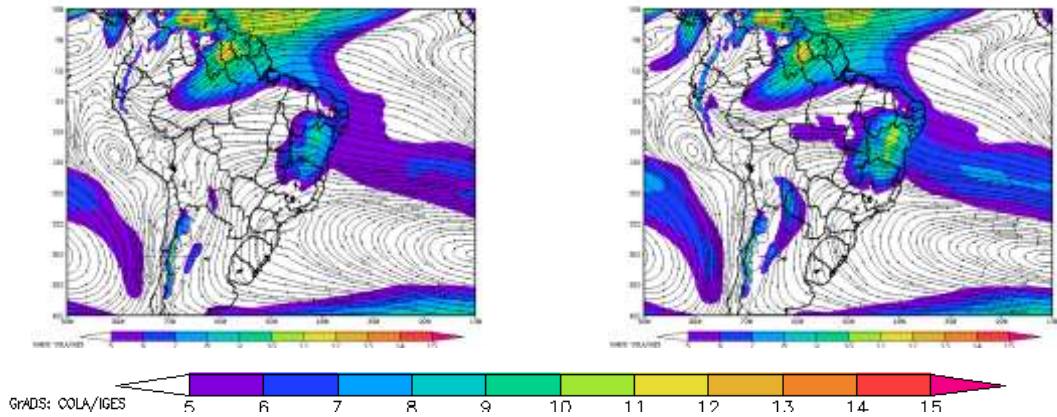


Figura 3.5 – Climatologia mensal do vento em 850 hPa (m/s) para o mês de abril dos campos (a) Reanálise, (b)Eta-CTRL, (c) Eta-Zhao e (d) Eta-Ferrier.

