

Análise da inundação de agosto de 1998 à jusante da cidade de Miranda, MS, no Pantanal

Sérgio Galdino ¹
João dos Santos Vila da Silva ²

¹ Embrapa Pantanal - CPAP
Rua 21 de setembro, 1880
79300-902 – Corumbá, MS, Brasil
galdino@cpap.embrapa.br

² Embrapa Informática Agropecuária - CNPTIA
Av. André Toselo, 209 - Caixa Postal 6041
13083-886 – Campinas, SP, Brasil
jvilla@cnptia.embrapa.br

Resumo. Inundações anuais são comuns no Pantanal, porém se ocorrem abruptamente e/ou em pleno período de estiagem são motivos de preocupações. Para avaliar a excepcionalidade ou não da inundação ocorrida em agosto de 1998 no trecho médio do rio Miranda no Pantanal Sul-Mato-Grossense, foram analisadas a precipitação pluviométrica e a cota fluviométrica na estação Ponte Estrada MT-738, bem como os níveis do rio Miranda na cidade de Miranda. Também foram identificados os trechos em construção da obra do gasoduto Bolívia-Brasil que provavelmente ficaram submersos por essa inundação. Coordenadas geográficas e cotas altimétricas foram obtidas a cada 500 m num trecho de 16 km, advindas de um GPS (Global Positioning System) geodésico. Em agosto de 1998, na estação Ponte Estrada MT-738, choveu 235 mm, sendo que em um único dia choveu 100 mm, valor bem acima da média de precipitação total para esse mês, que é de 39,3 mm. De acordo com o método de Gumbel a probabilidade de ocorrer em agosto uma chuva de 100 mm/dia era de 10,62%. O rio Miranda na estação de Ponte MT-738, no dia 15 de agosto de 1998, atingiu a cota máxima de 9,14 m. Conforme o método de Gumbel, a probabilidade dessa cheia ocorrer era de apenas 0,01%. No rio Miranda, na estação de Miranda, localizada imediatamente a montante da obra do gasoduto, a cota fluviométrica em agosto de 1998 foi de 7,22 m. A probabilidade, calculada pelo método de Gumbel, de ocorrer uma cheia igual ou superior à observada no mês de agosto de 1998 era de 0,37%. Essa cheia deve ter inundado a maior parte do trecho do gasoduto Brasil-Bolívia localizado entre os kms 194,5 e 210.

Palavras-chave: Rio Miranda, precipitação pluviométrica, probabilidade de inundação.

Abstract: Annual floods are common at Pantanal, but if they occur abruptly and/or in dry period they are source of worry. In order to evaluate the exceptionality or not of flood occurrence in August, 1998 in medium of Miranda river at Pantanal Sul-mato-grossense, the pluviometric precipitation and fluviometric gauge were analyzed at Ponte Estrada MT-738 station, as well as the levels of Miranda river in Miranda. The gas duct Bolivia-Brazil building area which were probably submerged by this inundation were also identified. Geographic Coordinates and altimetry were obtained for each 500m in a distance of 16 km, as a result of a geodesic GPS (Global Positioning System). In August, 1998, at Ponte Estrada MT-738 gauge station, it rained 235 mm, and that in one single day, it rained 100 mm, a lot above average score of total precipitation for that month, which is 39.3 mm. According to Gumbel method, the probability of occurrence in August of 100 mm rain was 10.62%. Miranda river at Ponte Estrada MT-738 gauge station, on August 15, 1998, reached the 9.14m maximum quota. According to Gumbel method, the probability of this flood occurrence was of only 0.01%. For Miranda river, at Miranda gauge station, located immediately upstream gas duct building, the fluviometric share in August, 1998, was 7.22 m. The probability, calculated through Gumbel method, of occurrence of an equal or superior flood like the one observed in August, 1998 was 0.37%. This flood must have flooded the major part of Brazil-Bolivia gas duct area, located between km 194.5 and 210.

Key words: Miranda river, pluviometric precipitation, flood probability.

1. Introdução

O sistema de drenagem do Pantanal é composto por mais de 300 rios, inúmeras vazantes, corixos e baías, que podem ser conectadas ou não por canais temporários. O principal coletor de água é o rio Paraguai, cruzando a planície no sentido norte/sul. Anualmente o Pantanal é submetido à inundação pelos rios e pela precipitação local (Brasil, 1974).

A bacia do alto Paraguai (BAP), onde está inserido o Pantanal, pode ser subdividida em 30 sub-bacias hidrográficas (Alvarenga et al., 1984). Uma dessas sub-bacias é a do Rio Miranda, localizada no Estado de Mato Grosso do Sul.

