

Revista Brasileira de Geografia Física



Homepage: www.ufpe.br/rbgfe

Uso do Modelo Brams na Obtenção da Precipitação para Entrada em Modelo Hidrológico Concentrado

Everson Batista Mariano¹, Enilson Palmeira Cavalcanti², José Flávio Portela Soares³, Herika Pereira Rodrigues⁴

¹Mestrando em Meteorologia, Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Campina Grande – PB. Email: everson@dca.ufcg.edu.br; ²Prof. Dr. em Meteorologia, Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande – PB; ³Msc. em Meteorologia, Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande – PB; ⁴Msc. em Meteorologia (bolsista), Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC)/ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Cachoeira Paulista –SP.

Artigo recebido em 15/10/2012 e aceito em 19/10/2012

RESUMO

Foram feitas comparações entre a média da precipitação observada na bacia hidrográfica do Rio Piancó com a precipitação média obtida de duas diferentes formas: 1) gerada pelo modelo atmosférico por intermédio de parametrização e 2) obtida pelo balanço hídrico da atmosfera a partir de dados do modelo. O objetivo principal é de avaliar a geração de dados de precipitação por modelo atmosférico para entrada em modelos hidrológicos concentrados, tipo chuva-vazão, possibilitando previsões de vazões. Foram estabelecidos quatro períodos de dez dias para os meses de fevereiro de 2006, 2004 e 2003 e março de 2005. O modelo atmosférico de mesoescala utilizado foi o *Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modeling System* (BRAMS). Foram utilizados dados de reanalises do *National Centers for Environment Prediction/National Center for Atmospheric Research* (NCEP/NCAR) para efetuar as simulações em menor escala. Os resultados revelam aspectos interessantes na distribuição de precipitação sobre a bacia. Os dados de precipitação gerados através do BRAMS subestimaram os dados observados, entretanto, apresentam boa correlação. Os resultados demonstram que o modelo BRAMS constitui-se em ferramenta importante para fornecer dados de entrada para modelos concentrados de chuva-vazão possibilitando a previsão de vazões.

Palavras chave: fluxo de vapor d'água, modelo BRAMS, chuva-vazão

Use of Brams Model in Obtaining the Precipitation for Input in Concentrated Hydrological Model

ABSTRACT

Comparisons were made between the mean observed areal rainfall in the Piancó River basin with the mean rainfall obtained through two different ways: 1) generated by the atmospheric model through parameterization and 2) obtained by atmospheric water balance from the model data. The main purpose is to evaluate the precipitation data generated by the atmospheric model to be used as input in concentrated hydrological models, rainfall-runoff models, allowing runoff predictions . Four periods of ten days each were selected in February, 2003, 2004, 2006, and March, 2005. The mesoscale atmospheric model used was the Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modeling System (BRAMS). Data from National Centers for Environment Prediction/National Center for Atmospheric Research (NCEP/NCAR) Reanalysis were used to make the simulations on finer scale. The results show interesting aspects in the distribution of rainfall over the basin. Rainfall data generated by BRAMS underestimated the observed data; however, it shows good correlation. The results also show that the BRAMS model is an important tool to provide input data to concentrated rainfall-runoff models.

Keywords: water vapor flux, BRAMS model, rainfall-runoff

* E-mail para correspondência: everson@dca.ufcg.edu.br (Mariano, E. B.).

1. Introdução

A previsão de precipitação é uma área da meteorologia que tem apresentado resultados promissores nos últimos anos (Collier e Krzyzysztofowicz, 2000; Golding, 2000). A escala espacial é uma das principais dificuldades para aplicação das previsões atmosféricas na área de recursos hídricos. Modelos globais de circulação geral da atmosfera (MCGAs) ainda não possuem resolução suficiente para representar, com precisão adequada, os processos que ocorrem em escalas regionais, onde se situam as necessidades da hidrologia (Roads et al., 2003). A precipitação é o principal dado de entrada para estimativa da vazão das bacias hidrográficas. Para aumentar a antecedência da previsão de vazão é necessário prever as precipitações. Para que estas previsões possam ser realizadas é necessário integrar as previsões de precipitações com modelos hidrológicos. Com a aproximação entre as resoluções, surge a possibilidade de se utilizar as previsões geradas pelos modelos atmosféricos, principalmente a precipitação, dado de entrada nos modelos como hidrológicos (Galvão, 1999). Ou seja, torna-se viável obter previsões de vazão, associando precipitação previsões de geradas por modelos atmosféricos, principalmente os regionais, e modelos hidrológicos chuvavazão.

