

## **A INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS DA BACIA DO RIO FORMOSO NAS RESPOSTAS A EVENTOS DE PRECIPITAÇÃO MÁXIMA**

Leidiane da Silva Marques<sup>1</sup>, Maria Eduarda C. Sodré<sup>1</sup>, Sarah R. Durães<sup>1</sup>, Aleska K. Almeida<sup>2</sup>, José A. Guarienti<sup>1</sup>, Henrique A. D. Heck<sup>1</sup>, Paulo V. F. Lopes<sup>1</sup>, Ayrton R. O. Ferreira<sup>1</sup> & Isabel Kaufmann de Almeida<sup>3</sup>  
1. Estudante da Faculdade Arquitetura, Engenharia e Geografia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (FAENG-UFMS)

2. Pesquisadora da FAENG-UFMS

3. Professora da FAENG-UFMS /Orientadora

### **Resumo**

As características da bacia hidrográfica possuem grande influência no ciclo hidrológico, e conseqüentemente no gerenciamento dos recursos hídricos. Sua forma, relevo e características em geral são fundamentais para estabelecer a tendência de resposta da bacia aos diferentes eventos. Neste trabalho foi realizada a caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso, localizada no município de Bonito-MS e analisados dados hidrológicos de precipitação e vazão em eventos extremos. Essas informações foram comparadas com os registros desses eventos, e assim analisada a influência das características da bacia em tais eventos. Foram utilizados Modelos Digitais de Elevação para a delimitação e caracterização da bacia, e dados hidrológicos de uma estação fluviométrica e de uma pluviométrica para a análise dos eventos. Concluiu-se que a bacia possui forma alongada e sem tendência a inundação e que os eventos analisados contribuíram para um aumento da vazão com o tempo de resposta variando de 48 a 72h.

**Palavras-chave:** Análise morfométrica, Inundação, Bacia hidrográfica.

### **Introdução**

A bacia hidrográfica pode ser definida como um sistema físico em que a precipitação consiste no volume de água de entrada e o volume que escoar pelo exutório no volume de saída, podendo haver perdas intermediárias em função da infiltração, transpiração e evaporação (Tucci, 1993). As características físicas da bacia, de seu relevo e da sua rede de drenagem possuem grandes influências no ciclo hidrológico do local. De acordo com Tonello (2005), as características físicas podem influenciar na infiltração, na quantidade de água produzida como deflúvio, na evapotranspiração e nos escoamentos superficial e sub-superficial. Por ser tão estreita essa relação, quando feita uma comparação entre tais características e os dados hidrológicos conhecidos, é possível determinar, de forma indireta, valores hidrológicos em locais nos quais faltam dados (Villela e Mattos, 1975). Segundo os mesmos autores, essas características podem ser aplicadas como indicadores para a previsão de enchentes, inundações e erodibilidade.

A precipitação é elemento importante na identificação do regime hidrológico e principal elemento de entrada para o balanço hídrico de uma região. Conforme Zuffo (2016), as vazões dos rios ou o escoamento superficial, causado pelo excesso de água precipitada, referem-se aos parâmetros utilizados para gerenciar os recursos hídricos, dado que definem a disponibilidade de água nas bacias, em cada ponto específico do curso d'água.

De acordo com Pimentel (2017), a forma superficial da bacia influencia na caracterização do tempo de concentração e, ainda, quanto menor esse tempo mais rapidamente ocorre a descarga ou vazão no exutório da bacia hidrográfica em função de certa precipitação. Os locais que possuem bacias com menor tempo de concentração são aqueles que estão propensos a inundações. Este estudo tem como objetivo avaliar a influência das características morfométricas da bacia hidrográfica do Rio Formoso, no município de Bonito, MS na resposta a eventos de precipitação máxima, identificados pelos dados hidrológicos relacionados a registros históricos entre janeiro de 2014 e janeiro de 2018.

### **Metodologia**

A Bacia Hidrográfica do Rio Formoso (BHRF), sub-bacia do Rio Miranda, está localizada no município de Bonito, no estado de Mato Grosso do Sul, com área aproximada de 1360 km<sup>2</sup> e ponto médio localizado nas coordenadas 21° 7' 50.232" S e 56° 31' 27.328" O. De acordo com o último censo demográfico (IBGE, 2010), é estimado que a população atual de Bonito seja de 21.738 habitantes, com densidade demográfica de 3,97 hab/km<sup>2</sup>. De acordo com a base de dados do IBGE (2001), pode-se identificar que os tipos de solo predominantes na bacia são Argissolo Vermelho, Argissolo Vermelho-Amarelo e Chernossolo Rêndzico.