Em função do relevo, é possível subdividir a sub-bacia do rio Miranda em três trechos: superior, médio e inferior.

O trecho médio do rio Miranda compreende a cidade de Miranda até a localidade de Tição de Fogo. Imediatamente a jusante de Tição de Fogo o Rio Miranda recebe as águas do seu principal tributário, o rio Aquidauana. Outros tributários importantes são os rios: Formoso, Nioaque, Salobra, Vermelho e Abrobal.

Apesar da maior parte do trecho médio do Rio Miranda correr na planície do Pantanal, o seu hidrograma apresenta picos e vales bem definidos, o que evidencia forte correlação com a precipitação local e a montante. Salienta-se que no local onde está instalada a régua fluviométrica na cidade de Miranda, o rio encontra-se encaixado em seu leito.

No médio Miranda, a vegetação é bastante diversificada. Segundo Pott et al. (1997), há presença de Cerrado (Savana) e do Chaco (Savana Estépica).

De acordo com observações locais a fitofisionomia é dominada por Paratudais (Savana Estépica Parque formada pela arborea *Tabebuia aurea*) e Espinheirais (arbustiva densa formada por inúmeras espécies), campo sujo e carandazais (palmeira *Copernicia alba*)

A área possui topografia plana e sua geomorfologia é formada pela planície do Pantanal. A região das planícies e Pantanaís Mato-Grossense é a maior unidade geomorfológica presente na área. A unidade corresponde a uma extensa superfície de acumulação possuindo cotas altimétricas oscilando entre 80 e 120 metros.

O clima no Pantanal está relacionado com fatores climáticos da BAP e com fatores orográficos que influenciam os movimentos das massas de ar (Cadavid García, 1984). Para a parte Sul do Pantanal, onde está inserida a área de estudo, esse autor estimou as seguintes normais climáticas anuais, com seu respectivo desvio-padrão: pressão atmosférica de 1.002,6

(2,3 mb), com seus maiores valores entre junho e agosto; umidade relativa de 72,7 (8,3%), registrando-se seus menores valores entre julho e setembro; a temperatura do ar correspondente às temperaturas média, média máxima e média mínima anual é 24,7 (2,5°), 31 (1,6°) e 19,3 (3,4°), respectivamente. A velocidade média do vento é de 65 nós (12 km/dia)

A região caracteriza-se por temperaturas altas no verão (outubro a janeiro). As temperaturas baixas são frequentes no inverno (junho a agosto) com pouca probabilidade de geada.

Cadavid García e Rodriguez Castro (1986) identificaram cinco conglomerados no Pantanal, que correspondem a igual número de regiões homogêneas quanto à distribuição mensal de chuva. A área de estudo foi classificada por esses autores como de clima subúmido megatérmico, com a precipitação média anual estimada em 1.102 mm, para um intervalo de confiança de 89 mm ao nível de significância de 10%, e índice de concentração de chuva de 67,8% nos meses de outubro a março. Esses autores determinaram a precipitação média mensal para cada conglomerado, sendo que para a região, no mês de agosto a precipitação média é 10,8 mm, com intervalo de confiança de 2,4 mm para um nível de significância de 5%. Caracterizando-se dessa forma no mês menos chuvoso.

Em agosto, época de estiagem na BAP, foi registrada no ano de 1998, inundação atípica pelo rio Miranda de trechos localizados a jusante da cidade de Miranda, alagando parte da obra em construção do Gasoduto Bolívia-Brasil (Gasbol).

A rede hidrométrica da BAP, e particularmente da sub-bacia do rio Miranda, foi praticamente toda implantada entre meados e final da década de 60 pelo Departamento Nacional de Obras e Saneamento - DNOS. Com a extinção do DNOS em 1990, essa rede passou a ser administrada pela Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEL. Atualmente a Agência Nacional de Águas – ANA – é a responsável pela rede hidrométrica da BAP.

Durante o período de operação da rede hidrométrica na BAP, ocorreram algumas interrupções na coleta de dados por razões técnicas e econômicas. Assim, a maioria das estações apresenta uma série histórica de dados relativamente pequena, dificultando os estudos hidrológicos na BAP.

Uma das maneiras de contornar essa limitação é através da realização de estudos/levantamentos probabilísticos (estatístico). Um dos métodos mais empregado em estudos para previsão de eventos hidrológicos extremos (chuvas e cheias) é o método de Gumbel (Villela & Mattos, 1975) (Garcez & Alvarez, 1988) (Lanna, 1993).