Outra forma de se obter a precipitação em uma bacia hidrográfica é através da técnica do balanço hídrico atmosférico. Essa técnica consiste em determinar as distribuições espaciais e temporais do fluxo de vapor d'água através de um volume de controle sobre bacia. As equações do balanço para o vapor d'água atmosférico são usadas para avaliar a evapotranspiração e a residual precipitação sobre uma bacia hidrográfica dada por (P - ET). A quantidade de precipitação menos evapotranspiração (P -ET) na superfície terrestre é o principal parâmetro para se quantificar a vazão da bacia.

Neste sentido, o presente trabalho tem como propósito comparar a precipitação diária média observada na bacia hidrográfica do rio Piancó com a precipitação gerada por meio do modelo atmosférico BRAMS a partir da parametrização Grell e o do balanço de vapor d'água atmosférico, para fins de utilização como entrada em modelos hidrológicos concentrados do tipo chuvavazão.

2. Material e Métodos

2.1 Localização da bacia em estudo

Este trabalho foi realizado para a bacia hidrográfica do rio Piancó que está localizada no extremo sudoeste no Estado da Paraíba (Figura 1), está inserida na região do Alto Piranhas, fazendo fronteira com os Estados de Pernambuco e Ceará, entre as latitudes 6°43'51'' e 7°58'15'' e entre as longitudes 37°27'41''e 38°42'49''(Câmara, 2000). O rio Piancó é o principal curso d'água da bacia, o mais importante afluente ao açude de Coremas, que constitui o sistema Curema-Mãe D'água, tendo este uma capacidade de acumulação de aproximadamente 1,35 bilhões de m³ garantindo o abastecimento rural e urbano de diversos municípios da região. Serve ainda para perenizar o rio Piranhas ate o reservatório Armando Ribeiro Gonçalves, no Estado do Rio Grande do Norte. Tem também, uma importância estratégica por ser a cabeceira do rio Piranhas-Açu, englobando 147 municípios da Paraíba e Rio G. do Norte.



Figura 1. Esquema da localização da bacia do rio Piancó – Fonte: Câmara (2002)

A escolha desta bacia se justifica pela sua importância estratégica, pela diversidade de estudos que a exploram, entre eles destacam-se Lopes (1994), Galvão (1999), Braga (2001), Oliveira (2006). Outro fator importante é a existência de modelos hidrológicos já calibrados para essa bacia.

A bacia do Piancó ocupa o primeiro no geográfico paraibano, lugar espaço abrangendo uma área de 9.242,76 km², todavia, a porção tomada para o estudo é limitada pelo posto fluviométrico Piancó (Figura 1), constituindo 4.550 km⁻². A região caracteriza-se por um clima semiárido, vegetação de caatinga hiperxerófila e possui evaporação media anual uma de aproximadamente 150 mm e uma precipitação média anual da ordem de 870 mm (Braga, 2001), apresentando enorme uma

variabilidade interanual, com período chuvoso concentrado em quatro meses do ano (janeiro a abril).

2.2 Dados

A precipitação média observada sobre a bacia hidrográfica foi realizada usando os dados pluviométricos dos dez postos da bacia do Piancó apresentados na Tabela 1.

Esses dados de precipitação observada são provenientes do Sistema de Informações Hidrológicas ("Hidroweb, http://hidroweb.ana.gov.br") da Agência Nacional de Águas (ANA) e da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA/PB). Quanto as precipitações médias previstas para a bacia foram obtidas a partir da média da precipitação entre os pontos de grade contidos na bacia.

Código	Posto Pluviométrico	Longitude (°)	Latitude (°)	Altitude (m)
00737006	Piancó	-37,9258	-7,2150	258
00737016	Juru	-37,8067	-7,5478	580
00738010	Serra Grande	-38,3722	-7,2142	593
00738012	Boa Ventura	-38,2178	-7,4206	300
00738013	Princesa Isabel	-37,9944	-7,7331	680
00738014	Nova Olinda	-38,0425	-7,4819	350
00738015	Manaíra	-38,1525	-7,7069	686
00738017	Itaporanga	-38,1500	-7,3000	292
00738018	Ibiara	-38,4072	-7,5064	338
00738020	Conceição	-38,5019	-7,5600	470

Tabela 1. Informações dos postos pluviométricos utilizados na bacia do Piancó

Para obter as precipitações medias diárias observadas sobre a bacia do rio Piancó, foram empregados dois métodos: método da média aritmética e método de Thiessen. A escolha do método de Thiessen é explicada por sua simplicidade e eficiência. Segundo Gomes e Silans (2000), em comparação com outros três métodos de calculo de precipitação média sobre a bacia, em escala diária. o método de Thiessen obteve resultados resultados similares aos apresentados pelos métodos de Krigagem ordinária e de interpolação pelo inverso da distância ao quadrado. Aqui são feitas comparações, apenas entre a média aritmética e o método de Thiessen.