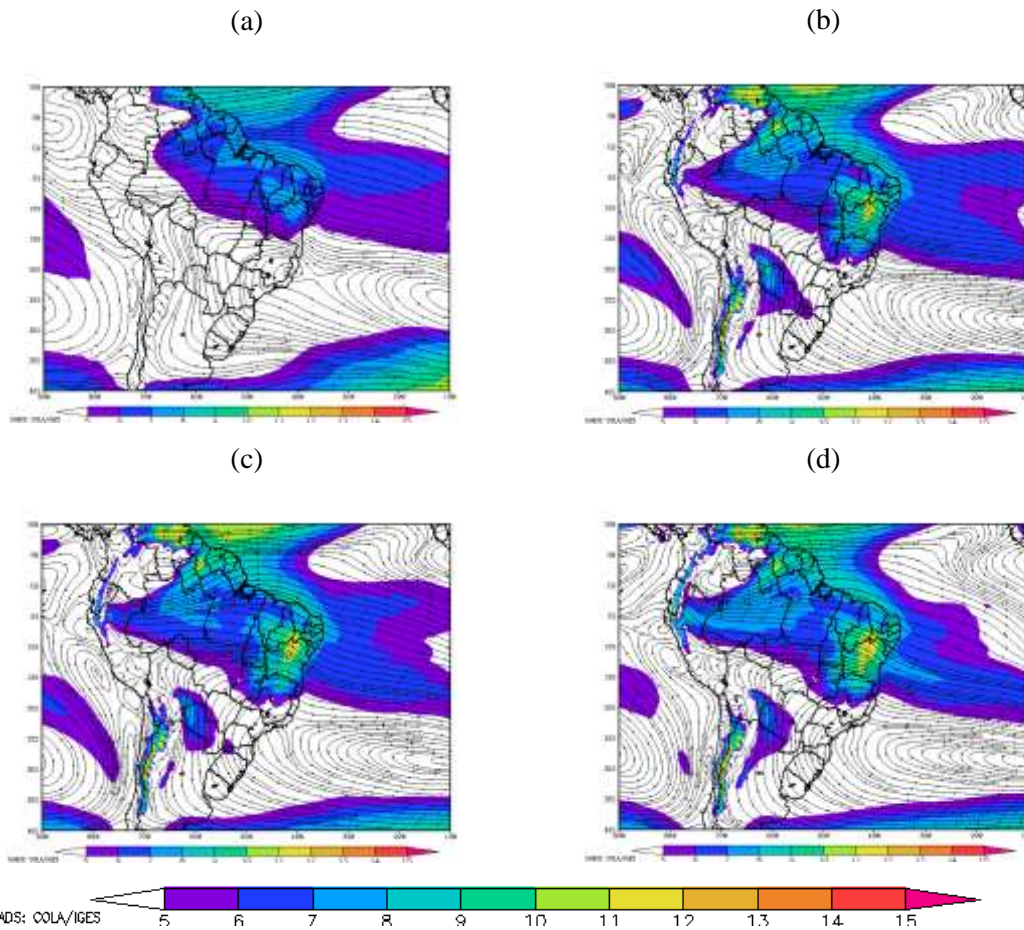


Figura 3.6 – Climatologia mensal do vento em 850 hPa (m/s) para o mês de maio dos campos (a) Reanálise, (b)Eta-CTRL, (c) Eta-Zhao e (d) Eta-Ferrier.

b) Nível de 250 hPa

As Figuras 3.7, 3.8, 3.9 e 3.10 a seguir apresentam os campos de climatologia mensal de vento em 250 hPa para o dado observado e para cada um dos experimentos. Observa-se que, em média, nos meses de fevereiro e março a Alta da Bolívia (AB) é bem simulada nos experimentos Eta-CTRL, Zhao e Ferrier, enquanto que no mês de abril (Figura 3.9) ela é posicionada mais a oeste com relação ao observado por esses 3 experimentos. O Cavado do Nordeste (CN) também é simulado pelos 3 primeiros experimentos nos meses fevereiro a abril numa posição próxima ao observado. Em maio o Jato Subtropical (JS) é subestimado em todos os experimentos, ainda que sua variabilidade no decorrer dos meses tenha sido bem simulada.

