

**SUSCETIBILIDADE A ENCHENTES A PARTIR DA ANÁLISE DE VARIÁVEIS
MORFOMÉTRICAS, NA BACIA HIDROGRÁFICA RIO BONITO EM IRATI-PR-
BRASIL**

Marilaine Alves SANTOS

Mestranda em gestão do Território pela Universidade Estadual de Ponta Grossa-UEPG
ma_geo@outlook.com

Silvia Méri CARVALHO

Professora adjunta do Departamento de Geociências da Universidade Estadual de Ponta Gros
silviamari@brturbo.com

Valdemir ANTONELI

Membro do Programa de Pós- Graduação em Geografia da Universidade Estadual do Centro Oeste
vantoneli@gmail.com

RESUMO: O presente trabalho aborda a caracterização física de um sistema hidrográfico, na região centro sul do Estado do Paraná, Brasil, o recorte espacial é a bacia do Rio Bonito no município de Irati. Tem principal objetivo apresentar a análise morfométrica desta bacia e identificar a possibilidade de suas características físicas terem correlação com a ocorrência de enchentes na bacia hidrográfica do Rio Bonito, tendo por características cheias rápidas. A análise morfométrica é uma metodologia proposta por Christofletti (1969), que caracteriza quantitativamente todos os elementos dentro de uma bacia hidrográfica, possibilitando uma interpretação adequada dos fenômenos e correlação com sua morfoestrutura. Os dados para realizar a análise morfométrica foram retirados da base cartográfica do Exército Brasileiro (1980) da qual foram extraídos os limites da bacia e curvas de nível, e outros indispensáveis para aplicação do processo equacional de análise morfométrica. Utilizou-se também uma imagem da bacia do ano de 2012 concedida pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA). As variáveis analisadas foram relação do relevo, índice de circularidade, índice de sinuosidade, distância da foz até a nascente, densidade de drenagem, amplitude altimétrica. Os resultados obtidos apontaram um elevado potencial para enchentes nesta bacia, principalmente por ter característica circular e amplitude altimétrica baixa.

Palavras-chave: Parâmetros físicos. Enchentes. Bacia hidrográfica.

SUSCEPTIBILITY TO FLOODING FROM THE ANALYSIS OF MORPHOMETRIC, VARIÁVEIS IN BEAUTIFUL RIVER WATERSHED IN IRATI-PR-BRASIL

ABSTRACT: The present work deals with the physical characterization of a hydrographic system, in the South Central region of Paraná State, Brasil and cut the space basin Rio Bonito in the city of Irati. Has the main objective to introduce this morphometric analysis basin and identify the possibility of their physical characteristics have correlation with the occurrence of flooding in the watershed of the Rio Bonito, with full features. The morphometric analysis is a methodology proposed by Christofolletti (1969), featuring quantitatively all elements within a river basin, allowing a proper interpretation of the phenomena and correlation with its showed. The data to perform a morphometric analysis were taken from the Cartographic base of the Exército Brasileiro (1980) from which was extracted the basin boundaries and contours, and other indispensable for application of morphometric analysis as Equational process. It was also an image of the year 2012 granted by the Ministry of environment (MMA). The variables analyzed were relief relationship, circularity, sinuosity, and distance from the mouth to the source, drainage density, and amplitude design. The results obtained showed a high potential for flooding in the basin, mainly for having circular feature and amplitude low elevations.

Keywords : Physical Parameters. Floods. The water catchment area.

SUSCEPTIBILIDAD A LAS INUNDACIONES DESDE EL ANÁLISIS DE MORFOMETRÍA, ARIÁVEIS EN LA CUENCA DEL RÍO HERMOSO EN IRATI-PR-BRASIL

RESUMEN: El presente trabajo aborda la caracterización física de un sistema hidrográfico, en la región Sur Central del estado de Paraná, Brasil y corta el espacio hermoso cuenca en la ciudad de Irati. El objetivo principal de introducir esta cuenca de análisis morfométricos e identificar la posibilidad de sus características físicas tiene correlación con la ocurrencia de inundaciones en la cuenca del de la Rio Bonito, con características completas. El análisis morfométrico son una metodología propuesta por Christofolletti (1969), con cuantitativamente todos los elementos dentro de una cuenca, lo que permite una adecuada interpretación de los fenómenos y la correlación con su demostrado. Los datos para realizar un análisis morfométricos fueron tomados de la cartográfica base del Exército Brasileiro (1980)) del que se extrajeron los límites de Cuenca y contornos y otros indispensables para la aplicación del análisis morfométrico como proceso ecuacional. Era también una imagen del año 2012 otorgada por el Ministerio de medio ambiente MMA) (. Las variables analizadas fueron la relación de ayuda, circularidad, sinuosidad, distancia de la desembocadura a la fuente, densidad de drenaje, diseño de amplitud. Los resultados obtenidos mostraron un alto potencial de inundaciones en la cuenca, principalmente por tener característica circular y elevaciones baja amplitud.

Palavras-chave: Parametros físicos. Enchentes. Bacia hidrográfica.

INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica ou de drenagem é uma área da superfície terrestre que drena água, sedimentos e materiais dissolvidos para uma saída comum, num determinado ponto de um canal fluvial (SILVA *et al.*, 2003).