Neste estudo são utilizados também, dados diários, em intervalos de 6 horas, obtidos no *National Centers for Environment Prediction/National Center for Atmospheric Research* (NCEP/NCAR), espaçados em uma grade de 2,5° x 2,5° latitude e longitude, que consiste em um sistema de assimilação dos dados do Projeto *reanalysis* (que incluem módulos de controle de qualidade e análise objetiva), descritos com mais detalhes em Kalnay et al. (1996) e Kistler et al. (2001). As observações assimiladas incluem um conjunto de observações de satélites geostacionários; observações de avião; observações de superfície e oceânicas. As variáveis utilizadas são: temperatura; umidade específica; componente zonal e meridional do vento e altura geopotencial, para os níveis padrão de 925 a 100 hPa.

2.3 Escolha dos períodos de estudo

Para esse estudo, foram escolhidos quatro anos. (2003; 2004; 2005 e 2006). Em 2006 foi escolhido o período de 14 a 23 de fevereiro (Figura 2A). O critério foi à concentração da vazão observada nesses dias, embora relativamente fraca. Observa-se nessa Figura uma vazão da ordem de 20 m³s⁻¹ e que antes praticamente não havia nenhuma vazão.

Em 2005, o período escolhido foi de 20 a 29 de março (Figura 2B). O critério utilizado foi o mesmo do anterior. Neste caso observam-se vazões mais fortes, entre 100 e $120 \text{ m}^3 \text{s}^{-1}$. Em 2004, verificam-se vazões muito intensas antes do período escolhido de 20 a 29 de fevereiro (Figura 2C). Entretanto, a vazão verificada no período ainda é significativa, chegando a valores próximos a 100 m³s⁻¹. A vazão observada no dia 3 é considerada atípica e portanto preferiu-se excluir. Observa-se que as vazões nos períodos 2004 e 2005 apresentam valores absolutos por volta dos 100 $m^3 s^{-1}$.

Para o ano de 2003 o período escolhido foi de 19 a 28 de fevereiro no qual apresentou vazões relativamente fracas (Figura 2D). Neste contexto, considera-se que os períodos 2005 e 2004 apresentam vazões fortes, 2006 vazões intermediárias e 2003 vazões fracas.



Figura 2. Precipitação média (mm) e Vazão média (m³s⁻¹), A) 14 – 23 fevereiro 2006 B) 20 -29 março 2005, C) 20 – 29 de fevereiro 2004, D) 19 – 28 de fevereiro 2003

2.4 O modelo BRAMS e principais características das simulações

2.4.1 O modelo BRAMS

Foi utilizado o modelo Brazilian developments on the Atmospheric Modeling System – BRAMS (Versão 4.0) que se refere a uma versão brasileira do Regional Atmospheric Modeling System (RAMS) descrito por Pielke et al. (1992) e Walko et al. (1995). O RAMS constitui-se num código numérico altamente versátil, desenvolvido por cientistas da Universidade do Estado do

Colorado, nos Estados Unidos da América. Salienta-se que todas as parametrizações e características do modelo podem ser alteradas de maneira a melhor se adequarem às condições específicas de determinado local, ou a condições idealizadas para simulações de situações, o que se constitui numa excelente ferramenta para pesquisas meteorológicas.

Na versão BRAMS tem-se um melhoramento do código e a implementação no modelo da parametrização de nuvens rasas, o que torna o modelo mais completo para utilização no Brasil e em especial na região Nordeste.

2.4.2 Principais características das simulações

O domínio adotado para as rodadas corresponde à área formada pelas latitudes de 3,5°S a 10,5°S e as longitudes de 34,5°W a 41,5°W, cobrindo os estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Sergipe. Observa-se que à bacia hidrográfica do Rio Piancó em estudo fica localiza no centro do domínio cujo ponto central da grade é 7°S e 38°W. A referida grade é formada por 40 por 40 pontos com espaçamento de 20 km.

