



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe



Downscaling dinâmico sobre o Nordeste do Brasil utilizando um modelo climático regional: impacto de diferentes parametrizações na precipitação simulada

Vanessa de Almeida Dantas¹, Ana Cleide Bezerra Amorim², Micejane da Silva Costa³, Cláudio Moisés Santos e Silva⁴

Programa de Pós-Graduação em Ciências Climáticas – PPGCC, Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN¹ Campus Universitário Lagoa Nova, CEP 59078-970 | Natal/RN – Brasil
vanessalmeida24@gmail.com¹anacleide23@gmail.com²micejane@yahoo.com.br³
claudio@dfte.ufrn.br⁴

Artigo recebido em 07/07/2013 e aceito em 30/09/2013

RESUMO

Estudos utilizando modelos regionais na realização de *downscaling* dinâmico tem se mostrado adequado para reproduzir a escala local de uma região. Neste sentido, o presente estudo teve como objetivo analisar a sensibilidade de simulação da precipitação para o ano de 2009 na região do Nordeste Brasileiro (NEB) utilizando três esquemas de parametrização cumulus disponíveis no modelo RegCM4, a saber: Anthes Kuo (Kuo), Grell com fechamento Frish Chappell (GFC) e MIT-Emmanuel (EM). Como condição inicial e de contorno de grande escala foram usadas informações do modelo *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF), especificamente o produto ERA_interim. Dados do projeto *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) foram usados para a avaliação da precipitação simulada. Testes e parâmetros estatísticos foram usados como métrica na avaliação das simulações. Verificou-se que o modelo consegue representar de forma adequada a precipitação quando comparada aos dados do TRMM. Os experimentos que mais se aproximaram das observações foram GFC e EM. O RegCM4 subestimou a precipitação no NEB no início de março e superestimando em meados de julho. Entretanto, é possível afirmar que o modelo é capaz de reproduzir bem a variabilidade do clima, na região do NEB, após alguns ajustes utilizando diferentes tipos parametrizações para os trópicos.

Palavras-chave: RegCM4, Kuo, Grell, Emanuel.

Dynamic downscaling over Northeast Brazil using a regional climate model: impact of different parameterizations on simulated rainfall

ABSTRACT

Studies using regional models in performing dynamic downscaling have been adequate to reproduce the local scale of a region. In this sense, the present study aimed to analyze the sensitivity of rainfall simulation for the year 2009 in the Brazilian Northeast (NEB) using three cumulus parameterization schemes available in RegCM4 model, namely: Anthes Kuo (Kuo) Grell closure Frish Chappell (GFC), and MIT-Emmanuel (EM). As a condition of initial and boundary large scale model information were used European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF), specifically the product ERA_interim. Project data Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) were used for the evaluation of simulated rainfall. Testing and statistical parameters were used as a metric in evaluating simulations. It was found that the model can adequately represent the precipitation compared with data from TRMM. The experiments that came closer to the observations were GFC and EM. The RegCM4 underestimated precipitation in the NEB in early March and overestimating in mid-July. However, we can say that the model is able to reproduce well the climate variability in the region of the NEB, after some adjustments using different parameterizations for the tropics.

Keywords: RegCM4, Kuo, Grell, Emanuel

Introdução

Na região tropical, a precipitação é a

variável mais importante para os processos

hidrometeorológicos, mas ao mesmo tempo é

* E-mail para correspondência: vanessalmeida24@gmail.com.

a mais difícil de ser medida e simulada com precisão. Os sistemas meteorológicos que provocam precipitação no Nordeste do Brasil (NEB) atuam em diferentes escalas de tempo e espaço. Algumas escalas responsáveis pela variabilidade climática são: escala sinótica (ex: frentes), escala intrasazonal (ex: variações que ocorrem dentro de uma estação), escala interanual (ex: El niño, La niña) e escala interdecadal (Ex. Outras variações nas temperaturas dos oceanos).

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) controla os máximos de precipitação durante o verão na parte Norte do NEB. Os vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN) também atuam no verão e são responsáveis por eventos extremos de precipitação na costa Leste do NEB (COSTA, 2010). Os Sistemas Frontais (SF) atuam principalmente na parte Sul do NEB. distúrbios ondulatórios de leste que são DOLs são mais frequentes no inverno austral e causam fortes chuvas no litoral Leste do NEB podem ser considerados de mesoescala. Além disso, a convecção organizada em forma de linhas de instabilidade e a ocorrência de aglomerados convectivos contribuem para a distribuição espaço-temporal das chuvas no NEB .

Sabe-se que uma das deficiências dos Modelos de Circulação Geral (MCG) da atmosfera decorrem de sua baixa resolução (cujos espaçamentos de grade são na ordem de 100 km) , apesar disso, possuem a capacidade de representar os principais

sistemas meteorológicos de grande escala, como a ZCIT, mas em escala regional eles possuem certas limitações em reproduzir o clima (Quian et al., 2003). Atualmente, vários estudos utilizando modelos regionais tem se mostrado adequado para reproduzir a escala local de uma região. O conceito ultimamente utilizado em modelos regionais é de *downscaling*. Neste, o modelo regional recebe informações iniciais dos MCG e devido os modelos regionais possuírem parametrizações físicas mais sofisticadas e capacidade de se utilizar grades mais finas, então espera-se que esses modelos reproduzam de forma adequada as características de meso escala de uma região. Diversos estudos vem sendo desenvolvidos com simulações com diferentes resoluções, aplicando a técnica *downscaling* para representar a variabilidade da precipitação, temperatura e circulação em baixos e altos níveis no Brasil (Nobre et al., 2001; Cuadra e Rocha, 2006; Seth, et al. 2007 Ferreira, et al., 2012;), na África (Afiesimama, et. al, 2006; Tchotchou e Kamga, 2010), entre outros países. Esses resultados tem sugerido que os dados de um MCG alinhados com a técnica citada, podem fornecer previsões climáticas mais adequadas. O objetivo geral deste estudo é analisar a sensibilidade de simulação da precipitação para o ano de 2009 na região NEB utilizando os três diferentes esquemas de parametrização cumulus disponíveis no modelo, tais como: Anthes Kuo (Kuo), Grell com fechamento

Fristish Chappell (GFC), e MIT-Emmanuel (EM).

