

## **ACOPLAMENTO UNIDIRECIONAL DE MODELOS ATMOSFÉRICOS E HIDROLÓGICOS PARA FINS DE PREVISÃO DE CHEIA**

*Artur Piatti Oiticica de Paiva<sup>1</sup>; Mikael Timóteo Rodrigues<sup>2</sup>; Rosiberto Salustiano da Silva Junior<sup>3</sup>  
& Carlos Ruberto Frago Junior<sup>4</sup>*

**Resumo** – O Estado de Alagoas apresenta vulnerabilidade a eventos hidrológicos extremos como é possível observar através de uma análise histórica. Por conta disso, os impactos negativos gerados têm acarretado danos à população ribeirinha e ao desenvolvimento local. Visando minimizar os impactos causados, principalmente por enchentes, o Estado deve criar um sistema de previsão de vazão por meio da análise em conjunto das previsões climáticas e das simulações hidrológicas. Neste trabalho, busca-se avaliar a eficiência do acoplamento entre modelos hidrológicos e de previsão de tempo. Os dados de precipitação foram adquiridos através do modelo regional atmosférico WRF v3.2, em seu domínio 03, e a simulação de vazão foi realizada no modelo hidrológico precipitação-vazão MGB-IPH. A análise foi realizada por comparação entre hidrogramas simulados (com chuvas previstas e com chuvas observadas) e observados (estações fluviométricas). Por meio deste trabalho observou-se que ainda são necessárias adaptações metodológicas e conceituais nos modelos para tornar o aninhamento uma ferramenta mais precisa e eficiente para sistemas de alertas de eventos extremos.

**Abstract** – The state of Alagoas, Brazil, has been frequently impacted by extreme hydrological events as seen through its later historical observations. The consequences of these occurrences have caused damages to the riverside population and to the local development. In order to minimize these impacts, mainly by flood, the state managers should create a stream flow forecasting system attached to the weather forecast data. This paper aims to analyze if this prediction strategy could be used. Rainfall data have been obtained by WRF v3.2, domain 03, and the simulation of stream flow by the MGB-IPH. To validate this approach a comparative analysis between the simulated hydrograph and real measured data has been compared. The conclusion of this work is that better modeling tools are needed to become the model's coupling a technique more efficient and more accurate.

**Palavras-Chave** – Previsão hidrológica; Meteorologia; Sistema de Alerta.

---

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Civil no Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas (CTEC - UFAL). Maceió. E-mail: artur\_piatti@yahoo.com.br;

<sup>2</sup> Mestrando em Meteorologia no Instituto de Ciências Atmosféricas (ICAT – UFAL). Maceió. E-mail: mikaelgeo@gmail.com;

<sup>3</sup> Professor Adjunto do ICAT da UFAL. Endereço: Universidade Federal de Alagoas, Reitoria, ICAT. Campus A.C. Simões - Av. Lourival Melo Mota, Tabuleiro do Martins, 57.072-970 Maceió – Alagoas - Brasil. E-mail: rosibertojr@gmail.com;

<sup>4</sup> Professor Adjunto do CTEC – UFAL. Endereço: Universidade Federal de Alagoas, Reitoria, CTEC. Campus A.C. Simões - Av. Lourival Melo Mota, Tabuleiro do Martins, 57.072-970 Maceió – Alagoas - Brasil. E-mail: crubertofj@hotmail.com.

# 1 INTRODUÇÃO

O acoplamento unidirecional de modelos hidrológicos chuva-vazão e modelos atmosféricos é uma técnica adotada para previsão de eventos hidrológicos, que aumenta a antecedência da previsão do escoamento na bacia para além do seu tempo de concentração.

No passado, o desenvolvimento desta ferramenta foi dificultado por limitações conceituais nos modelos, por incompatibilidade entre escalas e por conta do custo computacional elevado. Entretanto, na atualidade, algumas destas limitações já foram parcialmente superadas.

A incompatibilidade entre escalas vem sendo superada com a regionalização dos modelos atmosféricos e com o desenvolvimento de modelos para grandes bacias, eliminando a dissonância entre os modelos atmosféricos, baseados no âmbito global, e os modelos hidrológicos, baseados no âmbito local. Essa regionalização dos parâmetros proporciona um maior grau de detalhe às previsões de tempo, produzindo informações mais precisas para escalas regionais e locais, o que facilita a comunicação destes com os modelos hidrológicos.

Um ponto importante para o desenvolvimento de estudos nesta área é que o aninhamento aumenta a antecedência de previsão de vazão, de forma que seja possível a utilização desta ferramenta em um sistema de alerta de enchentes. Em Alagoas, as enchentes naturais têm acarretado catastróficas conseqüências com certa regularidade ao Estado. Nos últimos 100 anos, sete grandes enchentes nas bacias dos rios Paraíba do Meio e Mundaú assolaram a região (1914; 1941; 1969; 1988; 1989; 2000; 2010) (FRAGOSO JR. *et al.*, 2010).

Dado a regularidade de ocorrência desses eventos, a sociedade precisa adaptar-se com medidas mitigadoras, tais como: a criação de barragens de amortização de vazões e construção de diques de proteção contra cheias. Porém, estas soluções de engenharia tornam-se falhas para eventos com tempo de recorrência grande, para onde estes sistemas não foram previstos.

Desta forma, é imprescindível que seja implantado um sistema de alerta de prevenção contra enchentes por meio da criação de um sistema integrado de análise em conjunto da atmosfera e da bacia hidrográfica.

O presente trabalho investiga a eficiência no acoplamento do modelo hidrológico MGB-IPH com o regional atmosférico WRF 3.2 aplicado na bacia do Paraíba do Meio no período de 2008 e tem como objetivo principal avaliar a qualidade do hidrograma gerado por meio do acoplamento de modelos matemáticos atmosféricos e hidrológicos. Especificamente, utilizou-se um acoplamento unidirecional para inserir as previsões de precipitação em um modelo hidrológico para simular a vazão escoada e compará-la com a vazão observada.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Na Figura 1 está apresentado o fluxograma da metodologia global definida para esta pesquisa. A seguir, na Figura 2, está detalhada a etapa de comparação entre hidrogramas simulados e observados para avaliar a eficiência da previsão de tempo na previsão de cheias.