2. Objetivos

O presente estudo tem como objetivos analisar a excepcionalidade ou não da cheia ocorrida em agosto de 1998 no trecho à jusante da cidade de Miranda e inferir sobre prováveis locais da obra do Gasbol que teriam sido afetados por esta inundação.

3. Material e Métodos

Para verificar o caráter excepcional ou não da inundação no trecho analisado, ocorrida em agosto de 1998, foram comparados os dados de chuva e de cheia (cota fluviométrica) desse período com os registros existentes de anos anteriores. Os dados analisados foram obtidos da ANA.

Para avaliar as probabilidades de ocorrência dos eventos de chuva e de cheia na sub-bacia do rio Miranda ocorridos em agosto de 1998 foi utilizado o método de Gumbel.

Inicialmente foram determinados os parâmetros da equação de Gumbel utilizando-se a série histórica de dados hidrométricos do mês de agosto. A série utilizada compreendeu até o ano de 1997. Foram ajustados modelos para o cálculo da probabilidade de ocorrência de:

- Precipitação máxima diária para o mês de agosto na estação Ponte Estrada MT-738 ($-20^{\circ} 45'43''$; $56^{\circ} 5'28''$);
- Cota fluviométrica máxima mensal para o rio Miranda, na estação de Ponte Estrada MT-738 ($20^{\circ} 45'43''$; $56^{\circ} 5'28''$);
- Cota fluviométrica máxima mensal para o rio Miranda, em Miranda ($20^{\circ} 14'27''$; $-56^{\circ} 23'46''$).

Para inferir sobre os trechos do Gasbol que provavelmente ficaram submersos, foram utilizados 30 pontos com cotas altimétricas na região de estudo, com distância linear de 500 metros entre elas. Estas cotas foram obtidas em campo com GPS (Global Positioning System) geodésico ao longo do Gasbol e cedidas pelo Consórcio Camargo Corrêa Brown & Root – Murphy.

4. Resultados e Discussão

As chuvas e a cheia na bacia hidrográfica do rio Miranda em agosto de 1998

Comparação dos dados de chuva e de cheia (cota fluviométrica) de agosto de 1998 com os registros existentes de anos anteriores, podem ser visualizados nas Figuras 1, 2 e 3.

A Figura 1 apresenta o histograma das precipitações pluviométricas médias, médias + desvio-padrão e do ano hidrológico de 1997-98, para a estação Ponte Estrada MT-738.

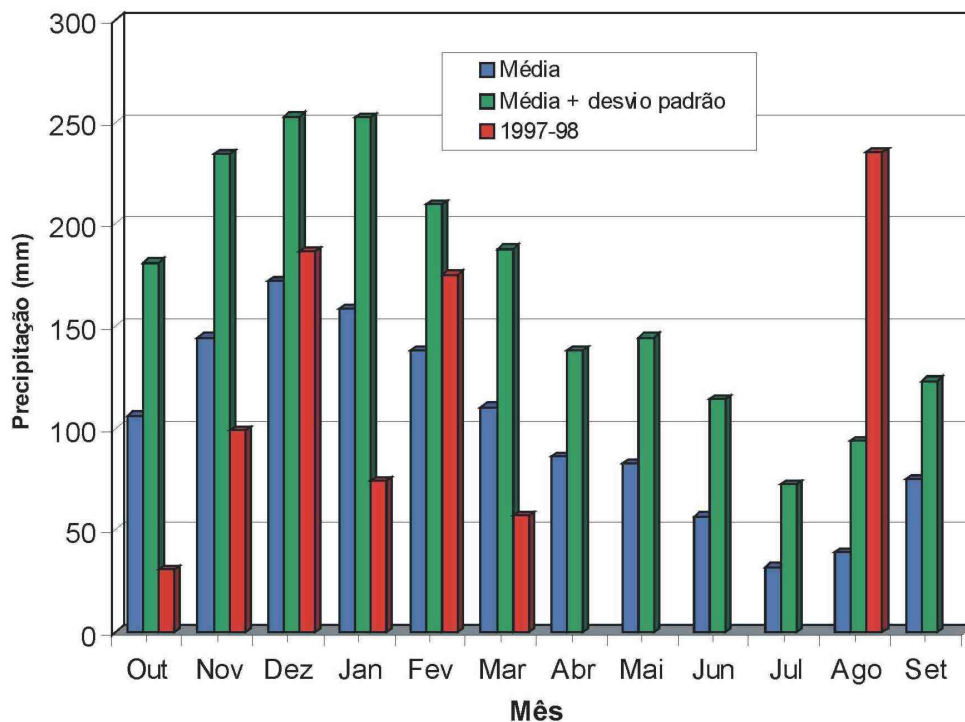


Figura 1. Precipitações pluviométricas médias, médias + desvio-padrão e do ano hidrológico de 1997-98 na estação Ponte Estrada MT-738.

