Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe

Sistema de alerta para áreas de risco, utilizando o modelo de mesoescala WRF para o município de Maceió-Alagoas em julho de 2013

Marcelo Correia da Silva¹, Rosiberto Salustiano da Silva Junior², Giuliano Carlos do Nascimento³, Heliofábio Barros Gomes⁴, Sandro Correia de Holanda⁵

¹ Graduando em Meteorologia, Universidade Federal de Alagoas. marcellocorreia@outlook.com (autor correspondente). ² Prof. Dr. ICAT, Universidade Federal de Alagoas. rosiberto@icat.ufal.br. ³ Mestrando em Meteorologia, Universidade Federal de Alagoas. gcnufal@gmail.com. ⁴ Prof. Dr. ICAT, Universidade Federal de Alagoas. heliofab@gmail.com. ⁵ Prof. Dr. CECA, Universidade Federal de Alagoas. sandrocholanda@gmail.com.

Artigo recebido em 31/05/2016 e aceito em 13/09/2016

RESUMO

As previsões numéricas de precipitação fornecem informação importantes para diversos setores da sociedade, principalmente para aquelas sensíveis a essa variável atmosférica, como agricultura, recursos hídricos, etc. (Silveira, 2011). No Brasil, as catástrofes ocasionadas por fenômenos naturais estão mais ligadas a eventos de precipitação intensas. Diante desta necessidade este trabalho propõe a utilização do modelo mesoescala WRF que foi parametrizado para um melhor refinamento no ponto de grade, alimentado com os dados provenientes do GFS (Global Forecast System) gerados pelo modelo atmosféricos globais fornecidos pelo NCEP (National Centers for Environmental Prediction), entre os dias 1 e 10 de julho de 2013 para identificar os riscos associado a áreas, previamente definidas pelo Plano Municipal de Redução de área de Risco – PMRR, associadas a eventos de precipitação intensa, prevendo com horas de antecedências, até 72h, prováveis desastres naturais. As grandes partes das encostas mostram boa estabilidade natural, de modo que os desastres vão sendo provocados pela forma de ocupação e comportamento de risco dos moradores, em função da acelerada dinâmica de ocupação informal do Município de Maceió. Porém estes sistemas de alerta advertem sobre os processos, a tempo possível de se realizar medidas preventivas, reduzindo o perigo de imediato ou em longo prazo. Os resultados mostraram-se eficiente com coeficiente de Determinação fortíssima para 72h, foi possível concluir que o modelo está ajustado para prever chuva para o município de Maceió/AL, logo é possível indicar o modelo como uma ferramenta a ser utilizada para realizar previsão de chuvas intensa para todo o município de Maceió.

Palavras-chave: precipitação intensa, desastre natural, WRF.

Warning system for hazardous areas, using the WRF mesoscale model for the city of Maceió-Alagoas in July 2013

ABSTRACT

The numerical precipitation forecasts provide important information for various sectors of society, especially for those sensitive to this atmospheric variable, such as agriculture, water resources, etc. (Silveira, 2011). In Brazil, the disasters caused by natural phenomena are more linked to intense precipitation events. Given this need this paper proposes the use of mesoscale WRF model was parameterized for a better refinement of the grid point, fed with data from the GFS (Global Forecast System) generated by the global atmospheric model provided by the NCEP (National Centers for Environmental Prediction), between 1 and 10 July 2013 to identify the risks associated with areas previously defined by the Municipal Plan risk area reduction - PMRR associated with intense precipitation events, predicting with hours of advance until 72h, likely natural disasters. Large parts of the slopes show good natural stability, so that disasters are being caused by the occupation and risk behavior of residents, due to the accelerated dynamics of informal occupation of the city of Maceio. But these warning systems warn about the processes, the possible time to carry out preventive measures, reducing the risk of immediate or long term. The results proved to be efficient with very strong determination coefficient for 72 hours, it was concluded that the model is set to predict rain for the city of Maceió / AL, so it is possible to indicate the model as a tool to be used to perform forecasting rains intense for the entire city of Maceió.

Keywords: intense rainfall, natural disaster, WRF.