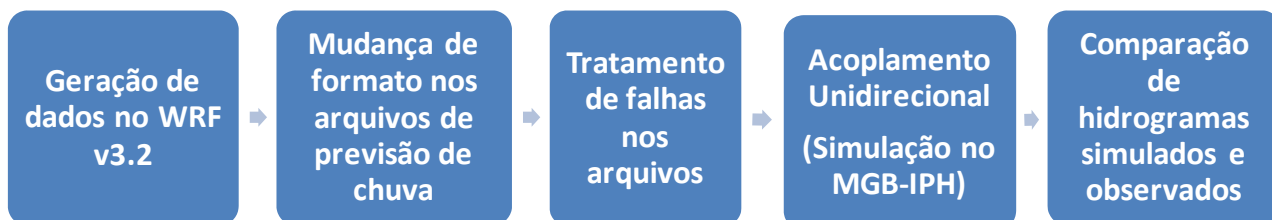


Figura 1 – Fluxograma da metodologia global do estudo

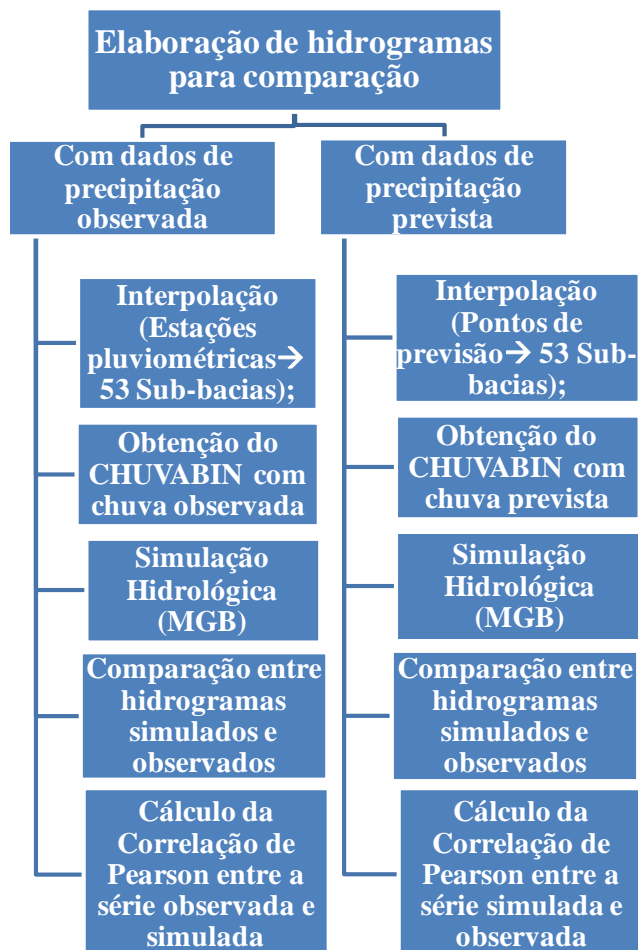


Figura 2 – Fluxograma detalhado da etapa de comparação de hidrogramas para avaliar a eficiência do acoplamento

## 2.1 Área de estudo

Atualmente, a Agência Nacional de Águas (ANA) adota uma classificação de 12 (doze) regiões hidrográficas no Brasil (ANA, 2011). Uma delas, a Região Hidrográfica do Atlântico Nordeste Oriental, é onde localiza-se a bacia do rio Paraíba do Meio (Figura 3).

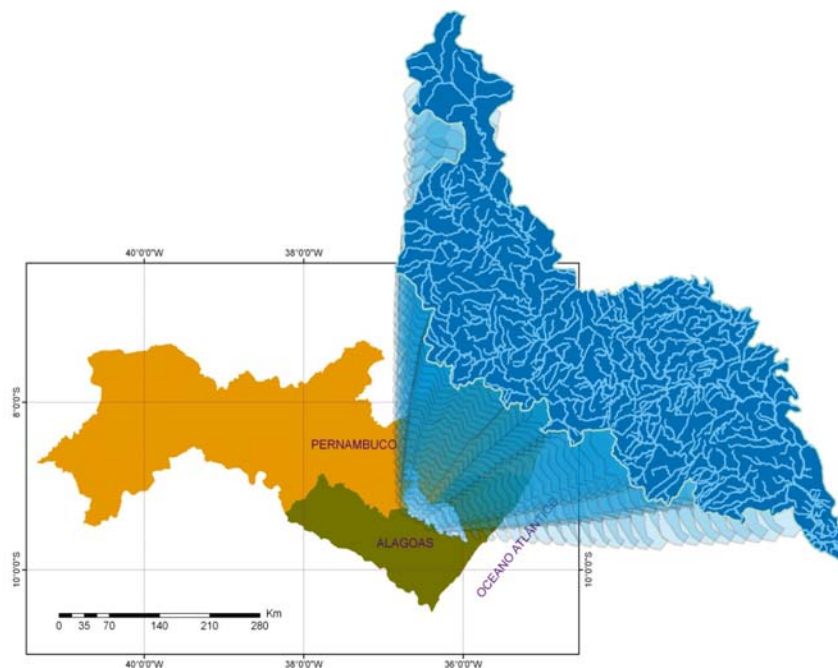


Figura 3 - Localização da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Meio e sua hidrografia nos Estados de Alagoas e Pernambuco

Fonte: (GAMA, Em andamento)

As nascentes da bacia do rio Paraíba do Meio estão localizadas na região semi-árida pernambucana. Os leitos do seu rio principal e de seus afluentes cruzam a fronteira PE-AL atingindo a região da zona da mata alagoana, até que desague na lagoa Manguaba (31 km<sup>2</sup>), que tem conexão com o oceano Atlântico por meio do Complexo Estuarino-Lagunar Mundaú-Manguaba (CELMM). Em Pernambuco, está localizada 37,6% da área dessa bacia (o restante está no Estado de Alagoas). Ao todo são 3145,2 km<sup>2</sup> de área de drenagem (FRAGOSO JR. *et al.*, 2010).

Segundo Gama (Em Andamento), o rio Paraíba do Meio possui 171,98 km de extensão, apresentando 126,57 km de extensão no estado de Alagoas com um regime fluvial perene e 45,41 km no Estado de Pernambuco com um regime fluvial intermitente.

Gama (Em Andamento) delimitou a bacia em questão em 53 sub-bacias por conta da heterogeneidade da região. A delimitação levou em consideração as similaridades entre os parâmetros das características físicas locais (Figura 4).

