

MODELAGEM CHUVA-VAZÃO PARA A CHEIA DE JUNHO DE 2010 NO MUNICÍPIO DE RIO LARGO/AL

Paulo Antonio Ferreira Freire¹; Mahelvson Bazilio Chaves¹; Adriano Gabriel Sampaio de Amorim¹; Daysy Lira Oliveira²; Carlos Ruberto Fragoso Júnior³

RESUMO --- A forte cheia no mês de Junho de 2010 nos estados de Alagoas e Pernambuco foi mais uma vez o motivo de vários desastres naturais, provocando mortes, inundações, destruição de estradas, pontes e casas. Para a estimativa da magnitude da cheia ocorrida foi realizada uma simulação hidrológica para a determinação das vazões no posto fluviométrico denominado Fazenda Boa Fortuna. O posto referido está situado no Município de Rio Largo/AL, sendo o mais próximo a foz da bacia e uma das cidades mais prejudicadas com a cheia. A simulação foi realizada no período de junho 2010 utilizando um modelo hidrológico distribuído, denominado MGB-IPH, anteriormente calibrado e validado para o período de 1995-2008 e agora expandido até a data do evento, com o novo cenário de chuva. A simulação indicou que a vazão máxima ocorreu no dia 19/06 com valor de 1.177,3 m³/s correspondendo a um tempo de retorno de aproximadamente 80 anos. Os resultados deste artigo podem subsidiar o processo de tomada de decisões visando o gerenciamento adequado dos recursos hídricos desta região, diagnosticando e minimizando a vulnerabilidade da população ribeirinha aos eventos de cheia.

ABSTRACT --- The states of Alagoas and Pernambuco have suffered, in June 2010, a strong flood which caused several damages such as deaths, flooding and destruction of roads, bridges and houses. We evaluated the outflow magnitude for this event in the Fazenda Boa Fortuna fluviometric station located at Rio Largo/AL, using a distributed hydrologic model, which was previously calibrated and validated considering the period 1995-2008 and now expanded to the event period. The simulation indicated that the maximum outflow occurred in jun/19 with a value of 1177.3 m³/s corresponding to a return time of approximately 80 years. The results of this paper may help to guide the process of making decisions regarding the water resources management of this region, diagnosing and minimizing the vulnerability of the riverside population to this extreme events.

Palavras-chave: cheia, modelagem hidrológica, rio Mundaú.

¹ Graduandos do curso de Engenharia Ambiental e Engenharia Civil² da Universidade Federal de Alagoas – UFAL. Campus A.C. Simões – Av. Lourival Melo Mota, s/n, Tabuleiro dos Martins – Maceió – AL, CEP: 57072-970. E-mail: paulinho.freire@gmail.com; mbchaves@yahoo.com.br; agsamorim@gmail.com; daysy_lira@hotmail.com

³ Professor Adjunto do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas – UFAL. Campus A.C. Simões – Av. Lourival Melo Mota, s/n, Tabuleiro dos Martins – Maceió – AL, CEP: 57072-970. E-mail: crubertofj@hotmail.com

1. INTRODUÇÃO

As cheias são fenômenos naturais que provocam a elevação nos níveis e vazões nos rios, gerando inundações agravadas pela ocupação desordenada da população nas calhas dos rios ou interferência ao meio ambiente por atividades antrópicas, podendo causar impactos sociais e econômicos assim como danos ambientais.

Os desastres ocorridos em decorrência de eventos naturais se repetem e as consequências se tornam cada vez maiores, atingindo principalmente os setores mais carentes da sociedade. As inundações são denominadas ribeirinhas quando esse aumento do nível ocorre em consequência do comportamento natural dos rios, em função dos processos climáticos e regionais (Fragoso Jr et al., 2010).

Em Alagoas os danos causados pelos eventos naturais de cheia na região da bacia do rio Mundaú e Paraíba ocorrem com regularidade afetando vários municípios ribeirinhos, já que não existe um sistema de alerta contra enchentes ou são tomadas medidas mitigadoras da ocupação desordenada dos leitos dos rios, bem como dos demais riscos. O mês de Junho de 2010 foi marcado por fortes cheias em toda a região hidrográfica, principalmente durante os dias 17,18 e 19. O município de Rio Largo/AL, que faz parte da bacia hidrográfica do rio Mundaú, foi um dos municípios mais afetados neste último evento de 2010, o qual foi registrado em parte por uma estação fluviométrica, localizada no posto Fazenda Boa Fortuna, última seção monitorada do rio Mundaú.

