

REFLEXÕES SOBRE A CHEIA DE JUNHO DE 2010 NAS BACIAS DO RIO MUNDAÚ E PARAÍBA

Carlos Ruberto Fragoso Júnior¹; Valmir de Albuquerque Pedrosa¹; Vladimir Caramori Borges de Souza¹

RESUMO --- Em junho de 2010 mais uma vez os estados de Alagoas e Pernambuco foram vitimados por uma forte cheia que provocou mortes, inundações e destruição de estradas, pontes e casas. Este artigo analisou preliminarmente o evento hidrológico ocorrido nas bacias dos rios Mundaú e Paraíba e esclareceu algumas questões sobre suas características, incluindo sua duração, intensidade, tempo de retorno e distribuição temporal e espacial, bem como os fatores que podem ter intensificado a magnitude deste evento tais como saturação do solo, fortes declividades, rompimento de barragens e ocupação urbana na planície de inundação. A análise das vazões máximas do posto da Fazenda Boa Fortuna, localizado no município de Rio Largo/AL, indicou que o evento ocorrido pode ter um tempo de retorno superior a 200 anos.

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. This paper analyzed the occurred event preliminarily in the watershed of the Mundaú and Paraíba rivers, in point of view hydrologic. We also have exposed some questions about their characteristics, including its duration, intensity, return period and temporal and spatial distribution, as well as factors that may have intensified the magnitude of this event such as soil saturation, strong slopes, breaking the dams and urban settlement in the floodplain. The peak discharges analysis at Fazenda Boa Fortuna station, located in Rio Largo/AL, indicated that event occurred can have a return period greater than 200 years.

Palavras-chave: Cheia, Eventos extremos, inundação, Barragem.

¹ Professor Adjunto do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas – CTEC/UFAL, Campus A. C. Simões - Av. Lourival Melo Mota, s/n, Tabuleiro do Martins - Maceió - AL, CEP: 57072-970. E-mail cruberto@hotmial.com; valmir_pedrosa@yahoo.com; vcaramori@yahoo.com

INTRODUÇÃO

A segunda quinzena do mês de junho de 2010 foi marcada no nordeste brasileiro por um evento hidrológico marcante: o noticiário registrou uma grande tragédia provocada pelas cheias nas bacias dos rios Mundaú e Paraíba, nos estados de Alagoas e Pernambuco. Rapidamente uma grande quantidade de informações invadiu os meios de comunicação, apresentando um cenário típico de guerra: cidades inteiras devastadas pela enxurrada que, com grande violência, invadiu as casas ribeirinhas arrastando tudo o que havia pela frente.

Na mesma velocidade das águas, as especulações em busca das causas do evento catastrófico começaram a aparecer, também nos meios de comunicação e mesmo entre o burburinho popular nos locais afetados pelo evento. Os prováveis "responsáveis" pelo evento foram logo identificados: barragens rompidas, comportas abertas e, evidentemente, a magnitude do evento meteorológico ocorrido.

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.

Nos primeiros dias seguintes ao evento, as autoridades estaduais tiveram grande mobilização para atendimento aos afetados pelos eventos e para percorrer a bacia em uma análise de campo do evento ocorrido. Apesar de, em uma análise rápida, as características do evento apontarem para efeito de ruptura de barragens (grandes velocidades do escoamento, tempo de base pequeno, vazão de pico elevada), as autoridades estaduais se apressaram em afirmar não ter havido rompimento que justificasse a destruição mas, sim, que as chuvas nas cabeceiras das bacias haviam sido, de fato, excepcionais.

À medida que as informações de campo foram chegando, novos elementos foram levantados para analisar hidrológicamente o evento: saturação do solo, reservatórios cheios, possível rompimento em cascata de pequenos açudes, entre outros. Após alguns dias após o evento foi noticiado o rompimento efetivo da Barragem Nação, localizada no município de Bom Conselho/PE.

O objetivo deste artigo é analisar o evento hidrológico ocorrido nesta região e esclarecer algumas questões sobre suas características, incluindo sua duração, intensidade, tempo de retorno e distribuição temporal e espacial.

AS CARACTERÍSTICAS DA ÁREA EM ESTUDO

As bacias dos rios Paraíba e Mundaú têm suas nascentes na região semi-árida pernambucana e drenam suas águas para o Oceano Atlântico passando pelo Estado de Alagoas. Suas áreas de drenagem são 3145 km² e 4127 km², respectivamente (Figura 1). Desta área, 62% da bacia do rio Paraíba e 47% da bacia do rio Mundaú estão no Estado de Alagoas e o restante no Estado de Pernambuco.

A bacia do Rio Mundaú, que tem sua nascente no estado de Pernambuco e deságua na lagoa homônima (23 km²), tem o rio principal com extensão de 141 km. A bacia do Rio Paraíba, que também nasce no estado de Pernambuco e deságua na lagoa Manguaba (31 km²), tem o rio principal com extensão de 122 km. A Figura 1 mostra a delimitação das bacias e sua situação em relação aos Estados de Alagoas e Pernambuco, assim como a localização de algumas sedes municipais alagoanas.

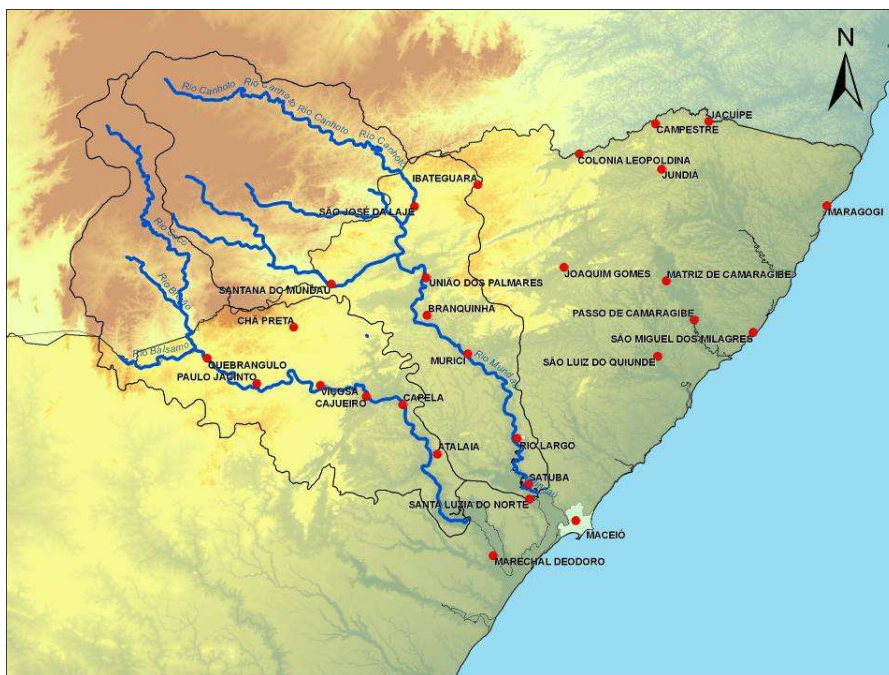


Figura 1. Localização da área de estudo.