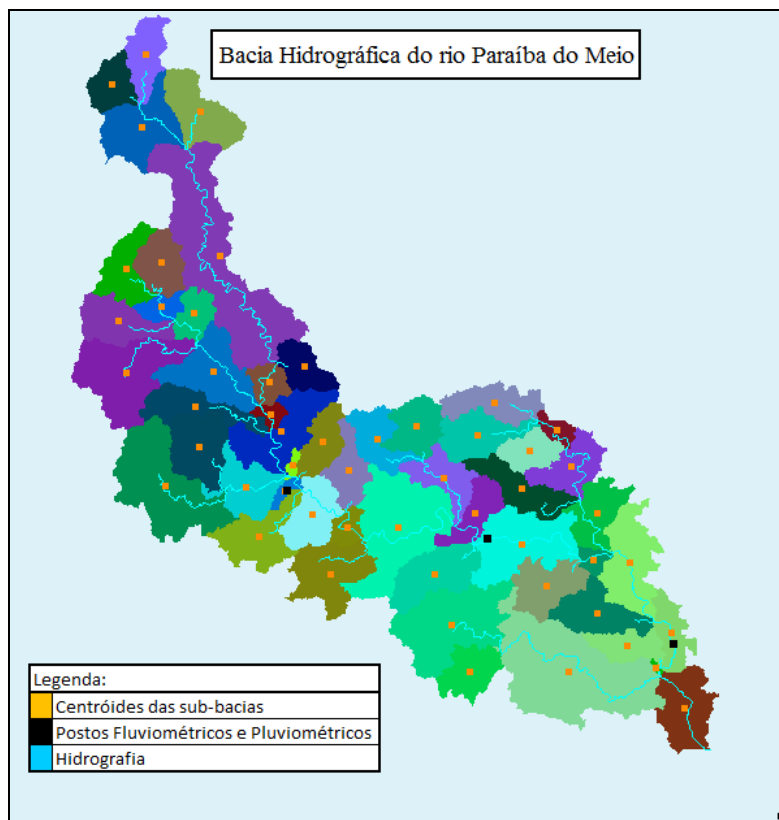


Figura 4 - Delimitação da bacia hidrográfica do Paraíba do Meio; delimitação das sub-bacias; centróides das sub-bacias; e postos fluviométricos e pluviométricos

## 2.2 Calibração e validação do modelo

Para a bacia do Paraíba do Meio, o modelo MGB-IPH foi calibrado utilizando uma década de dados (1997 – 2006). A qualidade da calibração foi estimada pelo coeficiente de correlação de Pearson (Tabela 1), que verificou a relação linear entre a vazão simulada e a observada em três postos fluviométricos da Agência Nacional de Águas (ANA): (a) Quebrangulo - 39850000 (Figura 5); Viçosa - 39890000 (Figura 6); e Atalaia - 39870000 (Figura 7) (GAMA, Em andamento).

Tabela 1 - Coeficientes de Pearson calculados no período de calibração e de validade do modelo

Fonte: (GAMA, Em andamento)

Postos Fluviométricos	Correlação de Pearson
39850000	0.8183
39890000	0.8169
39870000	0.7914

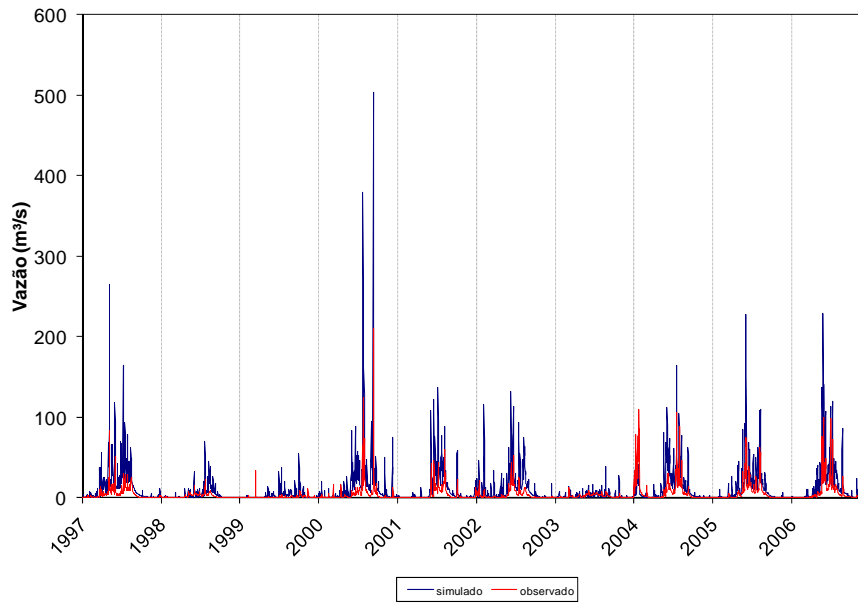


Figura 5 - Resultado gráfico da validação da calibração do modelo MGB-IPH na bacia do rio Paraíba do Meio. Posto fluviométrico nº 39850000 - Quebrangulo

Fonte: (GAMA, Em andamento)

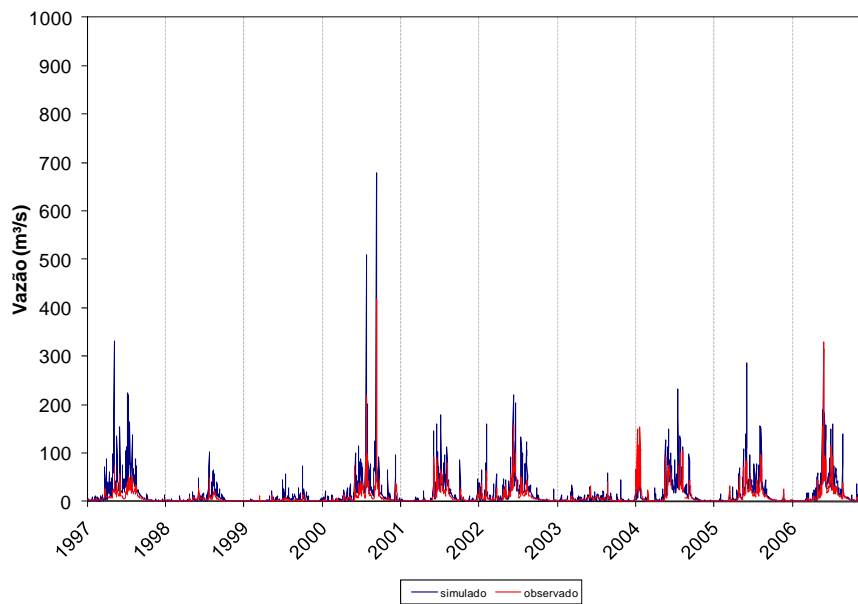


Figura 6 - Resultado gráfico da validação da calibração do modelo MGB-IPH na bacia do rio Paraíba do Meio. Posto fluviométrico nº 39890000 - Viçosa

Fonte: (GAMA, Em andamento)