Material e métodos

O modelo RegCM4: breve descrição

A primeira versão do modelo climático regional RegCM foi desenvolvida por Dickinson et al. (1989) e Giorgi (1989) no final da década de 80 com base no modelo numérico *Mesoscale Model version 4* (MM4, Anthes et al. 1987) e engloba vários esquemas de convecção cúmulos, umidade, condições iniciais e de contorno lateral, fluxos oceânicos e gradiente de pressão. O RegCM4 é um modelo de diferenças finitas, e por não ter sido desenvolvido para a região do Nordeste Brasileiro (NEB), ele precisa ser calibrado, utilizando diferentes parametrizações para os trópicos. Utilizaram-se equações primitivas como a segunda lei de Newton aplicada a um fluido compreensível. Sendo hidrostático é possível fazer simulação até 10 km de espaçamento de grade horizontal. Na vertical faz-se o uso da coordenada sigma.

A física do modelo RegCM4.0.1 utiliza o *Biosphere-Atmosphere Transfer Scheme* (BATS, DICKINSON et al., 1993) para os processos de troca de calor, energia e momentum na interface solo-vegetação atmosfera, considerando 20 tipos de vegetação que se encontram descritas em Elguindi et al. (2004).

O modelo contém três opções para a convecção profunda e outro para a precipitação que é resolvida na escala da grade. Para a convecção em cumulus profundo foi utilizada o esquema de Grell (1993) com fechamento tipo Fritsch-Chappell, Emanuel (1991) e Kuo (Anthes, 1977). O esquema na escala da grade usado é chamado de *Subgrid Explicit Moisture Scheme* (SUBEX) e foi desenvolvido por Pal et al (2000). O esquema SUBEX resolve apenas uma equação para previsão de água da nuvem que é diretamente utilizada nos cálculos de transferência radiativa. Considera a formação de água da nuvem, advecção e mistura turbulenta.

Dados

Para representar as condições de contorno lateral e inferior do RegCM4 foram utilizados dados do projeto ERA-Interim (EIN15) do ECMWF, os mesmos estão disponíveis para período de 1989 a 2009, com resolução horizontal de 1.5 ° x 1.5 ° de latitude e longitude, (Gibson, et .al, 1997). Disponíveis em formato NetCDF (T255L60), de seis em seis horas nos horários UTC's, com 37 níveis de pressão, sendo possível acessar no site: <http://users.ictp.it/~pubregcm/RegCM4.0.1/globedat.htm>.

Dee, D. P. et AL., 2011 com objetivo de corrigir problemas de assimilação de dados complexos encontrado nos dados ERA-40,

principalmente os relacionados a dados de satélites mostraram resultados bem melhores utilizando dados de reanálises do ERA-interim. Segundo esses autores a qualidade dos produtos ERA-Interim superou as expectativas, e ainda ressalta que o projeto foi realizado com recursos limitados, no entanto com melhores dados de entrada disponíveis.

As variáveis meteorológicas utilizadas como contorno lateral foram: temperatura do ar, componente meridional e zonal do vento, altura geopotencial e umidade relativa. Para contorno inferior, os dados de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) semanal foram utilizados. A grade da TSM é global com resolução horizontal de 1.0° latitude × 1.0° longitude (Reynolds et al., 2002). Para avaliar a precipitação simulada utilizamos os dados do projeto *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM). Especificamente os dados do algoritmo 3B43, estimada a cada 3 horas, onde este algoritmo de precipitação global combina estimativas do TRMM de versões anteriores (3B42), dados de grade estimados pelo SSM/I (Special sensor microwave/imager) e dados de pluviômetros em todo globo produzido pelo *Global*

Precipitation Climatology Center - GPCC (Kummerow e Giglio, 1994b).

Experimentos

Os experimentos foram realizados usando a reanálise EIN15 para condição lateral, a TSM semanal para contorno inferior. O espaçamento de grade horizontal foi de 80 km. Na vertical usamos 14 níveis sigma, com o topo do modelo em 50 hPa. A projeção Mercator normal foi selecionada, pois esta é adequada para baixas latitudes (Nellie et al. 2011). O modelo foi centrado na latitude 6°S e longitude 35°W, com 60 pontos ao longo da latitude e 80 ao longo da longitude, apresenta-se na Figura 1 a topografia no domínio das simulações. Para evitarmos o efeito de borda, a área **A** será de análise sinótica, enquanto a área **A1** foi realizada a análise estatística.

Foram realizadas as simulações iniciadas em 01 de Janeiro 2009 e finalizadas em 31 de Dezembro de 2009, os esquemas de convecção são mostrados na Tabela 1. Detalhes sobre cada tipo de parametrização pode ser encontrado em Tchotchou e Kamga (2010).