Durante os meses de outubro a março (período chuvoso) o volume médio de precipitação na região, medido na Estação Estrada MT-738, foi de 830,6 mm. Nos demais meses do ano, choveu apenas 372,3 mm ou cerca de 31% da precipitação total durante o ano. Os meses de julho e agosto foram os que apresentaram os menores índices anuais de chuva. A precipitação média no mês de agosto correspondeu a apenas 3,27% do total anual. Em agosto de 1998 choveu 235 mm, valor seis vezes acima da precipitação média para esse mês.

As Figuras 2 e 3 apresentam os hidrogramas das médias, das médias + desvio-padrão e das cotas diárias para o ano hidrológico de 1997-98, relativos ao Rio Miranda, nas estações de Ponte Estrada MT-738 e de Miranda, respectivamente.

O período de cheia no Rio Miranda na Ponte Estrada MT-738, ocorre normalmente de meados de novembro a meados de fevereiro. Já na estação de Miranda, as cotas médias mais elevadas ocorrem em janeiro. No final de maio a princípio de junho observou-se um repiquete no Rio Miranda, decorrente possivelmente, da entrada de frentes frias na região. Através das Figuras 2 e 3 observa-se, também que a cheia do Rio Miranda em agosto de 1998 foi bem acima da normal para essa época do ano.

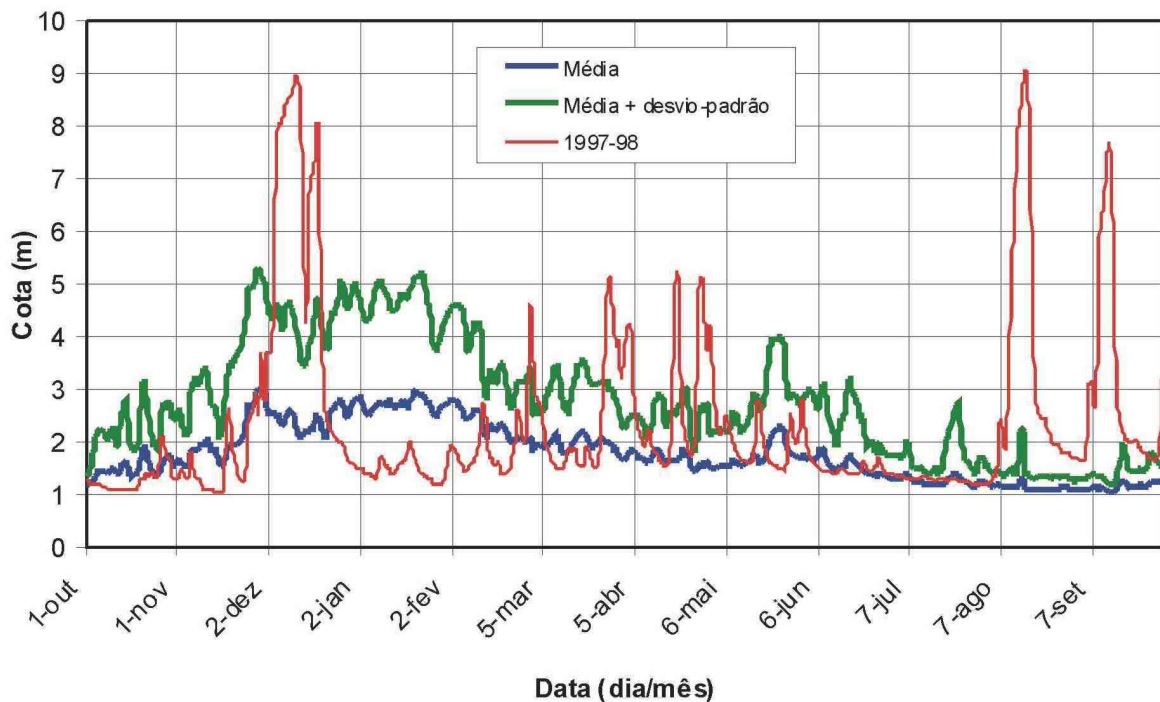


Figura 2. Cotas fluviométricas médias, média + desvio-padrão e do ano hidrológico 1997-98, relativas ao Rio Miranda, estação Ponte Estrada MT-738.