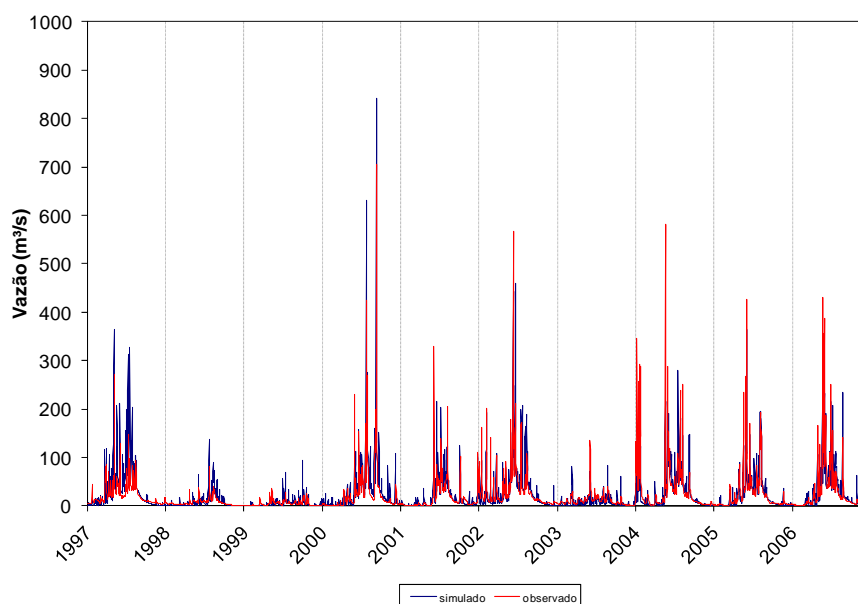


Figura 7 - Resultado gráfico da validação da calibração do modelo MGB-IPH na bacia do rio Paraíba do Meio. Posto fluviométrico nº 39870000 - Atalaia

Fonte: (GAMA, Em andamento)

### 2.3 Dados de previsão atmosférica

O modelo atmosférico *Weather Research Forecasting* (WRF v3.2) vem sendo adaptado para as condições locais do Estado de Alagoas pelo Laboratório de Modelagem Atmosférica do ICAT/UFAL (Instituto de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Alagoas). A adaptação do modelo, que se baseia na versão americana original, apresenta-se tanto no formato global, como no regional.

A regionalização do modelo teve como centro de referência o Estado de Alagoas e foi adotada em três domínios: (a) o domínio 01 (com resolução espacial de 80 km) abrangendo a América do Sul, o Oceano Atlântico e a África; (b) o domínio 02 (com resolução espacial de 20 km), comportando o nordeste brasileiro; (c) o domínio 03 (com resolução espacial de 05 km), envolvendo o Estado de Alagoas (ICAT UFAL, 2010).

O ICAT/UFAL disponibiliza diariamente a previsão atmosférica para as próximas 48 horas (00 UTC) de variáveis hidroclimáticas como: linhas de correntes; nebulosidade; precipitação acumulada e horária; radiação solar; velocidade do vento; umidade relativa; temperatura da superfície do mar e do ar (ICAT UFAL, 2010).

A adaptação do WRF para as condições locais foi validada por Silva (2009) e mostrou-se satisfatórias para os padrões de previsão meteorológica.

Os dados das precipitações acumuladas diárias necessários para o estudo em questão foram estimados no domínio 03 do WRF v3.2. A grade obtida possuía distância entre pontos de previsão de 5 km. Ao todo foram gerados e disponibilizados 414 pontos que encobriam a bacia do Paraíba do Meio em toda a sua extensão. As coordenadas das estações virtuais (pontos de previsão) estão entre as longitudes -36 e -36,75 e entre as latitudes -8,66 e -9,65, todas na escala métrica UTM.

Em razão do custo computacional empregado para operacionalizar as previsões, foi limitado o período em estudo para janeiro de 2008 a março de 2009. Ao todo o período apresentava 456 dias e todas as previsões foram realizadas com antecedência de um dia à meia-noite no meridiano de Greenwich (00:00 UTC), ou seja, 21 horas no horário local.

## **2.4 Simulação de vazão**

A simulação de vazão foi executada pelo modelo hidrológico distribuído, MGB-IPH (Modelos de Grandes Bacias), que foi desenvolvido pelo centro de pesquisa do Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)<sup>5</sup>.

A versão do MGB-IPH, desde sua origem, já sofreu adaptações. Uma delas foi a extinção da subdivisão da bacia em uma malha de células com tamanho padrão, para a delimitação de mini-bacias a partir do critério do responsável pela calibração. Esta delimitação é executada em função das características locais.

O modelo foi concebido para preencher a lacuna que existia na simulação do comportamento hidrológico em grandes bacias. Até o momento, os modelos analisavam processos hidrológicos apenas em pequenas ou médias bacias.

## **2.5 Acoplamento unidirecional WRF v3.2 e MGH-IPH**

### *2.5.1 Preparação de dados*

Na fase de inserir os dados da precipitação prevista no modelo hidrológico, percebeu-se que era necessária a conversão de formato do arquivo de saída do WRF v3.2 para o formato de entrada do MGB-IPH.

Para isto e para o tratamento de erros que os arquivos apresentavam, foram elaborados rotinas com algoritmos, uma vez que havia muitos arquivos para conversão de formato e correção de erros.

---

<sup>5</sup> Maiores informações sobre o desenvolvimento do modelo pode ser obtida em Collischonn (2001).



Os erros mencionados encontrados nos arquivos foram decorrentes do algoritmo utilizado no processamento de dados do modelo atmosférico; eles foram de dois tipos:

- a. **Dia inexistente no calendário:** os arquivos apresentavam o dia 29 de fevereiro de 2009, dia inexistente já que o ano de 2009 não é bissexto. O motivo que justifica retirar a linha referente ao dia “29 de fevereiro de 2009” dos arquivos é a incompatibilidade de dados entre os calendários utilizados pelos modelos acoplados;
- b. **Ausência de dados de precipitação para certos dias:** geralmente no primeiro dia e no último dia de cada mês os arquivos apresentavam falhas (-1,00) ao invés das informações de volume precipitado. Nos dias apresentados na Tabela 2, as falhas estavam presentes em muitos pontos de previsão, de forma que a interpolação das chuvas para os centróides das sub-bacias, como requer um modelo hidrológico distribuído, seria inviabilizada, ou os resultados obtidos seriam pouco significativos.