Tabela 2 – Experimentos realizados com RegCM4.

Experimento	Esquema de Convecção	Fechamento
GFC	Grell	Fistsch-Chappell
Kuo	Kuo	-
EM	Emmanuel	-

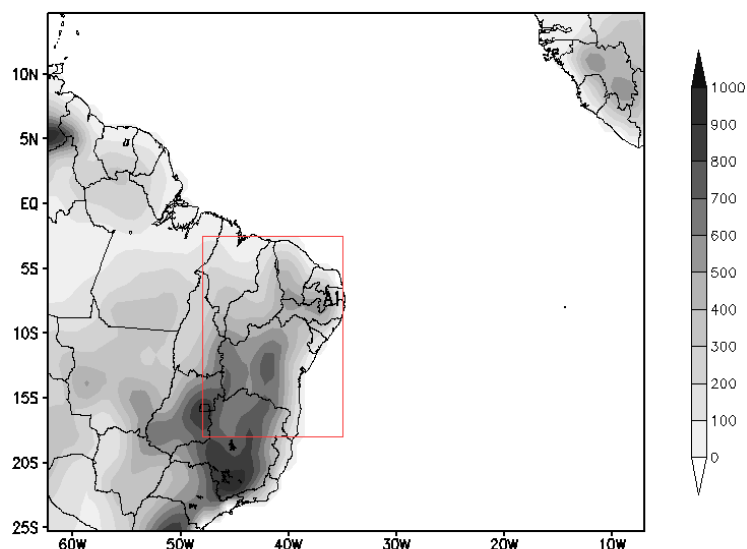


Figura 1 - Domínio do RegCM4 de 62.5W – 7.5W/ 15N – 20S e a topografia da região NEB. A área A1 refere-se a região que foi aplicada análise estatística.

Análise Estatística

A análise objetiva para comparar o observado e o simulado será utilizada pelo cálculo do viés. Na ausência de dados observados foram utilizados dados estimados pelo TRMM. O viés foi calculado para area A1 em todas as simulações. Valores negativos (positivos) será um indicativo de que as simulações tendem a subestimar (superestimar) a precipitação, e ao se aproximar de zero é uma indicação de similaridade do valor estimado pelo TRMM.

$$Vies = S_{reg} - O_{trmm}$$

Onde: S_{reg} - as simulações do RefCM

O_{trmm} - observação do TRMM.

Resultados

A primeira parte dos resultados descreve de forma subjetiva a distribuição espacial da precipitação simulada ao longo do ano. Em

seguida a análise da sazonalidade do modelo é apresentada bem como a avaliação estatística.

Precipitação (Janeiro, Fevereiro e Março)

Na Figura 2 apresenta-se a precipitação simulada durante o trimestre JFM com o modelo regional (Figuras 2c,d,e), os dados para o mesmo período do TRMM (Figura 2a) e o resultado das reanálises Era Interim. A precipitação observada com o TRMM é típica da circulação de verão, com a ZCIT bem configurada entre 5S e 5N sobre o Atlântico. Na área continental observa-se forte atividade convectiva sobre o setor Oeste e Norte da Amazônia. No NEB, as maiores taxas de precipitação são na parte Norte, principalmente no Maranhão, Piauí e Ceará, com máximos acima de 15 mm/dia, enquanto na região do semiárido a taxa de precipitação não ultrapassa 10 mm/dia.

Em comparação aos dados do TRMM, os dados do ERA interim apresenta precipitação subestimada e com caráter homogêneo tanto sobre o Oceano, quanto para a região continental. Isso se deve basicamente a este modelo não conseguir (por sua limitação de espaçamento de grade) resolver os processos de mesoescala que atuam na região em estudo.

Entre as simulações com o RegCM4 a que mais se aproximou dos dados do TRMM foi o experimento com a parametrização de Emanuel. Neste experimento é possível verificar aspectos regionais, tal como a precipitação concentrada em formato de

linhas na região costeira, algo que é típico da atuação de Linhas de Instabilidade. Além disso, a posição e intensidade da ZCIT são mais semelhantes aos dados do TRMM. O experimento com o pior desempenho foi o de Kuo, onde percebe-se subestimativa na intensidade da precipitação tanto em áreas continentais quanto oceânicas. Por sua vez, o experimento com Grell consegue reproduzir de forma adequada a precipitação sobre o continente, mas não representa a configuração contínua da ZCIT.