De acordo com Guerra e Cunha (2006) a bacia hidrográfica contígua, de qualquer hierarquia, está interligada pelos divisores topográficos formando uma rede onde cada uma drena água, material sólido e dissolvido para uma saída comum ou ponto terminal, que pode ser outro rio de hierarquia igual ou superior, lago, reservatório ou oceano.

Para Coelho Neto (1995) a bacia hidrográfica corresponde a um sistema aberto que recebe e devolve energia para o ambiente, através da inércia produzida pelo sol e que possibilita essa troca de energia que funciona com a entrada de radiação solar e a saída de água e sedimentos solúveis.

Conhecer as propriedades físicas de uma bacia é de grande importância, pois é no âmbito desta que se constitui a relação homem-natureza. Quando dentro de uma bacia ocorrem enchentes, inundações e demais catástrofes, a sociedade é a maior prejudicada, desta forma o conhecimento das características físicas das mesmas pode ser um grande aliado para mitigar essa situação problema.

Estudiosos de diversos campos da ciência, tais como, a Geografia, Agronomia, Engenharias Florestal e Ambiental, Saúde Pública, Geociências, entre outras, ao utilizarem a bacia hidrográfica em seus estudos concluíram que o resultado é a interdisciplinaridade na interpretação das observações, o que leva ao aprimoramento da teoria conceitual e da instrumentação prática nas questões ambientais (CARVALHO, 2009).

Para Tominaga *et al.* (2009) a compreensão de enchentes é caracterizada pelo alcance do nível da calha do rio atingindo a máxima sem extrapolar, já o conceito inundação é caracterizado com a estapolação do canal.

A produção espacial urbana torna-se prejudicial às condições do solo, acarretando na redução da infiltração das águas da chuva, devido à construção de casas, loteamentos, estradas, que impedem a infiltração da água no solo, e propiciando um aumento em sua vazão, desencadeando uma série de problemas para a população, como enchentes e inundações.

Ao partir do exposto, que a bacia hidrográfica, além de representar porções de terra alagadas por um corpo d'água e seus afluentes, representa também uma analogia ao conceito

de ecossistema, as degradações identificadas nesse ambiente são geralmente relacionadas ao uso não sustentável dos recursos naturais disponíveis.

Cech (2013, p. 74) afirma que “as inundações ocorrem quando a precipitação e o escoamento decorrente excedem a capacidade da calha fluvial de manter na mesma seção o aumento da vazão” e que se tornam comuns e graves devido à influência das atividades humanas, principalmente, sendo resultante da pavimentação da superfície. Essas inundações podem ser causadas por tempestades e chuvas intensas e contínuas, pelo derretimento de neve e de calotas de gelo.

A análise morfométrica para Antonelli e Thomaz (2007) é uma ferramenta de suma importância para gestão dos recursos hídricos, pois permite prever a suscetibilidade da bacia a fenômenos extremos como enchentes e inundações. Segundo Christofolletti (1969) citado por Silva *et al.* (2003) a compreensão e o estudo de aspectos relacionados com a drenagem, relevo, geologia podem levar à elucidação e compreensão de diversas questões associadas a dinâmica ambiental local. Todos estes elementos são de vital importância para a correta interpretação do funcionamento dos processos hidrológicos na bacia (GOLDENFUM, 2001).

Neste sentido, o presente estudo foi realizado na bacia do Rio Bonito, que está inserida em grande parte numa área rural, com o objetivo de identificar as suas características físicas e analisar as implicações dos parâmetros morfométricos na eventualidade de enchentes com objetivo de apresentar a análise morfométrica e identificar a relação das características físicas da bacia terem com a ocorrência de enchentes na bacia em questão.

MATERIAIS E MÉTODOS

A base cartográfica utilizada foi a Carta Topográfica elaborada pela Diretoria de Serviços Geográficos (DSG) do Exército Brasileiro (1980), escala 1/25.000, folhas SG 22-X-C1-4 (Irati) e SG-22-X-C-IV-2 (Rebouças).

A partir dessas folhas foram retiradas informações, como rede de drenagem, curvas de nível e os dados necessários para a quantificação e realização da análise morfométrica. Foi utilizada imagem *RapidEye* (2012) com resolução espacial de 5 metros, disponibilizada pelo Ministério do Meio Ambiente – MMA (GEOCATALOGO, 2014). Utilizaram-se os *softwares* Quantum Gis, versão 2.6 e ArcGis 9.2 disponibilizados pela Universidade Estadual do Centro Oeste-UEPG para a elaboração dos mapas, caracterização da área de estudo e para suporte à análise e integração dos dados.

Os dados coletados de precipitação e corresponderam o período de julho de 2014 a junho de 2015, a coleta de dados mensais foram extraídos do *site* do Inmet- Instituto Nacional de Meteorologia e comparados com a estação pluviométrica do colégio Florestal em Irati-PR.