Tabela 2 - Levantamento, no período entre 01 de janeiro de 2008 e 31 de março de 2009, dos dias que apresentavam diversas falhas nas precipitações dos pontos de previsão

Data	Número de Falhas
01/01/2008	414 (100%)
31/01/2008	414 (100%)
01/02/2008	414 (100%)
29/02/2008	414 (100%)
01/03/2008	414 (100%)
31/03/2008	414 (100%)
01/04/2008	414 (100%)
30/04/2008	414 (100%)
01/05/2008	414 (100%)
30/06/2008	414 (100%)
31/07/2008	414 (100%)
05/08/2008	414 (100%)
06/08/2008	414 (100%)
01/10/2008	414 (100%)
31/10/2008	414 (100%)
01/11/2008	414 (100%)
30/11/2008	414 (100%)
01/12/2008	414 (100%)
31/12/2008	414 (100%)
01/01/2009	414 (100%)
31/01/2009	414 (100%)
01/02/2009	414 (100%)
28/02/2009	414 (100%)
01/03/2009	414 (100%)
02/03/2009	218 (50%)
03/03/2009	218 (50%)
18/03/2009	414 (100%)
19/03/2009	414 (100%)
31/03/2009	414 (100%)

Vale destacar a metodologia adotada para correções dos erros apresentados pelos arquivos. Inicialmente, foi elaborada uma rotina para excluir as linhas com as informações do dia 29 de fevereiro de 2009. Em seguida, visando o preenchimento de todas as falhas (-1,00), foi adotada a metodologia descrita a seguir.

Utilizando os dados observados através de quatro postos pluviométricos da Agência Nacional de Águas (Marechal Deodoro – 00935750; Atalaia – 00936110; Viçosa – 00936111; e Quebrangulo - 00936115) foram interpoladas as chuvas para as coordenadas dos pontos de previsão, de forma que fosse possível substituir as falhas das estações virtuais pelos dados interpolados com base em informações observadas (reais).

A interpolação foi realizada pelo auxiliar do MGB-IPH, o INTERPLU. Este executável utilizou o método do inverso da distância ao quadrado para elaborar a interpolação.

Nesta etapa foi necessário adaptar dois arquivos de entrada do INTERPLU para proceder com a interpolação: um deles foi o “INTERPLU.HIG” que foi adaptado para as quatro estações pluviométricas e para as condições do estudo; o outro arquivo foi o “CELL.HIG” onde apenas foram alteradas as informações de coordenadas geográficas dos centróides das células para as coordenadas dos 414 pontos de previsão.

O INTERPLU gera um arquivo de texto chamado "CHUVA BACIAS.txt". Este arquivo dispõe os dados interpolados em cada célula (no caso, ponto de previsão). Assim, as informações do arquivo foram organizadas em uma tabela e, por meio de uma rotina, foi substituída cada falha de cada arquivo pelo dado correspondente da tabela mencionada.

### 2.5.2 *Simulação hidrológica*

Esta etapa foi realizada tanto com dados de precipitação prevista, como com dados de precipitação observada, a fim de gerar hidrogramas simulados com dados previstos e observados nas estações fluviométricas que foram utilizadas na fase de calibração e validade do modelo para a bacia em questão.

Para iniciar esta etapa, após a inserção de informações das estações virtuais nos arquivos do INTERPLU “Nomes.txt”, “Longitudes1.txt”, “Latitudes1.txt” e “Estações1.txt”, e que os arquivos “INTERPLU.HIG” e “CELL.HIG” foram adaptados para as condições, foram interpoladas as chuvas previstas e observadas para os centróides das 53 sub-bacias delimitadas.

Cada interpolação gerou um arquivo binário “CHUVABIN.HIG” que funcionou como dado de entrada da simulação hidrológica do MGB-IPH.

A partir de então, as simulações hidrológicas para a situação observada e de previsão foram executadas e por meio dos arquivos de saída de vazão foi possível obter as vazões simuladas, a fim de elaborar os hidrogramas, assim como as curvas de permanência.

### 2.5.3 Comparação entre vazões

As curvas de permanência e os hidrogramas elaborados a partir das vazões simuladas foram comparados com as curvas de permanência e os hidrogramas das vazões obtidas através das estações fluviométricas. Estes dados observados foram disponibilizados pela Agência Nacional de Águas.

Além de uma comparação visual por meio de gráficos, a comparação foi realizada também por meio dos coeficientes de correlação de Pearson entre as séries de vazões simuladas e observadas.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As figuras 8, 10, 12, 14, 16 e 18 apresentam as superposições entre os hidrogramas simulados e observados em campo, enquanto que as figuras 9, 11, 13, 15, 17 e 19 apresentam as superposições das curvas de permanência. As figuras 8, 9, 10, 11, 12 e 13 apresentam os resultados provenientes da simulação com dados de precipitação observada, enquanto que as figuras 14, 15, 16, 17, 18 e 19 possuem os resultados obtidos a partir dos dados da previsão de tempo.

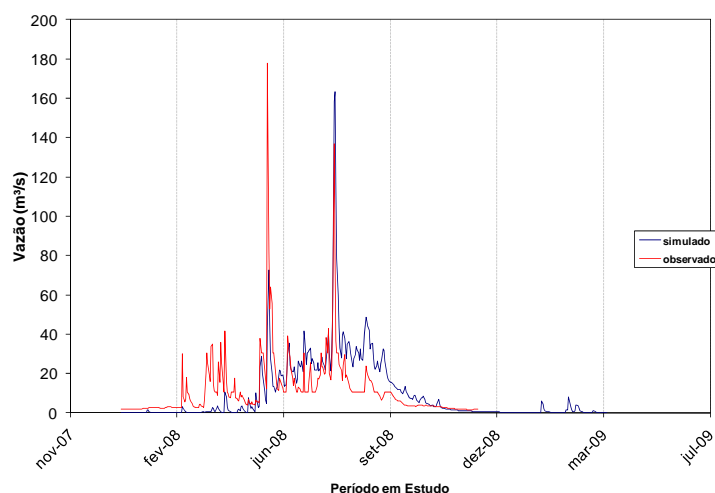


Figura 8 - Gráfico que apresenta a superposição dos hidrogramas simulado (chuva observada) e observado na estação fluviométrica 39850000