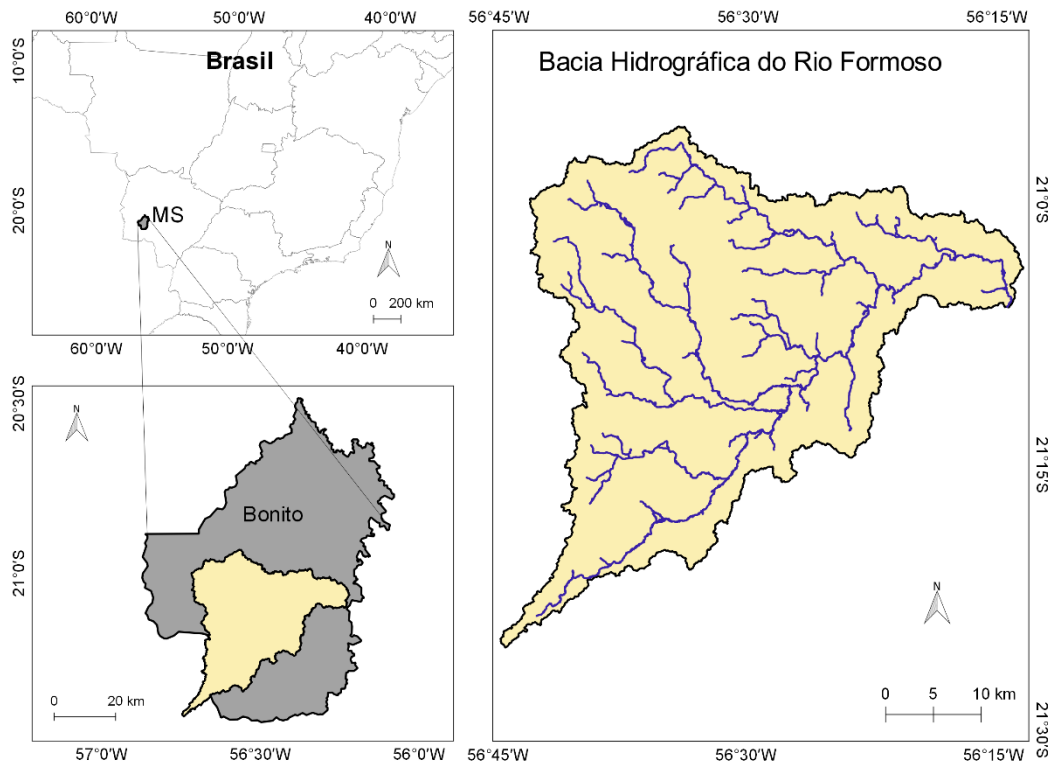


Figura 1: Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso.  
Fonte: Organizado pelos autores.

De acordo com a classificação Köppen (Alvares et al., 2013), o clima do município de Bonito é predominantemente tropical de monção (Am), com a predominância de chuvas e um curto período de seca e temperatura média com variação de 18,8°C a 25,4°C. Entretanto, ainda pode-se observar a existência de regiões com clima equatorial (Af) e também subtropical úmido (Cfa), ambos com uma maior quantidade de precipitação e redução no período de seca.

Para a caracterização morfométrica da bacia foram utilizados Modelos Digitais de Elevação (MDE) folhas 20S57 e 21S57, com resolução de 30m, gerados na missão SRTM (INPE, 2008). Os MDE's selecionados foram processados e trabalhados em um ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG) com o programa QGIS versão 2.18.19 para a obtenção da delimitação e características físicas da bacia.

Os parâmetros utilizados para caracterizar morfométricamente a bacia foram selecionados, principalmente, de acordo com os principais abordadas por Villela e Mattos (1975), que incluem a ordem dos cursos d'água, área total (A), perímetro (P), comprimento total dos rios (Lt), comprimento do rio principal (L), comprimento axial da bacia (Laxial), densidade de drenagem (Dd), fator de compactidade (Kc), sinuosidade do curso d'água (Sin), extensão média do escoamento superficial (I), fator de forma (F), declividade média (Sb) e elevação média (E) (Tabela 1).