Introdução

O município de Maceió possui um setor destinado ao monitoramento das chuvas e proteção contra desastres naturais sob responsabilidade da SMCCU (Superintendência Municipal de Controle e Convívio Urbano), que obedece à política nacional da Defesa Civil, seguindo a Estrutura Organizacional do Ministério da Integração Nacional. Com a atual estruturação, a Defesa Civil Nacional estabelece diretrizes, planos e programas prioritários para o desenvolvimento de ações de redução de desastres em todo o país, bem como, a prestação de socorro e assistência às populações afetadas por desastres. Os setores de risco, que representam um espaço geográfico ocasionado por um fenômeno destrutivo, que por ventura venha a ocorrer. Foram analisados e mapeados para o município de Maceió e divulgados no PMRR - Plano Municipal de Redução de Risco (Ministério das Cidades, 2006).

Grande parte das encostas mostra boa estabilidade natural de modo que os desastres vão sendo provocados pela forma de ocupação e comportamento de risco dos moradores, em função da acelerada dinâmica de ocupação informal da cidade. Como os cortes no pé dos taludes, saturação dos terrenos por vazamentos de água, lançamento de águas servidas, lixo e fossas nas bordas dos taludes. O mapeamento de risco de Maceió constou de um detalhado e minucioso levantamento de campo de todos os assentamentos precários indicados pela Defesa Civil e mostrou um número significativo de moradias ameaçadas, indicadas para monitoramento e/ou remoção, em decorrência da gravidade observada em alguns assentamentos. Onde foi feito o mapeamento da área de risco no município de Maceió, localizando dos 570 Setores de Risco em 72 assentamentos precários, compondo 7 Complexos de Riscos.

Desastres naturais podem ser definidos como o resultado do impacto de fenômenos naturais extremos ou intensos sobre um sistema social, causando sérios danos e prejuízos que excede a capacidade da comunidade ou da sociedade atingida em conviver com o impacto. (Tobin e Montz, 1997). Já o termo risco envolve também o a interferência antrópica no sentido do uso dos ambientes naturais ocupados de forma negligente e desordenada responsabilizando, em parte, o homem pelos danos causados por um evento extremo. Não havendo, portanto, risco sem uma população. Foram classificados os pontos de acordo com os graus de probabilidade de risco

proposto pelo Ministério das Cidades (2006). A metodologia utilizada, foi decorrente de uma homogeneidade na classificação de risco no Brasil, já que a existência de inúmeras metodologias com enfoques diversos em função da formação do pesquisador provocava a existência no Brasil de graus de risco distintos, quando comparado os graus alcançados em outras localidades.

O Ministério das Cidades (2006) propõe uma classificação de risco em quatro grupos: Baixo ou Inexistente (R1); Médio (R2); Alto (R3); Muito Alto (R4), com auxílio de um mapeamento na escala de detalhe (1:2.000), de forma a permitir a observação e o registro de informações mais detalhadas referentes às moradias e seu entorno. Na tabela 3, apresenta os graus de probabilidade de ocorrência de processos de instabilizar o tipo de escorregamento em encostas ocupadas, de acordo com nível de precipitação e também através dos dados obtidos de reanálise do modelo WRF com a resolução de 1 km. O “Weather Research and Forecasting” (WRF) é um modelo atmosférico de mesoescala não hidrostático para previsão numérica de tempo (PNT) e clima. É um código aberto e flexível, disponibilizado livremente para uso operacional e de pesquisa. Por possuir um código estável, limpo e aprimorado, o WRF pode ser executado desde máquinas comum a um supercomputador. Sua formulação física é baseada na conservação de massa, que expressa às variações de energia, momentum e umidade do ar. Neste sentido o objetivo desse trabalho consiste na utilização do modelo mesoescala WRF para identificar os riscos associado a áreas, previamente definidas pelo Plano Municipal de Redução de área de Risco – PMRR, associadas a eventos de precipitação intensa, prevendo com antecedência de até 72h prováveis desastres naturais.

Material e métodos

O Estado de Alagoas está localizado na faixa litorânea do nordeste brasileiro, Maceió está inserida na mesorregião do leste alagoano (Figura 1 a e b) com uma população de 932.748 habitantes (IBGE, 2010), situada entre o oceano Atlântico e o complexo lagunar Mundaú-Manguaba. A cidade de Maceió, encontra-se entre os paralelos 09°21’31” e 09°42’49” de latitude sul e os meridianos 35°33’56” e 35°38’36” de longitude oeste, cujo a área corresponde, aproximadamente, a 514km², o que corresponde a 1,76% do território alagoano.

Figura 1. Mapa da localização do estado de Alagoas no Nordeste do Brasil e Mapa da região do Município de Maceió no estado de Alagoas respectivamente.