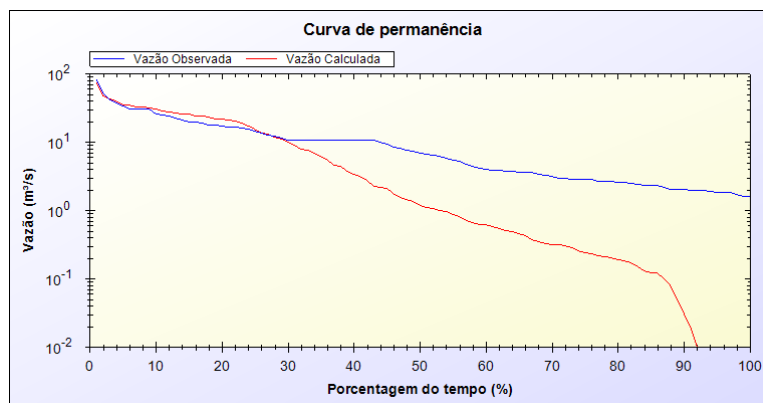


Figura 9 – Gráfico que apresenta a superposição das curvas de permanência da vazão observada e da vazão calculada pela chuva observada: estação fluviométrica 39850000

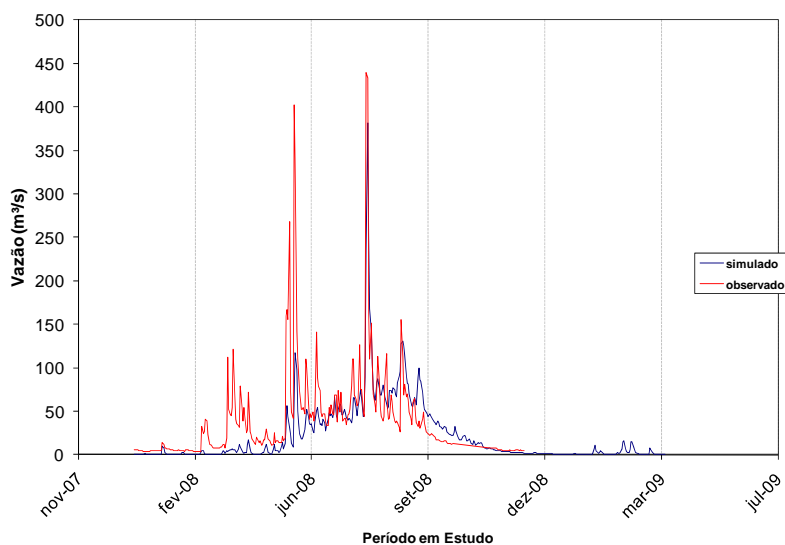


Figura 10 - Gráfico que apresenta a superposição dos hidrogramas simulado (chuva observada) e observado na estação fluviométrica 39870000

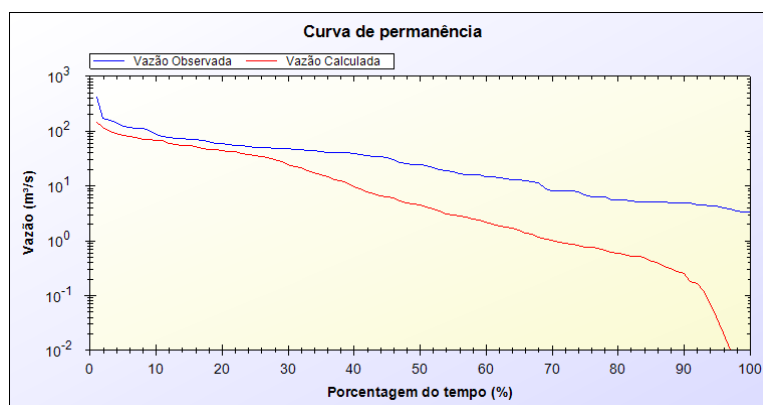


Figura 11 – Gráfico que apresenta a superposição das curvas de permanência da vazão observada e da vazão calculada pela chuva observada: estação fluviométrica 39870000

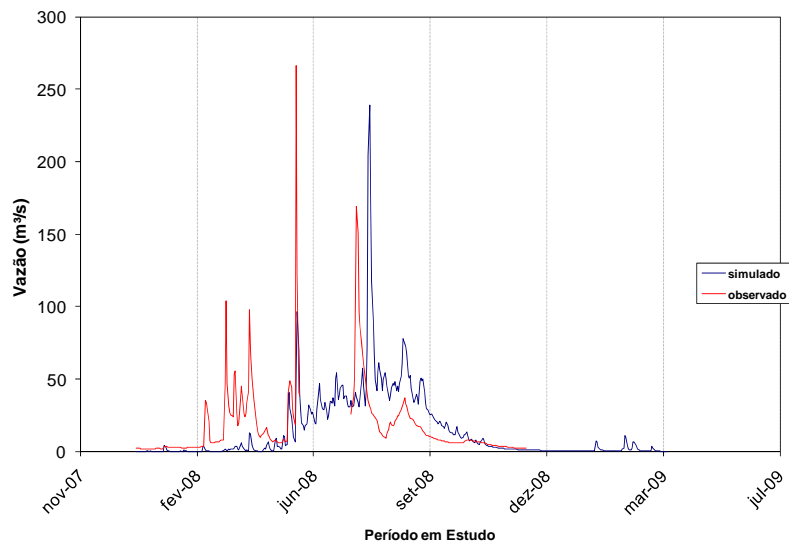


Figura 12 - Gráfico que apresenta a superposição dos hidrogramas simulado (chuva observada) e observado na estação fluviométrica 39890000

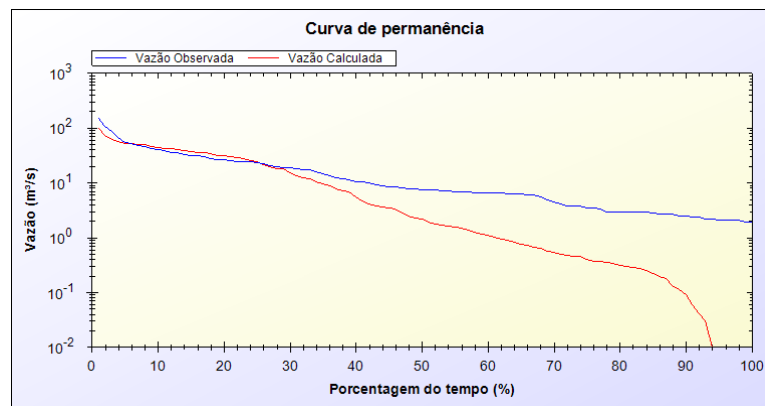


Figura 13 – Gráfico que apresenta a superposição das curvas de permanência da vazão observada e da vazão calculada pela chuva observada: estação fluviométrica 39890000