Os rios Mundaú e Paraíba deságuam nas lagoas Mundaú e Manguaba, respectivamente, as quais são interligadas por canais e constituem um importante Complexo Lagunar do nordeste brasileiro, o Complexo Estuarino-Lagunar Mundaú-Manguaba (CELMM), que tem importância fundamental para a economia da população ribeirinha.

No trecho alagoano, a área das duas bacias representa cerca de 22% da área total do estado de Alagoas, cujo área é de 27.731 km². Estas bacias são formadas por 21 municípios, onde se encontram, aproximadamente, uma população de 1,3 milhão de pessoas, incluída aí a capital do Estado, que se encontram às margens do CELMM. Na tabela 1, pode-se constatar as populações dos municípios alagoanos localizados na bacia Mundaú-Paraíba.

Tabela 1 - População dos municípios alagoanos localizados na bacia Mundaú-Paraíba (IBGE, 2006)

Municípios	População
Atalaia	42.022
Branquinha	13.557
Cajueiro	19.254
Capela	18.631
Chã Preta	7.438
Coqueiro Seco	5.393
Maceió (capital)	922.458
Marechal Deodoro	44.038
Messias	13.044
Murici	21.675
Paulo Jacinto	7.757
Pilar	32.640
Pindoba	2.318
Quebrangulo	12.272
Rio Largo	68.856
Santa Luzia do Norte	6.826
Santana do Mundaú	11.181
São José da Laje	20.387
Satuba	15.045
União dos Palmares	59.503
Viçosa	28.253

Os rios Mundaú e Paraíba nascem em um corpo granitóide de solo raso, apresentando leitos bem encaixados. O médio curso dos rios apresenta relevo ainda bastante acidentado em um domínio de rochas granitóides e o trecho baixo tem domínio de litologias sedimentares (Moura Reis et al., 2000).

Quanto aos aspectos econômicos da bacia (no trecho alagoano), destacam-se as seguintes atividades: i) agro-indústria canavieira com produção de açúcar, álcool e bio-eletricidade; ii) pecuária

semi-intensiva; iii) pesca; iv) agricultura; v) indústria; vi) e turismo. Das 24 maiores usinas de açúcar existentes no estado, 13 estão localizadas nesta região, sendo que destas, 10 possuem destilarias.

A pecuária da região baseia-se na criação de gado leiteiro e de corte. Já a agricultura é caracterizada pelo cultivo do algodão, feijão, banana, milho e pastos. Uma parte razoável destas atividades é de subsistência, sem que nenhuma técnica de irrigação seja utilizada, ficando o pequeno produtor sujeito as variações climáticas.

Por último, o turismo, atividade de destaque na economia alagoana, baseia-se primordialmente nos recursos hídricos da região para atrair os visitantes. Além das praias, o Complexo Lagunar Mundaú-Manguaba atrai grande número de turistas pelas suas belas paisagens e sua culinária típica. A preservação e ampliação da atividade turística é fundamental para a economia do estado de Alagoas.

O HISTÓRICO DAS CHEIAS

As cheias naturais das bacias dos Rios Paraíba e Mundaú, historicamente, têm causado danos com certa regularidade no Estado de Alagoas. Nos últimos 100 anos, 7 grandes cheias assolaram a região (1914, 1941, 1969, 1988, 1989, 2000, 2010). Os próprios moradores das áreas afetadas relatam sua convivência *natural* com esses eventos. As cheias de 1914 e 1941 causaram grandes danos, mas há pouco registro do ocorrido.

A cheia de 1969 foi a mais letal para a região, com cerca de 1.100 mortes em pouco mais de 4 horas. A cidade de São José da Laje, localizada na bacia do rio Mundaú, foi a mais duramente castigada. Somente nesta cidade cerca de 400 pessoas morreram nestas poucas horas. Os corpos foram amontoados na Delegacia e causaram grande horror na cidade. A cheia também destruiu 1.200 casas e desabrigou mais de 10.000 na região do município de São José da Laje. Na época os prejuízos foram avaliados em, aproximadamente, 30 milhões de dólares.

Na ocasião, ainda sob o choque da tragédia, a Prefeitura de São José da Laje expediu Decreto Municipal proibindo ocupação por casas na margem do rio no perímetro urbano da cidade. Isto foi cumprido com severidade por cerca de 10 anos. Depois com o passar dos anos, a população voltou a ocupar às margens do rio Canhoto, afluente do rio Mundaú.

Em 1988, a tragédia se repete: 21 municípios alagoanos foram atingidos pelas enchentes de maio causando imensos danos em toda área das bacias dos rios Paraíba e Mundaú. Naquele ano foram registradas 9.000 casas danificadas, das quais 4.000 foram totalmente destruídas. Foram duramente atingidos os serviços essenciais de abastecimento de água, de saúde, de educação, de energia elétrica, além dos danos provocados na infra-estrutura viária de um modo geral. Neste evento, o nível máximo de cheia registrado na estação Fazenda Boa Fortuna, no Rio Mundaú, foi de 9,83 m, com vazão máxima registrada de 912 m³/s.

No ano seguinte, em julho de 1989, o fenômeno se repete com maior intensidade, atingindo 17 dos 21 municípios que constituem as bacias dos rios Paraíba e Mundaú. Na ocasião, 14.600 casas foram atingidas, das quais 6.700 totalmente destruídas. O sistema viário foi extremamente afetado, sendo as principais estradas atingidas as rodovias AL 101, 210 e 220 e as BRs 101, 104 e 316. No entanto os maiores estragos se verificaram nas vias intermunicipais causando a destruição total ou parcial de centenas de quilômetros de estradas vicinais, pontes, pontilhões, etc. As vias urbanas, dezenas de prédios públicos, praças, foram duramente atingidos. Os custos estimados para a reconstrução da região foram de 200 milhões de dólares. Ainda em 1989, o Distrito Industrial Luiz Cavalcante, localizado na cidade de Maceió, passou pela fase mais crítica de sua história, com 26 indústrias seriamente atingidas pelas chuvas, provocando a paralisação de toda a atividade industrial por mais de três semanas. Neste evento, não há registro do nível máximo de cheia na série histórica da estação Fazenda Boa Fortuna, no Rio Mundaú, mas a vazão registrada na série histórica é de 1042 m³/s.