As informações hidrológicas para analisar o evento não chegaram com a mesma velocidade. A única estação fluviométrica em operação no Rio Mundaú (Fazenda Boa Fortuna) foi levada pela cheia às 21:00 horas, quando registrava a cota de 8,10 m, correspondente a uma vazão de 497,39 m³/s. Os dados de precipitação também levaram algum tempo para análise e consolidação.

O gerenciamento de recursos hídricos depende de informações de chuva e vazão, com esse intuito, é objetivo deste estudo, estimar a magnitude das vazões no período de cheia do rio Mundaú em 2010 de modo a possibilitar maiores esclarecimentos nos processos físicos e prever o comportamento da bacia hidrográfica mediante cenários futuros de recorrência de cheias, bem como gerar informações de referência dos danos em função dos níveis e vazões do rio.

2. METODOLOGIA

2.1 Área de estudo

O Município de Rio Largo é situado na região metropolitana de Maceió com área de aproximadamente 309,5 Km² e população de 68.512 habitantes (IBGE/2010) e está dentro da bacia hidrográfica do rio Mundaú. A bacia do rio Mundaú compreende 30 municípios nos estados de Alagoas e Pernambuco no nordeste do brasileiro sendo dividido em 15 municípios para cada estado. Com uma área de aproximadamente 4.098 Km² a bacia tem sua nascente localizada no município de Garanhuns – PE e deságua na Lagoa Mundaú em Maceió – AL após percorrer um curso d'água de 141 Km. A figura 1 apresenta a localização da bacia do Rio Mundaú em relação ao território nacional.

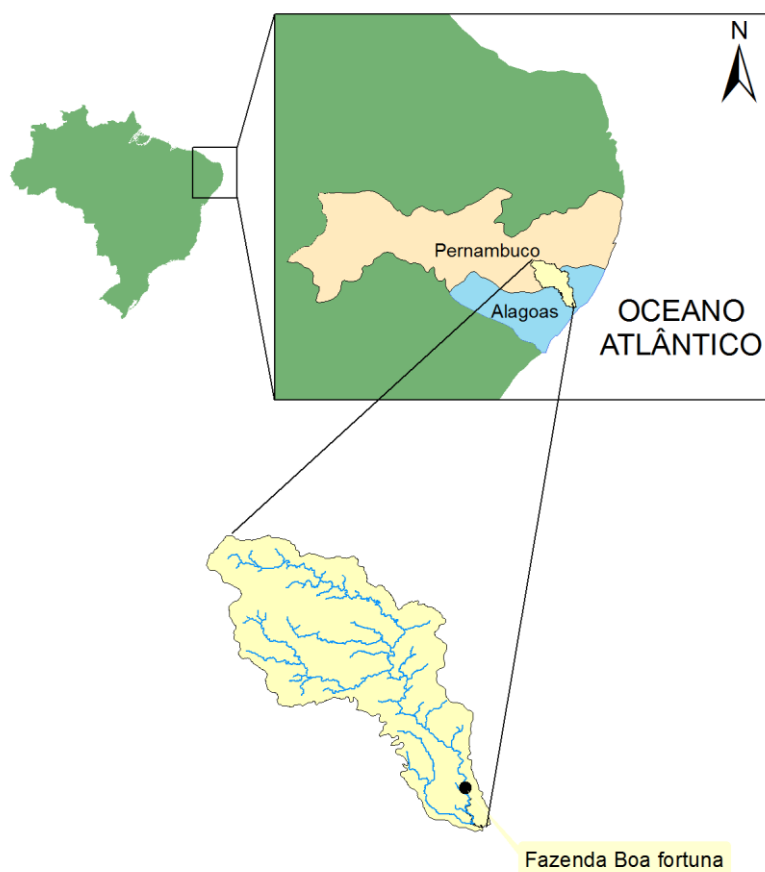


Figura 1 – Localização da bacia hidrográfica do rio Mundaú e da estação fluviométrica Fazenda Boa Fortuna (adaptado de Chaves et al., 2011)

2.2 Descrição do modelo MGB-IPH

O Modelo hidrológico utilizado no trabalho é o Modelo de Grandes Bacias (MGB), desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) por Collischonn (2001). O MGB-IPH é um modelo distribuído com aplicações eficientes em bacias com área superior a 10.000 Km² e podendo ser aplicada também em bacias menores com respostas eficientes.

Os principais dados de entrada do MGB-IPH são mapas de uso e ocupação do solo, obtidos através de imagens de satélite, dados hidrometeorológicos como precipitação, vazões observadas, temperatura, umidade relativa do ar, velocidade do vento e pressão atmosférica.