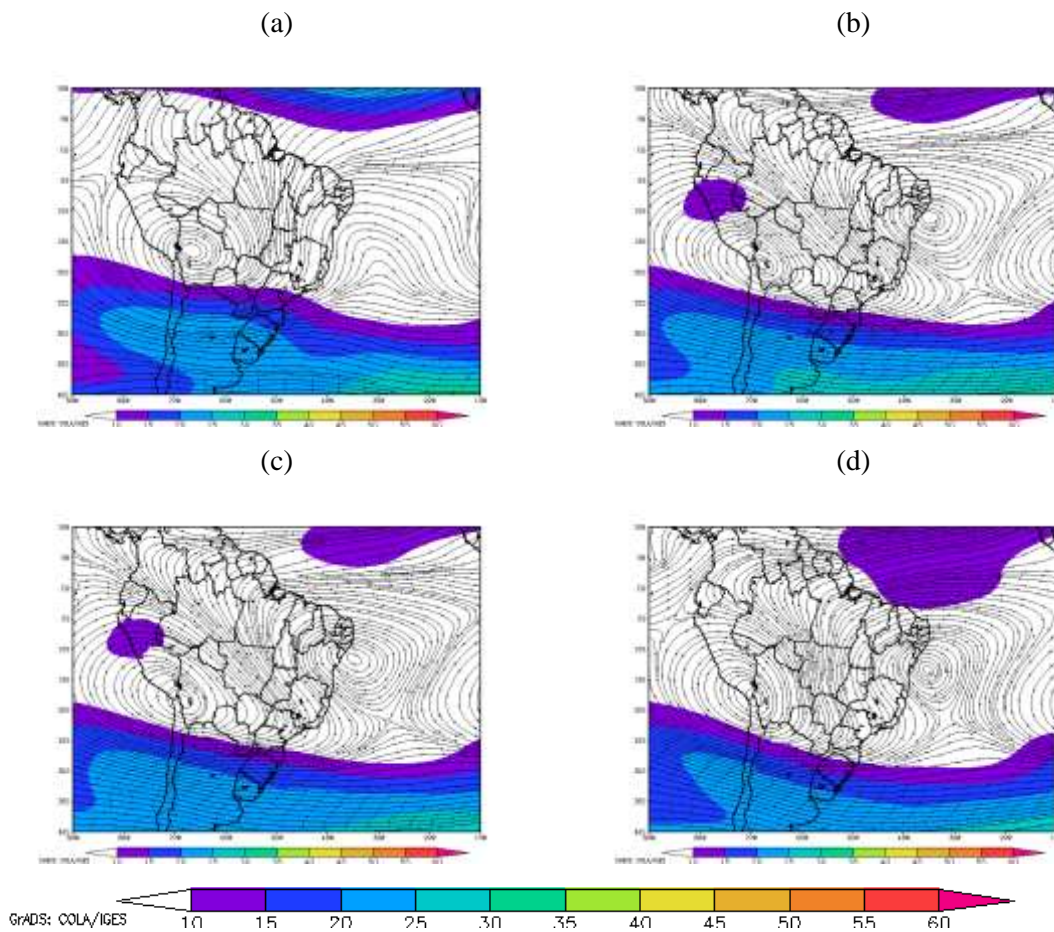


Figura 3.7 – Climatologia mensal do vento em 850 hPa (m/s) para o mês de fevereiro dos campos (a) Reanálise, (b) Eta-CTRL, (c) Eta-Zhao e (d) Eta-Ferrier.

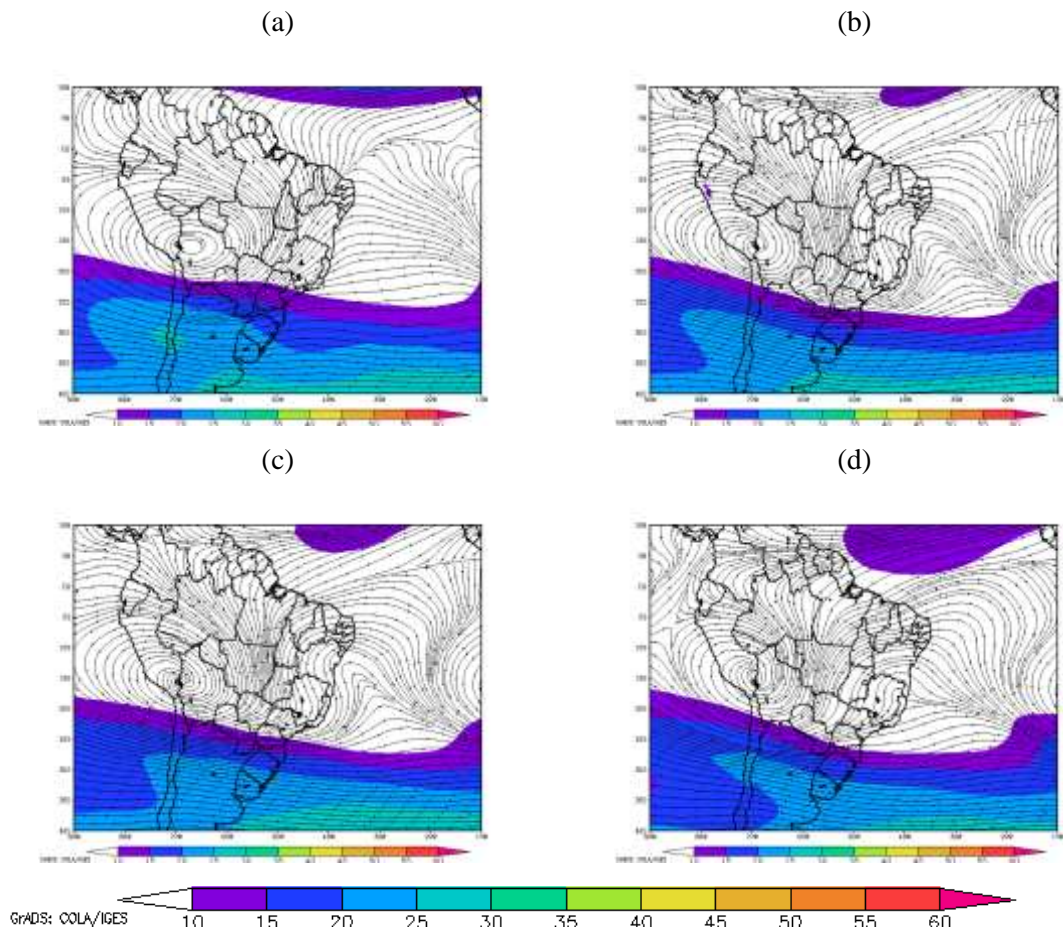
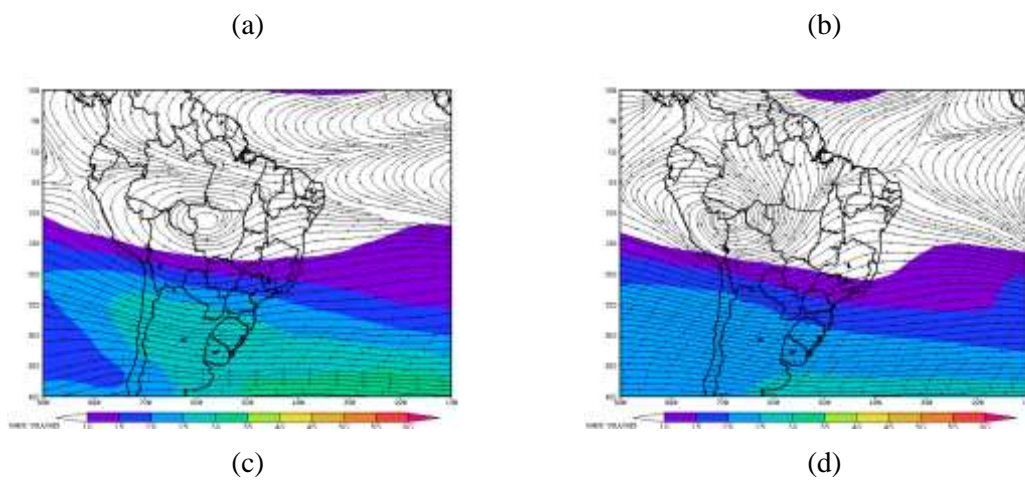