A partir da magnitude de dois eventos destruidores em anos seguidos, evidencia-se a necessidade de se promover estudos para um trabalho que garanta a prevenção de novas inundações. Esta necessidade é evidenciada no “Relatório-Diagnóstico sobre os danos causados pelas chuvas de 1988 e 1989”, finalizado no ano de 1990. Este documento foi elaborado numa parceria com Governo de Alagoas, do Governo Federal e do PNUD da Organização dos Estados Americanos (OEA). No referido documento, sugere-se ainda como alternativa de prevenção contra as enchentes a realização de obras de drenagem das águas, a construção de reservatórios para contenção de enchentes, o reflorestamento da bacia, obras nas calhas dos rios, e a implantação de um sistema de alerta de prevenção de enchentes. Além deste problema, outras questões afetam o desenvolvimento da região como, por exemplo, o processo acelerado de degradação ambiental, comprometendo os recursos naturais existentes e provocando desequilíbrios em termos econômicos e sociais. Nenhuma destas ações foi executada.

No ano de 2000, outra enchente afeta duramente a região. Desta vez são 36 mortes e 76 mil desabrigados, dezenas de milhares de casas destruídas, 14 pontes destruídas e a suspensão do serviço de transporte ferroviário pela destruição das linhas férreas. Neste evento, o nível máximo de cheia registrado na estação Fazenda Boa Fortuna, no Rio Mundaú, foi de 10,5 m, com vazão máxima estimada em 1092 m³/s.

No ano 2010, nos dias 18 e 19 de junho, a região foi novamente devastada pelas cheias dos rios Paraíba e Mundaú. Os relatos iniciais, sobretudo aqueles feitos pelos moradores das cidades afetadas, indicam ser esta a maior cheia histórica nestas bacias. A Defesa Civil Estadual continua contabilizando os estragos causados pela cheia no Estado de Alagoas. No boletim emitido no dia 23 de junho de 2010, os números de desabrigados e desalojados eram de 26.618 e 47.897 mil pessoas respectivamente. Foram notificadas 26 mortes e 22 desaparecidos, e ainda 7.669 casas danificadas e 9.732 casas destruídas. Várias cidades tiveram bairros inteiros varridos. As cidades de Branquinha, Santana do Mundaú, União dos Palmares e Quebrângulo foram as mais atingidas. Na cidade de Branquinha, aproximadamente 80% das casas foram destruídas. A catástrofe foi ricamente documentada pela imprensa local, regional e nacional, além de uma quantidade gigantesca de registros disponíveis na internet realizados por observadores locais. Os serviços de água, energia elétrica, transporte, educação foram duramente atacados, sendo que as aulas estão suspensas na região da tragédia até o momento da redação desta artigo, dia 20 de julho de 2010. O Governo Federal anuncia a liberação de R\$ 1 bilhão para o início dos trabalhos de reconstrução. Na imprensa, discute-se rompimentos de barragens, os quais ajudaram a agravar tragédia. O mosaico de fotos abaixo dá uma pequena demonstração visual da força e nível alcançados pelas águas.



Capa do Jornal Gazeta de Alagoas do dia 23 de Agosto de 2000, mostrando que o fenômeno da enchente não é raro.



Capa do Jornal Gazeta de Alagoas do dia 22 de junho de 2010, mostrando sentimento geral da população.



Outra visão de um bairro totalmente destruído na cidade de Rio Largo, indicando a extrema velocidade atingida pela água nesta região. Nesta região até os escombros foram arrastados. A limpeza do local é fruto apenas da velocidade da enchente (21/07/2010).



Na casa branca ao fundo vê-se que a água atingiu o primeiro andar da mesma. Observa-se que trata-se de uma casa com piso inferior bem acima do nível da rua - Cidade de União dos Palmares (21/07/2010).



Metade da casa sobre as águas na cidade de Rio Largo, revelando a precariedade do disciplinamento do uso e ocupação do solo no quesito prevenção aos danos provados pelas enchentes (21/07/2010).



Na Usina Laginha, localizada em União dos Palmares, havia 6 tanques de álcool, cada um com capacidade para 1.200 m³. Cinco tanques foram levados pela enchentes por mais de 25 km. Apenas um resistiu parcialmente. Observa-se que os tanques estão a menos de 3 metros do leito menor do rio (21/07/2010).

Figura 2 – Mosaico de fotos da tragédia havida em Alagoas no mês de junho de 2010.

O EVENTO DE JUNHO DE 2010

O evento de cheias de junho de 2010 deve ser analisado considerando-se sua ocorrência durante todo o mês de junho e não apenas nos dois dias de desastres provocados nas cidades alagoanas e pernambucanas.

Os registros pluviométricos do mês de junho mostram um período de chuvas muito superiores à média (conforme mostrado nas isoietas da Figura 3). Para ilustrar, o posto Garanhuns registrou 283,6 mm de chuva entre o dia 01 e 19 de junho, para uma média 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.