Tabela 1- Características morfométricas analisadas e suas respectivas referências

Equação	Referência
$Lt = \sum Ln$	Horton (1945)
$L_{axial}$	Villela & Mattos (1975)
$l = A/4L$	Villela & Mattos (1975)
$Dd = Lt/A$	Horton (1945)
$Kc = 0,28 P/\sqrt{A}$	Miller (1953)
$F = A/L^2$	Horton (1945)
$Sin = L/L_{axial}$	Villela & Mattos (1975)
$Sb = (\sum C) \cdot D/A$	Villela & Mattos (1975)
$E = (\sum e \cdot a)/A$	Villela & Mattos (1975)

Para determinar o tempo de resposta predominante na bacia foi feita uma análise das precipitações máximas, entre janeiro de 2014 e janeiro de 2018. Os eventos de precipitação máxima foram relacionados com suas respectivas vazões de um dia anterior ao evento, no dia do evento, um, dois e três dias posteriores ao evento, respectivamente. Foi considerado como precipitação máxima valores superiores a 30mm/dia, tendo sido escolhidos 24 eventos. Foram obtidas séries de dados hidrológicos de uma estação pluviométrica e uma estação pluviométrica do sistema Hidroweb, da Agência Nacional das Águas (ANA). A estação pluviométrica selecionada

foi a 2156000, localizada nas coordenadas 21° 7' 5.88" S e 56° 28' 48.00" W e a fluviométrica a 6690000, de coordenadas 20° 45' 42.84" S e 56° 5' 27.96" W.

A nível de comparação foram selecionados registros de eventos de inundações, enxurradas e alagamentos em relatórios da Defesa Civil, no Diário Oficial do Estado e em notícias de jornais locais.

## Resultados

Após realizar a delimitação da bacia hidrográfica e extrair a sua rede de drenagem, os rios foram ordenados pela classificação hierárquica de Strahler e foi identificado uma bacia de quinta ordem. A BHRF possui 3252 cursos d'água, com 485,1814 km de comprimento no total. Desse total, 1138 rios são de primeira ordem, somando 159,576km de extensão; 567 são de segunda, com 102,653 km; 916 são de terceira, com 138,074 km; 258 de quarta com 34,0896 km e 373 de quinta, com um total de 50,7888 km extensão.

A altitude máxima observada foi de 739 m e a mínima de 192 m, com uma média de altitude de 394,13 m. A importância da altitude, quando relacionada às bacias hidrográficas, pode ser tanto em função de sua variação e determinação da declividade, quanto a sua influência no balanço hídrico, onde atua diretamente na temperatura com posterior consequência na evapotranspiração.

A declividade da bacia foi classificada de acordo com as classes da Embrapa, dividindo a declividade em porcentagens com seis classes distintas. A BHRF possui relevo suave ondulado em 46% de sua área, seguido por 24% ondulado, 22% plano e 6% forte ondulado. A declividade média obtida foi de 7,47%, valor condizente com a predominância de relevo suave ondulado (declividade de 3-8%).

De acordo com a análise morfométrica (Tabela 2), a BHRF possui área de drenagem de 1360,24 km<sup>2</sup> e perímetro de 344,45 km. Em relação à área do município essa bacia é de extensão relevante, equivalendo a 27,55% da área total, pois o município de Bonito possui área total de 4935 km<sup>2</sup>.

O comprimento total da rede de drenagem obtida foi de 485,14 km, sendo o comprimento do talvegue de 97,84 km. Dessa forma, a densidade de drenagem obtida foi de 0,36. De acordo com Villela e Matos (1975) a densidade de drenagem pode variar de 0,5km/km<sup>2</sup> para locais de drenagem pobre a 3,5 km/km<sup>2</sup> para locais muito bem drenados. Isso implica que a drenagem da bacia em relação a sua extensão é pobre.

O canal principal possui sinuosidade de 8,25, considerada alta, visto que quanto mais próximo da unidade for esse valor, mais retilíneo é o canal. O fator de forma obtido foi de 0,39, pode ser classificada como uma bacia alongada, pois se afasta do valor unitário, sendo menos propensa a enchentes. O coeficiente de compactidade da bacia é de 2,62, condizente com o fator de forma obtido, pois quanto mais distante da unidade, menor é a sua circularidade.