As análises foram feitas entre os dias 01 - 10 do mês de julho de 2013, devido à quadra chuvosa entre os períodos de abril-agosto no Estado de Alagoas. Os dados utilizados para validar as simulações do modelo WRF, foram utilizados os dados observados pela estação meteorológica automática do INMET. Os pontos de área de risco para o município de Maceió foram georreferenciados com base nas informações obtidas no PMRR (Plano Municipal de Redução de Risco) do município de Maceió. Tendo como objetivo monitorar as áreas de riscos com antecedência de 24, 48 e 72 horas, verificando o grau de confiabilidade das informações das simulações validadas com ferramentas estatísticas utilizando o coeficiente de determinação (r^2) e correlação (r) de Pearson. Para a previsão dos referidos dias, foram criados dois domínios aninhados entre se com resolução espacial de 5km

que englobou todo o Estado de Alagoas e outro domínio com resolução espacial de 1km que englobou todo o município de Maceió. As simulações foram iniciadas diariamente sempre às 00UTC com duração de 72h.

A Figura 2 mostra a estação meteorológica de superfície automática do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, localizado na Latitude - 9,5511°, Longitude -35,7700° e altitude de 65 metros, composta por sensores responsáveis pelo monitoramento das variáveis meteorológicas: pressão atmosférica, temperatura e umidade relativa do ar, precipitação, radiação solar, direção e velocidade do vento dentre outras. Ela é formada por uma unidade de memória central acoplada a um “data logger”, que faz a leitura, armazenamento e transmissão das várias mencionadas para o sistema do INMET.

Figura 2. Localização da estação meteorológica automática (Maceió-A303) do INMET.

O modelo WRF foi configurado com quatro domínios aninhados entre si, o que permitiu fazer previsões de 24h, 48h e 72h. O primeiro domínio aninhado com 75x60 pontos e espaçamento de 80 km centrado em -35.77°W e -9.55°S, o segundo domínio com 81x81 pontos com espaçamento de 20 km, o terceiro domínio de

61x61 com espaçamento de 5 km, o quarto domínio de 52x49 com espaçamento de 1 km, sendo todos com 31 níveis verticais. Vale salientar quanto maior a área e o número de pontos de grade, melhor a visualização dos mecanismos que provocam chuva no município de Maceió, ver Figura 3.

Figura 3. Mostra da área de estudo simulada com o modelo WRF. a- Brasil e Oceano Atlântico com resolução de 80km; b- Nordeste Brasileiro com resolução de 20km; c- Estado de Alagoas com resolução de 5km; d- Município de Maceió com resolução de 1km.

Foram considerados, para a análise de risco no município de Maceió, os seguintes condicionantes naturais: zoneamento urbano, geologia, declividade, grau de risco; sendo que o único condicionante antrópico avaliado foi o uso e a ocupação. Cada condicionante foi dividido em

classes de suscetibilidade, de acordo com sua estrutura e vulnerabilidade ao movimento de massa. A lógica adotada foi de que quanto menor a declividade, menor será o risco. Na tabela 1 ilustra por nível. Na tabela 2, mostra os níveis de risco de acordo com a quantidade de precipitação

acumulada e sua respectiva classificação com relação a intensidade, onde foram classificados da seguinte forma: chuva extremamente associado a risco muito alto, chuva forte associado com risco

alto, chuva moderada associado com risco médio e chuva fraca associado com risco baixo.

Tabela 1. Ilustração da precipitação, nível de risco, tipo de chuva, declividade e suas classes de suscetibilidade

PRECIPITAÇÃO (mm) / DECLIVIDADE (graus)	NÍVEL DE RISCO	TIPO DE CHUVA
0 – 10mm / 0 – 15	Risco Baixo	Chuva Fraca
10 – 30mm / 15 – 30	Risco Médio	Chuva Moderada
30 – 50mm / 30 – 45	Risco Alto	Chuva Forte
> 50mm / >45	Risco Muito Alto	Chuva Extremamente Forte

Tabela 2. Critérios para a determinação dos graus de risco. Fonte: Ministério das Cidades (2006)