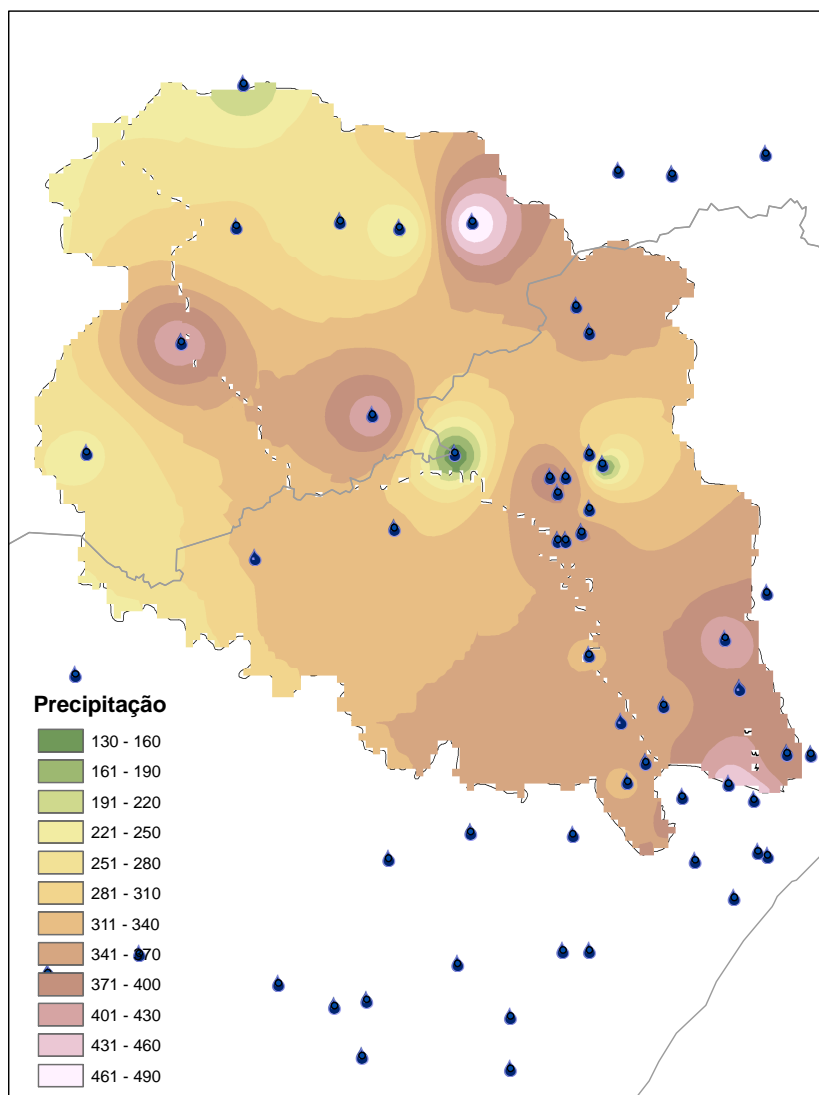


Figura 3 – Isoietas de precipitação para o período de 01 a 19 de junho

Nos três dias de precipitações mais intensas (16, 17 e 18 de junho), a precipitação se deslocou do centro do estado de Pernambuco (dia 16) em direção às cabeceiras dos Rios Paraíba e Mundaú (dia 17) e, em seguida, em direção ao centro das bacias (dia 18), quando então perdeu intensidade (dia 19) (conforme mostrado nas isoietas de precipitação da Figura 4). O acumulado precipitado de 3 dias, em alguns pontos, supera 250 mm. Há, nesta análise, um certo grau de incerteza, uma vez que os registros analisados são de precipitação diária e com ausência de sincronia entre a medição em Alagoas e Pernambuco:

- os equipamentos de PCD acumulam a chuva até 00:00 horas;
- os pluviômetros pernambucanos registram a chuva às 9:00 horas, com alocação da precipitação para o dia da leitura;
- os pluviômetros alagoanos registram a chuva às 7:00 horas, com alocação da precipitação para o dia anterior ao da leitura (para a análise apresentada foi realizada a sincronia diária, mas não horária);
- observando-se os registros pontuais, verifica-se dois pontos de chuvas pouco significativas, com abrangência localizada, o que induz a uma reflexão de inconsistência nos dados destes pontos.