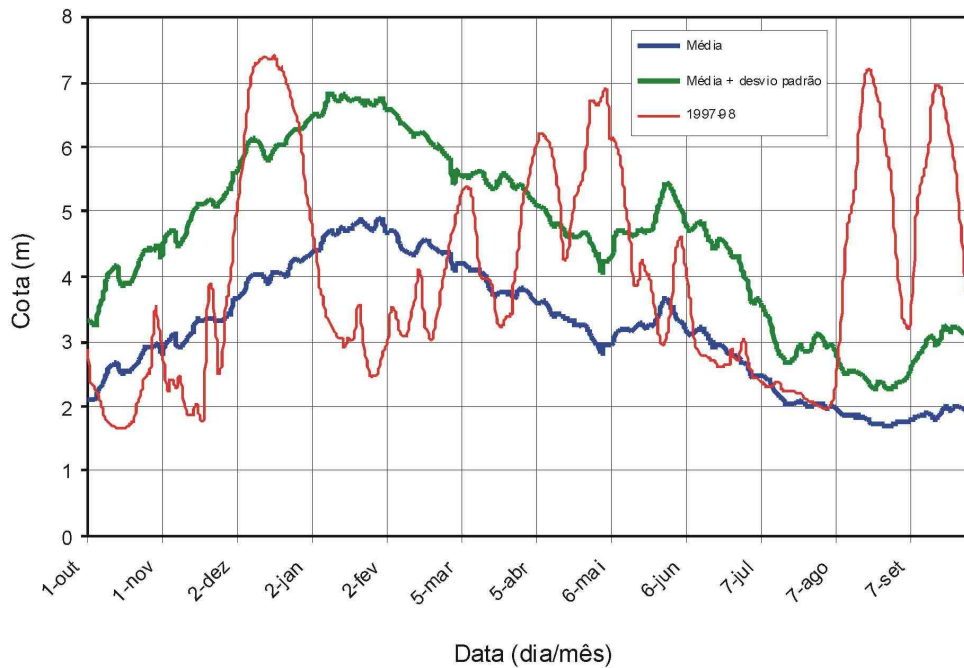


Figura 3. Cotas fluviométricas média, média + desvio-padrão e do ano hidrológico 1997-98, relativas ao rio Miranda, estação de Miranda.

Na Figura 4, que representa o histograma das precipitações totais nos meses de agosto para a estação Ponte Estrada MT-738, pode-se verificar que o total precipitado em agosto de 1998 foi o maior de toda a série de dados existente.

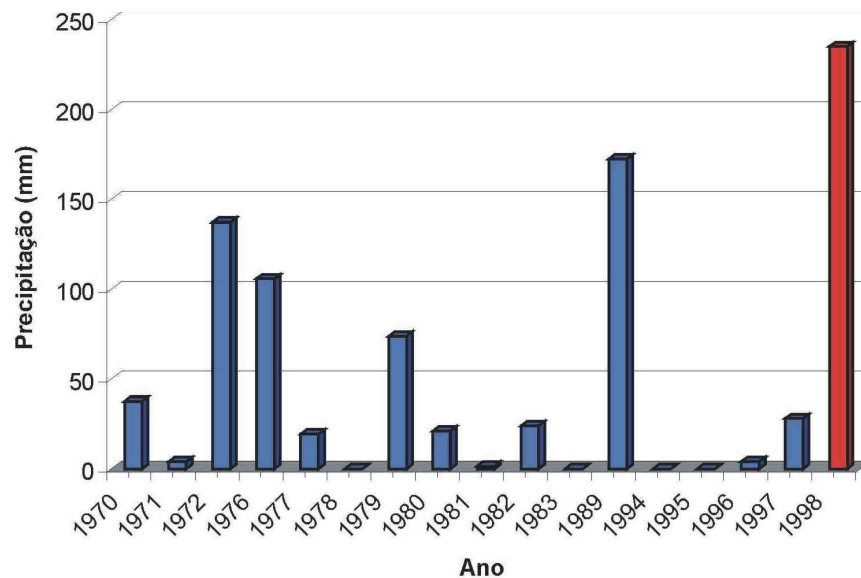


Figura 4. Precipitações pluviométricas totais nos meses de agosto para a estação Ponte Estrada MT-738.