Tabela 2- Características morfométricas analisadas e seus resultados

Características	Resultados	Características	Resultados
Área	1360.24 Km <sup>2</sup>	Kc	2.62
Perímetro	344.45 km	I	0.70
Lt	485.18 km	F	0.39
L	97.84 km	Sn	8.25
Laxial	58.81 km	Sb	7.4 m/m
Dd	0.36 km/km <sup>2</sup>	E	394.13

As precipitações máximas selecionadas variaram de 32,2mm a 127,6 mm. Dos 24 eventos de vazão analisados, em cinco eventos a vazão de resposta foi superior a 500m<sup>3</sup>/s. O evento de número 24 possui elevada precipitação e foi considerado relevante, porém não há dados de vazão para o ano de 2018 registrados na estação selecionada. Verificou-se que a bacia possui tempo de resposta de 24h em 17,4% dos eventos, tempo de resposta de 48h em 47,8% dos eventos e tempo de resposta de 72h em 34,78% dos eventos analisados.

Foram selecionados alguns episódios específicos e analisados os registros existentes. Em maio de 2017, durante o outono, ocorreu o evento 19 (figura 2), no qual foram feitos dois Relatórios Gerenciais de Danos Informados da Defesa Civil. Um relacionava-se a chuvas intensas no local, com o número total de 140 afetados, o outro com alagamentos no local com um total de 270 afetados. Em jornais locais, como o Campo Grande News, foram registradas notícias referentes ao evento como a manchete: "Chuvas fazem Rio Formoso subir 3 metros na 'maior cheia em 20 anos'". A vazão registrada nesse evento superou 600m<sup>3</sup>/s, com precipitação máxima de 86,2 mm. Em outubro do mesmo ano, mais três relatórios foram registrados, alegando alagamentos chuvas intensas e enxurradas, ambos com diversos afetados. Neste mês a máxima registrada foi de 73,3 mm, com uma vazão máxima de 205,4 m<sup>3</sup>/s.

Em novembro de 2017 desse mesmo ano foi decretado situação de emergência devido a chuvas intensas. O Decreto nº 162 de 8 de novembro de 2017 informou que houve uma precipitação de 150mm em um curto período de tempo, causando prejuízos no município. A precipitação máxima desse mês, segundo os dados hidrológicos, foi de 76 mm, com vazão de resposta superior a 700m<sup>3</sup>/s, valores superiores ao do mês anterior.

Outro registro importante refere-se ao mês de fevereiro de 2018. Apesar de não haver registro de vazão, os dados de precipitação mostram-se superiores a todos os outros eventos, com precipitação máxima de 127,6mm. De acordo com o decreto nº 33 de 24 de fevereiro de 2018, foi declarado até mesmo situação de

emergência em função de chuvas intensas com precipitação média de 245mm, gerando transtornos no município.

A maior parte dos relatórios gerenciais de danos obtidos foram em função de chuvas superiores a 70 mm, porém, em algumas situações, chuvas de mesma intensidade não haviam sido registradas. As ocorrências foram predominantemente no período chuvoso, totalizando 70,8%.