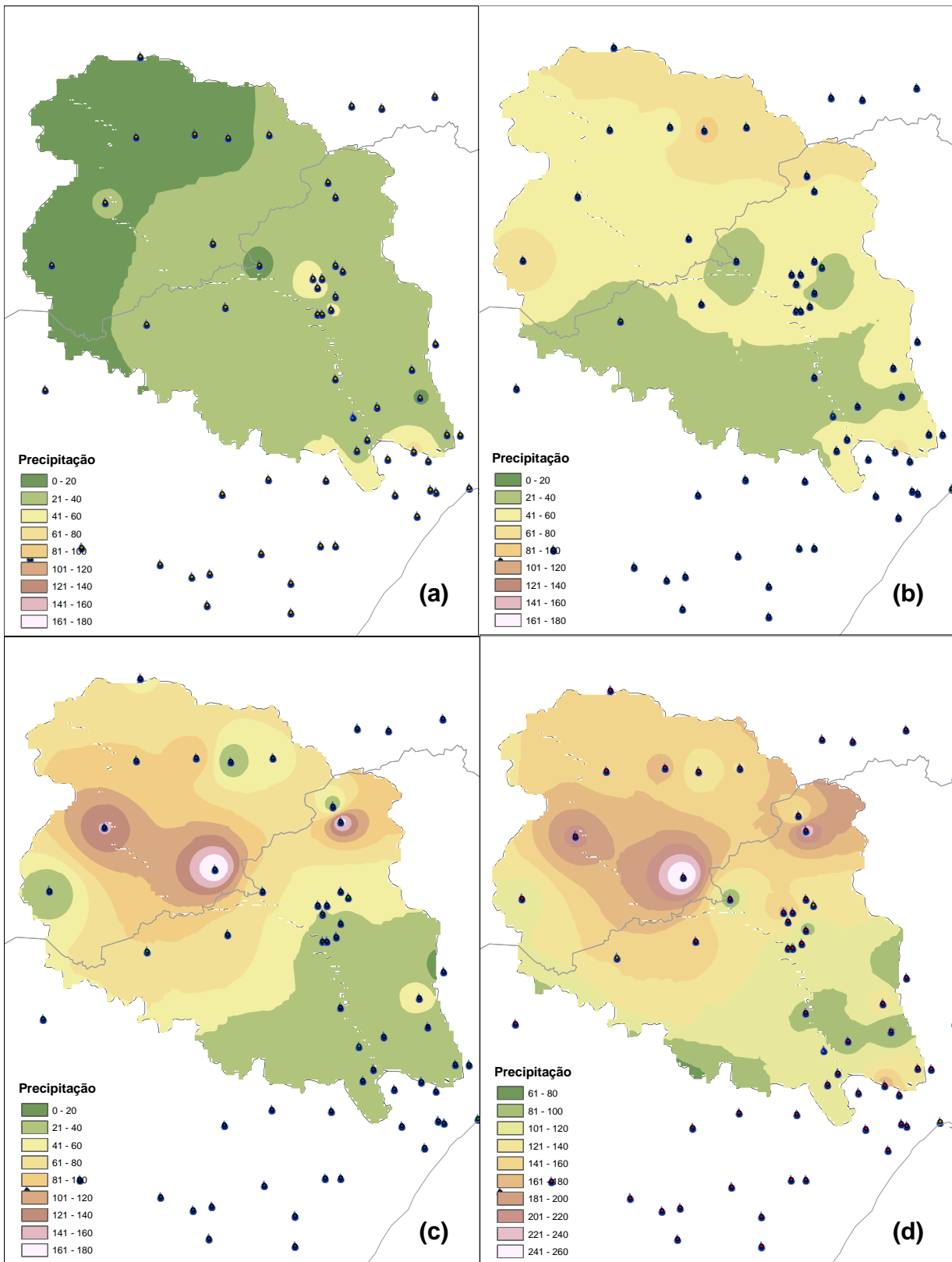


Figura 4 – Isoietas de precipitação, em mm, para: (a) 16 de junho, (b) 17 de junho, (c) 18 de junho e (d) acumulada de 3 dias

No que se refere ao escoamento, a estação Fazenda Boa Fortuna, no rio Mundaú, mostra que as vazões começaram a aumentar no dia 17/06, por volta das 21:00 horas, mas tiveram aumento mais significativo a partir do dia 18/06, por volta das 21:00 horas (Figura 5). No dia 19/06, por volta de 06:00 horas, a estação parou de operar quando registrava uma vazão de 497,39 m³/s, na cota 8,10 m. Após a passagem da onda de cheias, e com a reconstituição da estação Fazenda Boa Fortuna, recuperou-se o nível máximo de cheia em 11,50 m, deixado pelas marcas do evento. Convertendo esta cota para vazão através da curva-chave (Figura 6), considerando esta curva válida para este nível de água, resulta em uma vazão de 915 m³/s. No entanto, como a maior vazão medida para estabelecimento da curva-chave foi de 237 m³/s, correspondente à cota 6,95 m e velocidade média de 1,42 m/s, existe uma grande incerteza na estimativa da vazão de cheia através desta curva-chave que provavelmente foi subestimada.

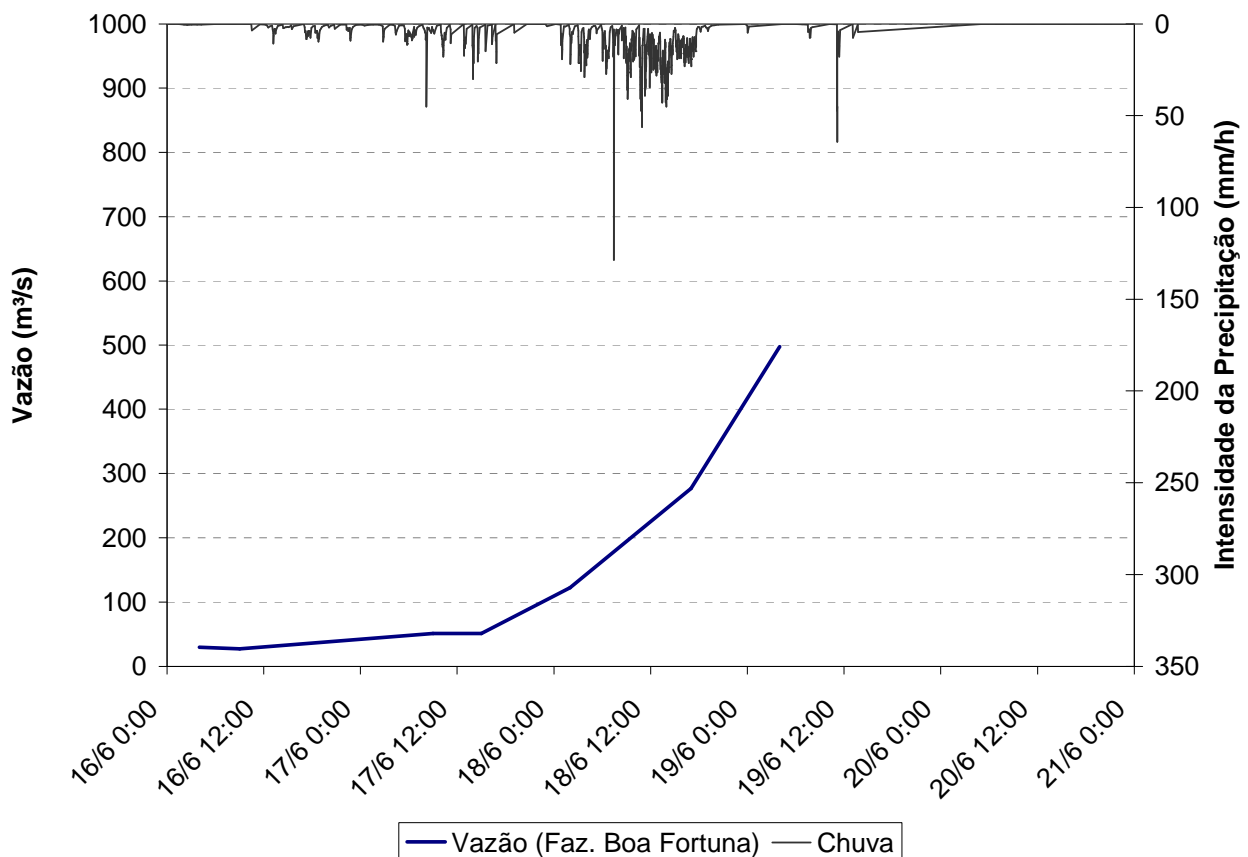


Figura 5– Hidrograma no posto fluviográfico localizado na Fazenda Boa Fortuna (Rio Largo/AL). A estação parou de operar durante o evento de cheia às 06:00 do dia 19/06/2010.