A estrutura atual do modelo MGB-IPH é a discretização em mini-bacias, formadas a partir de um modelo digital de elevação através de ferramentas de um software de geoprocessamento (Chaves et al., 2011). Cada mini-bacia pode ainda conter diversos tipos de uso e cobertura do solo, definidos com base no conceito de Unidades de Resposta Hidrológica (URH) (Figura 2) descrito por Kouwen et al (1993) citado por Colischonn (2001).

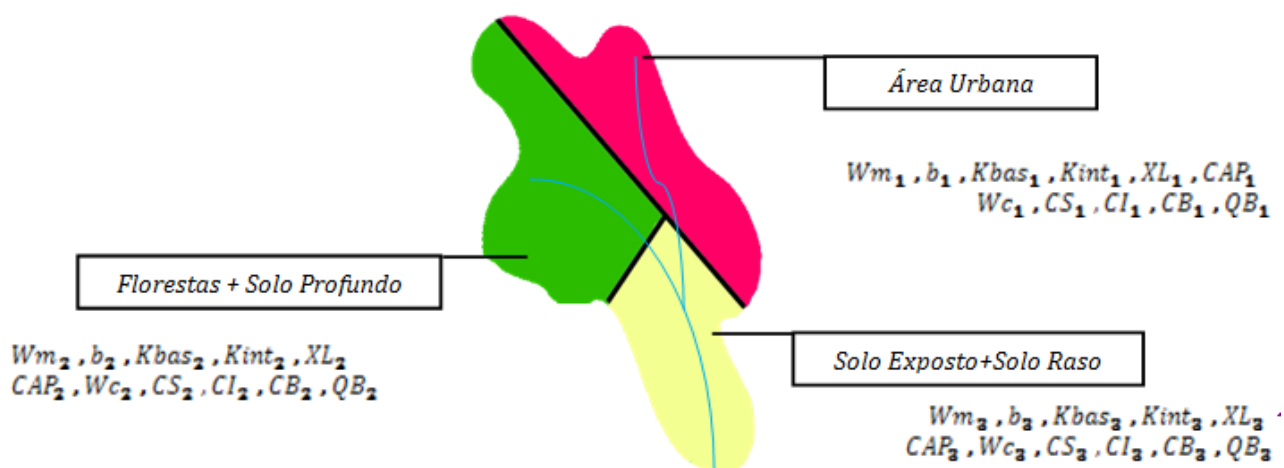


Figura 2 – Exemplos de diferentes URH em uma sub-bacia (Chaves et al., 2011)

2.3 Calibração e validação do modelo

Anteriormente o modelo foi calibrado e validado por Chaves et al. (2011) utilizando 5 postos fluviométricos ao longo da bacia do rio Mundaú. No período de calibração e validação do modelo o coeficiente de Pearson ao quadrado apresentou boas correlações para os postos situados a jusante da bacia, sendo a melhor dela a da Fazenda Boa Fortuna (Tabela 1 e 2).

Tabela 1 – Resultados da função objetivo no período de calibração

Posto	Código	R ²
Santana do Mundaú	39700000	0,534275
São José da Laje	39720000	0,397839
União dos Palmares	39740000	0,747583
Murici-Ponte	39760000	0,805283
Fazenda Boa Fortuna	39770000	0,859271

Tabela 2 - Resultados da função objetivo no período de validação

Posto	Código	R ²
Santana do Mundaú	39700000	0,640052
São José da Laje	39720000	0,229292
União dos Palmares	39740000	0,606917
Murici-Ponte	39760000	0,763238
Fazenda Boa Fortuna	39770000	0,774032

Os postos que não obtiveram boas correlações e apresentaram maiores dificuldades na calibração do modelo foram atribuídos pelo autor à pequena quantidade de postos pluviométricos na região. Mesmo com as baixas correlações nas regiões de cabeceira esses efeitos foram minimizados nas propagações dos valores calculados mais a jusante, sendo o posto fluviométrico Fazenda Boa Fortuna o que apresentou melhor correlação, a Figura 3 ilustra o período de calibração e validação do modelo na estação Fazenda Boa fortuna no município de Rio Largo/AL.