As cotas fluviométricas máximas do mês de agosto no Rio Miranda, para as estações de Ponte Estrada MT-738 e de Miranda, podem ser visualizadas nas Figuras 5 e 6 respectivamente. A cheia do rio Miranda em agosto de 1998 foi a maior que se tem registro

para essa época do ano. Na estação Ponte Estrada MT-738 a cota máxima foi de 9,14 m, enquanto que na estação de Miranda o nível máximo da água foi de 7,22 m.

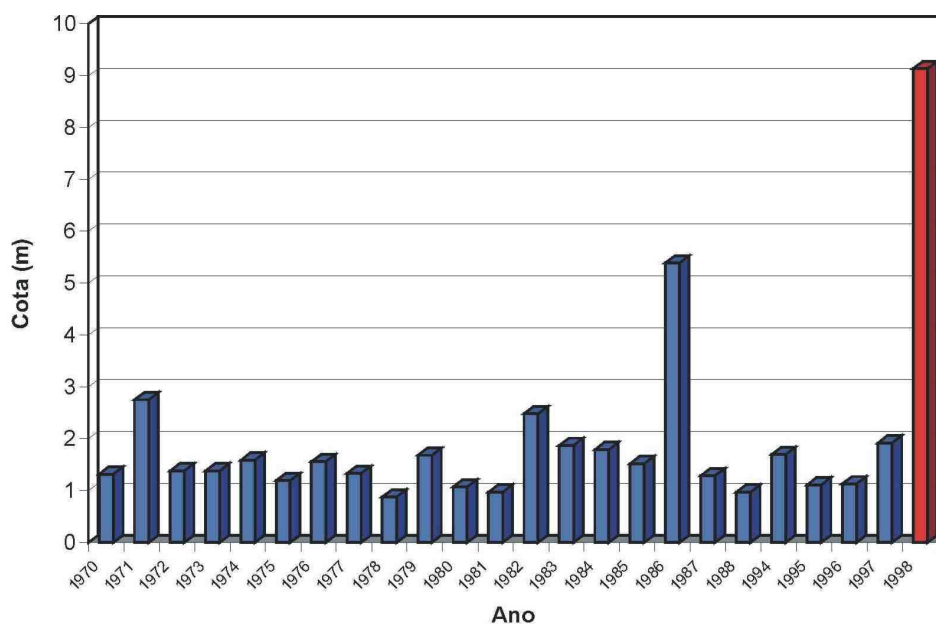


Figura 5. Cotas fluviométricas máximas do mês de agosto no rio Miranda, estação Ponte Estrada MT-738.