Figura 3.8 – Climatologia mensal do vento em 850 hPa (m/s) para o mês de março dos campos (a) Reanálise, (b) Eta-CTRL, (c) Eta-Zhao e (d) Eta-Ferrier.



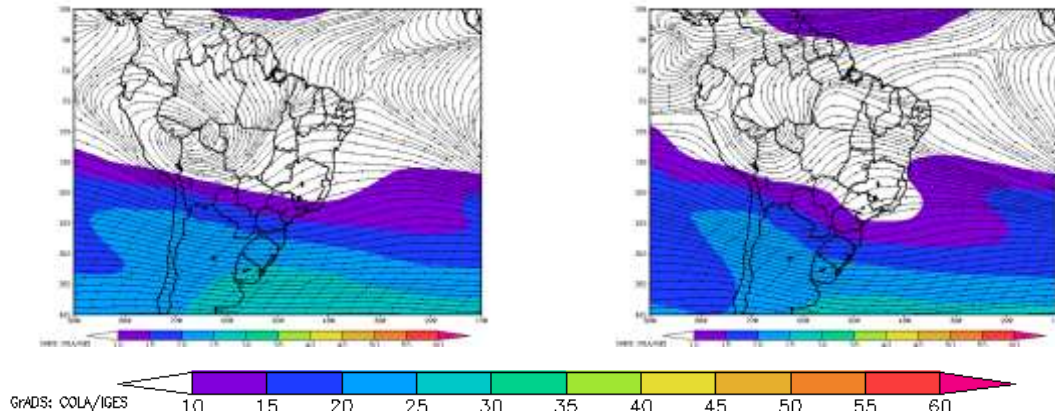


Figura 3.9 – Climatologia mensal do vento em 850 hPa (m/s) para o mês de abril dos campos (a) Reanálise, (b) Eta-CTRL, (c) Eta-Zhao e (d) Eta-Ferrier.