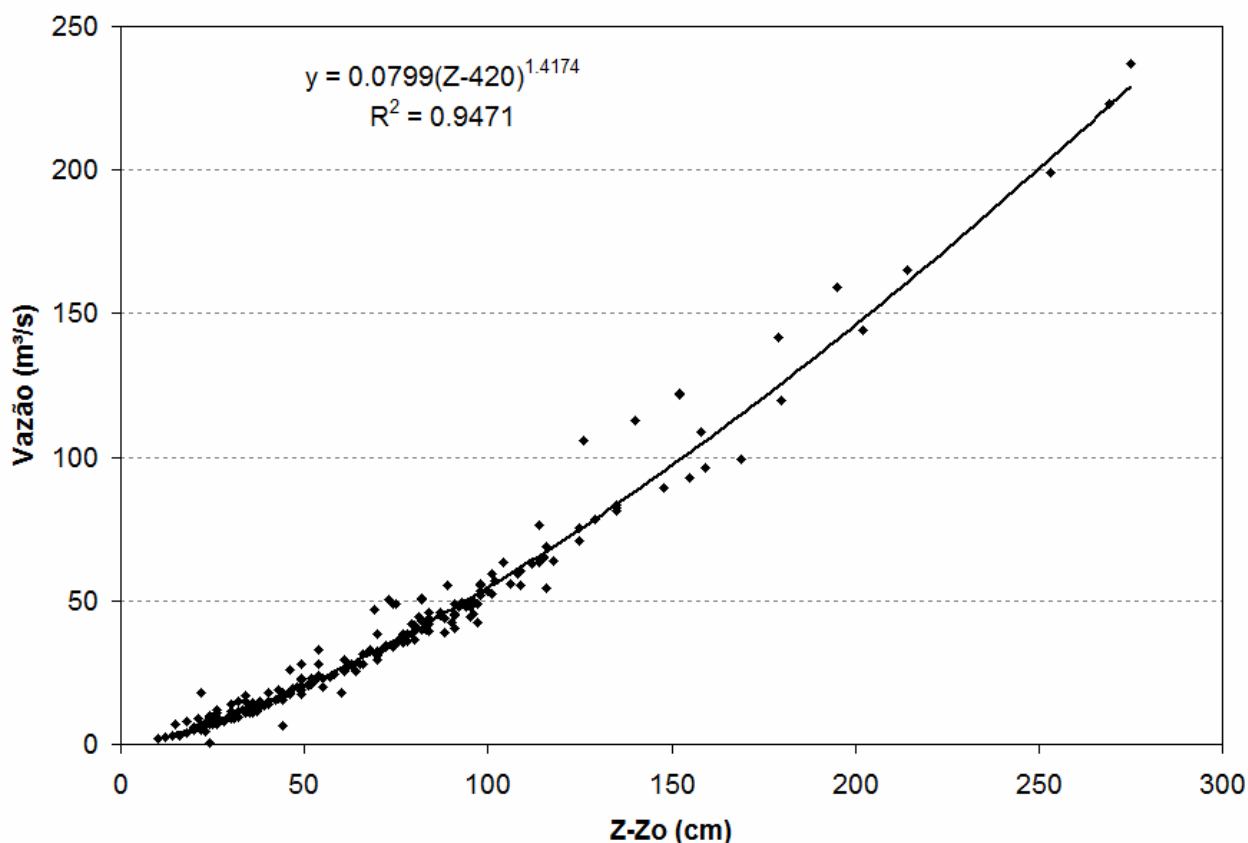


Figura 6 – Curva-chave do posto fluvigráfico localizado na Fazenda Boa Fortuna (Rio Largo/AL).

Apesar de ter sido observado um evento chuvoso de longa duração (período mais intenso igual a 3 dias), e mesmo tendo as bacias com tempos de concentração superiores a 1 dia ², os tempos de passagem do hidrograma foram, segundo relatos obtidos localmente com moradores, inferiores a 12 horas (tempo de base do hidrograma de escoamento superficial direto). Destaca-se, neste caso, que entre 06:00 horas e as 7:00 horas do dia 19/07, a cota na estação Fazenda Boa Fortuna subiu cerca de 3 m (o pico de cota em Rio Largo ocorreu por volta das 07:00 do dia 19/07). Nos eventos críticos anteriores (1988, 1989 e 2000), verifica-se tempo de base do hidrograma sempre superior a 3 dias.

As imagens mostradas e repetidas nos meios de comunicação mostram escoamento com altas velocidades, suficientes para arrastar árvores de grande porte, pontes, veículos e todo tipo de objeto. Estes elementos, combinados, alimentaram o argumento de que “a catástrofe só pode ter sido provocada por rompimento de barragem”. Neste sentido, buscou-se levantar os elementos que podem

² Os tempos de concentração nas bacias do rio Mundaú e Paraíba são de 1,53 e 1,34 dia, respectivamente. Estes tempos de concentração foram calculados através da equação de Kirpich (Tucci, 1993)

ter contribuído de forma significativa para justificar os danos causados pelo evento dos dias 18 e 19 de junho. Destaca-se que os elementos aqui levantados ainda não são conclusivos, mas contribuem para a compreensão do evento hidrológico.

FATORES QUE PODEM TER INTENSIFICADO A MAGNITUDE DO EVENTO

Saturação das Bacias

A precipitação, como já foi destacado, foi muito acima da média, com deslocamento da precipitação de montante para jusante e concentração em três dias. Deve-se observar, adicionalmente, que as regiões semi-áridas do nordeste brasileiro são caracterizadas por uma quantidade enorme de açudes, em sua maioria de pequeno porte, que, somados, têm grande capacidade de armazenamento. Nas duas bacias em análise, foram levantados mais de 800 açudes com área de espelho d'água variando de 0,2 a 5 ha (Figura 7). Como referência, pode-se tomar a área do espelho d'água formado pela barragem Carangueja (segunda maior barragem da bacia do rio Paraíba, localizada em Quebrângulo) da ordem de 42 ha. Esses açudes, para condições normais, retêm parcela importante da precipitação que geraria escoamento superficial.

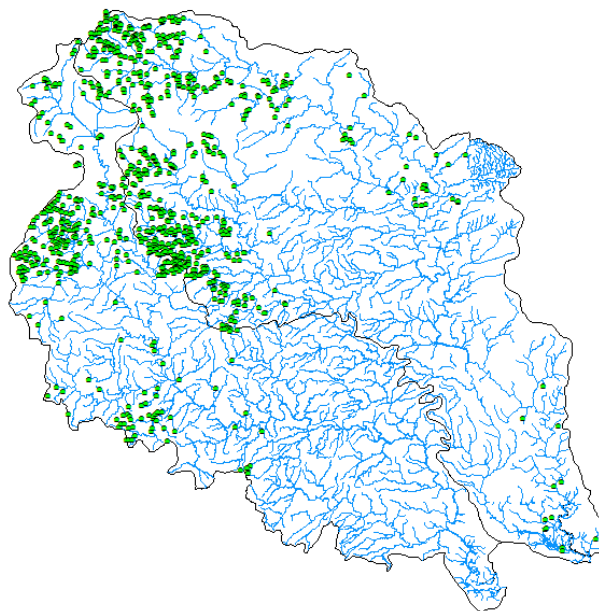


Figura 7 – Localização dos açudes e barramentos (pontos verdes) nas bacias do rio Mundaú e Paraíba.