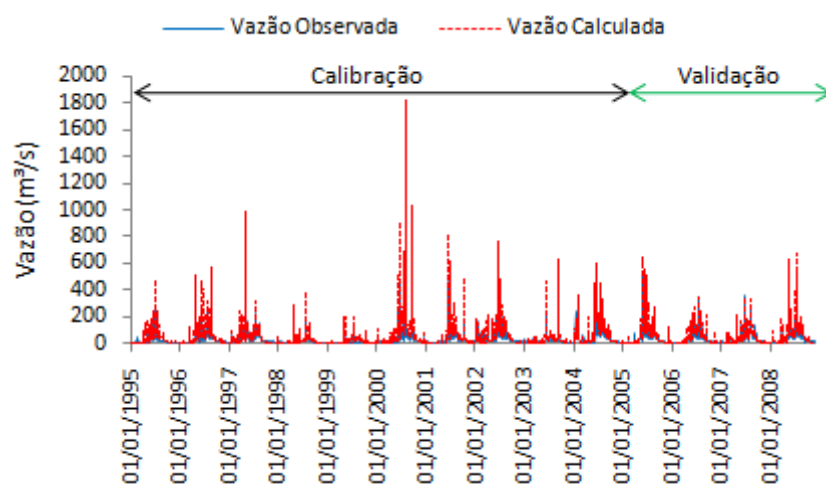


Figura 3 – Hidrograma do posto Fazenda Boa Fortuna (Chaves et al., 2011)

2.4 Simulação da cheia de 2010 em Rio Largo

Para a simulação no mês de junho de 2010 foram utilizados 22 postos pluviométricos obtidos pela Agencia Nacional de Águas (ANA). Podemos observar através de diagramas de Gantt a disponibilidade temporal dos dados pluviométricos no período simulado através do modelo, de 01/06/2010 a 30/06/2010 (Figura 4).

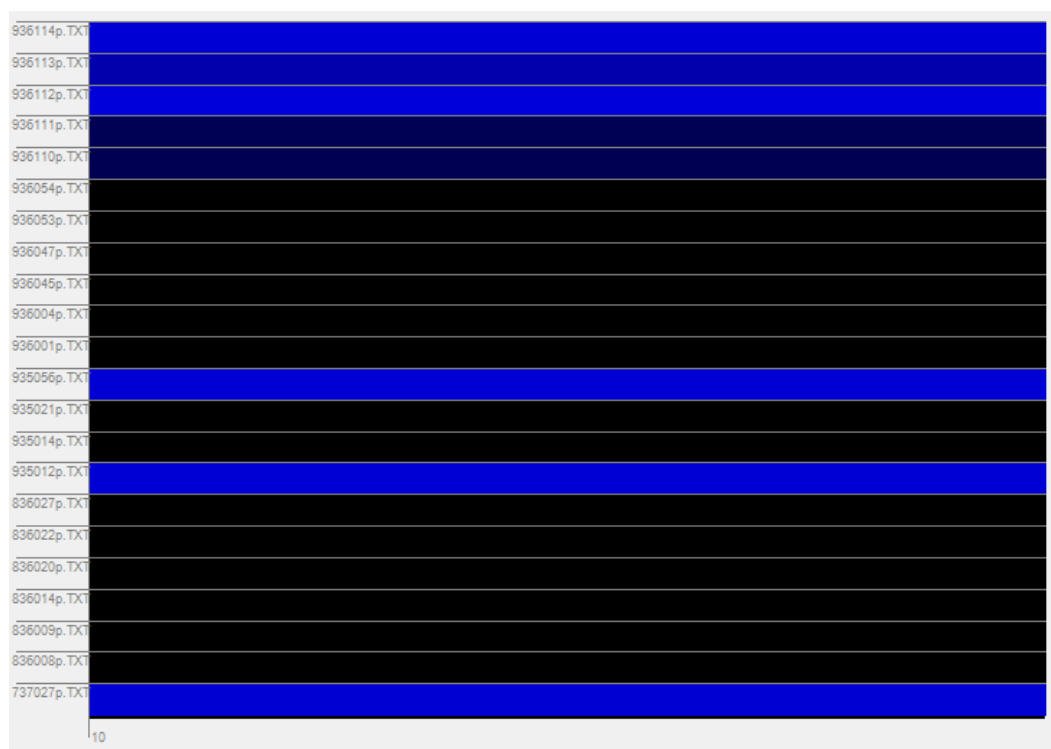


Figura 4 – Diagrama de Gantt dos dados de vazão (em preto os períodos sem dados e nos níveis azuis, os diferentes níveis de dados disponíveis; no eixo x – tempo em anos, no eixo y – código do posto fluviométrico)

3. EVENTO DA CHEIA DE 2010 NO MUNICÍPIO DE RIO LARGO

O mês de junho no ano de 2010 foi chuvoso durante toda sua duração, porém os dias de precipitações mais agudas foram os dias 17,18 e 19. No posto pluviométrico de Garanhuns nos primeiros dias do mês de 01 a 19 de junho foram registrados chuvas de 283,6 mm para uma media mensal histórica de 120 mm. Os primeiros 5 dias do mês foram bastante chuvosos, seguidos de um período menos úmido e, a partir do dia 12, novamente um período bastante chuvoso (Fragoso Jr et al., 2010).