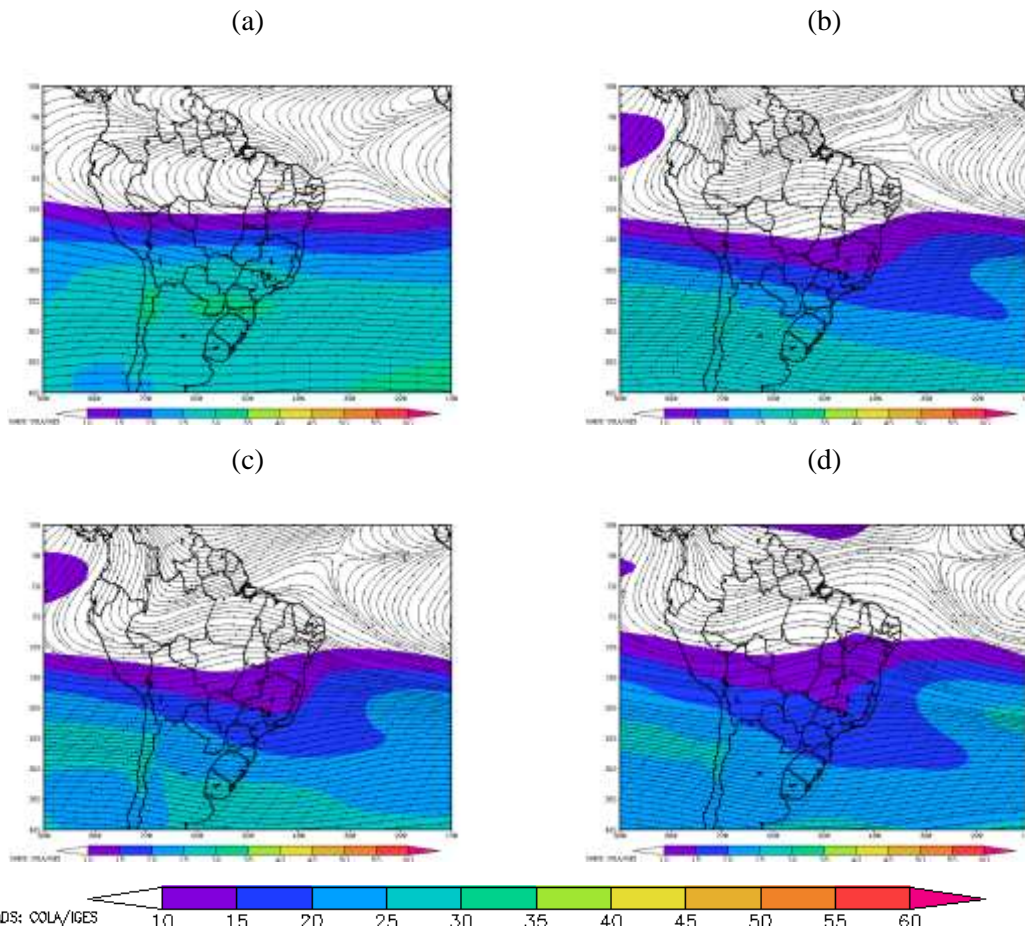


Figura 3.10 – Climatologia mensal do vento em 850 hPa (m/s) para o mês de maio dos campos (a) Reanálise, (b) Eta-CTRL, (c) Eta-Zhao e (d) Eta-Ferrier.

3.3 Temperatura do Ar a 2 m

A seguir, na figura 3.9, são apresentados os campos climatológicos de temperatura do ar a 2 metros, calculada como a média dos 40 meses (fevereiro a maio, de 2001 a 2010). Nota-se que as temperaturas sobre o Oceano Atlântico a leste do NEB, na área da ZCIT e na região norte do NEB são subestimadas por todos os experimentos, o que pode estar relacionado com a TSM na área de estudo. Por outro lado, a maior resolução e principalmente melhor representação da topografia fazem com que o modelo apresente maior estrutura deste campo na parte continental. 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.