Considerando que as semanas que antecederam o evento crítico foram bastante chuvosas, com lâminas acumuladas superiores aos três dias do evento crítico, todos esses açudes já se encontravam saturados, com sua capacidade máxima preenchida. Considerando, também, que o espelho d'água é pequeno, a partir do seu enchimento, esses reservatórios perdem toda a sua capacidade de amortecimento de água.

Da mesma forma, as bacias em análise apresentam, em suas cabeceiras, a rocha cristalina aflorante, o que resulta em um solo muito raso e com baixa capacidade de armazenamento. Combina-se, igualmente, o solo raso com período antecedente muito chuvoso e o resultado é um solo completamente saturado.

Esses dois elementos, solo saturado e reservatórios cheios, resultaram em coeficientes de escoamento superficial acima da média para eventos de mesma magnitude.

Altas Declividades das Bacias

Em toda a porção pernambucana, as bacias em análise apresentam altas declividades. Ambas nascem na Serra da Borborema, em altitudes em torno de 850 m na cidade de Garanhuns. Ao passar para o Estado de Alagoas, onde a cheia já causou grandes estragos, a cota dos rios Paraíba e Mundaú já atingem os valores de 39 m e 14 m, na cidade de Rio Largo, na parte e baixa da cidade, respectivamente. As declividades médias das bacias do rio Mundaú e Paraíba são 4,275 e 3,75 m/km, respectivamente. Em vários trechos, observam-se várias quedas d'água e trechos de rio com grande declividade, o que permite um aumento da energia cinética dos eventos de cheia.

Rompimento de Barragens

Como já destacado em item anterior, as bacias dos Rios Paraíba e Mundaú possuem mais de 800 açudes. A grande maioria desses está localizada no Estado de Pernambuco. Durante visitas de avaliação das áreas afetadas, após o dia 19 de junho, os governos estaduais destacaram, enfaticamente, que não há rompimentos de barragens capazes de gerar a onda de cheias que provocou a destruição das cidades às margens dos rios.

De fato, observando os relatos deste tipo de ocorrência, verifica-se que o maior reservatório rompido, o de Bom Conselho na bacia do Rio Paraíba, possui capacidade de 600.000 m³. No momento da ruptura o volume armazenado efetivamente, provavelmente, era superior, mas não muito, a esse valor. O volume precipitado, apenas na porção pernambucana das bacias é da ordem de 195 hm³ para a bacia do Rio Paraíba e 308 hm³ para a bacia do Rio Mundaú, calculados a partir das isoietas de precipitação para os três dias de evento, apresentadas anteriormente. Desta forma, o volume da barragem de Bom Conselho é apenas 0,31% do volume precipitado na porção pernambucana da bacia do Rio Paraíba.

Destaca-se, adicionalmente, que o relato de ruptura do reservatório indica que a velocidade desse evento foi pequena (não há precisão nessa informação), o que significaria que a vazão incremental proveniente da ruptura também seria pequena (uma ruptura em torno de 2 horas acrescentaria uma vazão média de cerca de 130 m³/s, mas qual seria a vazão de pico na ruptura?). A indicação mais precisa desse fato é de que parte da cidade de Bom Conselho, localizada a jusante do reservatório, não sofreu danos significativos resultantes da ruptura.

O reservatório de Bom Conselho, entretanto, está localizado a montante da confluência dos rios rio Papacacinha e riacho Seco que, em seu curso, provocaram grandes danos às cidades localizadas às suas margens. Desta forma, um elemento que pode ter contribuído para ampliar a cheia no rio Paraíba é a combinação de picos de hidrogramas: o primeiro proveniente da cheia natural do riacho Seco e o segundo proveniente da ruptura da barragem de Bom Conselho.

Este fato justificaria um incremento de vazão de pico na bacia do Rio Paraíba, sendo Quebrangulo a primeira cidade afetada, mas não há relatos semelhantes na bacia do Rio Mundaú. Destaca-se, neste caso, que a precipitação média na bacia do Rio Mundaú foi superior à precipitação média no Rio Paraíba.

Ocupação da Planície de Inundação

Uma característica marcante em todas as cidades ribeirinhas dos Rios Paraíba e Mundaú é a ocupação de suas planícies de inundação. Este fato já foi destacado anteriormente, quando foram feitos estudos de risco de cheias nas bacias após as grandes cheias de 1988 e 1989.

Observa-se, neste caso, que a população se habituou a conviver com as cheias dos rios. Os relatos dos moradores, sobretudo os mais antigos, é de já ter convivido com 3 ou 4 grandes cheias anteriores. Entretanto, a própria frequência de destruição já relatada mostra que as cidades ocupam, sem exceção, a calha maior do rio. Alguns bairros, inteiros, foram construídos dentro do rio, o que justifica tamanho estrago provocado pela cheia dos dias 18 e 19 de junho.

AS VAZÕES DE PICO

Ao observar a série histórica de vazões na estação Fazenda Boa Fortuna, verifica-se que a maior vazão registrada é de 1092 m³/s, em agosto de 2000. A série histórica de vazões máximas é apresentada na tabela 2.

Tabela 2 – Série histórica de vazões máximas para a estação Fazenda Boa Fortuna.

Ano	Vazão máxima (m ³ /s)	Ano	Vazão máxima (m ³ /s)
1974	316	1992	373
1975	498	1993	545
1976	244	1994	622
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		

O ajuste da distribuição de Gumbel às vazões máximas nessa estação mostra que o evento do ano 2000 teve tempo de recorrência de próximo a 100 anos (Figura 8). Neste caso, deve-se observar que a vazão ocorrida em junho de 2010, com cota observada de 11,50 m, certamente teve tempo de recorrência superior a 200 anos, cuja vazão é equivalente a 1297,48 m³/s (Tabela 3).