Na seção fluviométrica Fazenda Boa Fortuna as taxas de escoamento aumentam de forma significativa por volta das 21:00 horas do dia 18 de junho. Foi registrada uma cota de

8,10 m, o que corresponde a uma vazão de 497 m³/s às 06:00 horas do dia 19 de junho quando a estação deixou de operar (Figura 5).

Posteriormente o período de intensas precipitações pode-se reconstituir o nível máximo de cheia na seção Fazenda boa fortuna, que foi de 11,5 m. Através da curva-chave (Figura 6) possibilitou a conversão da cota em vazão, para a elevação apresentada obteve-se uma vazão de 912 m³/s.

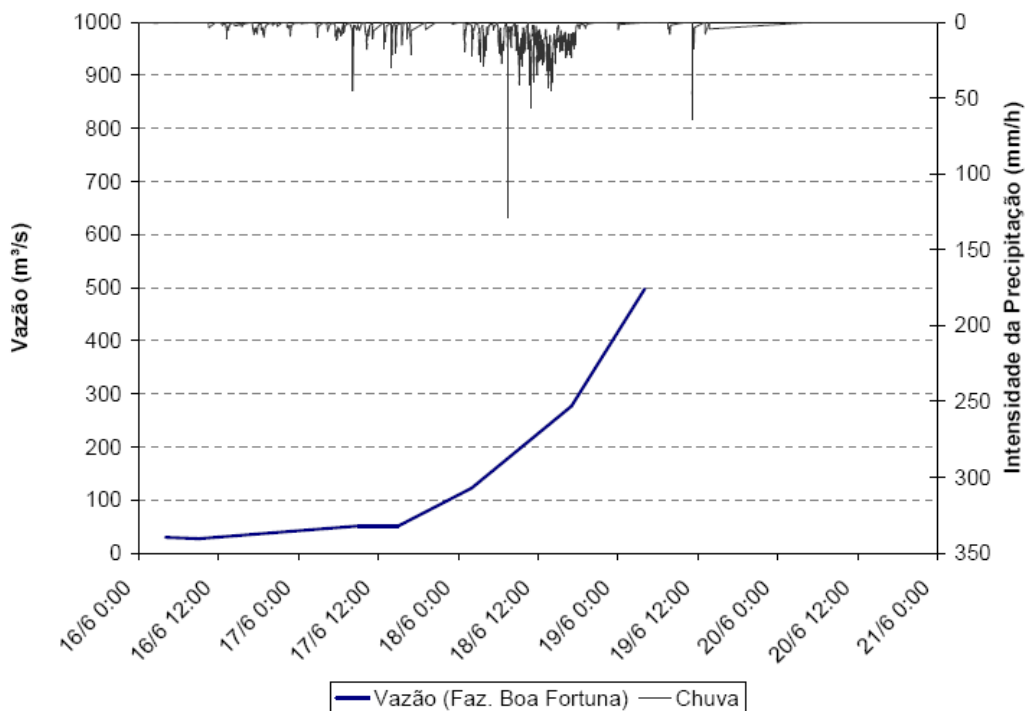


Figura 5 - Hidrograma no posto fluviográfico localizado na Fazenda Boa Fortuna (Rio Largo/AL). A estação parou de operar durante o evento de cheia às 06:00 do dia 19/06/2010 (Fragoso Jr et al., 2010)