Grau de Probabilidade	Descrição
R1 Baixo ou sem Risco	Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (declividade, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de baixa potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos. Não há indícios de desenvolvimento de processos de saturação de encostas. É a condição menos crítica. Mantida as condições existentes, não se espera a ocorrência de eventos destrutivos no período de um ciclo chuvoso.
R2 Médio	Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (declividade, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de baixa potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos. Observa-se a presença de algum (s) evidência (s) de instabilidade de encosta, porém incipiente (s). Mantidas as condições existentes, é perfeitamente possível a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período de um ciclo chuvoso.
R3 Alto	Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (declividade, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de alta potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos. Observa-se a presença de significativa (s) evidências (s) de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes etc). Mantidas as condições existentes é perfeitamente possível a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período de um ciclo chuvoso.
R4 Muito alto	Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (declividade, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de alta potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos. As evidências de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes, trincas em moradias ou em muros de contenção, árvores ou postes inclinados, cicatrizes de escorregamento, feições erosivas, etc.) são expressivas e estão presentes em grande número e/ou magnitude. É a condição mais crítica. Mantidas as condições existentes é muito provável a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período de um ciclo chuvoso.

Os dados de altitude do MDE (Modelo de Elevação Digital), interferométrico SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), com resolução 3 arcos segundos (90m), onde foi feita uma atualização do arquivo NETCDF de entrada do modelo atmosférico WRF (wrfinput), mais especificamente alterando a variável hgt responsável pela topografia do modelo.

Os dados GFS (Global Forecast System) gerados pelo modelo atmosférico global são fornecidos pelo NCEP (National Centers for Environmental Prediction) feitas em quatro simulações diárias (0h, 6h, 12h, 18h UTC), com resoluções espaciais 0,5, 1 e 2,5 graus de latitude e longitude, e resolução temporal de 6 horas.

As simulações com o modelo WRF foram realizadas utilizando os dados das 00UTC, com resolução espacial de 1 grau a cada 6 horas.

Para uma melhor análise das simulações do modelo de mesoescala, utilizando o coeficiente de determinação (r^2) e correlação (r), com o intuito de avaliar a precisão das simulações realizadas, com o intuito de ter um parâmetro estatístico que comprove a eficiência do modelo em simular precipitação para o município de Maceió.

As análises estatísticas foram feitas utilizando as simulações e os dados observados para a estação meteorológica automática do INMET do município de Maceió.

Para a determinação do coeficiente de r^2 , utilizou-se, a Equação adaptada por (Cavalcante, 2003), e para elevando o coeficiente de correlação ao quadrado obtivemos o coeficiente de determinação:

Tabela 3. Coeficiente de Determinação. Fonte: Adaptada por Cavalcante (2003)

Índice	Símbolo	Fórmula	Melhor Valor	Pior Valor
Correlação	R	$r = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \sqrt{n(\sum y^2) - (\sum y)^2}}$	-1:1	0

A validação da previsão foi feita para detectar o grau de acerto do modelo WRF e prever a precipitação acumulada. As estações automáticas do INMET onde foram utilizados os dados para correlacionar as áreas de risco no município de

Maceió e, também vai ser de grande valia para os resultados e aplicado dentro das análises. Para saber as classificações e valores das correlações para previsão de tempo do município de Maceió.

Tabela 4. Coeficiente dos valores das correlações. Fonte: Adaptada por Cavalcante (2003)

R	r^2	Classificação
0	0	Nula
0,00 ----- 0,30	0,00 ----- 0,09	Franca
0,30 ----- 0,60	0,09 ----- 0,36	Média
0,00 ----- 0,30	0,36 ----- 0,81	Forte
0,00 ----- 0,30	0,81 ----- 0,99	Fortíssima
1	1	Perfeita

Resultados

A substituição do MDE (Modelo de Elevação Digital) pré-estabelecido no modelo, fornecido pela EMBRAPA permitiu que o WRF ajustasse melhor o contorno da topografia para a área de estudo, favorecendo a obtenção de resultados melhores (ver Figura 4). A utilização de um MDE gerado por uma instituição brasileira, e,

portanto, com um refinamento melhor da topografia local, forneceu um melhor resultado, por parte do modelo, na identificação das áreas de risco, tendo em vista que as regiões analisadas foram ocupadas em área de encosta, que quando associadas a eventos de precipitação aumentam a vulnerabilidade e, conseqüentemente, o risco associado a tais áreas.

Figura 4. (a) Comparação entre MDE pré-definido no WRF e (b) usado pela EMBRAPA no estado de Alagoas respectivamente. Fonte: Autor, 2014.