Procedimentos metodológicos

Para o desenvolvimento deste trabalho utilizou-se a metodologia desenvolvida por Christofolletti (1969, 1981) usada por autores como Tucci e Clarke (1997), Antoneli e Thomaz (2007), entre outros, que consiste em estudar os parâmetros morfométricos de bacias hidrográficas. Com base em Brubacher *et al.* (2011) foram extraídas variáveis morfométricas: área; perímetro da bacia; amplitude altimétrica; ordenamento dos Canais/ Hierarquia dos canais (Sistema de Strahler, 1964); número de Canais; comprimento vetorial do canal principal; densidade de Drenagem; índice de Sinuosidade; índice de circularidade; relação do Relevo; Forma da Bacia e Coeficiente de Compacidade; conforme equações utilizadas para a análise, segundo Christofolletti (1969), citado por Silva *et al.* (2003), Cardoso *et al.* (2006) e Brubacher *et al.* (2011). Conforme é descrita a seguir: Área

Área: é a variável morfométrica mais importante, uma vez que reflete de modo geral o volume de água que será escoado pela bacia. Quanto maior for a área da bacia, maior será o volume de água que passará pelo seu exutório, incrementando o efeito das enchentes no interior da bacia e a jusante da mesma. Expressa em quilômetros quadrados (Km²). Christofolletti (1969), Christofolletti (1981).

Perímetro da bacia: é o comprimento de uma linha imaginária ao longo do divisor de água da bacia. Expresso geralmente em quilômetros (Km).

Amplitude Altimétrica: variação entre a altitude máxima e a altitude mínima da bacia. Define, em parte, a velocidade de escoamento. Quanto maiores forem os valores, mais rápido é o escoamento, reduzindo o acúmulo de água na bacia. Geralmente, quando existe elevada amplitude altimétrica, o declive é mais acentuado, a infiltração tende a diminuir e a velocidade de escoamento a aumentar. Por outro lado, esse fluxo em alta velocidade pode incrementar o efeito das enchentes a jusante da bacia, em setores mais baixos e planos. Christofolletti (1969), Christofolletti (1981).

Comprimento do canal principal: é a distância da nascente à foz, expressa em Km.

Ordenamento dos Canais/ Hierarquia dos canais (Sistema de Strahler, 1964): determina que canais sem tributários são considerados de primeira ordem; canais de segunda ordem surgem da confluência de dois canais de primeira ordem, e podem receber contribuição de canais primeira ordem; os de terceira ordem resultam da confluência de dois canais de segunda ordem, podendo também receber tributários de primeira e segunda ordens e assim sucessivamente.

Número de Canais: É o número total de cursos de água que drenam a bacia. Christofolletti (1969), Christofolletti (1981).

Comprimento vetorial do canal principal: é o comprimento dado em Km em linha reta entre a nascente até a foz do canal principal da bacia. Christofolletti (1969), Christofolletti (1981).

Densidade de Drenagem: quanto maior a densidade de drenagem, maior é a velocidade com que a água atinge o rio, incrementando o efeito de enchentes a jusante da bacia. Em bacias com substrato rochoso mais permeável, a capacidade de formação de canais é reduzida, diminuindo a densidade de drenagem. Christofolletti (1969), Christofolletti (1981). Dada pela fórmula:

$$Dd = \frac{L}{A} \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde:

Dd: densidade de drenagem (km / km²);

L: comprimento total dos rios ou canais (km);

A: Área da bacia (km²);

Índice de Sinuosidade: a relação entre o comprimento verdadeiro do canal e o seu comprimento vetorial permite identificar a sinuosidade. Quanto maior o índice, menor a velocidade do escoamento e, conseqüentemente, menor a suscetibilidade a enchentes a jusante da bacia (maior retenção de água no interior da bacia). Fórmula:

(Eq. 2)

$$Is = \frac{L}{Dv}$$

Onde: Is: Índice de sinuosidade; L: comprimento do canal principal; Dv: comprimento vetorial do canal principal (Km).

Índice de circularidade: Quanto mais circular, maior a retenção de água na bacia, aumentando a suscetibilidade às enchentes e reduzindo os efeitos a jusante. Obtida pela fórmula:

$$Ic = \frac{12,57xA}{p^2} \quad (\text{Eq. 3})$$

Onde: Ic: Índice de Circularidade; A: Área da bacia considerada em km²;
P: Perímetro (Km);

Relação do Relevo: significa que quanto mais elevado o valor maior é sua amplitude altimétrica ao longo do canal principal da bacia, nesse caso quanto menor o valor maior a suscetibilidade de enchentes.

(Eq. 4)

$$Rr = \frac{\Delta a}{L}$$

Onde: Rr: é a relação de relevo; Hm é a amplitude topográfica máxima e Lb é o comprimento da bacia;

Forma da bacia: A forma da bacia influencia na retenção da água.

(Eq. 5)

$$F = \frac{A}{L^2}$$

Onde: Ff é o fator forma; A é a área da bacia e L é o comprimento do eixo;

Coefficiente de Compacidade: O coeficiente de compacidade (Kc), relaciona a forma da bacia com um círculo, é um número adimensional que varia com a forma da bacia, independente de seu tamanho.