O modelo foi rodado por 10 dias (240 h) para cada um dos períodos de estudo. As condições iniciais da superfície foram às informações médias disponíveis juntamente com a versão do modelo. As informações atmosféricas de grande escala, descritas anteriormente, foram assimiladas no início (t= 0), assim como a cada 6 h de integração utilizado *nudging* lateral de 30 minutos, no centro do domínio o *nudging* é zero.

Na vertical foram utilizados 32 camadas na atmosfera e 9 no solo. A primeira camada da atmosfera corresponde a 120m, as demais foram definidas a partir de um fator de 1,2 da camada anterior até atingir uma espessura de 1000m, a partir desse valor tornou-se constante.

Foram ativadas as parametrizações: turbulenta de Mellor e Yamada (1974), radiação de Chen e Cotton (1983; 1987), Convectiva de Grell com a opção Grell e a microfisica, com nível de complexidade 3.

A área útil para visualização dos campos derivados corresponde as latitudes entre 7°S e 8°S e longitudes entre 37,4°W e 39°W (Figura 3) e contem a bacia hidrográfica do Rio Piancó.



Figura 3. Área útil do modelo contendo a bacia do Rio Piancó

3. Resultados e Discussão

3.1 Precipitação Observada: Media Aritmética& Método de Thiessen

A comparação entre a precipitação média na bacia, obtida pela média aritmética e

pelo método de Thiessen, para os quatro períodos de estudo de 10 dias cada, ordenados em ordem crescente de 1 a 10. Nessa comparação observa-se a distribuição do total diário obtidos pelos dois métodos, assim como, a correlação entre os dois métodos.

A diferença observada entre os métodos é muito pequena, isso ocorre devido a boa distribuição espacial dos postos pluviométricos e das próprias características físicas da bacia. Isso é comprovado pelo coeficiente de correlação que varia de 0,995 para o mês de março de 2005 a 0,916 para o mês de fevereiro de 2004 o que corresponde aos coeficientes de determinação de 0,990 e 0,839 respectivamente. Os valores dos Coeficientes de Correlação e Determinação para os quatros meses que contem os períodos escolhidos para análise são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Coeficiente de Correlação (R) e Coeficiente de Determinação (R^2) para os meses que contem os períodos utilizados no estudo

	R	R^2
Fevereiro de 2006	0,9669	0,9349
Março de 2005	0,9949	0,9898
Fevereiro de 2004	0,9160	0,8391
Fevereiro de 2003	0,9203	0,8469

3.2 Análise dos Campos Médios

Procura-se nessa parte discutir a distribuição espacial dos termos da equação do balanço de vapor d'água na atmosfera, composta da taxa de variação da água precipitável, da divergência do fluxo de vapor d'água integrado verticalmente, a soma desses 2 termos, a evapotranspiração, a precipitação obtida a partir destes termos e, por fim, a precipitação obtida diretamente do modelo BRAMS com a parametrização Grell. Esses campos representam a média de cada um dos períodos de 10 dias referentes a fev/2006, mar/2005, fev/2004 e 2003.

3.2.1 Média de 14 a 23 de fevereiro de 2006

Para a taxa de variação da água precipitável, tem-se uma distribuição bastante

regular com valores positivos indicando uma tendência de aumento da água precipitável sobre a bacia do Rio Piancó. Os maiores valores encontram-se na parte sudoeste, da ordem de 1,3 mm/dia, e menores valores na parte nordeste da ordem de 0,8 mm/dia (Figura 4A). Na Figura 4B tem-se a distribuição espacial da divergência do fluxo de vapor d'água integrado verticalmente. Pode-se observar núcleo de valores positivos ao norte da bacia e um núcleo de valores negativos na parte nordeste (-8,0 mm/dia) e estendendo-se pelo restante da bacia.

A soma dos 2 campos anteriores é apresentada pela Figura 4C. Observa-se a semelhança com a Figura 4B, visto que, em termos absolutos, os valores da divergência são maiores que os da taxa de variação local da água precipitável. Segundo a equação do balanço de vapor d'água, tem-se que nas áreas negativas а precipitação excede а evapotranspiração. é Isso observado principalmente na parte nordeste da bacia, com valores mais intensos que em outras evapotranspiração partes. 0 campo da apresenta uma distribuição homogênea sobre a bacia do Rio Piancó, com valores médios da ordem de 4,5 mm/dia (Figura 4D).