As análises da imagem do satélite GOES-13 e a cartas sinóticas dos dias 1 a 10 de julho de 2013 as 00UTC, na (Figura 5 a e b) nota-se na Região Nordeste os ventos de leste e a propagação dos Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL) na região do estado de Alagoas, formando chuvas intensas nos próximos dias, afetando as regiões Metropolitanas, Litoral, Zona da Mata, Baixo São

Francisco e Sertão do São Francisco. Pode-se observar a borda deste sistema (note o escoamento), é de leste/sudeste na faixa norte da Região Nordeste, que contribui para a advecção de umidade e massa do oceano para o continente, na Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) oscilando entre 08°N a 09°N, de acordo com CPTEC/INPE.

Figura 5. (a) Imagem do satélite GOES-13 canal infravermelho (IR) e (b) Imagem da carta sinótica de superfície. Fonte: INPE/CPTEC/GPT/DSS.

As previsões feitas pelo modelo WRF no Laboratório de Modelagem Atmosférica ICAT/UFAL, utilizando o coeficiente de determinação apresentado no quadro de classificação por (Cavalcante, 2003), os dados obtidos do modelo WRF e da Estação Meteorológica Automática (EMA) do INMET.

Na Tabela 5 e 6 podemos classificar os valores das correlações, com duração das previsões é de 72 horas inicializadas as 00UTC. Utilizando o Coeficiente de Determinação para avaliação da previsão.

Tabela 5. Dados observados (INMT) e simulados (WRF). Fonte: Autor, 2014

DIA	INMET	WRF 24	WRF 48	WRF 72
01/jul	0,6	0	---	---
02/jul	29	62,97	73,96	---
03/jul	127,6	139,15	131,09	187,15
04/jul	5,4	3,85	9,33	8,89
05/jul	7	9,01	9,58	6,39
06/jul	10,2	0,03	0,29	0,26
07/jul	0,8	0,25	0,08	0
08/jul	1,6	0	0	0
09/jul	6	0,84	0,32	0,29
10/jul	7	0	0,1	0,1

Tabela 6. Coeficiente de determinação para avaliação da previsão 24h, 48h e 72h. Fonte: Autor, 2014

Previsão	Classificação do Coeficiente de "Determinação"	Nível de precisão da previsão
24 horas	0,983	Fortíssima
48 horas	0,967	Fortíssima
72 horas	0,998	Fortíssima

De modo geral houve uma fortíssima correlação entre os dados obtidos pela EMA e a previsão realizada com o WRF, no entanto, houveram períodos em que o modelo superestimou os valores medidos, entre os dias 01 a 03 para os períodos de 24, 48 e 72 horas e no dia 07 para o período de 48 horas) também o modelo subestimou (dia 06 para todos os períodos analisados e entre os dias 09 ao 10 para os período de 48h. Estas

diferenças entre os períodos analisados mostra que os dias onde o modelo subestimou ocorreu maior erro devidos as simulações feitas entre o dia 6 para um período de 72h e o dia 10 respectivamente (ver Figura 6).

Entretanto, todos os resultados encontrados foram promissores a ponto de identificar cada detalhe e precisão da previsão para o município de Maceió.

Figura 6. Dados da validação da simulada (WRF) e observada (INMET). Fonte: Autor, 2014.

Diante desta necessidade este trabalho propõe a utilização do modelo mesoescala WRF para identificar os riscos associados a áreas, previamente

definidas pelo Plano Municipal de Redução de Área de Risco – PMRR (Ministério das Cidades, 2006), associadas a eventos de precipitação

intensa, prevendo com antecedência de até 72h prováveis desastres naturais com um coeficiente de determinação de 96%, fortíssima. Portanto com auxílio dessa ferramenta podemos amenizar os índices de risco da área estudada, mostrando uma grande relevância social abordado nesse tema. Com base na Figura 1 e com auxílio do PMRR para identificação dos pontos das áreas de risco no município de Maceió/AL, foi possível fazer uma adaptação nas previsões realizadas pelo modelo WRF, no sentido de indicar nas áreas de risco a possibilidade das ocorrências de desastres naturais. Está metodologia poderia ser utilizada como monitoramento das áreas de riscos pelas autoridades competentes, no sentido de agilizar e mobilizar com mais precisão espacial e com antecedência de até 72h, disponibilizando equipes com a capacidade de tentar evitar grandes tragédias.

Na (Figura 3), no dia 01/07 a resolução espacial de 5km com 72 horas antecipadas

podemos observar a precipitação acumulada no município de Maceió destacando-se a região nordeste. Com o auxílio da carta sinótica de superfície as análises mostraram que na borda do sistema atuante foi a DOL afetando o município de Maceió. Já a imagem do satélite GOES-13 canal infravermelho (IR) mostrando uma grande relevância abordada nesse trabalho a qual podemos observar tanto os sistemas frontais como a cobertura de nuvens e a quantidade de precipitação dos dados observados e simulados.