(Eq. 6)

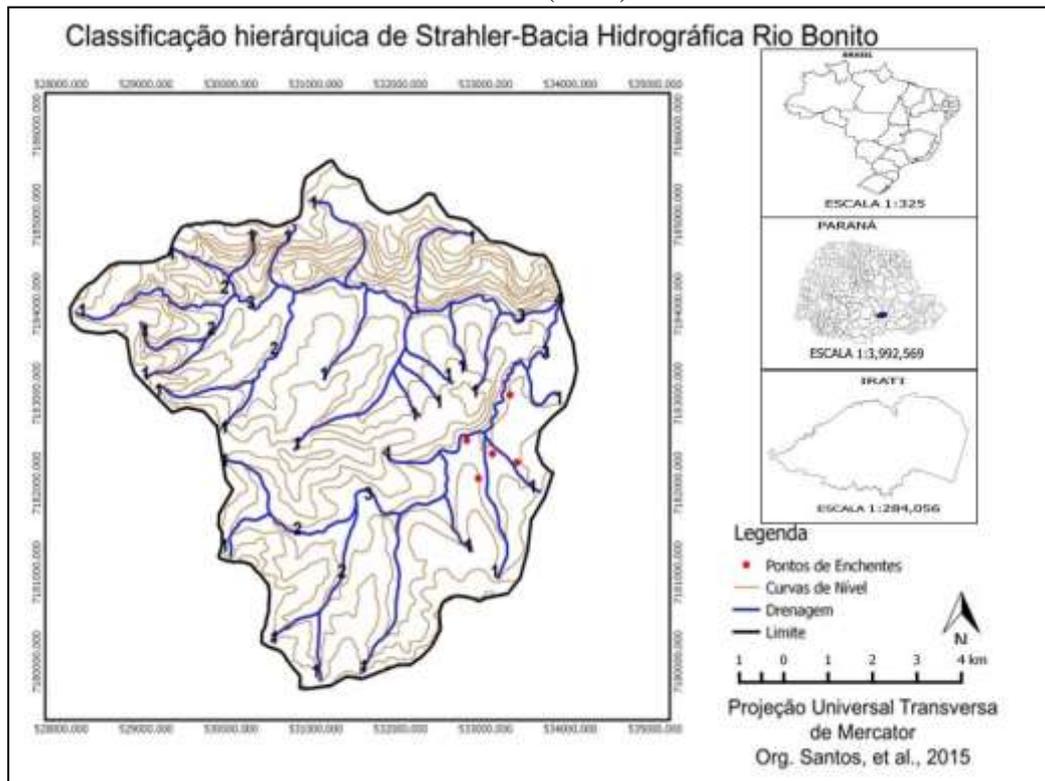
$$Kc = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Onde: onde Kc o coeficiente de compacidade, P o perímetro (m) e A a área de drenagem (m²).

Caracterização da área em estudo

A bacia hidrográfica do Rio Bonito (Figura 1) onde foi desenvolvida a presente pesquisa está localizada na porção leste do município de Irati-PR, apresentando extensão de 20,38 km², e possui, em grande parte, uso agrícola e densa atividade urbana em um pequeno espaço da bacia, na qual sofre com a ocorrência de enchentes rápidas. O loco das enchentes nesta bacia se expressa com pontos vermelhos.

Figura 1 - Localização da bacia hidrográfica do Rio Bonito Com a Classificação de Strahler (1964)



Fonte: IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010.

A bacia do Rio Bonito é uma das contribuintes da bacia do Rio das Antas, sendo esta de grande relevância, pois abrange a maior parte do município de Irati-PR. A bacia tem dois rios principais, sendo eles Rio Bonito e Arroio do Meio, possui 27 canais fluviais, sendo uma rede de drenagem de 4^o ordem (Strahler,1964).

As enchentes acontecem nas áreas impermeabilizadas da cidade, pois ocorre uma extrapolação do leito fluvial para áreas ocupadas, sendo que essa situação se agrava pela presença de construções irregulares e poucos espaços para a infiltração da água da chuva.

Os solos que compõem a bacia do Rio Bonito são latossolos, argissolos, nitossolos e cambissolos (EMBRAPA, 2007). Quanto a declividade a classe entre 45-75% situa-se ao norte e nordeste da bacia, no entanto possui pouca representatividade espacial uma vez que abrangem apenas 10% da área total da bacia.

Quanto a declividade a classe entre 45-75% situa-se ao norte e nordeste da bacia, no entanto possui pouca representatividade espacial uma vez que abrangem apenas 10% da área total da bacia.

A classe entre 20-40% (relevo forte/ondulado) possui a menor representatividade espacial de todas as classes, pois abrange apenas 5% de toda área, e localiza-se, sobretudo ao norte e nordeste da bacia.

A classe entre 8-20% (relevo ondulado) está representada em 30% do total da bacia, e sua distribuição espacial não se concentra em apenas uma região, pois está distribuída homogeneamente. Nesta classe se estabelecem o uso cultura e pastagem.