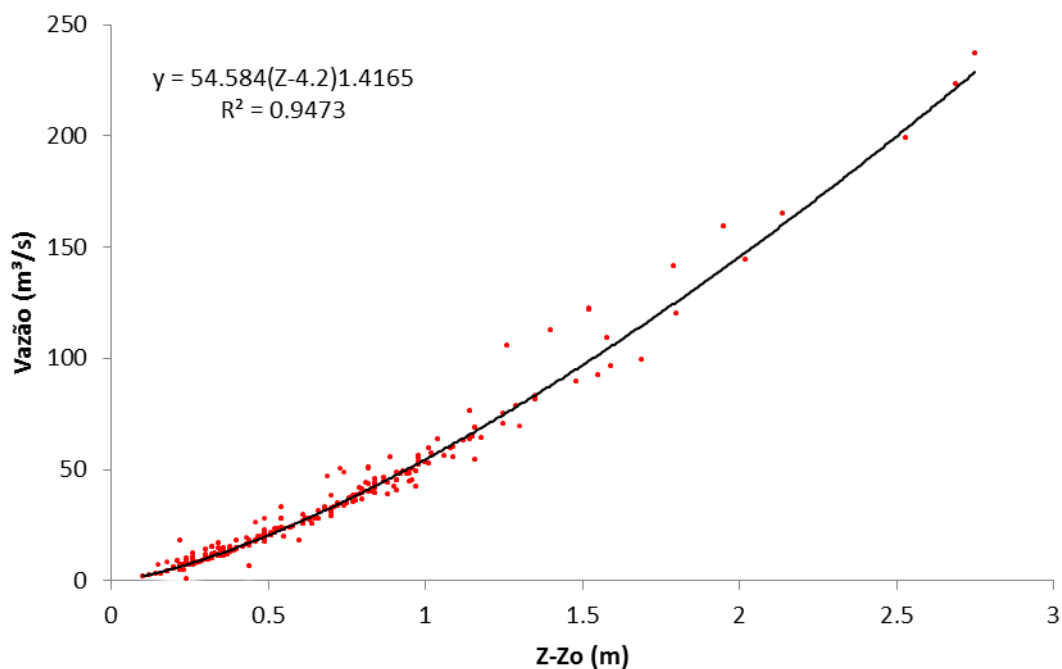


Figura 6 - Curva-Chave do posto fluviométrico Fazenda Boa Fortuna em Rio Largo/AL

4. RESULTADOS

A simulação hidrológica no mês de junho na estação fluviométrica Fazenda boa Fortuna em Rio Largo-AL é apresentada na Figura 7. Nos primeiros cinco dias no mês ocorreram chuvas intensas refletindo em um pico de vazão da ordem de 696,1 m³/s, decaindo e voltando a aumentar suas intensidades a partir do dia 17 de junho, onde foi atingindo o pico máximo de vazão do mês no dia 19 de junho (Figura 7).

A vazão máxima estimada para o evento na Fazenda Boa Fortuna foi de 1177,3 m³/s no dia 19 de junho. Esta vazão corresponde a um tempo de retorno de aproximadamente 80 anos de acordo com o ajuste da distribuição de Gumbell à serie de vazões máximas na estação Fazendo Boa Fortuna (Figura 8).

Comparando o valor estimado pelo modelo e a conversão de cota para vazão feita através da curva-chave, pode-se observar que a vazão de 912 m³/s da curva-chave subestimou a vazão obtida pela simulação na Fazenda Boa Fortuna, que foi de aproximadamente 1177 m³/s.