Na Figura 4E tem-se a precipitação média obtida pelo método aerológico, conforme Equação do balanço de vapor d'água na atmosfera. Observa-se precipitações sobre toda a área da bacia hidrográfica com precipitações mais intensas na parte nordeste e sudoeste, com valores cerca de 9 mm/dia. No interior da bacia as precipitações ficam em torno de 5,5 mm/dia. Verifica-se que este método mostra uma maior variação na distribuição de precipitação comparado quando com a distribuição pela apresentada precipitação obtida diretamente do modelo BRAMS com a parametrização Grell (Figura 4F) que apresentou valores na maior parte da bacia em torno de 9 mm/dia.



Figura 4. Média do período 14 a 23 de fevereiro de 2006 (mm/dia), A) $\partial W/\partial t$, B) $\nabla \cdot \vec{Q}$, C) $\partial W/\partial t + \nabla \cdot \vec{Q}$, D) Evapotranspiração, E) Precipitação balanço de vapor e F) Precipitação do modelo

3.2.2 Média de 20 a 29 de março de 2005

Tem-se uma distribuição bem mais regular que o período anterior para a taxa de variação da água precipitável, com valores positivos indicando uma tendência de aumento da água precipitável sobre a bacia. A distribuição se dá de sudeste para noroeste com gradiente direcionado para sudeste (Figura 5A).



Figura 5. Média do período 20 a 29 de março de 2005 (mm/dia), A) $\partial W/\partial t$, B) $\nabla \vec{Q}$, C) $\partial W/\partial t + \nabla \vec{Q}$, D) Evapotranspiração, e) Precipitação balanço de vapor e f) Precipitação do modelo

Na Figura 5B tem-se a distribuição espacial da divergência do fluxo de vapor d'água integrado verticalmente. Podem-se observar valores positivos na parte central da bacia e valores negativos na borda, com valores variando de -2 a -4 mm/dia. A soma dos dois campos anteriores é apresentada pela Figura 5C. A configuração assemelha-se com a da Figura 5B na qual, em termos absolutos, os valores da divergência são maiores que os da taxa de variação local da água precipitável. Portanto, segundo a equação do balanço de vapor d'água, nas áreas negativas a precipitação excede a evapotranspiração. Isso é observado principalmente nas bordas nordeste e sudoeste da bacia. O campo da evapotranspiração apresenta uma distribuição suave na bacia variando de 2,7 a 3,2 mm/dia (Figura 5D).

Na Figura 5E tem-se a precipitação média obtida pelo método aerológico, conforme Equação do balanço de vapor d'água. Observam-se precipitações sobre toda a área da bacia hidrográfica com precipitações mais fracas no interior, da ordem de 2 mm/dia. Os valores mais intensos encontramse nas bordas nordeste e sudoeste com valores de 5 e 6 mm/dia, respectivamente. Para este caso o método aerológico apresentou valores inferiores aos da precipitação obtida diretamente do modelo BRAMS que foi de 12 mm/dia (Figura 5F). Quanto à distribuição espacial destacam-se maiores valores apenas na parte nordeste, na parte oeste os valores mais intensos ficam fora da bacia. Neste sentido, a precipitação obtida pelo BRAMS é cerca de 5 vezes a obtida pelo método aerológico, embora haja certa coerência quanto a distribuição espacial esse período foi o que apresentou maior discrepância na intensidade da precipitação obtida pelos dois métodos, o atmosférico e o da parametrização Grell.

Ressalta-se que a precipitação gerada pelo modelo é baseada em esquema convectivo, logo não contempla precipitações de origem estratiforme. Não foi investigado o tipo de sistema atuante sobre a bacia, seria salutar verificar imagens obtidas por satélite para uma possível justificativa desta discrepância.

3.2.3 Média de 20 a 29 de fevereiro de 2004

Na Figura 6A as linhas da taxa de variação da água precipitável apresentam valores positivos com uma variação latitudinal de norte para sul. Assim como nos casos anteriores, as intensidades não são suficientes para alterar a configuração do campo da divergência do fluxo de vapor d'água integrado verticalmente (Figura 6B) quando se somam.

A soma dos termos para o período de 2004 é mostrada através da Figura 6C. Nessa figura têm-se dois núcleos de valores negativos nas partes nordeste e sudoeste e outro na parte sul centrado fora da bacia. Um núcleo positivo fica na parte norte de forma que sobre a maior parte da bacia têm-se valores negativos em que a precipitação excede a evapotranspiração.