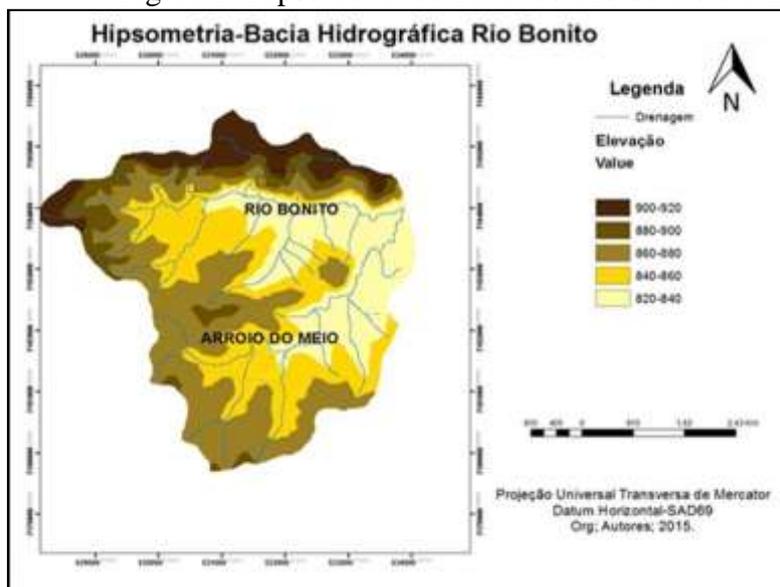
A classe entre 3-8% (relevo suave ondulado) está presente em grande parte da bacia representando 55% do total da área, também estão presentes diversos usos como cultivo, pastagem, florestal. Na classe de 0-3% está presente a área urbanizada da bacia.

A hipsometria (Figura 2) da bacia varia de 820 a 920 metros de altitude, sendo a porção norte a área com a maior elevação, o que explica a maior concentração de vegetação e menor grau de urbanização. As áreas de menores declividade encontram-se na porção leste da bacia local de sua maior ocupação, sobretudo próximo a foz.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A presente bacia possui uma área de 20,38 km² e um perímetro de 21,64 km². Na realidade, conforme apontam Christofolletti (1969), Silva *et al.* (2003) e Brubacher *et al.* (2011), a variável área é tida como a mais importante, pois quanto maior a área de recepção de água maior será o efeito de enchentes no interior da bacia e a jusante da mesma.

Figura 2- Hipsometria da Bacia do Rio bonito em Irati-PR



Fonte: IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010.

Na análise do comportamento da bacia estudada constatou-se uma hierarquia fluvial de 4ª ordem com 27 canais fluviais (Tabelas 1) segundo classificação proposta por Strahler em 1952 (apud CHRISTOFOLETTI, 1980). O número de canais de primeira ordem se apresentam em toda a extensão da bacia. O critério adotado de intervalo entre os resultados negativos e positivos foram provenientes do trabalho de Christofolletti (1969) e Brubacher *et al.* (2011).

Tabela 1: Valores morfométricos da bacia hidrográfica Rio Bonito

Bacia Rio Bonito	Resultados
Área	20,38 Km ²
Perímetro	21,64 km
Número de canais	27 canais
Comprimento do canal Principal	7,44 km
Comprimento vetorial do canal principal	5,70 Km
Altitude máxima	920 m
Altitude mínima	820 m
Amplitude Altimétrica	100 m
Ordem do córrego	4º ordem
Densidade de Drenagem	2,22 Km/km ²
Índice de Sinuosidade	1,30 m
Índice de Circularidade	0,54
Declividade predominante	2,5 °
Relação do Relevo	8,06
Forma da Bacia	0, 89
Coeficiente de Compacidade	1,06
Comprimento total dos rios	12,1km

Fonte: Autoria própria.

O comprimento do canal principal foi de 7,44 km e o Comprimento vetorial do canal principal 5,70 Km sendo a distância da nascente a foz pequena devido ao tamanho da bacia, quanto menor a distância da nascente a foz, maior é a possibilidade de enchentes, pois menor é a distância para a descarga de água (BRUBACHER *et al.*,2011).

A altitude da bacia do Rio Bonito é de 820 a 920 m e a amplitude altimétrica constatada para a bacia Rio Bonito foi de 100 m, resultado considerado negativo, pois quanto maior é a amplitude, maior é o impulso e velocidade do rio, propiciando um melhor escoamento a montante do rio e pior a jusante, pois o maior acúmulo de água desencadeia enchentes.

Segundo Christofolletti (1969) citado por Silva *et al.* (2003), densidades de drenagem menores que 7,5 km/km² são classificadas como de baixas, as entre 7,5 km/km² e 10 km/km² médias e as superiores a 10 km/km² altas.

Deste modo a densidade de drenagem da bacia do Rio Bonito foi de 2,22 Km/km², ou seja, considerada baixa. Esse fator sugere que esta bacia seja menos susceptível a enchentes, porém não é um fator isolado, tendo a necessidade de avaliar em conjunto.

Em relação ao índice de sinuosidade, valores próximos a 1,0 indicam que o canal tende a ser retilíneo, já os superiores a 2,0, indicam que os canais tendem a ser tortuosos e os valores intermediários indicam formas transicionais, regulares e irregulares (SCHUMM, 1963).

A sinuosidade é influenciada pela carga de sedimentos, pela característica litológica, estrutura geológica e pela declividade dos mesmos. O índice de sinuosidade da bacia do Rio Bonito foi de 1,30 que retrata um canal retilíneo e que favorece uma maior velocidade e volume de água e sedimentos da nascente à foz.