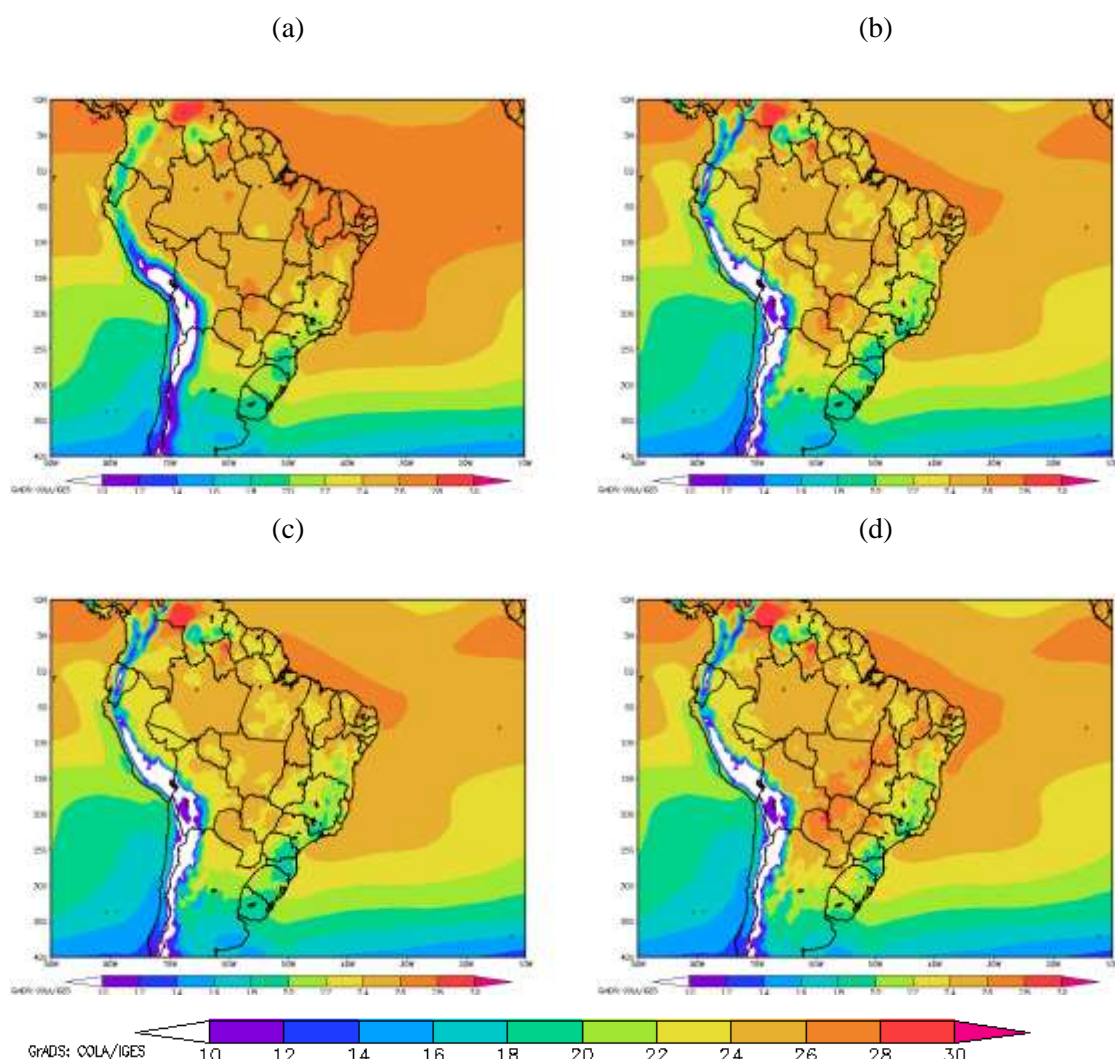


Figura 3.9 – Climatologia da temperatura do ar a 2 metros. Campos referentes aos dados (a) Reanálise, (b) Eta-CTRL, (c) Eta-Zhao e (d) Eta-Ferrier.