Consequentemente, a distribuição de precipitação (Figura 6E) segue o mesmo padrão, visto que a evapotranspiração na bacia (Figura 6D) fica em torno dos 2 mm/dia. Os valores de precipitação obtidos pelo método aerológico variam de 9,0 na parte nordeste,8,0 a sudoeste e 4,5 mm/dia na parte central. Por outro lado a precipitação obtida pelo BRAMS apresenta valores mais baixos, exceto na parte nordeste onde estes são relativamente iguais.



Figura 6. Média do período 20 a 29 de fevereiro de 2004 (mm/dia), A) $\partial W/\partial t$, B) $\nabla . \vec{Q}$, C) $\partial W/\partial t + \nabla . \vec{Q}$, D) Evapotranspiração, e) Precipitação balanço de vapor e f) Precipitação do modelo

3.2.4 Média de 19 a 28 de fevereiro de 2003

As Figuras 7A, B, C, D e E exibem os mesmos campos já discutidos anteriormente. Destaca-se o campo da divergência do fluxo de vapor d'água integrado verticalmente por apresentar uma distribuição espacial parecida com o caso anterior relativo a fevereiro de 2004. Núcleos de convergência com cerca de -10,0 mm/dia na parte nordeste da bacia e outro com cerca de -8,0 mm/dia na parte sudoeste expressam a supremacia da precipitação sobre a evapotranspiração nessas áreas (Figura 7C).

O campo da precipitação obtida pelo modelo aerológico (Figura 7E) apresenta valores em torno de 10,0 mm/dia nas partes nordeste e sudoeste e valores cerca de 7,0 mm/dia no interior da bacia hidrográfica em estudo. A precipitação fornecida diretamente do modelo com a parametrização Grell tem distribuição totalmente diferente com valores em torno de 4 mm/dia (Figura 7F).

De forma geral, o campo da precipitação calculada pelo método aerológico tem contribuição mais significativa do termo da divergência do fluxo de vapor d'água. Esse resultado é perfeitamente coerente visto que como se trata de média o termo da tendência da água precipitável passa a ser bastante pequeno podendo ser até desprezado para médias mensais (Peixoto e Oort, 1992; Cavalcanti, 2002). Embora apresente distribuição espacial mais detalhada a precipitação estimada pelo método aerológico parece ter qualidade não muito boa comparada a precipitação gerada diretamente pelo modelo BRAMS com a parametrização Grell. Esse resultado se explica pela possibilidade de erros na avaliação dos termos da equação (1), principalmente na divergência do fluxo de vapor d'água que utiliza diferenças finitas e também na própria integração vertical para obtenção da água precipitável e dos fluxos. Entretanto, segundo Cavalcanti (2002) esse método funciona bem para grandes áreas.



Figura 7. Média do período 19 a 28 de fevereiro de 2003 (mm/dia), A) $\partial W/\partial t$, B) $\nabla .\vec{Q}$, C) $\partial W/\partial t + \nabla .\vec{Q}$, D) Evapotranspiração, E) Precipitação balanço de vapor e F) Precipitação do modelo

3.3 Comparação entre a Precipitação Simulada e Observada

A comparação entre a precipitação observada e simulada é exibida por intermédio das Figuras 8 nas quais construiu gráfico da precipitação média acumulada observada na bacia do Rio Piancó e as precipitações médias acumuladas obtidas pelo método aerológico e gerada diretamente pelo modelo, ao longo do período de 10 dias. Na Figura 8A, relativa ao período de 14 a 23 de fevereiro de 2006, tem-se que as curvas da precipitação observada apresentam pequena diferença devido à forma de obtenção da média na bacia (média aritmética e Thiessen). O total acumulado nos 10 dias é de 121,8 mm para a média aritmética e 113,1 mm para Thiessen, indicando uma diferença de 7,98 mm. Observa-se ainda que a precipitação gerada diretamente pelo modelo tem um comportamento mais próximo do observado do que a precipitação obtida pelo método aerológico que subestima consideravelmente a observação.

Para o segundo período que vai de 20 a 29 de março de 2005 (Figura 8B) observa-se um total acumulado de 133,4 mm para a média aritmética e 122,8 mm para Thiessen com uma diferença de 10,57 mm, a maior entre os períodos estudados. A precipitação gerada pelo modelo, embora subestime o valor observado, apresenta uma distribuição bastante coerente com a observada. Já a precipitação obtida pelo balanço de vapor subestima d'água em muito 0 valor observado.