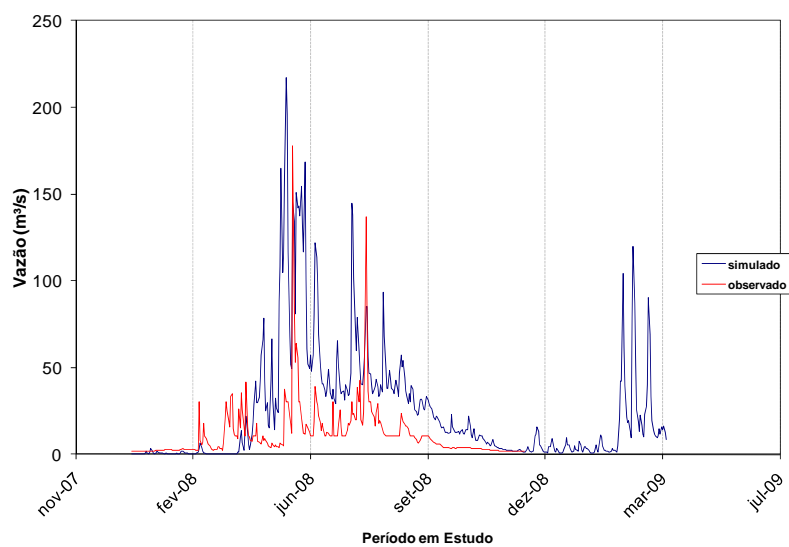


Figura 14 - Gráfico que apresenta a superposição dos hidrogramas simulado (previsão de precipitação) e observado na estação fluviométrica 39850000

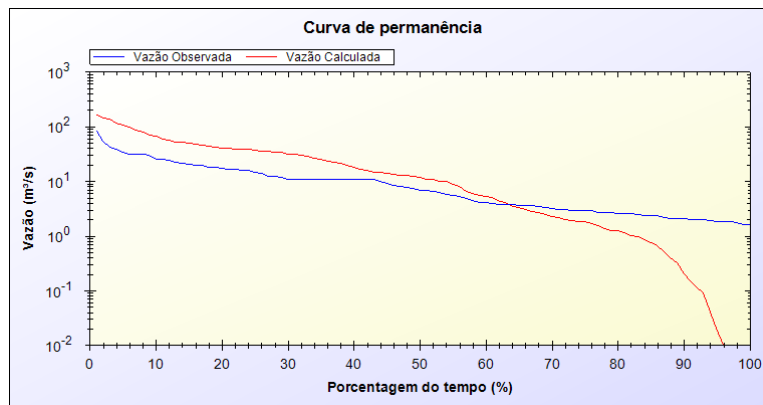


Figura 15 – Gráfico que apresenta a superposição das curvas de permanência da vazão observada e da vazão calculada pela previsão de precipitação: estação fluviométrica 39850000

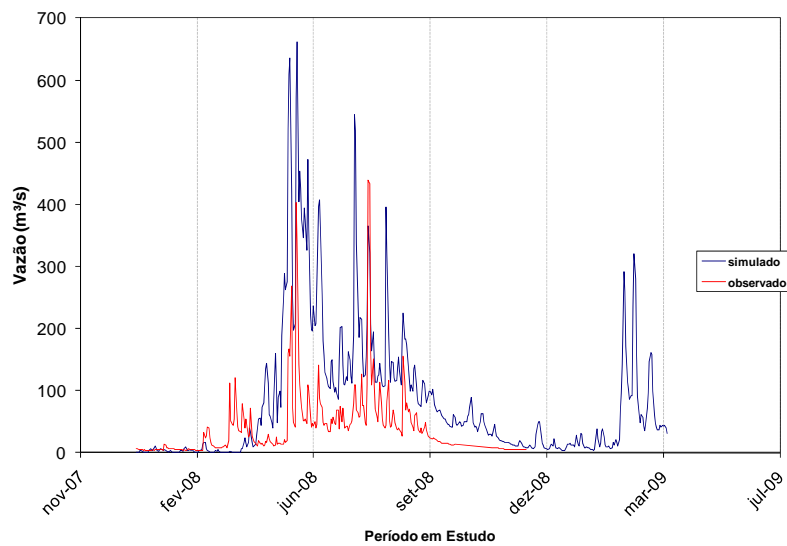


Figura 16 - Gráfico que apresenta a superposição dos hidrogramas simulado (previsão de precipitação) e observado na estação fluviométrica 39870000

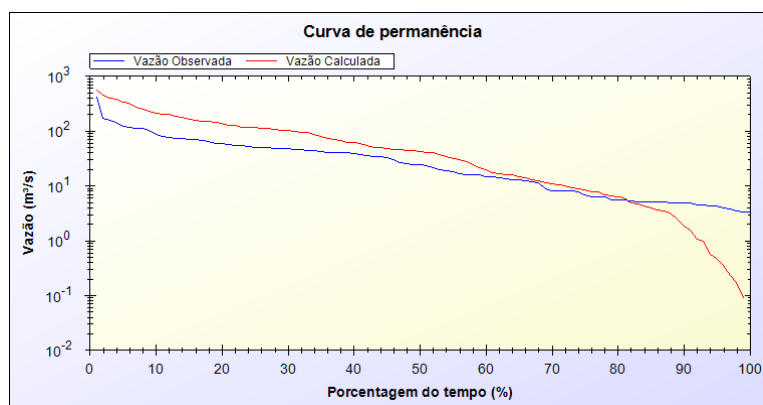


Figura 17 – Gráfico que apresenta a superposição das curvas de permanência da vazão observada e da vazão calculada pela previsão de precipitação: estação fluviométrica 39870000

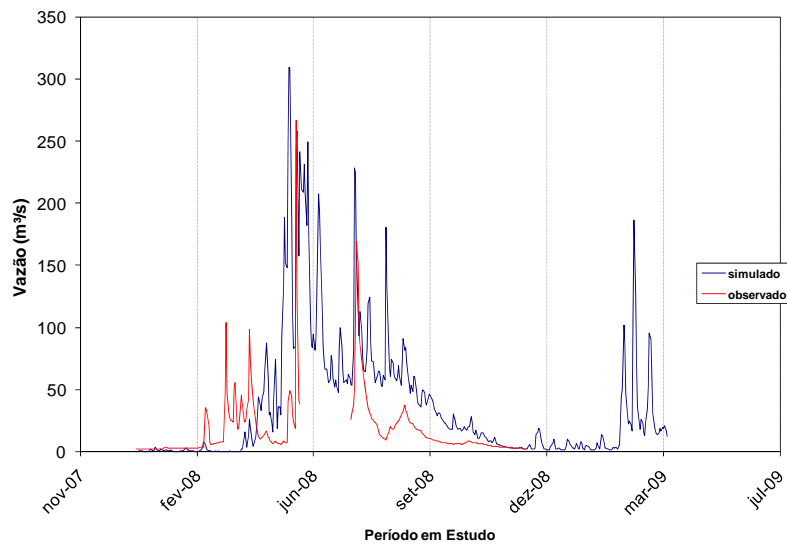


Figura 18 - Gráfico que apresenta a superposição dos hidrogramas simulado (previsão de precipitação) e observado na estação fluviométrica 39890000