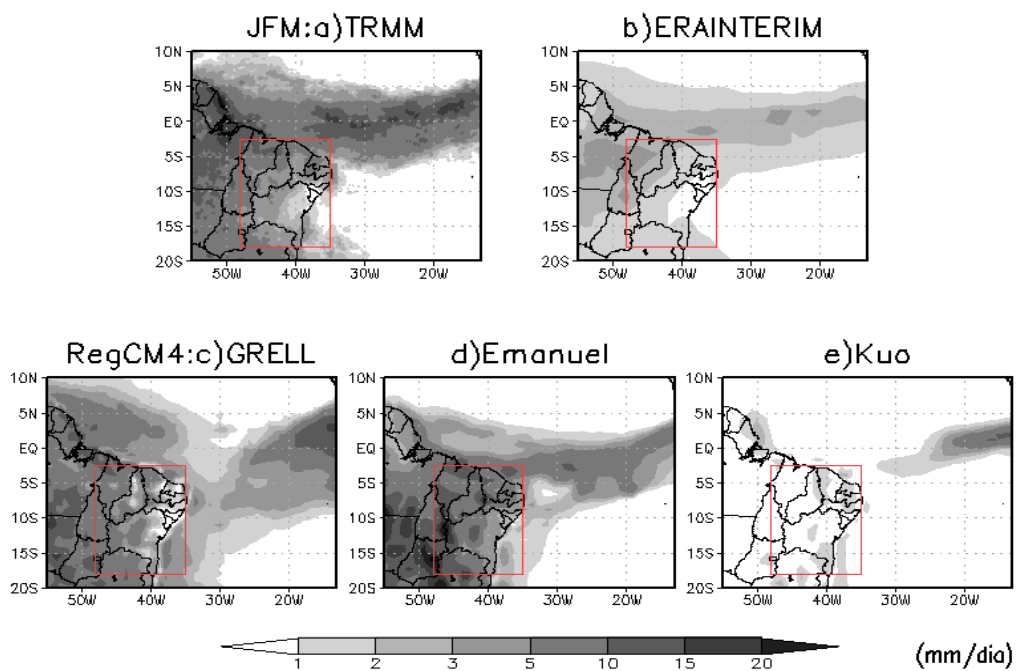


Figura 2 – Precipitação durante o trimestre JFM para o: (a) TRMM; (b) ERA-interim (c) RegCM4(GFS); (d) RegCM4(EM) e (e) RegCM4(Kuo).

Precipitação (Abril, Maio e Junho)

Verificou-se na figura 3a e 3b uma atividade convectiva acentuada no norte da Região Nordeste devido principalmente à atuação da

ZCIT. Ressaltando que abril marca o início do quadrimestre mais chuvoso neste setor do NEB.

A simulação de Grell e Emanuel ficaram mais próxima da realidade com relação à análises quantitativas, uma vez que observou-se também, uma boa concordância entre os valores simulados por Emanuel e os observados em todo o período estudado. A Fig. 3d mostra que o simulado por Kuo aparece uma faixa de precipitação em torno

de praticamente toda a costa do NEB, enquanto que na costa norte os valores simulados por Grell são mais próximos aos observados, pois o esquema Grell apresenta sensibilidade em relação às correntes verticais, que são comuns na faixa costeira conforme descrito em estudos prévios (Pal et al., 2000; Pal et al., 2007).

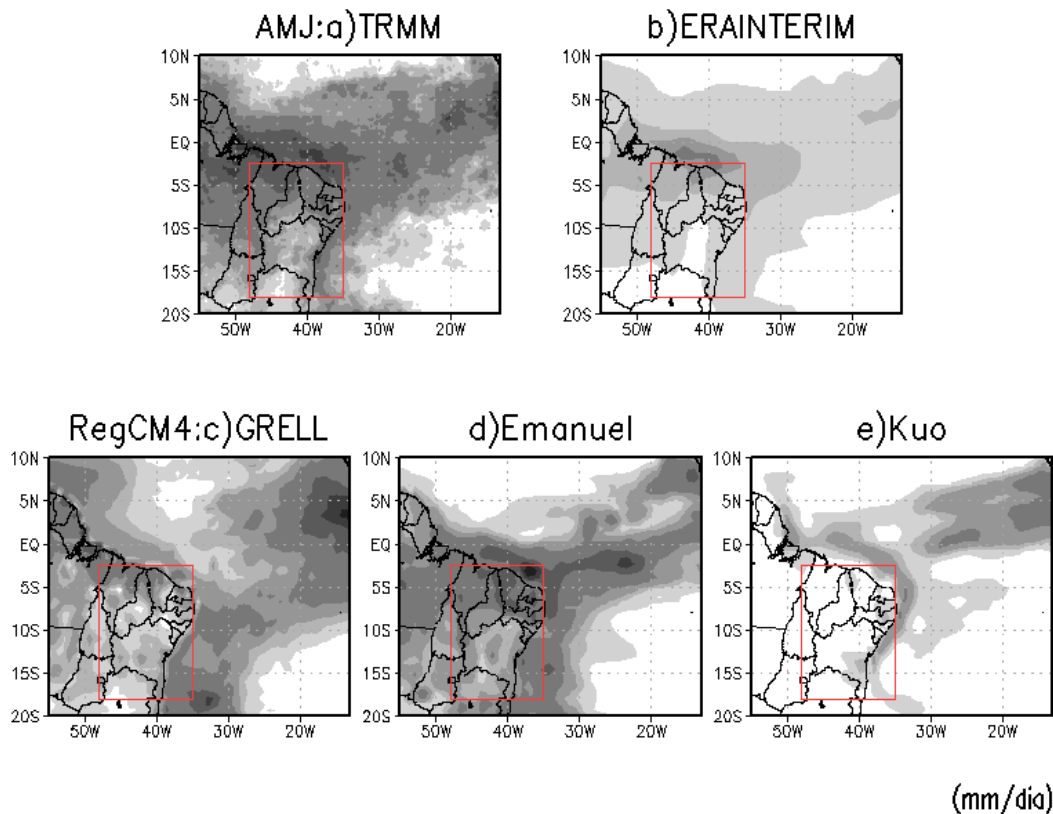


Figura 3 – Precipitação durante o trimestre AMJ para o: (a) TRMM; (b) ERA-interim (c) RegCM4(GFS); (d) RegCM4(EM) e (e) RegCM4(Kuo).