A Figura 8C exibe as mesmas curvas

para o período de 20 a 29 de fevereiro de 2004. O total acumulado é de 71,76 mm para a média aritmética e de 63,28 mm para Thiessen, uma diferença de 8,68 mm. Neste caso a precipitação obtida pelo balanço de d'água apresenta comportamento satisfatório em comparação ao observado, enquanto que a precipitação gerada pelo modelo superestima o valor observado no final do período.

No período de 19 a 28 de fevereiro de 2003 a precipitação acumulada foi de 97,63 mm para a média aritmética e de 95,03 para Thiessen, uma diferença de -2,6 mm. Neste caso a precipitação gerada pelo modelo subestimou o valor observado bem mais que a precipitação obtida pelo balanço de vapor d'água.



Figura 8. Comparação entre a precipitação acumulada simulada e observada para: A)14 a 23 de fevereiro de 2006, B) 20 a 29 de março de 2005, C) 20 a 29 de fevereiro de 2004, D) 19 a 28 de fevereiro de 2003

Para fins ainda de comparação da precipitação média observada na bacia (método de Thiessen) com a gerada pelo modelo e pelo balanço de vapor d'água na atmosfera foi feita a correlação entre ambos com coeficientes de determinação apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Coeficiente de determinação entre a precipitação média observada nabacia (P_Obs_Thiessen) e a precipitação gerada diretamente pelo modelo BRAMS(P_modelo_BRAMS) e obtida pelo balanço de vapor d'água (P_balanço_vapor)

	P_modelo_BRAMS	P_balanço_vapor
P_Obs_Thiessen - 2006	0,86	0,89
P_Obs_Thiessen - 2005	0,94	0,80
P_Obs_Thiessen - 2004	0,90	0,91
P_Obs_Thiessen - 2003	0,92	0,92

Observa-se que existe uma relação bastante forte entre a precipitação observada acumulada e as duas formas de obtenção da precipitação por intermédio do modelo BRAMS para a bacia do Rio Piancó. Na primeira, os valores de precipitação são obtidos pela parametrização convectiva de Grell que é acessada a cada 20 minutos de integração e portanto mais consistente. Na segunda a precipitação foi obtida pelo método aerológico que consiste na avaliação dos termos da Equação do balanço de vapor d'água na atmosfera, portanto, de importância relevante em algumas situações onde se dispõe somente de informações verticais de pressão, temperatura e umidade do ar.

Os resultados evidenciaram que ambas

as formas de obtenção da precipitação exibem uma relação forte com a precipitação observada para a bacia do Rio Piancó. Entretanto, uma comparação dos totais diários isoladamente demonstra algumas discrepâncias, a exemplo do sexto dia de 2006, Figura 9A, e 2005; Figura 9B, quarto dia de 2004, Figura 9C e segundo dia de 2003, Figura 9D. Isso sugere a necessidade de melhor ajustar o modelo atmosférico às condições locais. Ressalta-se que neste estudo o modelo foi rodado com a temperatura da superfície do mar assumindo valores climatológicos, assim como a umidade do solo homogênea em toda a área o que certamente influenciou para as diferenças encontradas.



Figura 9. Comparação entre a precipitação média diária simulada e observada para: A)14 a 23 de fevereiro de 2006, B) 20 a 29 de março de 2005, C) 20 a 29 de fevereiro de 2004, D) 19 a 28 de fevereiro de 2003

4. Conclusões

Após uma avaliação dos resultados encontrados neste estudo, para a bacia hidrográfica do Rio Piancó, procura-se enumerar algumas conclusões que se julgou importante.

- Os valores de precipitação média para a bacia do Rio Piancó obtidas pela média aritmética e pelo método de Thiessen não apresentam discrepâncias, embora, o método de Thiessen seja o mais recomendado para uso;
- A taxa de variação média da água precipitável, para os períodos de dez dias estudados, é pequena comparada à divergência do fluxo médio de vapor d'água integrado verticalmente na atmosfera;
- Os métodos aplicados neste trabalho, para obtenção da precipitação, não estão devidamente calibrados e, portanto, subestimaram os valores observados na maior parte dos períodos;
- A precipitação média acumulada observada, na bacia do Rio Piancó, apresentou muito boa correlação com a precipitação obtida pelas duas diferentes formas, mesmo com as limitações em que o modelo foi rodado.
- A utilização do modelo BRAMS para produzir séries de precipitação para entrada em modelos hidrológicos

concentrados de chuva-vazão constitui-se em ferramenta importante para a previsão de vazões.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem a CAPES pelo suporte à realização deste trabalho. Agradecem também a Agência Nacional de Águas (ANA) e a Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA/PB) pelo acesso aos dados, gentilmente cedidos.