O índice de circularidade da bacia também ficou mais próximo de 1,0, com 0,54 o que indica que a bacia possui formato circular, por ser circular e de pequena área, pode ocorrer de cheias chuvas intensas em grande parte dessas áreas, podendo estar propensa desta forma a cheias em determinados pontos, pois suas características indicam que a bacia se possui formato circular e que a condiciona a ter mais probabilidade de cheias; bacias alongadas possuem menor concentração do deflúvio ao contrário de bacias circulares (Villela e Mattos, 1975).

A declividade predominante é de 2,5° o que permite prever que a bacia do Rio Bonito em sua grande parte apresenta áreas planificadas. A Relação de Relevo presente no recorte espacial em epígrafe relativamente baixa, sendo de 8,06 (BRUBACHER *et al.*, 2011). Isto

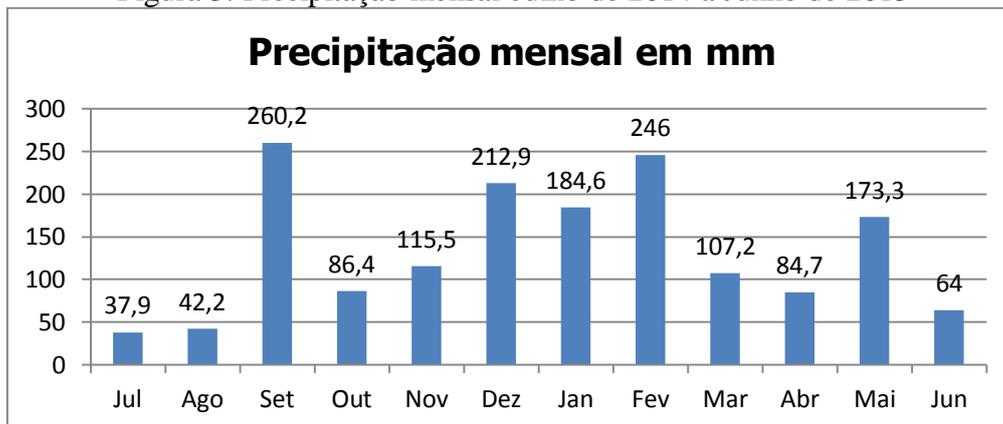
significa que a amplitude altimétrica não é representativa em todo comprimento do curso de água, o que faz com que a suscetibilidade de enchentes aumente, pelo fato desta bacia ser em sua maior parte plana.

De acordo com o Fator de Forma a bacia apresentou um valor de 0,89 sendo assim, pode-se classificá-la como uma rede de drenagem circular, pois, valores próximos a 1,0, indicam bacias circulares. Através deste valor, pode-se inferir que a bacia tem maior risco de inundações e cheias instantâneas.

O coeficiente de compacidade mostra-se próximo da unidade (1,06); esse valor, associado ao fator de forma (0,89), indica que a bacia possui formato semelhante ao de uma circunferência, correspondendo, portanto, à forma mais próxima de bacia circular

Com relação aos índices de precipitação mensal que contribuíram para as ocorrências de enchentes durante julho de 2014 a junho de 2015 obteve valores elevados nos meses de setembro, dezembro e fevereiro (Figura 3). Foram nesses meses que também ocorreram às inundações nos pontos apresentados na figura de localização.

Figura 3: Precipitação mensal-Julho de 2014 a Junho de 2015

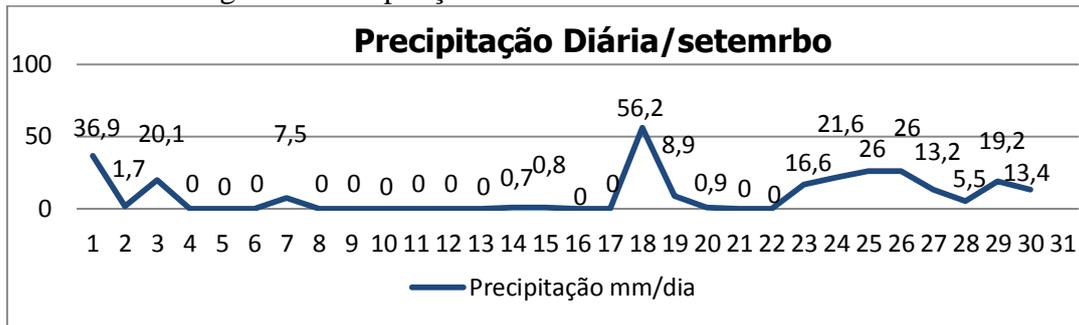


Fonte: Inmet, 2015.

Para uma melhor compreensão das cheias apresentam-se a seguir os valores diários de precipitação dos meses de setembro, dezembro e fevereiro, meses em que teve a ocorrência de cheias.

Os maiores valores de precipitação no mês de setembro ocorreram nos dias 1 com 36,9 mm e dia 18 com 56,22 mm (Figura 4), nesse dia houve ocorrência de alagamento na área urbana da bacia no encontro dos rios, Bonito e Arroio do Meio, a declividade nesse trecho é inferior a 15%, sendo nessa parte da bacia uma área mais plana, favorecendo as cheias, que neste mês ocorreram nos primeiros 30 minutos de precipitação.