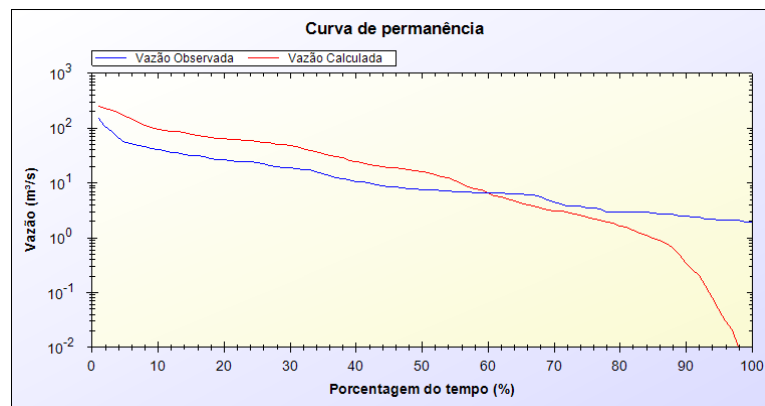


Figura 19 – Gráfico que apresenta a superposição das curvas de permanência da vazão observada e da vazão calculada pela previsão de precipitação: estação fluviométrica 39890000

Analisando as curvas de permanência, observa-se que, para o caso da simulação com dados observados, o ajuste do modelo acerta mais para as vazões máximas do que para as vazões mínimas, que são subestimadas.

Considerando as simulações com dados previstos, observa-se que o ajuste acerta em vazões médias. Entretanto, as vazões máximas são superestimadas e as mínimas subestimadas.

Observando as figuras acima com as superposições de hidrogramas, observa-se que as simulações com dados do modelo atmosféricos superestimaram o escoamento superficial e que o ajuste da calibração do modelo apresentou um resultado mais satisfatório para os casos de precipitação observada, onde os hidrogramas simulados ficaram mais parecidos com os observados.

Esta constatação visual pode ser ratificada por meio da Tabela 3, que apresenta correlações mais altas para as simulações elaboradas com chuva observada.

Tabela 3 – Apresentação dos coeficientes de correlação de Pearson entre as séries de vazões simuladas e observadas

Posto Fluviométrico	Coeficiente de Pearson	
	Simulação com Chuva Prevista	Simulação com Chuva Observada
39850000	0.5492	0.6637
39870000	0.6934	0.7198
39890000	0.5380	<b>0.3385</b>

Havia uma expectativa de que as correlações com chuvas previstas fossem mais altas do que as da simulação com chuva observada, uma vez que se esperava que a chuva prevista, por estar melhor distribuída ao longo da bacia (mais dados), tivesse uma melhor representatividade, resultando em uma vazão simulada mais representativa.

Entretanto, a calibração do modelo foi realizada com uma amostra de dados observados, dessa forma, é compreensível que o ajuste com dados observados tenha sido melhor do que com os previstos, já que as amostras incorporam uma tendência ao resultado.

Outro ponto que se deve levar em questão é o grau de detalhe destes dados de precipitação prevista: acertar a chuva que vai precipitar em uma área de 25 km<sup>2</sup>. É sabido que quanto menor é a escala de previsão, maior é a dificuldade de o modelo acertar a estimativa, uma vez que para acertar precisa prever quanto, quando e onde a nuvem vai precipitar.

#### 4 CONCLUSÕES

As simulações hidrológicas com dados de precipitação prevista não apresentaram resultados melhores que as simulações com dados observados. Entretanto, as correlações apresentadas por meio do acoplamento unidirecional entre os modelos WRF v3.2 e o MGB-IPH apresentaram resultados satisfatórios quando é levando em consideração o grau de incerteza na previsão atribuído a variável precipitação.

Para o fim do objetivo proposto, verificar a utilidade do aninhamento de modelos como ferramenta de auxílio a sistemas de alertas contra enchentes, analisou-se que é uma ferramenta útil na previsão de vazões máximas e que, uma vez que as simulações superestimam as vazões, os resultados apresentados estariam a favor da segurança do sistema de alerta. Porém, não foi mensurado neste trabalho se o aumento de vazão simulada em relação à observada é aceitável.



Em suma, o acoplamento de modelos atmosféricos e hidrológicos é útil para previsão de vazão, mesmo assim é recomendável que sejam feitas adaptações metodológicas na forma de aninhamento e conceituais nos modelos para aperfeiçoamento da técnica, de forma que torne a ferramenta mais precisa e mais eficiente para sistemas de alertas de eventos extremos.

## REFERÊNCIAS

ANA. **Agência Nacional de Águas (ANA)**, 2011. Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br/>>. Acesso em: maio 2011.

FRAGOSO JR., C. R.; PEDROSA, V. D. A.; DE SOUZA, V. C. B. Reflexões sobre a cheia de junho de 2010 nas bacias do rio Mundaú e Paraíba. **Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste - SRHN**, Maceió, novembro 2010.

GAMA, W. M. Avaliação do regime hidrológico da bacia do rio Paraíba do Meio (AL/PE) através de um modelo hidrológico distribuído. **Dissertação de mestrado - Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento da UFAL**, Maceió, Em andamento.

HIDROWEB. HydroWeb - Sistemas de Informações Hidrológicas, 2011. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>.

ICAT UFAL. Laboratório de Modelagem Atmosférica - Instituto de Ciências Atmosféricas - Universidade Federal de Alagoas, 2010. Disponível em: <<http://www.icat.ufal.br/previsaodotempo/index.html>>. Acesso em: junho 2011.

SEMARH-AL. **Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos de Alagoas (SEMARH-AL)**, 2011. Disponível em: <<http://www.semarh.al.gov.br/recursoshidricos>>. Acesso em: maio 2011.

SILVA, T. L. D. V. Análise da sensibilidade da parametrização de microfísica e cumulus do modelo WRF: Estudo de caso dos dias 15 e 16 de maio de 2009 em Alagoas. **Monografia de Conclusão de Curso (Meteorologia) - Instituto de Ciências Atmosféricas (ICAT) - UFAL**, Maceió, dezembro 2009.

WRF - UCAR. **The Weather Research & Forecasting Model**, 2011. Disponível em: <<http://www.wrf-model.org/index.php>>. Acesso em: Junho 2011.