A análise dos campos de anomalia do período de fevereiro a maio (não apresentada), calculado como a subtração dos campos médios anuais e da climatologia do período, mostra que na maior parte dos anos os experimentos simulam bem as anomalias de temperatura no NEB, ainda que a maior parte dos anos tenha apresentado valores de anomalias quase nulos. Entretanto, as anomalias negativas de temperatura para o ano de 2008 foram bem simuladas pelos experimentos Eta-CTRL, Zhao e Ferrier, de acordo com o aumento de precipitação simulado e também observado para este ano, como mostrado na figura 3.10.

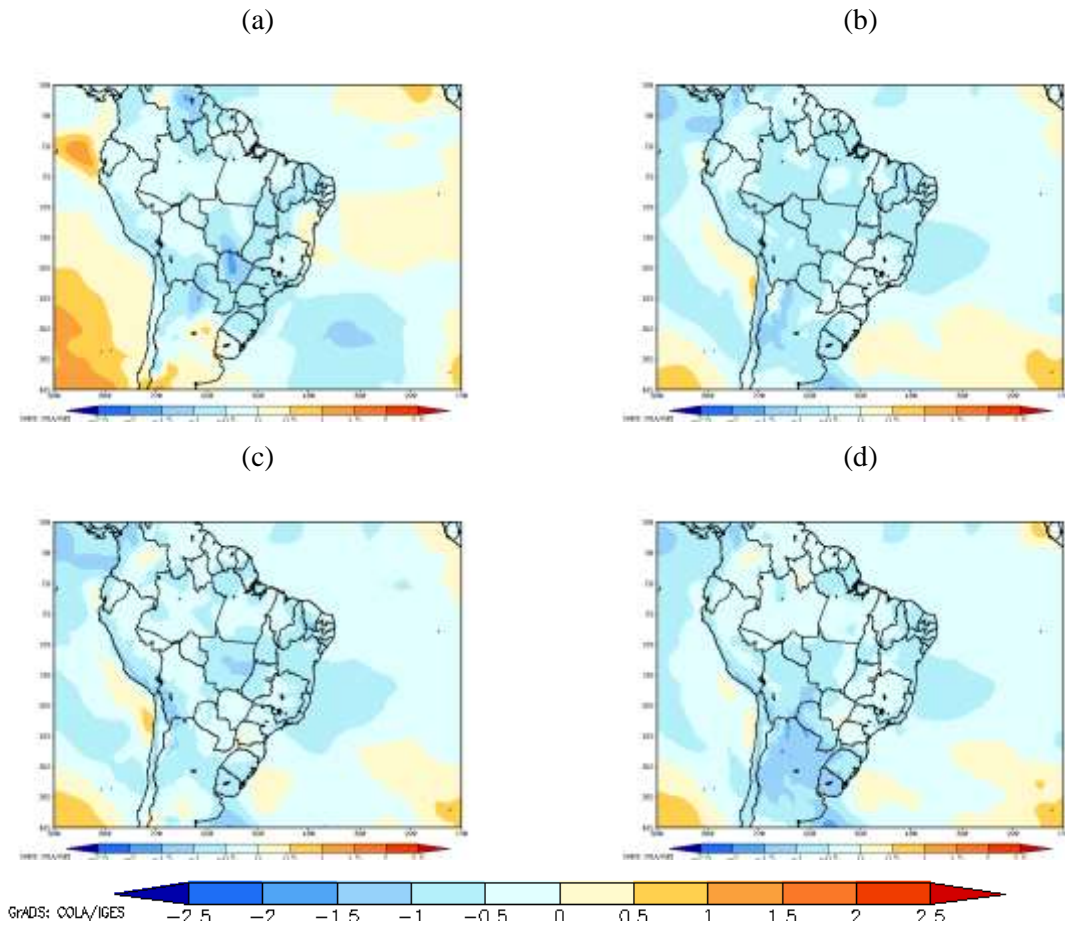


Figura 3.10 – Anomalia da temperatura do ar a 2 metros para o ano de 2008. Campos referentes aos dados (a) Reanálise (b) Eta-CTRL, (c) Eta-Zhao e (d) Eta-Ferrier.