Precipitação (Julho, Agosto e Setembro)

Os dados do TRMM (Figura 4a) mostraram chuvas sobre a costa leste do NEB acima de 3 mm/dia ao longo do litoral do Rio Grande do Norte (RN) até o sul da Bahia (BH, diferentemente, do ERA_Interim que apresentou poucas chuvas e restritas as latitudes de 5° e 8°S. As simulações

apresentaram chuvas em regiões bem semelhantes, no entanto apenas a realizada com a parametrização EM (Figura 4c) mostrou chuvas na região continental como visualizada no TRMM (Figura 4a). Os experimentos GFC e Kuo mostraram chuvas mais sobre o oceano (Figuras 4b e 4d, respectivamente). Em análise visual, a

simulação Kuo, Figura 4d, subestimou a precipitação comparada aos demais resultados. A posição da ZCIT, deslocada mais para o

Norte, é bem representada nas simulações, principalmente no experimento GFC.

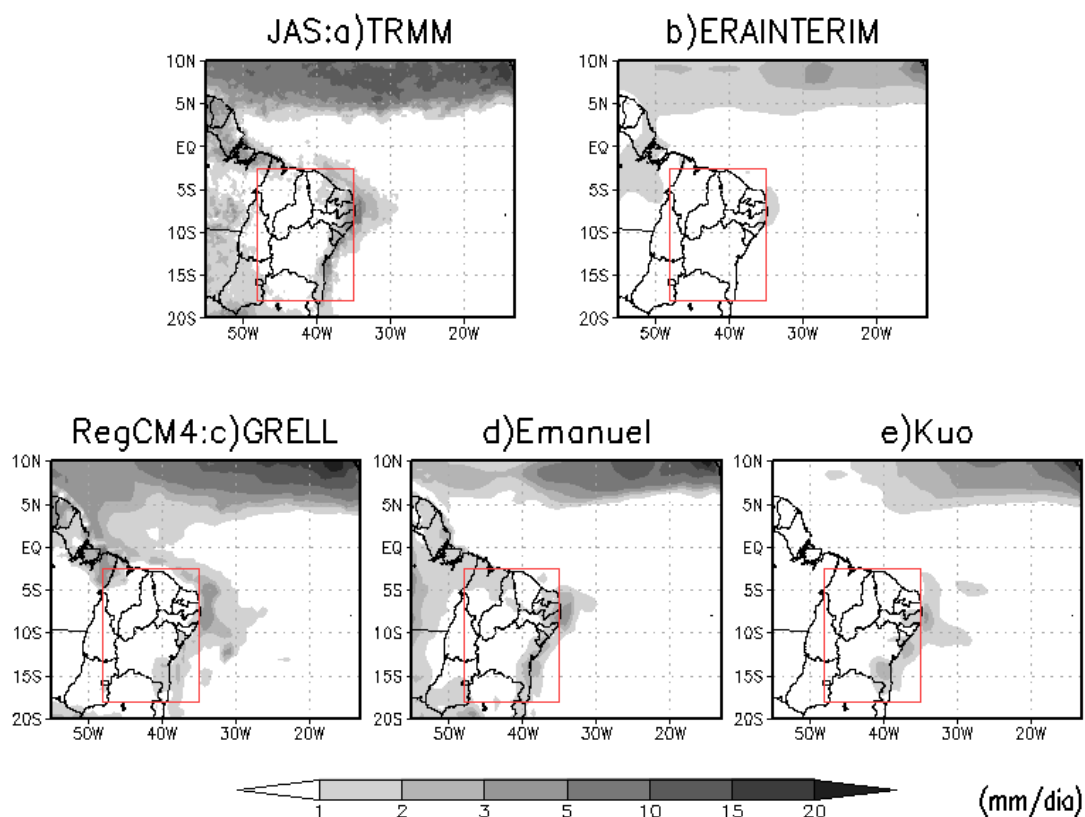


Figura 4 – Precipitação durante o trimestre JAS para o: (a) TRMM; (b) ERA-interim (c) RegCM4(GFS); (d) RegCM4(EM) e (e) RegCM4(Kuo).

Precipitação (Outubro, Novembro e Dezembro)

A Figura 5 mostra a distribuição sazonal da precipitação média diária no trimestre outubro-novembro-dezembro observada Figuras 4a e 4b e simulada pelo modelo utilizando três tipos de parametrizações diferentes (Figura 5 c, d, e).

Nota-se que o modelo consegue simular bem o padrão de chuvas no Norte e Nordeste do Brasil, incluindo a Zona de convergência Intertropical (ZCIT), atuando no Hemisfério Norte. Está evidente que o modelo consegue

mostrar a distribuição pluviométrica bem próxima do real (a) TRMM, nos esquemas (c) Grell e (d) Emanuel, ficando o Emanuel como o mais adequado. A simulação Kuo (Figura 5e) subestimou a precipitação na região. De um modo geral o modelo conseguiu simular bem a distribuição da precipitação.

De um modo geral a distribuição de chuva na região do NEB para esse período sazonal (OND) em 2009, ficou abaixo da media climatológica (CLIMANALISE, 2009) por influencia de alguns fatores climáticos, como as águas mais quentes que o normal na região

do Pacífico Equatorial, indicando a persistência da fase madura do fenômeno El Niño e os valores de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) do Atlântico Norte também excedeu a climatologia contribuindo para a atuação preferencial da Zona de

Convergência Intertropical (ZCIT) ao norte de sua posição climatológica. A persistência de Cavados e Vórtices Ciclônicos em Altos Níveis (VCAN) também contribuiu para a ocorrência de chuvas abaixo da média.