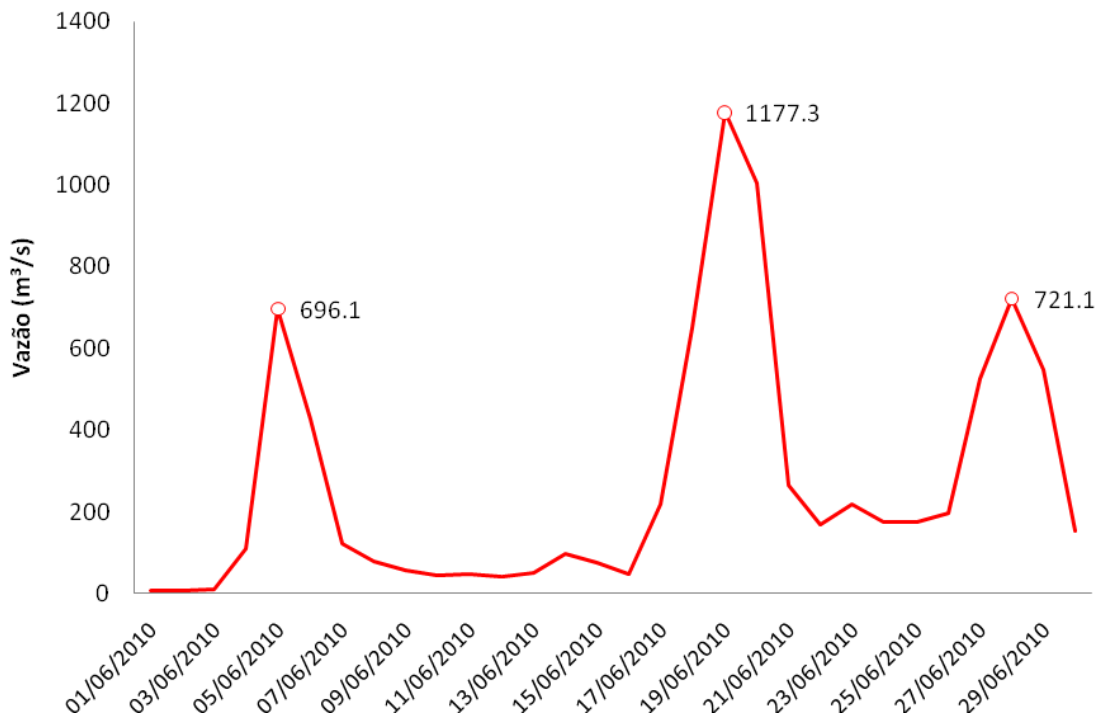


Figura 7 – Hidrograma calculado no mês de Junho de 2010 na estação Fazenda – Rio Largo-AL

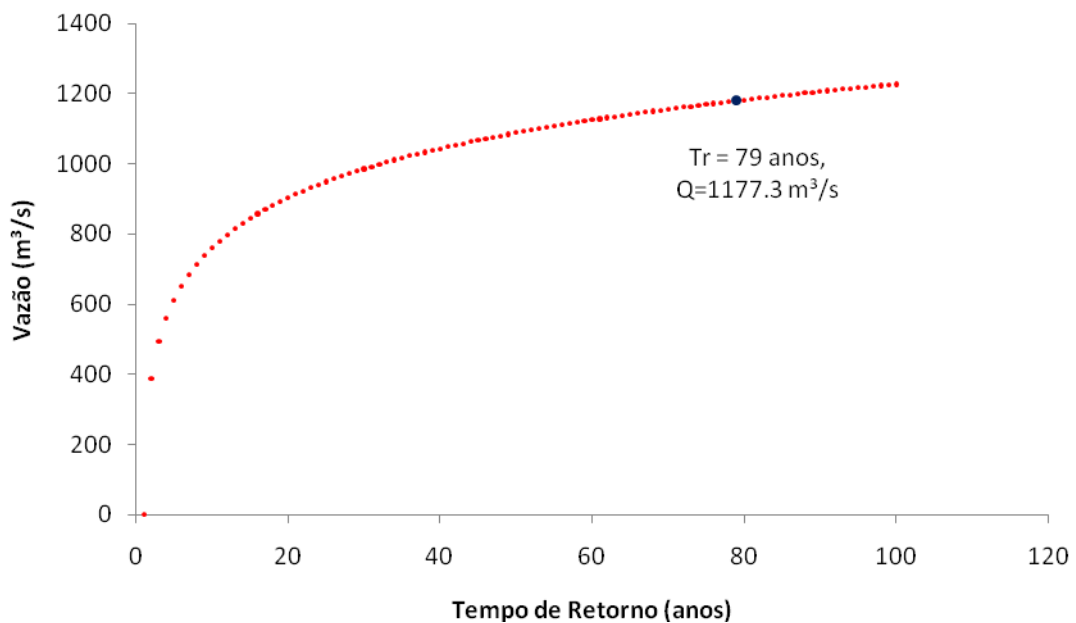


Figura 8 – Ajuste de distribuição de Gumbell aos dados de vazão máxima na estação Fazenda Boa Fortuna.

Observando a vazão máxima estimada pelo modelo no dia 19 de Junho de 2010 e os dados observados na series histórica (Tabela 3) verifica-se que esse valor estimado seria a

maior vazão registrada na estação Fazenda Boa Fortuna o que corrobora com os registros de níveis.

Tabela 3 - Série histórica de vazões máximas para a estação Fazenda Boa Fortuna

Ano	Vazão máxima (m ³ /s)	Ano	Vazão máxima (m ³ /s)
1977	504	1995	267
1978	456	1996	402
1979	262	1997	655
1980	294	1998	221
1981	306	1999	69.3
1982	456	2000	1092
1983	117	2001	550
1984	475	2002	489
1985	371	2003	486
1986	481	2004	432
1987	212	2005	631
1988	912	2006	339
1989	1042	2007	364
1990	175	2008	642
1991	586		

As limitações nas análises deste estudo estão associadas nas incertezas nos dados observados e de entrada do modelo. Dentre elas podemos citar: (a) falta de registros de vazão do evento para comparar os resultados obtidos na simulação; (b) não há sincronia na medição dos dados pluviométricos no Estado de Pernambuco e Alagoas; (c) as vazões obtidas a partir da curva chave foram extrapoladas muito além da maior medição de vazões na estação Fazenda Boa Fortuna (a maior vazão medida para a curva de descarga está na cota 6,95 m, para uma vazão correspondente de 237 m³/s); (d) a amplitude do intervalo de confiança de 95% em torno do valor esperado para a distribuição de Gumbell é de aproximadamente 640 m³/s, o que agrega uma incerteza na estimativa do tempo de retorno da vazão máxima que ocorreu no evento.