4. CONCLUSÕES E PRÓXIMAS ETAPAS

Neste relatório apresenta-se uma investigação subjetiva do desempenho do modelo regional sazonal Eta (Mesinger et al., 2012) durante a estação chuvosa (fevereiro a maio) no NEB, considerando-se as integrações Eta-CTRL, Eta-Zhao e Eta-Ferrier.

Os resultados relacionados à precipitação indicam que na média, todos os experimentos tendem a subestimar a precipitação no interior da Bahia nos meses de fevereiro a abril, enquanto o mês de maio é bem representado. Na área norte do Nordeste do Brasil o experimento Eta-Ferrier foi o que melhor representou o padrão de precipitação nos meses de março a maio. Não se observa muita diferença nos valores de precipitação acumulada entre os experimentos Eta-CTRL e Eta-Zhao. Observou-se que sob condições de contorno inferior intensas, como ocorrido em 2008, ano de La Niña intensa, o modelo apresentou uma melhor performance.

A avaliação dos campos de vento em 850 hPa indica que em todos os experimentos a magnitude do vento foi superestimada sobre o NEB (2 m/s) e no mês de fevereiro sobre a ZCIT. A posição do ASAS e do ASPS são em média bem simulados nos meses de fevereiro, março e abril, enquanto que em maio o ASAS é simulado aproximadamente 5° ao sul da observação.

Com relação aos ventos em altos níveis (250 hPa) nota-se que o modelo representa adequadamente a posição da AB e do CN na maior parte dos meses. Em maio o JS é subestimado em todos os experimentos, ainda que sua variabilidade no decorrer dos meses tenha sido bem simulada.

A avaliação do campo de temperatura a 2 metros indica que, sobre o Oceano Atlântico a leste do NEB, na área da ZCIT e na região norte do NEB, o modelo subestima os valores de temperatura, o que pode estar relacionado com o campo de TSM utilizado nas integrações. A maior estrutura do modelo sobre o continente implica em um gradiente térmico maior do que a Reanálise, o que pode estar relacionado com a maior intensidade dos ventos no local. No ano de 2008, quando houve a ocorrência de La Niña forte, as anomalias de temperatura foram bem previstas.

Nas próximas etapas deste trabalho, será concluída a avaliação do experimento Eta-OGCM, em comparação com os dados observacionais. Também será construído um novo experimento com as mesmas configurações do Eta-CTRL, porém utilizando dados de Reanálise do NCEP/NCAR como condição inicial e de contorno lateral (Eta-NCEP). O objetivo do experimento Eta-NCEP é explorar o limite da previsibilidade do modelo, uma vez que estarão sendo fornecidas “observações” como dados de entrada, resultando em simulações ao invés de previsões.

As seguintes atividades deverão ser realizadas:

1. Adaptação do modelo Eta para integração utilizando como condições inicial e de contorno lateral a Reanálise NCEP/NCAR;
2. Formatação dos dados da Reanálise;
3. Integração desta nova versão para o período de 10 anos (de 2001 a 2010);
4. Cálculo da climatologia da precipitação da nova versão do modelo Eta-Sazonal e
5. Avaliação das previsões e da anomalia geradas pelo modelo Eta-Sazonal.

Ao final do trabalho as integrações Eta-CTRL, Eta-Zhao, Eta-Ferrier serão confrontadas a fim de identificar a que mais se aproxima ao Eta-NCEP.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bustamante, J. F., Gomes, J. L. and Chou, S. C.. 5-year Eta Model seasonal forecast climatology over South America. 8th 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.