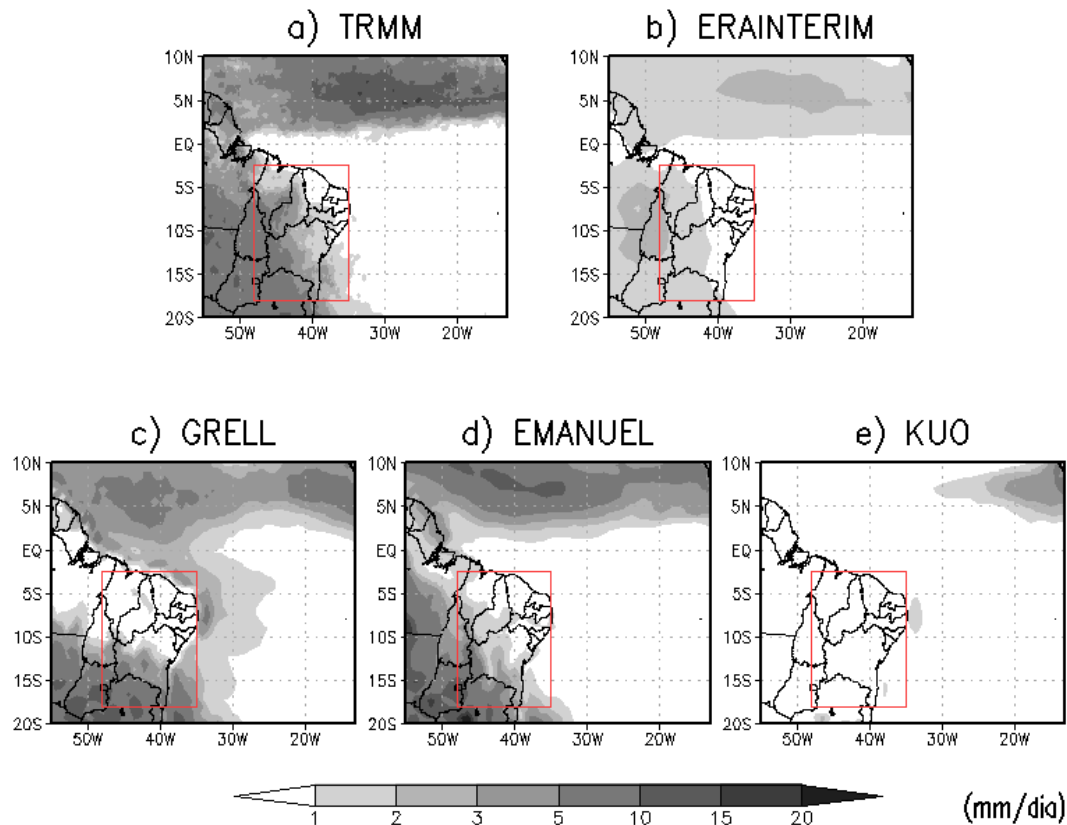


Figura 5 – Precipitação durante o trimestre OND para o: (a) TRMM; (b) ERA-interim (c) RegCM4(GFS); (d) RegCM4(EM) e (e) RegCM4(Kuo).

Sazonalidade da precipitação

Os dados simulados reproduziram a sazonalidade no ano de 2009, onde se pode observar uma distribuição mensal da precipitação pluviométrica. Abril foi marcado pelo excesso de chuva na maior parte da Região Nordeste do Brasil, a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), a formação de Linhas de Instabilidade (LI's) ao longo da costa foram os sistemas que mais

favoreceram a ocorrência de chuvas. Ressalta-se que o mês de abril marca o início do quadrimestre mais chuvoso neste setor como podemos observar na Figura 6, durante o mês de maio, o excesso de chuva na parte leste da Região Norte e na Região Nordeste do Brasil esteve associado também à atuação da (ZCIT) e à formação de Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL), onde a atuação da ZCIT continuou favorável à ocorrência de chuvas

no extremo norte da Região. É importante mencionar que as anomalias positivas de precipitação no litoral sul da Bahia estiveram associadas à atuação dos sistemas frontais que se deslocaram para latitudes mais ao norte. No início do mês, em particular, a atuação de um sistema frontal intensificado pela passagem da corrente de jato em altos níveis favoreceu a ocorrência de chuva. Na Região Nordeste, ainda chove entre o leste do Rio Grande do Norte e a Bahia durante os meses de julho a setembro como pode ser observado na Figura (4a), devido principalmente ao efeito de brisa e à ocorrência de Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL), no entanto ao longo do trimestre essa chuva é cada vez mais escassa. As simulações seguiram esse comportamento (Figura 6), a pesar de diferentes volumes de precipitação como Grell e Kuo subestimando e Emanuel com resultados animadores se tratando de uma variável como a precipitação, os resultados mostraram a tendência dos dados do TRMM, representando neste estudo os dados observados.

Por meio da distribuição sazonal OND, foi possível confirmar os resultados obtidos pela média sazonal da precipitação (Figura 6), utilizando as alterações na parametrização de cumulus: esquemas Grell, Emanuel e Kuo. Onde a simulação dos esquemas Grell e Emanuel foram os que representaram melhor a precipitação do TRMM. É evidente nessa figura que outubro e dezembro tiveram resultados quase iguais ao observado, nesses dois esquemas.