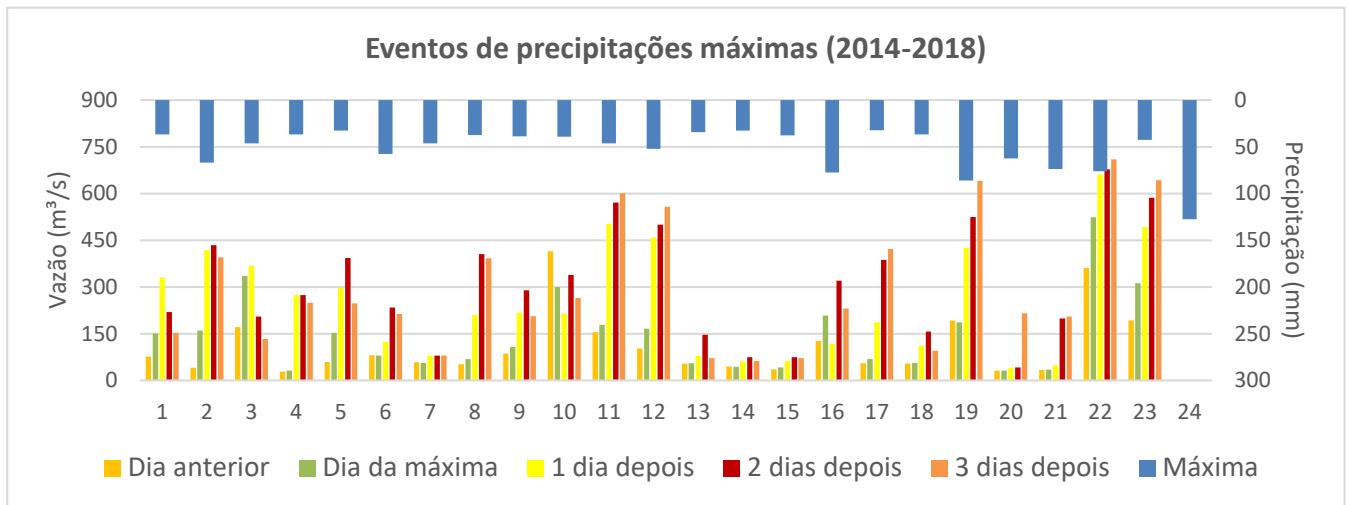


Figura 2- Dados hidrológicos dos eventos de precipitações máximas e suas respectivas vazões.

## Conclusões

A bacia hidrográfica do Rio Formoso não possui tendência a inundação, pois é de formato alongado e possui declividade média baixa, predominando o relevo suave ondulado. O tempo de resposta obtido foi de 48h a 72h, sendo registrados danos normalmente em precipitações superiores a 70 mm. Os eventos máximos analisados ocorreram, em média de 70% dos casos, durante o período chuvoso, com apenas sete registros fora desse período. Dessa forma, é possível inferir que as grandes alturas de precipitação, aliadas a maior frequência das precipitações no mesmo período estão diretamente relacionadas com maiores vazões registradas, e que o formato da bacia não é de grande influência.

## Referências bibliográficas

- Alvares, C.A., Stape, J.L., Sentelhas, P.C., Gonçalves, J.L.M.; Sparovek, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- Balneário municipal de Bonito é interditado com fortes chuvas em MS. G1 Mato Grosso do Sul. Disponível em: <<http://g1.globo.com/mato-grosso-do-sul/noticia/2016/01/balneario-municipal-de-bonito-e-interditado-com-fortes-chuvas-em-ms.html>> Acesso em 4 de março de 2019.
- BONITO (MS). Decreto nº 162, de 2 de novembro de 2017.
- BONITO (MS). Decreto nº 33, de 24 de fevereiro de 2018.
- AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (ANA). Hidroweb. Acesso em 20 de fevereiro de 2019.
- HORTON, R.E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geological Society of America Bulletin*. v. 56, n. 3, p. 275-370, 1945.
- IBGE - EMBRAPA - *Mapa de Solos do Brasil*. Rio de Janeiro: IBGE, 2001 - Escala 1:5.000.000. disponível em: <[http://www.dpi.inpe.br/Ambdata/mapa\\_solos.php](http://www.dpi.inpe.br/Ambdata/mapa_solos.php)>. Acesso em 3 de março de 2019.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. (2010). *Cidades – Bonito, Mato Grosso do Sul*. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ms/bonito/panorama>>. Acesso 2 de março de 2019.
- INPE. TOPODATA: banco de dados geomorfológicos do Brasil. 2018.
- MILLER, Victor C. Quantitative geomorphic study of drainage basin characteristics in the Clinch Mountain area, Virginia and Tennessee. Technical report (Columbia University. Department of Geology); no. 3, 1953.
- Pimentel, Luciene. *Hidrologia: engenharia e meio ambiente*. Elsevier Brasil, 2017.
- Strahler, A.N. 1953, Hypsometric (area-altitude) analysis and erosional topography, *Geological Society of America Bulletin* v. 63, p. 1117-1142.
- Tonello, K. C. 2005, *Análise Hidroambiental da Bacia Hidrográfica da Cachoeira das*
- Tucci, Carlos EM et al. *Hidrologia: ciência e aplicação*. São Paulo: Editora da, 1993.
- Villela, S. M.; Mattos, A. *Hidrologia aplicada*. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.
- Zuffo, Antonio Carlos; Zuffo, Monica Soares Resio. *Gerenciamento de recursos hídricos: conceituação e contextualização*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.