5. CONCLUSÃO

A estimativa da vazão máxima para o evento da cheia de Junho de 2010 na estação Fazenda Boa Fortuna através do modelo hidrológico superou a estimativa da vazão obtida através da curva chave, indicando que o uso da curva chave construída para a estação fluviométrica Fazenda Boa Fortuna pode subestimar os valores reais de vazão para altos

tempos de retorno. Assim, a obtenção das vazões através da curva chave geram grandes incertezas na conversão de cota para vazão. O evento de 2010 registrou a maior cota da série histórica, mas a estimativa de vazão pelo modelo hidrológico ainda possui incertezas. Observa-se nas séries históricas que a cheia do ano 2000 registrou uma vazão de 1092 m³/s para uma cota de 10,5 m, no ano de 2010 obteve-se o registro de cota de 11,5, mas sem registro de vazão. O modelo estimou que a vazão de junho de 2010 foi maior que a vazão da cheia de 2000, corroborando com o registro máximo de nível da série histórica que foi na cheia de 2010.

A estimativa realizada na simulação do modelo pode contribuir em outros estudos relacionados a cheia de junho de 2010. Com os bons resultados do MGB-IPH, posteriormente pode-se aplicar o modelo para a estimativa de vazão no período da cheia de Junho 2010 em outros municípios ribeiras na região da bacia hidrografia do Mundaú.

Como finalidade, o trabalho apresentou resultados que poderão ser decisivos nas tomadas de decisões no gerenciamento dos recursos hídricos na região afetada pelas cheias. Contribuir no monitoramento de cheias, no diagnóstico e redução da vulnerabilidade da região e na execução de um plano de controle às enchentes que atingem periodicamente os estados de Alagoas e Pernambuco.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pela concessão de bolsa de estudo a Paulo Antonio Ferreira Freire, Ao PET Engenharia Ambiental pela concessão de bolsa de estudos a Mahelvson Bazilio Chaves, a Agência Nacional de Águas (ANA) pela disponibilização dos dados utilizados no estudo e ao Laboratório de Recursos Hídricos da Universidade Federal de Alagoas – UFAL.

BIBLIOGRAFIA

COLLISCHONN, B.; COLLISCHONN, W.; SILVA, B.C.; TUCCI, C.E.M. “*Simulação Hidrológica da Bacia do Rio São Francisco Usando Precipitação Estimada pelo Satélite TRMM: Resultados Preliminares*”. XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. João Pessoa. Anais. 2005.

COLLISCHONN, W. 2001. . 207 p. tese (doutorado) Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

CHAVES, M. B. ; AMORIM, A. G. S. ; FREIRE, P. A. F. ; FRAGOSO JR, C. R. .
“*Caracterização do Regime Hidrológico da Bacia do Rio Mundaú Através de Um Modelo Hidrológico Distribuído*”. In: XIV Congresso Mundial da Água, 2011, Porto de Galinha, PE. Anais do XIV Congresso Mundial da Água, 2011.

KOUWEN, N.; PIETRONIRO, A.; HARRINGTON, R.A.. 1993. "*Grouping Response Units for Distributed Hydrologic Modelling*", J. of Water Resources Management and Planning, ASCE, 119(3), 289-305.

SHUTTLEWORTH, W.J. Evaporation In: MAIDMENT, D. R. *Handbook of hydrology*. McGraw-Hill New York. 1993.

FRAGOSO JR, C. R. ; PEDROSA, V. A. ; SOUZA, V. C. B. . *Reflexões sobre a Cheia de Junho de 2010 nas Bacias do Rio Mundaú e Paraíba*. In: X Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2010, Fortaleza, CE. Anais do X Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2010.

SILVA, B. C. ; COLLISCHONN, W. ; TUCCI, C. E. M. . “*Simulação da bacia do rio São Francisco através do modelo hidrológico MGB-IPH*”. In: Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2004, São Luís MA. Anais do Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2004.

TUCCI, C.E.M. *Modelos hidrológicos*. ABRH Editora da UFRGS. Porto Alegre. 669p. 1998.

WIGMOSTA, M.S.; VAIL, L.W.; LETTENMAIER, D.P. *A distributed hydrology-vegetation model for complex terrain*. Water Resources Research Vol 30 No. 6 pp. 1665-1679. 1994.