De uma maneira geral a Figura 6, mostra que os meses de primavera e verão austral as parametrizações de GFC e Emanuel representaram bem os dados do TRMM na região NEB, assim como para as estações de outono e inverno (AMJ e JAS), a simulação de Emanuel. Esse resultado pode ser confirmado quando observamos a distribuição anual do viés (Figura 6b), onde as simulações de Grell e Emanuel apresentaram os resultados próximos do observado, que neste caso esta sendo representado pelos dados do TRMM.

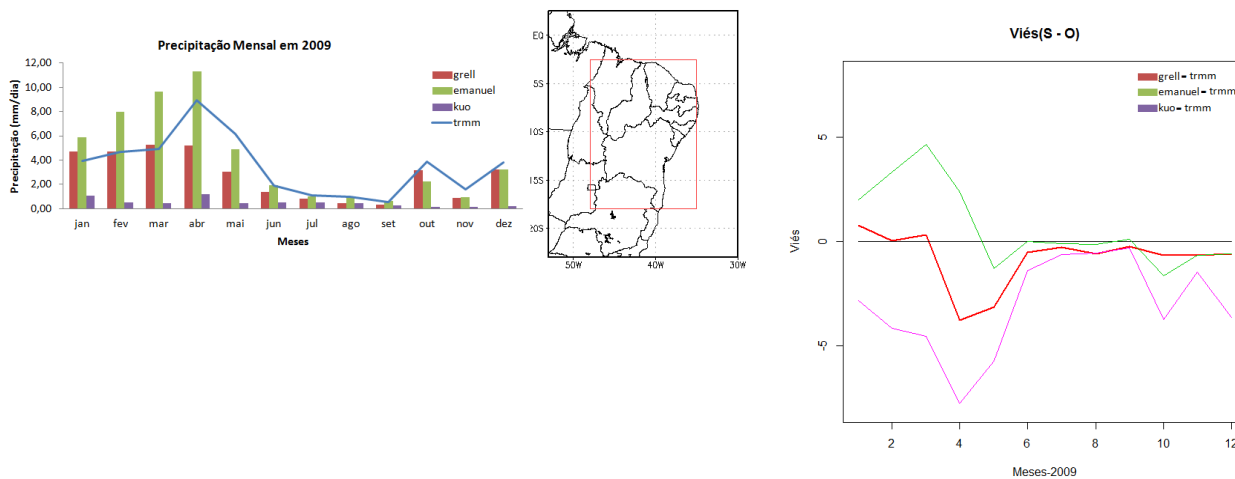


Figura 6 – Padrão sazonal da precipitação no NEB (a) e Viés sazonal (b) para o ano de 2009 sobre o Nordeste Brasileiro.

Análises de Significância com Teste T-Student

A utilização do teste t-student pressupõe-se que as amostras possuem variâncias iguais além de seguirem distribuição normal (Tabela 2). Suponha que queremos testar se os dados mensais do TRMM e as simulações possuem médias mensais estatisticamente iguais a um nível de significância de 5%. Suponha também que essas amostras sejam independentes, assim foram realizados o teste t-student seguindo as hipóteses descritas da Tabela 2.

O teste Shapiro também foi utilizado neste estudo, o mesmo identificou com certa confiança se as amostras das simulações e dos dados do TRMM seguem uma distribuição aproximadamente normal. A simulação de Kuo mostrou evidências contra a uma distribuição normal, mas com valores

próximos do limite de rejeição, diferentemente das outras amostras que as evidências foram significativas de distribuição aproximadamente normal, segundo os valores críticos disponibilizados pelo teste (Tabela 2).

A região crítica, conhecida como valor-p é um resultado importante para decidir o resultado de aceitação (H_0) ou rejeição (H_1) da hipótese (Tabela 2).

Durante o ano de 2009, apesar de algumas estações do ano a simulação de Emanuel se apresentar espacialmente melhor, a GFS também foi bem semelhante aos dados do TRMM, estas foram estatisticamente mais significativas que a simulação de Kuo. Os valores críticos mostraram que a simulação de Kuo possui média mensal estatisticamente diferente dos valores mensais do TRMM a um nível de significância de 5%.

Tabela 2 – Testes aplicados nas amostras dos dados do TRMM, GFS, EM e KUO.

	Hipóteses	
	H_0: Amostra = Distribuição Normal	H_0: $\mu_{TRMM} = \mu_s$
	H_1: Amostra \neq Distribuição Normal	H_1: $\mu_{TRMM} \neq \mu_s$
	Teste de Normalidade - Shapiro (valor-p)	
	Teste t (valor-p)	
GFC	0,08975	0,4087
EM	0,05645	0,6045
Kuo	0,02482	0,001351
TRMM	0,3074	

μ = Vetor de médias mensais

s = simulações (Grell, Emanuel e Kuo)

Conclusões

De maneira geral, os resultados mostraram que a utilização da técnica de redução de

escala de previsão da precipitação sazonal apresentou um bom desempenho em simular a variabilidade da precipitação em escala

regional, bem melhor que o simulado pelo ECMWF (EIN15).

Entre as principais conclusões do estudo tem-se que o RegCM4 capturou bem o sinal sazonal da precipitação, em média, sobre o NEB.

A simulação de Kuo estatisticamente não apresentou resultados significativos ao nível de significância de 5%, diferentemente das demais simulações. Acredito que o esquema de convecção de Kuo por começar quando a convergência de umidade na coluna excede um dado limiar, diferentemente do esquema de Grell e MIT-Emanuel que se caracterizam por correntes ascendentes e descendentes que representam o comportamento mais realísticos da formação de nuvem, e MIT-Emanuel ainda é idealizado com escala de sub-nuvem, representando vários níveis de formação precipitação e crescimento da nuvem.