6. Referências

Braga, A. C. F. (2001). Efeitos de fatores
climáticos e uso do solo sobre o escoamento
em uma região semi-árida da Paraíba.
Dissertação (Mestrado) – Universidade
Federal da Paraíba, Campina Grande.

Câmara, E. P. (2000). Otimização da água do reservatório Coremas/Mãe D'água para múltiplos usos. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

Cavalcanti, E. P. ; Gandu, A. W. ; Azevedo, P. V. (2002). Transporte e balanço de vapor d'água atmosférico sobre o Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 17, n. 2, p. 207-217, doi: 10.1590/S1415-43662008000500005.

Chen, C.; Cotton, W. R. (1983). A onedimensional simulation of the stratocumuluscapped mixed layer. Boundary Layer Meteorology. Dordrecht. Netherlands. 25, 289-321.

Chen, C.; Cotton W.R. (1987). The physics of the marine stratocumulus-capped mixed layer. Journal of the Atmospheric Sciences. AMS, Boston, USA. 44,20, 2951-2977.

Collier, C.G.; Krzyzysztofowicz, R. (2000). Quantitative precipitation forecasting. Journal of Hydrology. ELSEVIER. V.239, p.1-2.

Galvão, C. O. (1999). Aplicabilidade em recursos hídricos da previsão de precipitação de logo prazo no Nordeste do Brasil. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Golding B. W. (2000). Quantitative precipitation forecasting in the UK. Journal of Hydrology. ELSEVIER. V.239, P.286-305.

Gomes, R. S.; Silans, A. M. B. P. (2000). Comparação de diversos métodos de cálculo da precipitação media sobre uma bacia hidrográfica. In: V Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Natal. Anais, Natal: ABRH. v. 2, p. 61-73.

Lopes, P. L. (1994). Avaliação do escoamento superficial da bacia do rio Piancó utilizando o modelo NAVMO. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

Kalnay, E.; Kanamitsu, M.; Kistler R.; Collins, W.; Deaven, D.; Gandin, L.; Iredell, M.; Saha, S.; White, G.; Woollen, J.; Zhu, Y.; Chelliah, M.; Ebisuzaki, W.; Higgins, W.; Janowiak, J.; MO, K.C.; Ropelewski, C.; Wang, J.; Leetmaa, A.; Reynolds, R. Jenne, R.; Joseph, D. (1996). The NCEP/NCAR 40year reanalysis project. Bulletin of the American Meteorological Society. AMS, Boston, USA. 77, 3, 437- 471.

Kistler R.; Kalney E.; Collins, W.; Saha, S.; White, G.; Woollen, J.; Chelliah, M.; Ebisuzaki, W.; Kanamitsu, M.; Kousky, V.; van den Dool, H.; Janne, R.; Fiorino, M. (2001). The NCEP-NCAR 50-Year Reanalysis: Monthly Means CD-ROM and Documentation. Bulletin of the American Meteorological Society. AMS, Boston, USA. 82, 247-268.

Mellor, G.L.; Yamada, T. A. (1974). Hierarchy of turbulence closure models for planetary boundary layers. Journal of the Atmospheric Sciences. AMS, Boston, USA. 31, 7, 1791-1806.

Oliveira, K.F. de. (2006). Previsão de vazão em uma bacia do semi-árido usando previsões climáticas numéricas de precipitação. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

Peixoto, J. P.; Oort, A. H. (1992). Physics of climate. New York: American Institute of Physics, 520p.

Pielke, R.A; Cotton, W.R.; Walko. R.L.;

Tremback, C.J.; Lyons, W.A.; Grasso, L.D.; Nicholls M.E.; Moran, M.D.; Wesley, D.A.; Lee, T.J.; Copeland, J.H. (1992). A comprehensive meteorological modeling system – RAMS. Meteorology and Atmospheric Physics. Austria. 49, 69-91,

Roads, J.; Chen, S.C; Kanamitsu, M. (2003). Regional climate simulations and seasonal forecasts. Journal of Geophysical Research. AGU. USA. V.108, n.16, p.1(1-17).

Walko, R.L.; Cotton, W.R.; Meyers, M.P.; Harrington, J.Y. (1995). New RAMS cloud microphysics parameterization part I: the single-moment scheme. Journal of Atmospheric Research. ELSEVIER.38, 29-62.