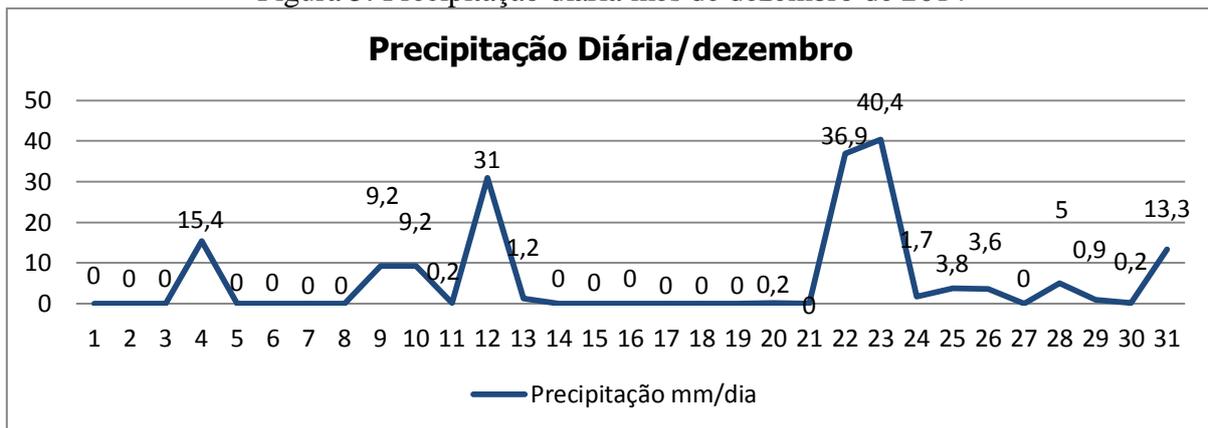
Figura 4: Precipitação diária mês de novembro de 2014



Fonte: Inmet, 2015.

O registro de cheias no mês de dezembro foi no dia 23, dia em que fora registrado 40,4mm seguido da precipitação ocorrida no dia 22 que foi 36,9 mm (Figura 5). A ocorrência de cheias pode estar relacionada a forma da bacia e suas características físicas que contribuem na formação de enchentes.

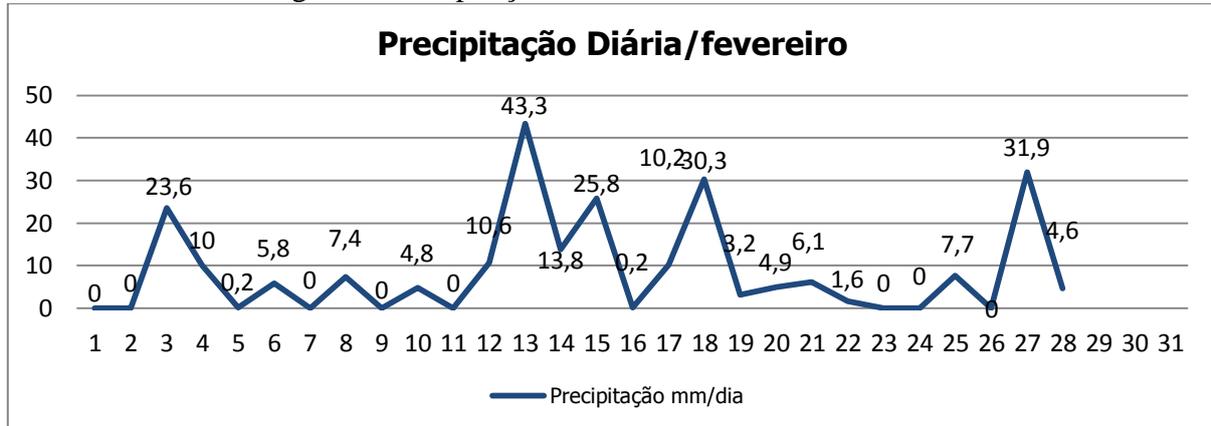
Figura 5: Precipitação diária mês de dezembro de 2014



Fonte: Inmet, 2015.

O mês de fevereiro (Figura 6) choveu na maior parte dos dias fato que pode ter propiciado um empoçamento do solo, e no dia 13 a ocorrência de cheias em 20 minutos de precipitação, todos os eventos de cheias foram no espaço urbano, compreende-se que a alguns fatores como, a compactação, exposição do solo e baixa potencialidade de infiltração podem contribuir para as cheias ocorridas durante o período investigado.

Figura 6: Precipitação diária mês de fevereiro de 2015



Fonte: Inmet, 2015.

Nesse caso pode se destacar a amplitude altimétrica que teve um valor de 60m, como se sabe que, quanto maior for esse valor, menor é a infiltração ao longo da vertente e mais rápida é o escoamento superficial, possibilitando assim a ocorrência de enchentes nos setores de mais baixa altitude, sendo um dos parâmetros morfométricos que interfere no fenômeno investigado.