Referências

Afiesimama, E. A. et al. 2006. Simulation Of West African Monsoon Using The Regcm3. Part I: Model Validation And Interannual Variability. *Theor Appl Climatol*, V. 86, P. 23–37.

Anthes, R. A. 1977. A Cumulus Parameterization Scheme Utilizing A One-Dimensional Cloud Model, *Mon. Wea. Rev.*, P.117, 1423-1438.

Anthes, R.A.; Hsu, E.-Y.; Kuo, Y.-H. 1987. Description Of The Penn State/Ncar Mesoscale Model Version 4 (Mm4). Ncar Technical Note, Ncar/Tn-282+Str, 66 Pp.

Costa, M. S. 2010. Vórtice Ciclônico Em Altos Níveis Associado À Corrente De Jato No Nordeste Brasileiro Nos Anos De 1998 - 2007. 2010. 113 F. Dissertação (Mestrado Em Meteorologia) – Universidade Federal De Alagoas, Maceió - Al.

Cuadra, S. V.; Rocha, R. P. 2006. Simulação Numérica Do Clima De Verão Sobre O Brasil E Sua Variabilidade. *Revista Brasileira De Meteorologia*, V. 21, N. 2, P. 271-282.

Dee Dp Et. Al, 2011: A Era-Interim Reanálise: Configuração E Desempenho Do Sistema De Assimilação De Dados. *Quarterly Journal Of The Royal Meteorological Society*. 137: 553-597. April.

Dickinson, R. E. et al. 1989. A Regional Climate Model For The Western United States. *Climatic Change*, Dordrecht, N. 15, P. 383-422.

Dickinson, R.E. Henderson-Sellers, A.; Kennedy, P.J. 1993. Biosphere-Atmosphere Transfer Scheme (Bats) Version 1e As Coupled To The Ncar Community Climate

Model. Boulder, Colorado. Ncar Technical Note, Ncar/Tn-387, P. 72.

Elguindi, N. et al. 2004. Regcm Version 3.0 User's Guide. Trieste: Pwgc Abdus Salam Ictp, P.48.

Emanuel, K. A. 1991. A Scheme For Representing Cumulus Convection In Large-Scale Models. Journal Of The Atmospheric Sciences, N. 48, P. 2313–2335.

Ferreira, W. R. S. et al. 2012. Sazonalidade Da Precipitação Para A Amazônia Usando O Modelo Regcm3: Avaliando Apenas A Forçante Do Atlântico Equatorial. Revista Brasileira De Meteorologia, V. 27, N. 4, P. 435-446.

Gibson, J. K. et al. 1997. Era Description. Ecmwf Reanalysis Project Report 1: Project Organization. Eur. Cent. For Medium Range Weather Forecast, Reading, England.

Giorgi, F. 1989. Two-Dimensional Simulations Of Possible Mesoscale Effects Of Nuclear War Fires. J. Geophys. Res., N. 94, P. 1127–1144.

Kummerow. C.; Giglio. L. 1994b. A Passive Microwave Technique For Estimating The Vertical Structure Of Rainfall From Apce. Part I: Algorithm Description. J. Appl. Meteor., C. 33, P. 3-18.

Nellie, E. et al. 2011. Regional Climatic Model Regcm User Manual Version 4.1, International Centre For Theoretical Physics - Earth System Physics Section – Esp.

Nobre, P.; Moura, A.D.; Sun, L. 2001. Dynamical Downscaling Of Seasonal Climate Prediction Over Nordeste Brazil With Ecam3 And Ncep's Regional Spectral Model At Iri. Bulletin Of The American Meteorological Society, V. 82, P. 2787–2796.

Pal, J.S.; Eric, E. S.; Elfathi, A. B. E. 2000. Simulation Of Regional-Scale Water Energy Budgets: Representation Of Subgrid Cloud And Precipitation Process Within Regcm. Journal Of Geophysical Research , V.105, P.29.579-29.594.

Pal, J. S. et al. 2007. The Ictp Regcm3 And Regcnet: Regional Climate Modeling For The Developing World. Bulletin Of The American Meteorological Society, V. 1, P. 1395-1409.

Petterssen, S. 1956. Weather Analysis And Forecasting. 2nd Ed.; Vol. 1 Mcgraw-Hill, New York, 428 P.

Pereira, G.; Silva, M. E. S.; Moraes E. C. 2012. Análise Da Variabilidade Trimestral E Decadal Ocasionadas Pela Alteração Dos Parâmetros Físicos Da Superfície. Revista

Formação Online, N. 19, V. 2, P. 51-79,
Jul/Dez.

Quian, J. H.; Seth, A.; Zebiak, S. 2003.
Reinitialized Versus Continuous Imulations
For Regional Climate Downscaling. Monthly
Weather Review, V. 131. N. 11. P. 2857-
2874.

Seth, A. et al. 2007. Regcm3 Regional
Climatologies For South America Using

Reanalysis And Ecam Global Model Driving
Fields. Climate Dynamics, V. 28, P. 461-480.

Tchotchou, L. A. D.; Kamga, F. M. 2010.
Sensitivity Of The Simulated African
Monsoon Of Summers 1993 And 1999 To
Convective Parameterization Schemes In
Regcm3. Theor Appl Climatol, V.100, P.
207-220.