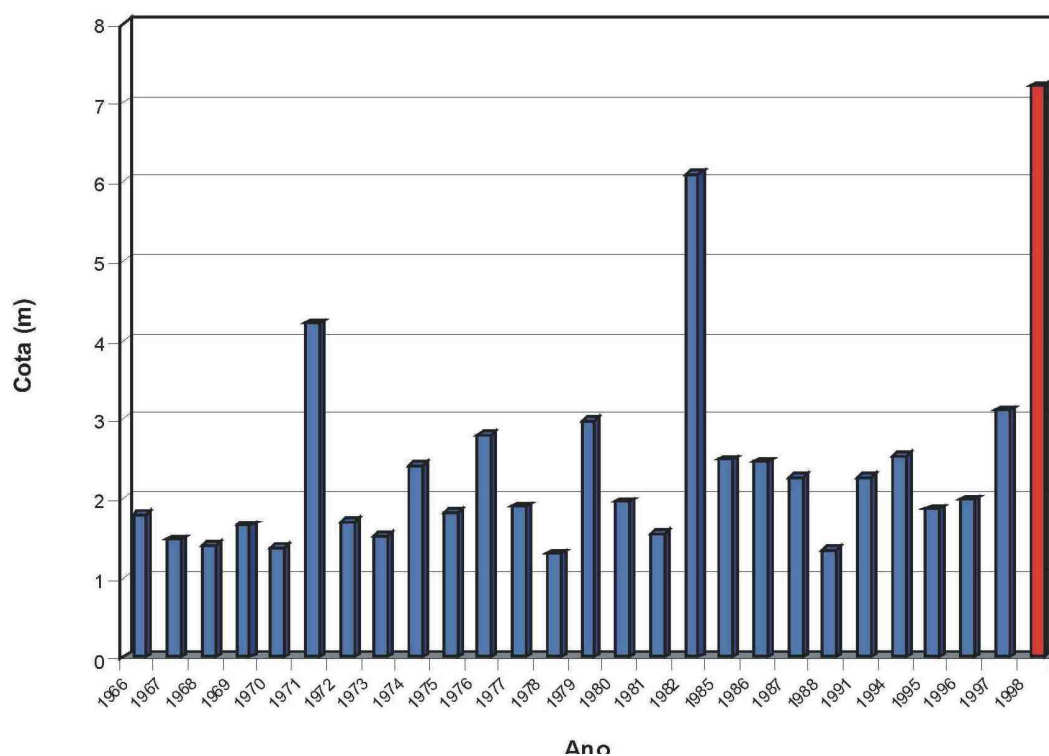


Figura 6. Cotas fluviométricas máximas do mês de agosto no rio Miranda, estação Miranda.

Probabilidades de ocorrência de chuva e de cheia na bacia hidrográfica do rio Miranda em agosto de 1998

Através do método de Gumbel foram avaliadas quais eram as probabilidades de terem ocorrido os eventos de chuva e de cheia na bacia do rio Miranda em agosto de 1998.

Inicialmente foram determinados os parâmetros da equação de Gumbel utilizando-se a série histórica de dados hidrométricos do mês de agosto. Essa série se estendeu até o ano de 1997. Foram ajustados modelos para o cálculo da probabilidade de ocorrência de:

- Precipitação máxima diária para o mês de agosto na estação Ponte Estrada MT-738;
- Cota fluviométrica máxima mensal para o rio Miranda, na estação de Ponte Estrada MT-738;
- Cota fluviométrica máxima mensal para o rio Miranda, em Miranda.

Em agosto de 1998, na estação Ponte Estrada MT-738, choveu 235 mm, sendo que em um único dia (11/08) choveu 100 mm. Esse valor está bem acima, inclusive, da média de precipitação total para esse mês que é de 39,3 mm. De acordo com o método de Gumbel a probabilidade de que ocorresse em agosto uma chuva de 100 mm/dia era de 10,62%.

O rio Miranda na estação de Ponte MT-738, no dia 15 de agosto de 1998, atingiu a cota máxima de 9,14 m. Essa foi a maior marca até então registrada para esse mês. Conforme o método de Gumbel, a probabilidade dessa cheia ocorrer era de apenas 0,01%.

No rio Miranda, na estação de Miranda, localizada imediatamente a montante da obra do gasoduto, a cota fluviométrica no dia 20 de agosto de 1998, foi de 7,22 m. A probabilidade, calculada pelo método de Gumbel, de ocorrer uma cheia igual ou superior a observada nesse ano no mês de agosto era de 0,37%.

Trecho do Gasbol sujeito à inundação do rio Miranda em agosto de 1998

A região do trecho do gasoduto Bolívia-Brasil localizado próximo ao rio Miranda, apresenta relevo relativamente plano com pequenas declividades. Com relação ao sistema de cotas do gasoduto, o zero da régua do Rio Miranda, na estação de Miranda corresponde à cota altimétrica de 104,364 m. Na cheia de agosto de 1998 quando a leitura da régua indicava 7,22 m, o nível altimétrico da água nessa região ficou em torno de 111,584 m. Assim, o trecho do Gasbol na região, com cota altimétrica inferior a esse valor provavelmente ficou inundado.

O Quadro 1 descreve as prováveis alturas da lâmina d'água sobre as estacas ao longo da linha do gasoduto, correspondentes aos km 195,4 a 210 do Gasbol, durante a cheia do Rio Miranda em agosto de 1998.

Quadro 1. Alturas máximas da lâmina d'água (LA) e do nível da água (NA), sobre as estacas 3.908 a 4.200, correspondentes aos kms 195,4 a 210 do gasoduto Brasil-Bolívia, para o pico de cheia de 7,22 m, do rio Miranda na cidade de Miranda.