No dia 03/07 houve o indicativo de alerta máximo para todas as áreas de riscos do município de Maceió com horas de antecedência de 72 horas prováveis. O que mostra que o evento de chuva extrema era de grande escala com fortes chuvas em todo o município de Maceió. Porém os demais dias não apresentaram o mesmo grau de risco como comprovado pelos dados observados (ver Tabela 5).

Figura 7. Precipitação Acumulada 24h, 48h e 72h para município de Maceió. a) Análise do dia 01/07 24h, b) Análise do dia 02/07 48h e c) Análise do dia 03/07 72h.

Figura 8. Precipitação Acumulada 24h, 48h e 72h para município de Maceió. a) Análise do dia 02/07 24h, b) Análise do dia 03/07 48h e c) Análise do dia 04/07 72h.

Figura 9. Precipitação Acumulada 24h, 48h e 72h para município de Maceió. a) Análise do dia 03/07 24h, b) Análise do dia 04/07 48h e c) Análise do dia 05/07 72h.

Figura 10. Precipitação Acumulada 24h, 48h e 72h para município de Maceió. a) Análise do dia 04/07 24h, b) Análise do dia 05/07 48h e c) Análise do dia 06/07 72h.

Figura 11. Precipitação Acumulada 24h, 48h e 72h para município de Maceió. a) Análise do dia 05/07 24h, b) Análise do dia 06/07 48h e c) Análise do dia 07/07 72h.

Figura 12. Precipitação Acumulada 24h, 48h e 72h para município de Maceió. a) Análise do dia 06/07 24h, b) Análise do dia 07/07 48h e c) Análise do dia 08/07 72h.

Figura 13. Precipitação Acumulada 24h, 48h e 72h para município de Maceió. a) Análise do dia 07/07 24h, b) Análise do dia 08/07 48h e c) Análise do dia 09/07 72h.

Figura 14. Precipitação Acumulada 24h, 48h e 72h para município de Maceió. a) Análise do dia 08/07 24h, b) Análise do dia 09/07 48h e c) Análise do dia 10/07 72h.

Figura 15. Precipitação Acumulada 24h, 48h e 72h para município de Maceió. a) Análise do dia 10/07 24h, b) Análise do dia 11/07 48h.

Considerações finais

As análises estatísticas feitas para validar as previsões realizadas com o modelo WRF para 24h, 48h e 72h, acumulado diário, mostraram que o modelo conseguiu representar os fenômenos que provocaram chuva no município de Maceió. Logo estas informações, foram utilizadas para determinar o grau de risco nas áreas indicadas pelo PMRR, sendo este procedimento executado com sucesso.

Foram comparadas as previsões do modelo WRF com dados observados pelas estações meteorológicas do INMET, onde o modelo mostrou-se eficiente com coeficiente de determinação fortíssima de 96% para 72h. O que mostra que o modelo está ajustado para prever chuva para o município de Maceió/AL, logo é possível indicar o modelo como uma ferramenta a ser utilizada para realizar previsão de chuvas intensa para todo o município de Maceió.

O estudo realizado mostrou que os resultados obtidos pelo modelo WRF foram satisfatórios, a ponto de identificar a precipitação de forma pontual e detectar valores altos para precipitações horárias.

Referências

- Cavalcante, J. C., 2003. Mortalidade em menores de um ano: utilização de novos indicadores para avaliação. Dissertação (Mestrado). Maceió, UFAL.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Alagoas – Censo Demográfico 2010. Disponível: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php.htm>. Acesso: 01 fev. 2014.
- Ministério das Cidades, 2006. PMRR – Plano Municipal de Redução de Riscos Maceió/AL. Disponível: http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNPU/Biblioteca/PrevencaoErradicacao/Produto_1_Maceio.pdf. Acesso: 01 jul. 2014.
- Tobin, G. A; Montz, B. E., 1997. Natural hazards: explanation and integration. The Guilford Press, New York.
- Silveira, C. S., 2011. Verificação das Previsões de Tempo para Precipitação Usando Ensemble Regional para o Estado do Ceará em 2009. Revista Brasileira de Meteorologia 26, 609-618.
- Tobin, G. A; Montz, B.E. Natural hazards: explanation and integration. New York: The Guilford Press, 1997.