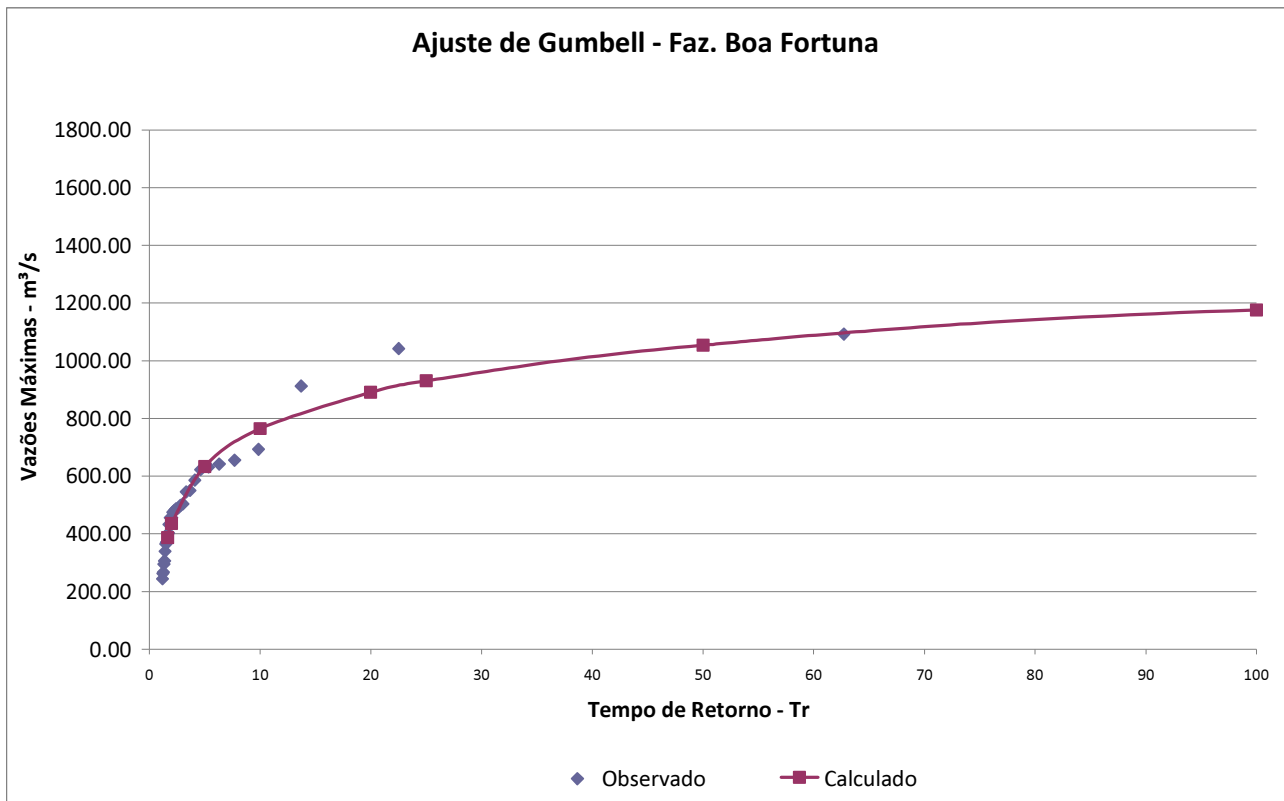


Figura 8 – Ajuste da distribuição de Gumbel às vazões máximas na estação Fazenda Boa Fortuna.

Tabela 3 – Vazões máximas estimadas pela distribuição de Gumbel estação Fazenda Boa Fortuna.

Tr (anos)	P	Y	Qcalc (m ³ /s)
1000	0.1%	6,907	1579,48
500	0.2%	6,214	1458,09
200	0.5%	5,296	1297,48
100	1.0%	4,600	1175,74
50	2.0%	3,902	1053,55
25	4.0%	3,199	930,45
20	5.0%	2,970	890,49
10	10.0%	2,250	764,52
5	20.0%	1,500	633,19
2	50.0%	0,367	434,84
1.67	59.9%	0,091	386,57

AS LIMITAÇÕES DAS ANÁLISES

Até o momento, vários questionamentos e hipóteses foram levantados, mas todos eles com uma larga faixa de incertezas:

- 1) não há registros de vazão do evento;
- 2) não há sincronia na medição dos dados pluviométricos no Estado de Pernambuco e Alagoas;
- 3) 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, mas há registros de vazão de 1092 m³/s, na cota 10,50 m;
- 4) a estimativa do tempo de percurso da onda de cheias é fortemente dependente do relato de moradores, que incorpora elevado grau de incerteza;

CONCLUSÕES

A análise hidrológica do evento ocorrido nos Estados de Alagoas e Pernambuco, após 1 mês de debates em torno do tema, ainda incorpora um elevado grau de incerteza. Várias hipóteses de análise do evento foram levantadas, mas ainda sem pareceres conclusivos. Alguns elementos devem ser buscados para melhorar a qualidade da análise:

- levantamento de seções transversais ao longo dos cursos d'água, para modelagem do escoamento e estimativa de vazões hidráulicamente;
- analisar os tempos de deslocamento de ondas de cheia: tempos de concentração em diferentes pontos, histograma tempo-área, entre outros;
- analisar dados de pluviogramas, para melhorar a análise da distribuição espaço-temporal da precipitação;
- mapear todas as estruturas hidráulicas que apresentaram qualquer tipo de problema e, neste caso, avaliar o impacto decorrente de sua falha;

Observa-se que o levantamento de vazões a partir da curva-chave estimada com base nos registros de descarga disponíveis no HidroWeb (ANA, 2010) para o posto 39770000 (Fazenda Boa Fortuna) geram grande incerteza na transformação de cota em vazão. Desta forma, verifica-se que o evento de 2010 registrou a maior cota da série histórica, mas a estimativa de vazões para este evento ainda possui elevado grau de incerteza.

BIBLIOGRAFIA

ANA. 2010. Hidroweb. Agência Nacional de Águas. Disponível on-line em <http://hidroweb.ana.gov.br/>. Acessado em julho de 2010.

MOURA REIS, L.G.; SILVA JÚNIOR, O.B.; PEDROSA, V.A. 2000. Análise de cheias de agosto de 2000 no rio Mundau em Alagoas. In: V Simposio de Recursos Hidricos do Nordeste, 2000, Natal, 2000. v. 1. p. 729-740.

TUCCI, C.E.M. 1993. Hidrologia: Ciência e Aplicação Editora da UFRGS e ABRH. 943p.