Estaca (n°)	km	NA (m)	Cota altimétrica (m)	LA (m)
3908	195,4	111,584	110,659	0,925
3918	195,9	111,584	113,941	Seco
3928	196,4	111,584	109,866	1,718
3938	196,9	111,584	109,608	1,976
3948	197,4	111,584	109,905	1,679
3958	197,9	111,584	109,185	2,399
3968	198,4	111,584	107,882	3,702
3978	198,9	111,584	108,688	2,896
3988	199,4	111,584	113,284	Seco
3998	199,9	111,584	110,319	1,265
4008	200,4	111,584	108,612	2,972
4018	200,9	111,584	110,134	1,450
4028	201,4	111,584	110,418	1,166
4038	201,9	111,584	110,811	0,733
4048	202,4	111,584	109,384	2,200
4058	202,9	111,584	117,182	Seco
4068	203,4	111,584	117,458	Seco
4078	203,9	111,584	121,685	Seco
4088	204,4	111,584	121,085	Seco
4098	204,9	111,584	111,263	0,321
4108	205,4	111,584	111,514	0,070
4118	205,9	111,584	110,456	1,128
4128	206,4	111,584	110,976	0,608
4138	206,9	111,584	112,381	Seco
4148	207,4	111,584	112,340	Seco
4158	207,9	111,584	110,529	1,055
4168	208,4	111,584	110,713	0,871
4178	208,9	111,584	111,259	0,325
4188	209,4	111,584	111,187	0,397
4200	210,0	111,584	111,327	0,257

LA = NA – Cota altimétrica

5. Conclusões

Em agosto de 1998 o volume d'água precipitado na bacia do rio Miranda, a montante do trecho do Gasbol, foi muito acima do normal e como consequência ocorreu a maior cheia do trecho médio do rio Miranda que se tinha registro até então no mês de agosto.

A cheia do rio Miranda ocorrida em agosto inundou a maior parte do trecho do gasoduto Brasil-Bolívia localizado entre os kms 194,5 e 210.

As informações obtidas com GPS de precisão permitem efetuar análises confiáveis sobre este tipo de fenômeno na planície de inundação do Pantanal.

6. Referências

- Alvarenga, S. M; Brasil, A. E.; Pinheiro, R.; Kux, H. J. .H. Estudo geomorfológico aplicado à Bacia do Alto Paraguai e Pantanaís Mato-grossenses. **Boletim Técnico. Série Geomorfológica**. Projeto RADAMBRASIL, Salvador, 1984, p.89-183.
- Brasil. Ministério do Interior. **Estudos Hidrológicos da Bacia do Alto Paraguai. Relatório Técnico**. Rio de Janeiro, 1974. v.1, 284p.
- Cadavid García, E. .A. **O Clima no Pantanal Mato-grossense**. Corumbá. Embrapa-UEPAE de Corumbá, 1984. 42 p. (Embrapa-UEPAE de Corumbá. Circular Técnica, 14).
- Cacadavid García, E. A.; Rodriguez Castro, L. H. Análise da frequência de chuva no Pantanal Mato-grossense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 21(9):909-925, 1986.
- Carvalho, N. de O. Hidrologia da Bacia do Alto Paraguai. In: Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-econômicos do Pantanal, 1., Corumbá, MS, 1984. **Anais....** Brasília, EMBRAPA-DDT, 1986. p. 43-50. (EMBRAPA/CPAP, Documentos, 5).
- Galdino, S.; Clarke, R. T. **Probabilidade de ocorrência de cheia no rio Paraguai, em Ladário, MS – Pantanal**. Corumbá: Embrapa-CPAP, 1997. 58 p. (Embrapa-CPAP. Circular Técnica, 23).
- Garcez, L. N.; Alvarez, G. A. **Hidrologia**. 2.ed. São Paulo: Edgarg Blücher Ltda, 1988. 291p. il.
- Lanna, A. E. Elementos de estatística e probabilidades. In: TUCCI, C. E. M., **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Ed. da Universidade: ABRH: EDUSP, 1993. P.79-176. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos; v.4.).
- Pott, A.; Silva, J.S.V.; Abdon, M.M.; Pott, V.J.; Rodrigues, L.M.R.; Salis, S.M.; HAatschbach, G.G. **Vegetação**. In: PLANO DE CONSERVAÇÃO DA BACIA DO ALTO PARAGUAI - PCBAP: Diagnóstico dos meios físico e biótico. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal - Subcomponente Pantanal. Brasília, MMA/SEMAM/PNMA, 1997. v.2, t.2, p.1-179.
- Silva, J. S. V. **Aplicações de técnicas de sensoriamento remoto e sistema de informações geográficas na avaliação da dinâmica de inundações no Pantanal**. São José dos Campos, INPE, 1991, 161 p. (INPE-5353-TDI/462).
- Tucci, C. E .M; Genz, F. **Medidas de controle de enchentes**. In: Brasil, Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. Programa Nacional de Meio Ambiente. Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai. Hidrossedimentologia do Alto Paraguai. Brasília, 1997. V.2, t. 2-B, p.463-680.
- Villela, S. M.; Mattos, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245 p. il.