Outro fator que pode ter possibilitado as inundações foram os elevados índices de precipitação nos meses de novembro, dezembro e fevereiro atrelados a características dos solos que no ponto onde ocorreram as inundações são compostos de argissolos, isso dificulta ainda mais a infiltração de água no solo devido à capacidade que esse tipo de solo tem de reter umidade, dificultado a infiltração e possibilitando o escoamento superficial, com ênfase que as enchentes ocorreram no espaço urbano, local este onde essas características são mais intensas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao se fazer uma apreciação de todos os parâmetros que compõem a análise morfométrica, por meio de observação pontos com alta suscetibilidade de enchentes constatou-se que a Bacia do Rio Bonito possui uma alta suscetibilidade para desencadear enchentes. Isso ocorre pelo fato da bacia possuir uma área de captação considerada pequena, no entanto esse potencial não se estende por toda.

A amplitude altimétrica e o índice de circularidade representam valores desfavoráveis, pois bacias hidrográficas com elevado índice de circularidade/planas tendem a ser propensas a cheias, revelando que a presente bacia é em grande parte plana e com formato circular.

Apresenta relação de relevo que demonstra elevado potencial para o desencadeamento de enchentes, principalmente a jusante onde se apresenta características planas e também onde ocorre o encontro de dois rios principais.

As enchentes acontecem nas áreas impermeabilizadas da cidade, nesse sentido ocorre uma extrapolação do leito fluvial para áreas ocupadas.

Evidenciou-se também que as enchentes se mostram mais graves na área urbana, que embora de pequena dimensão na bacia, apresenta elevado adensamento populacional, diferente de outros locais, onde há menor concentração de moradias, em virtude da atividade agrícola ou do relevo íngreme.

Trabalho enviado em Junho de 2016
Trabalho aceito em Novembro de 2016

REFERÊNCIAS

ANTONELI, V; THOMAZ, E L. Caracterização do meio físico da Bacia do Arroio Boa Vista-Guamiranga-PR. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v.8, n.21, p.46 – 58. Mar. 2007.

BRUBACHER, J. P.; OLIVEIRA, G.G.; GUASSELLI, L.A. Suscetibilidade de enchentes a partir da análise das variáveis morfométricas na bacia hidrográfica do rio dos Sinos/RS. In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, 2011, Curitiba, **Anais**. Curitiba: INPE, 2011. p.1279-1286

CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C.P.B.; MARTINS, S. V.; Caracterização Morfométrica da Bacia Hidrográfica Rio Debossan, Nova Friburgo-RJ. **Árvore Viçosa**. v. 30 n.2, p. 241-248. Mar.2006.

CECH, T. V. **Recursos Hídricos: história, desenvolvimento, política e gestão**. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica de bacias hidrográficas. **Notícia Geomorfológica**, v.18, n.9, 1969, p.35-64.

COELHO NETO, A.L. Hidrologia na interface com a Geomorfologia. In Guerra, A.J.T. e CUNHA, S.B., **Geomorfologia uma atualização de bases e conceitos**. Editora Bertrand, 2°. Edição: 94-148, 1995.

EMBRAPA. Solos florestais. Carta de Solos do Estado do Paraná. Solos: Atualização do Mapa de Solos – SiBCS. 2007.

GEO CATÁLOGO-MMA- **Ministério do Meio Ambiente**. Imagem RapidEye. Disponível em: < <http://geocatalogo.ibama.gov.br/>> Acesso em: 25 de jun. 2014.

GOLDENFUM, J.A. Pequenas bacias hidrológicas: conceitos básicos. In: PAIVA, J.B.D.D, PAIVA.L.M.C.D.D. **Hidrologia aplicada a gestão de pequenas bacias hidrográficas**. Porto Alegre: ABRH, 1, 2001. p.3-12.

GUERRA, A. J. T. CUNHA, S. B. D. Degradação ambiental. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. D. (Org) **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro. Ed. Bertrand Brasil: 2006. 337-393.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. 2010. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/painel/historico.php?lang=&codmun=411070&search=parana%20iratil%20infograficos%20-historico>>. Acesso em: 20 abril, 2016.

INMET-**Instituto Nacional de Meteorologia**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/> Acesso em: 10 de Jun 2015.

SCHUMM, S.A. Sinuosity of alluvial rivers on the great plains. **Geological Society of America Bulletin**. v. 74, n. 9.1963. p. 1089-1100.

SILVA, A.M.D. Schulz, H.E., Camargo, P.B.D. **Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas**. São Carlos: RiMa. 2003. 138p.

STRAHLER, A. N. Dynamic basis of Geomorphology. **Geological Society of America Bulletin**, v.63. 1952. p.923-938.

TOMINAGA, L. K; SANTORO, J; AMARAL, R. (Org) **Desastres Naturais: conhecer para prevenir**. 1.ed/2º reimpressão. São Paulo: Instituto Geológico. 2009. p.196.

TUCCI, C.E.M., CLARKE, R.T. Impactos das mudanças da cobertura vegetal no escoamento. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.2. Porto Alegre-RS. 1997. p135-152.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. Hidrologia aplicada. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES pela bolsa concedida ao primeiro autor e pela ajuda financeira nos projetos das instituições de atuação dos professores do programa de pós-graduação em Geografia da Universidade Estadual de Ponta Grossa-UEPG e Universidade estadual do Centro Oeste-UNICENTRO.